

Aus der Klinik für Anästhesiologie
der Ludwig-Maximilian-Universität München
Direktor Prof. Dr. B. Zwißler

Die perkutane transcricoidale Jet-Ventilation

**Eine retrospektive Datenanalyse über den Zeitraum von 6
Jahren**

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

vorgelegt von
Dr. med. univ. Kathrin Reise

aus
Suhl
im Jahre
2017

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Bernhard Zwißler

Mitberichterstatter: Priv. Doz. Dr. Klaus Stelter

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Hille Kisch-Wedel

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 20.07.20127

Danksagung

Besonderer Dank gebührt dem Anästhesie-, HNO-Pflege- und Ärzte-Team, welche die exzellente Patientenversorgung und die Betreuung der Jet-Ventilation ermöglichte. Ein besonderer Dank gilt dem Anästhesie-EDV-Team für die Erstellung des Datensatzes und an all diejenigen, die über zwei Jahre stetig nach dem Fortschritt meiner Dissertation fragten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	6
1.1	Die Jet-Ventilation.....	7
1.1.1	Die Geschichte der transcricoidalen Jet-Ventilation.....	8
1.1.2	Funktionsweise der Jet-Ventilation.....	10
1.1.3	Kontraindikationen und Komplikationen der Jet-Ventilation.....	13
1.1.4	Zugangswege der Jet-Ventilation	16
1.1.4.1	Supraglottische Jet-Ventilation.....	16
1.1.4.2	Perkutane transcricoidale oder transtracheale Jet-Ventilation.....	16
1.1.4.3	Subglottische translaryngeale oder transglottische Jet-Ventilation.....	17
1.1.5	Anwendungsgebiete der Jet-Ventilation	18
1.1.5.1	Im Bereich der pharyngo-trachealen Chirurgie	18
1.1.5.2	Bei erwartet schwierigem Atemweg.....	18
1.1.5.3	Bei unerwartet schwierigem Atemweg: Cannot-intubate-cannot-ventilate-Situationen	20
1.2	Fragestellung.....	21
2	Studiendesign und Methoden	23
2.1	Studiendesign	23
2.2	Anwendung der transcricoidalen Jet-Ventilation	25
2.2.1	Indikationsstellung zur transcricoidalen Jet-Ventilation.....	25
2.2.2	Durchführung der transcricoidalen Punktion.....	26
2.2.3	Standardeinstellung am Jet-Ventilator.....	28
2.3	Prämedikation der Patienten im Bereich HNO.....	29
2.4	Narkoseinduktion und –aufrechterhaltung	30
2.5	Verwendete Klassifikationen.....	30
2.5.1	ASA Klassifikation	30
2.5.2	Mallampati-Score.....	31
2.5.3	Klassifikation nach Cormack and Lehane	32
2.5.4	Anästhesiologische Verlaufsbeobachtungen	33
2.6	Statistische Auswertung.....	33
3	Ergebnisse.....	34
3.1	Gesamtkollektiv	34
3.1.1	Allgemeine Daten	34
3.1.1.1	Demografie	34
3.1.1.2	ASA-Klassifikation.....	36
3.1.1.3	Dinglichkeit und Operationsdiagnosen.....	36
3.1.1.4	Atemweg präoperativ und intraoperativ	39

3.1.1.5	Zeiten	41
3.1.2	Vitalparameter.....	43
3.1.3	Anästhesiologische Verlaufsbeobachtungen	45
3.1.3.1	AVB: nicht TCHJV-bedingt.....	45
3.1.3.2	AVB: TCHJV-bedingt.....	45
3.2	Subgruppe: Mono-Jet	49
3.2.1	Diagnosen und durchgeführte Operationen	49
3.2.2	Demografie innerhalb der Mono-Jet Gruppe.....	50
3.2.3	Auswertung der Blutgasanalysen.....	50
3.3	Subgruppe: Nottracheotomie / Notkoniotomie.....	55
3.3.1	Allgemeines: Demografie, Diagnosen, Dringlichkeit.....	55
3.3.2	Indikationen und Durchführung der Tracheotomie / Koniotomie	57
3.3.3	Perioperative Bildgebung.....	60
3.3.3.1	Patient Nr. 4.....	60
3.3.3.2	Patient Nr. 5.....	60
3.3.3.3	Patient Nr. 7.....	62
3.3.3.4	Patient Nr. 9.....	62
4	Diskussion	64
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	72
6	Abkürzungsverzeichnis	75
7	Literaturverzeichnis	78
8	Eidesstattliche Versicherung.....	81

1 Einleitung

Hals-Nasen-(Ohren) HNO-Eingriffe im Bereich der oberen Atemwege stellen Anästhesisten vor die Aufgabe, mit dem Operateur um Operationsgebiet beziehungsweise Atemweg zu konkurrieren. Nicht nur die räumliche Einschränkung, sondern oft auch Eingriff und zugrundeliegende Erkrankung bereiten zum Teil enorme Schwierigkeiten bei der adäquaten Atemwegssicherung und Beatmung: Häufig ist eine Masken- oder auch Larynxmaskenbeatmung nicht oder nur erschwert möglich. Dabei ist die endotracheale Intubation zur kontrollierten Beatmung eines anästhesierten Patienten als Goldstandard der Atemwegsicherung anzusehen, lässt jedoch dem Operateur nur wenig Arbeitsraum zu. Erschwerend kommt hinzu, dass Pathologien im Bereich der oberen Atemwege den Anästhesisten vor die Herausforderung stellen, eine sichere und risikoarme Narkose und somit Atemwegssicherung durchzuführen. Oft ist unklar, welches Bild sich dem Anästhesisten bei der direkten Laryngoskopie bietet und ob eine konventionelle endotracheale Intubation überhaupt möglich ist. Heutzutage gibt es zahlreiche, differenzierte Methoden zur Atemwegssicherung, welche sich in den aktuellen S1 Leitlinien zum Atemwegsmanagement abbilden (19). Bei dem Verdacht auf einen erschwerten Atemweg, welcher im Bereich der HNO-Tumorchirurgie häufig der Fall ist, soll der Patient wenn möglich so lange spontan atmen, bis der Atemweg gesichert ist. Dies kann zum Beispiel durch eine bronchoskopische, videolaryngoskopische oder konventionelle Wachintubation oder alternativ eine transcricoidale Jet-Ventilation am wach spontan atmenden Patienten durchgeführt werden. Falls der Verdacht auf einen erschwerten Atemweg besteht, kann das anästhesiologische Vorgehen adäquat geplant werden. Gefährlicher ist der unerwartet schwierige Atemweg, der den Anästhesisten regelmäßig vor Herausforderungen stellt. Auch hier stehen zahlreiche Beatmungs- und Intubationstechniken zur Verfügung, um den Patient in dieser kritischen Phase adäquat zu oxygenieren. Arbeitsmaterial und geschultes Personal sollte hierfür entsprechend der S1 - Leitlinien zur Atemwegsmanagement unmittelbar zur Verfügung stehen (Näheres dazu im Kapitel 1.1.5.).

Kritisch wird es in den sogenannten „Cannot-Ventilate-Cannot-Intubate“- Situationen, in denen weder Maskenbeatmung noch die endotracheale Intubation möglich sind. Hier gilt es, den Patienten vor hypoxischen Schäden zu bewahren. Transtracheale Zugänge haben

sich hierbei als „ultima ratio“ der Atemwegssicherung im Notfall bewährt. Zu den transtrachealen Zugängen zählt neben der Koniotomie und der Tracheotomie auch die transcricoidale Jet-Ventilation.

Gemäß der S1-Leitlinien zum Managements des erwarteten schwierigen Atemwegs wurde die transcricoidale Jet-Ventilation als bereits lang etablierte Technik trotz der Verfügbarkeit modernster Jet-Ventilatoren zugunsten indirekter laryngoskopischer Verfahren wie der bronchoskopischen Wachintubation größtenteils verlassen (19). Als Gründe werden die Invasivität und Komplikationen wie Blutungen, Haut-/Mediastinalemphyseme, Pneumothorax und durch die hohen Beatmungsdrücke bedingte Hypotonie und Barotraumata aufgezeigt (8,9).

Ist also trotz höherer Invasivität und etwaigen Komplikationen die Jet-Ventilation eine bewährte Methode der Atemwegssicherung im Bereich der operativen HNO auch wenn weniger invasive Verfahren wie die bronchoskopische Wachintubation verfügbar wären/sind? Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, die transcricoidale Jet-Ventilation nach langjähriger Anwendung im HNO-Bereich bei erwartet schwierigem Atemweg retrospektiv in Hinblick auf Patienten- und Anwendungssicherheit zu untersuchen.

1.1 Die Jet-Ventilation

Aufgrund der engen räumlichen Beziehung zwischen Operationsgebiet und dem zu sichernden Atemweg stellen Eingriffe im laryngopharyngealen Bereich den Anästhesisten vor eine besondere Herausforderung. Eine Alternative zum normalen Endotrachealtubus stellt hierbei die Einführung eines sehr dünnen Endotrachealtubus (Mikrolaryngealtubus) oder einer Jet-Sonde entweder transglottisch oder perkutan transcricoidal dar, über welche der Patient mit einer sehr hohen Beatmungsfrequenz und einem hohen Steuerungsbeatmungsdruck suffizient oxygeniert werden kann (1). Hierdurch können dem HNO-Arzt optimale Operationsbedingungen für spezielle HNO-Eingriffe geschaffen werden. Eine solche Beatmung wird als Hochfrequenzjetventilation (HFJV) oder transcricoidale/-tracheale hochfrequente Jet-Ventilation (TCHJV) bezeichnet.

Ein Jet ist dabei die gerichtete Applikation eines komprimierten Gasvolumens mit hoher Geschwindigkeit. Das Beatmungsgas wird bei der Jetventilation mit einer sehr hohen

Frequenz und hohem Steuerungsdruck durch eine dünne, ungeblockte Jet-Sonde in den nach außen offenen Atemweg gegeben. Beträgt die Beatmungsfrequenz dabei zwischen 1-10 Hz, spricht man von einer HFJV (2). Im Folgenden werden die Begriffe der HFJV/TCHJV und Jet-Ventilation synonym verwendet.

Zum ersten Mal kam diese Art der Jet-Ventilation 1967 zur Anwendung. Sanders et al legte dabei in ein Bronchoskop eine dünne Kanüle, über welche dem Patienten mit hohem Druck das Atemgas appliziert werden konnte (3).

Heute gibt es viele Anwendungsmöglichkeiten der Jet-Ventilation v.a. bei Operationen im Bereich der HNO. Die Applikation des Jets kann unterschieden werden in supraglottisch (sog. spezielles Stützlaringskop) oder subglottisch (über Tracheostoma, oro- oder nasotracheal, transcricoidal/transtracheal oder transluminal innerhalb eines Endotrachealtubus) (3,12).

In dieser Arbeit legen wir unser Augenmerk auf die perkutane, transcricoidale/transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation (TCHJV) als Option zum Management schwieriger Intubationen.

1.1.1 Die Geschichte der transcricoidalen Jet-Ventilation

1954 überbrückte Barth erstmals Apnoe-Phasen während Bronchoskopien und operativen Eingriffen an der Lunge mittels Sauerstoffinsufflation direkt in die Trachea. Damit verfeinerte er erste Ansätze von Volhards, einen pulmonalen Gasaustausch auch ohne konventionelle Beatmung aufrecht zu erhalten. (30, 31)

Im Jahre 1956 führten Jacoby et al. erstmals an 5 Patienten mit Raumforderungen der oberen Atemwege und dadurch bedingter erschwerter Intubationsfähigkeit einen erfolgreichen Versuch der transtrachealen Oxygenierung durch (22). Alle Patienten waren für einen operativen Eingriff in Narkose geplant und hätten aufgrund der bestehenden Pathologie eine Tracheotomie vor Narkoseeinleitung erhalten sollen. Alle Patienten litten aufgrund der Größe und der Lokalisation der Raumforderung bereits vor der Narkoseeinleitung unter starker Dyspnoe. Unter Tracheotomiebereitschaft wurde die Narkose eingeleitet, wobei es durch die Erschlaffung der Muskulatur zu einer kompletten

Atemwegsobstruktion kam. Als innerhalb der ersten 3 Minuten die Sauerstoffsättigung merklich abfiel und die Patienten begannen zyanotisch zu werden, wurde eine ≥ 18 G Kanüle transtracheal platziert und darüber 4 Liter Sauerstoff pro Minute appliziert. Dadurch konnte innerhalb weniger Minuten die Sauerstoffsättigung normalisiert werden. Jacoby gelang so der Beweis, dass die Oxygenierung für kurze Zeit mittels transtrachealer Sauerstoffinsufflation aufrechterhalten und der Tod durch Hypoxie verhindert werden kann, bis die definitive Versorgung der Atemwegsobstruktion via Tracheotomie oder endotrachealer Intubation erfolgen kann (22).

1967 konnten durch Sanders während einer Bronchoskopie entlang des Bronchoskops mehrere Patienten erfolgreich über einen Hochdruck-Sauerstoffquelle mit einer Frequenz von 20 Luftstößen pro Minute ventiliert werden (15). Bereits 4 Jahre später wurde eine Kombination aus transtrachealer und Hoch-Frequenz-Jet-Ventilation (HFJV) während Narkosen erfolgreich angewandt (13). 1972 wurde von Jacobs die Bedeutung eines gewissen Sauerstoffflusses während der transtrachealen Ventilation zur Hypoxie-Vermeidung hervorgehoben. Dazu beatmete er transtracheal mit einem hohen Druck, um eine adäquate alveoläre Ventilation zu gewährleisten (14, 26).

1999 gelang Patel der Nachweis, dass die transtracheale Jet-Ventilation eine vormals misslungene endotracheale Intubation möglich machen kann. In einer retrospektiven Auswertung von 29 Patienten, die in einer Notfallsituation weder maskenbeatmet noch beim zweiten Versuch intubiert werden konnten, wurde durch medizinisches, nicht-ärztliches Personal in 23 von 29 Patienten erfolgreich eine transtracheale Jet-Sonde angelegt, so dass die Patienten wieder effektiv oxygeniert werden konnten. In 6 von 29 Fällen konnte nicht erfolgreich punktiert oder ventiliert werden, zum Teil wegen pathologisch verschobener Anatomie aufgrund (mehrfacher) Operationen am Hals, physiognomischer Faktoren (kurzer Hals und Übergewicht) oder aufgrund der Fehllage der Jet-Sonde. 20 der 23 Patienten konnten unter Jet-Ventilation *erfolgreich und leicht* mittels direkter Laryngoskopie intubiert werden; 2 der 23 Patienten konnten mit Hilfe eines Wechselstabs intubiert werden; lediglich ein Patient musste tracheotomiert werden (konnte bis dahin aber adäquat oxygeniert und ventiliert werden). Patel stellt die Theorie auf, dass der durch die Jet-Ventilation erhöhte tracheale Druck die kollabierte Glottis Ebene öffnet und so eine Visualisierung verbessert (27).

1.1.2 Funktionsweise der Jet-Ventilation

Die Jet-Ventilation unterscheidet sich grundlegend von der konventionellen invasiven Beatmung eines Patienten. Während der Patient bei der konventionellen Beatmung über einen geblockten Tubus mit einem physiologischen Tidalvolumen von circa 6-8 ml/kg Körpergewicht (KG) und mit einer normalen Atemfrequenz (ca. 10/min) beatmet wird, erfolgt bei der Jet-Ventilation eine Beatmung über einen nach außen offenen Atemweg, einem Tidalvolumen von etwa 1-3ml/kg KG und einer sehr hohen Atemfrequenz (ca. 100/min und höher). Das dabei applizierte Tidalvolumen ist mitunter kleiner als der anatomische Totraum. Die Expiration erfolgt bei der Jet-Ventilation passiv, was einen nach außen offenen Atemweg obligat macht (4).

Der Transport der Atemgase unterscheidet sich grundlegend von dem der konventionellen Druckbeatmung: beim konventionell beatmeten Patienten wird das Tidalvolumen über den gesamten Atemwegsquerschnitt bis zu den Alveolen mit Druck vorgeschoben. Bei der Jet-Ventilation dringen die Gasportionen nur im zentralen Bereich des Atemwegsquerschnitts vor, während gleichzeitig entlang der Querschnittsperipherie Teile des Expirationsvolumen nach außen drängen (sog. simultaner, bidirektionaler Gasfluss) (6).

Entsprechend dem Hagen-Poiseuille-Gesetz ist ein sehr hoher Gasdruck erforderlich, um den inspiratorischen Widerstand des englumigen Jet-Katheters zu überwinden. Am distalen Ende des Katheters entweicht das Gas mit einer sehr hohen Geschwindigkeit, dem Jet, verliert dabei Wärme und verursacht einen Unterdruck. Der Unterdruck reißt seinerseits Teile der Umgebungsluft mit sich, was in einer Vergrößerung des vom Ventilator abgegebenen Beatmungsvolumens resultiert. Dieser Effekt wird Venturi-Effekt oder „air-entrainment“ genannt (6). Der so entstehenden Druckgradient zwischen Atemweg und Außenwelt bedingt den sog. „backflow“, eine dem air-entrainment entgegen gerichtete Gasbewegung nach außen. Das kohlenstoffdioxidhaltige Expirationsvolumen wird dadurch aus dem Patienten heraus transportiert. Durch die unterschiedlichen Expansionsgeschwindigkeiten verschiedener Lungenabschnitte entsteht eine zusätzliche Pendelbewegung der Luft im Atemweg. Pendelluft, air-entrainment und backflow addieren sich zur eigentlichen Totraumventilation, so dass es nicht zuletzt auch aufgrund der Taylor-Type Dispersion (erleichterte Diffusion entlang einer Konzentrationsgefälles),

konvektiver Dispersion, molekularer Diffusion und Konvektion zur Ventilation und Oxygenierung des Patienten kommt (6,12).

Um bei der Jet-Ventilation einen optimalen Gasaustausch zu gewährleisten, bietet sich eine Beatmungsfrequenz von 1,5-2,5 Hz an; dies entspricht 90-100 Hüben pro Minute. Ab einer Frequenz von etwa 100/min entsteht ein kontinuierlicher Gasfluß aus der Trachea nach Außen, wodurch ein Eindringen von Flüssigkeiten in den Atemweg verhindert wird. Einen absoluten Aspirationsschutz bietet die Jet-Ventilation zwar nicht, jedoch tritt ein relativer Aspirationsschutz ab einer Beatmungsfrequenz von über 100/min ein (2). Die hohe Beatmungsfrequenz bedingt eine sehr geringe Zeit zur passiven Expiration. Daher verbleibt stets ein Teil des Atemgases in der Lunge und führt zu einem positivem endexpiratorischen Druck (positive end-expiratory pressure, PEEP) in den Alveolen (5).

Aufgrund des offenen Atemweges ist bei der Jet-Ventilation die Überwachung von atemmechanischen Parametern, Tidalvolumina, Atemexkursion, sowie des Kohlenstoffdioxidgehaltes des Expiriums im Vergleich zur konventionellen Beatmung nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Daher muss der Überwachung von Oxygenierung und Ventilation eine besondere Aufmerksamkeit beigemessen werden.

Im Rahmen des Standardmonitorings stellt sich die Oxygenierung in der Pulsoxyxmetrie (periphere Sauerstoffsättigung S_pO_2 in %) dar, während die Kontrolle einer suffizienten Ventilation hier keine Abbildung findet. Bei der konventionellen Beatmung erfolgt das Ventilations-Monitoring mithilfe der Kapnometrie, also der Messung des Kohlenstoffdioxid-Gehaltes der ausgeatmeten Luft (endtidales CO_2 ; $etCO_2$). Um valide Messdaten in der Kapnometrie zu erhalten, wird ein Expirium von circa 100ms benötigt, womit bei einer hochfrequenten Jet-Ventilation die Phase der Expiration für eine aussagekräftige $etCO_2$ Messung zu kurz ist. Auch die Aufnahme einer entsprechenden Gasprobe ist nur mit einem speziellen Ventilationsmanöver möglich, wofür die Jet-Ventilation unterbrochen werden muss (6,17).

Eine exakte, wenn auch invasive und diskontinuierliche Messung des Gasaustausches ohne Unterbrechung der Jet-Ventilation stellt die arterielle Blutgasanalyse (BGA) dar. Dabei können sowohl arterieller Partialdruck von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid (p_aO_2 und p_aCO_2), arterielle Sauerstoffsättigung (S_aO_2) sowie pH-Wert und andere Stoffwechselfparameter bestimmt werden. Dabei entspricht p_aCO_2 mit einer Differenz von

circa 3-5 mmHg etCO₂. Sowohl Oxygenierung als auch Ventilation können in der arteriellen BGA sicher beurteilt werden (17).

So können über die Einstellung am Jet-Ventilator (inspiratorischer Beatmungsdruck P_{insp} , Beatmungsfrequenz F , Inspirationsdauer T_{insp} , Sauerstoffkonzentration F_{iO_2}) Oxygenierung und Ventilation an die jeweiligen Patientenbedürfnisse angepasst und über die Bestimmung von p_{aO_2} und p_{aCO_2} kontrolliert werden.

Bei verlängerter T_{insp} vergrößert sich das Atemminutenvolumen (AMV) mit der daraus resultierenden verbesserten Oxygenierung und CO₂-Elimination (5). Über P_{insp} wird in erster Linie die Höhe des applizierten Tidalvolumens V_{T} geregelt und somit weniger die Oxygenierung als die Elimination des Kohlenstoffdioxids beeinflusst. Üblicherweise kommt ein inspiratorischer Steuerungsdruck von 1,5 bis 2,5 bar (maximal 3,5 bar) bei der Jet-Ventilation zur Anwendung. Dieser recht hohe Beatmungssteuerungsdruck wird jedoch aufgrund des nach außen offenen Systems und dem geringen Durchmessers des Jet-Katheters nicht auf die Atemwege fortgeleitet. Bei der Jet-Ventilation ist der Atemwegsdruck sogar geringer als bei der konventionellen Beatmung (5). Bei einem hypoxischen Patienten (reduzierte S_{pO_2} und p_{aO_2}) kann zum Beispiel durch die Erhöhung von F , P_{insp} , T_{insp} und/oder F_{iO_2} eine Anhebung von p_{aO_2} (folglich S_{pO_2}) und somit eine bessere Oxygenierung erreicht werden. Zur Reduktion des p_{aCO_2} eines hyperkapnischen Patienten kann F reduziert bzw. P_{insp} und /oder T_{insp} erhöht werden und so die Ventilation optimiert werden.

Da die arterielle Blutgasanalyse eine invasive Überwachung der Beatmung darstellt, sollte sie entsprechend der Jet-Ventilationsdauer und Komorbiditäten des Patienten eingesetzt werden. Eine Alternative stellt die kontinuierliche, nicht-invasive Messung der transkutanen peripheren CO₂ Konzentration, ähnlich der peripheren Sauerstoffsättigung dar (7).

Es ist zu bedenken, dass die am jetventilierten Patienten effektiv ankommende tracheale F_{iO_2} um etwa 20% geringer ist als die am Jetventilator eingestellte F_{iO_2} . Dies wird bedingt durch den weiter oben bereits geschilderten Venturi Effekt („air-entrainment“). Die Beimischung von Umgebungsluft bedingt die verminderte tracheale F_{iO_2} (6).

Zudem sollte bei einer Jet-Ventilation, welche eine Hochflussbeatmung ohne wesentliche Rückatmung der Patienten darstellt, bei einer Dauer von länger als 15 Minuten, die Atemluft befeuchtet (ggf. gewärmt falls möglich) und der Patient gewärmt werde.

1.1.3 Kontraindikationen und Komplikationen der Jet-Ventilation

Kontraindikationen der Jet-Ventilation ergeben sich aus der oben beschriebenen Funktionsweise. So sollte von der Verwendung der Jet-Ventilation bei hochgradig Aspirations-gefährdeten Patienten aufgrund des fehlenden absoluten Aspirationsschutzes wenn möglich verzichtet werden. Dazu zählen Patienten mit ausgeprägter Adipositas, nicht nüchterne Patienten, sowie Patienten mit schweren Refluxerkrankungen. Auch bei operativen Eingriffen mit einem zu erwartenden hohen laryngotrachealen Blutungsrisiko sollte ein Aspirationsschutz mittels blockbaren Endotrachealtubus zur Anwendung kommen.

Da für die passive Expiration ein mit der umgebenden Atmosphäre in Verbindung stehender Atemweg notwendig ist, gelten komplette Obstruktionen der oberen Atemwege ebenfalls als absolute Kontraindikation. Diese können den Gasaustausch des Patienten massiv beeinträchtigen. Zudem birgt eine Abflussbehinderung das Risiko eines iatrogenen Barotraumas.

Als relative Kontraindikation gelten schwere obstruktive und restriktive Lungenerkrankungen oder periphere Bronchialstenosen, da es u.a. aufgrund der eingeschränkten pulmonalen Compliance und dem fehlenden Aufbau des bidirektionalen Gasflusses bei Jet-Ventilation zu einer Hypoventilation kommen kann (6). Dieses Risiko der Hypoventilation existiert auch bei ausgeprägt adipösen Patienten.

Des Weiteren stellen Raumforderungen an der Punktionsstelle für die perkutane transcricoidale Jet-Ventilation eine relative Kontraindikation für dieses Verfahren dar, da hier sowohl das erhöhte Risiko einer Blutung, aufgrund der meist gut vaskularisierten Tumore, als auch die Verschleppung von etwaigen Tumorzellen oder Eiter bei Abszessen durch die Punktion besteht (1,5).

Die Komplikationen ergeben sich ähnlich der Kontraindikationen bereits aus der Funktionsweise der Jet-Beatmung.

Zu den oben bereits erwähnten barotraumatischen Schäden zählt neben dem Pneumothorax, dem Pneumomediastinum und dem Pneumoperitoneum auch das subkutane Emphysem. Ein erhöhtes Risiko zur Entwicklung eines Barotraumas stellt die Anwendung der infraglottischen bzw. transtrachealen Jet-Ventilation dar (8). In einer von Bourgain et al 2001 veröffentlichten Multizenter-Studie wurde die Häufigkeit der Barotraumata bei insgesamt 643 transtracheal jet-ventilierten Patienten wie folgt angegeben: 8,4% entwickelten ein subkutanes Emphysem, 2,5% ein Pneumomediastinum und 1% einen Pneumothorax (9). Bei der transtrachealen Jet-Ventilation kann es v.a. bei nicht entdeckter Fehllage der Punktionskanüle subkutan oder hinter der posterioren Trachealwand zur Ausbildung von Haut- oder Mediastinalemphysemen oder auch zu einer konsekutiven Verlegung des Tracheallumens kommen. 1977 gab es diesbezüglich bereits Bemühungen, speziell S-geformte Jet-Kanülen zu entwickeln, die dieses Risiko minimieren (23).

Vor allem bei der supraglottischen Anwendung der Jet-Beatmung kann es zur Ausbildung von Atelektasen kommen. Etwa bei 41% der Patienten, die unter supraglottischer HFJV mikrolaryngoskopiert wurden, konnten im postoperativen Thoraxröntgen Atelektasen nachgewiesen werden (10). Sicherheit bieten heutzutage spezielle Jetventilatoren, die im Gegensatz zur manuellen Jet-Ventilation bei Überschreitung einer Druckgrenze zur automatischen Abschaltung des Jet Stroms führen und somit das Risiko des Barotraumas senken können.

Nicht nur der Überdruck, sondern auch die fehlende Klimatisierung des Jet-Stroms kann zu Schäden am Patienten führen. Aufgrund der hohen Beatmungsfrequenz wird der Patient trotz geringer Tidalvolumina mit einem hohen Atemminutenvolumen ventiliert, was bei Jet-Ventilatoren ohne Gasklimatisierung zur Austrocknung der Trachealschleimhaut führen kann. Dies macht sich postoperativ im Aufwachraum meist als unangenehmer Reizhusten beim Patienten bemerkbar. Deshalb sollte bei Jet-Ventilationen ab 15 Minuten Dauer, aber spätestens ab einer Stunde Dauer, eine aktive Anfeuchtung d.h. Gasklimatisierung erfolgen, um der Entstehung einer nekrotisierenden Tracheobronchitis vorzubeugen (2,5,6). Ein Nichtklimatisieren hat jedoch nicht nur die Schleimhautaustrocknung, sondern auch einen Wärmeverlust und somit ein Absinken der Körperkerntemperatur des Patienten zur Folge (2,6). Durch regelhafte Messung der

Körpertemperatur und der Anwendung Wärme-erhaltender Maßnahmen kann eine relevante Hypothermie und postoperativen Shivering vermieden werden.

Ein bislang wenig beachtetes, deswegen gering beforschtes Thema ist die fragliche Verschleppung von tumorösen Zellen durch den Jet-Strom in den unteren Respirationstrakt. So könnten bei einer Tumorresektion unter supraglottischer HFJV Zellen vom Resektionsareal in tiefer gelegene Atemwege verschleppt werden. Ob es zu einer pulmonalen Metastasierung beiträgt, ist noch unklar (1,5).

Nach eigenen Erfahrungen und Daten sind geringe Blutungen nach/während der Anlage einer TCHJV häufig, schwere Blutungen im Einzelfall möglich.

Eine Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der Jet-Ventilation findet sich in *Tabelle 1-1*.

Tabelle 1-1 : Vor- und Nachteile der HFJV, modifiziert nach Kleinschmidt (4)

Vorteile
Minimaler Platzbedarf des anästhesiologischen Instrumentariums mit größtmöglicher Übersicht für den Operateur
Kaum Bewegung des Operationsgebiets aufgrund der Beatmung (wichtig z.B. in der Laserchirurgie)
Nachteile
Kein sicherer Aspirationsschutz, auch bei hohen Frequenzen
Schwierige Überwachung der Ventilation
Beatmung weniger gut steuerbar (z.B. CO ₂ -Elimination bei COPD oder Adipositas)
Notwendige Befeuchtung und Erwärmung bei längeren Eingriffen
Barotraumagefahr mit Hautemphysem, Mediastianlemphysem oder Pneumothorax bei kritischen laryngotrachealen Stenosen bzw. oftmalige Unterbrechung der Beatmung durch häufige Alarme und Abschaltungen

1.1.4 Zugangswege der Jet-Ventilation

1.1.4.1 Supraglottische Jet-Ventilation

Die Jet-Ventilation kommt oberhalb der Glottis zur Anwendung z.B. in Form eines Stützlarngoskops oder eingehängt in das Laryngoskopierohr. Diese Form der Anwendung bietet eine exzellente Sicht auf des Operationsfeld und einen hohen Grad an Sicherheit, da kein potentiell entflammbarer Katheter im Atemweg liegt. Aufgrund des relativ großen Abstandes zu potentiellen Stenosen ist das Risiko für Barotraumatata geringer als bei den beiden unten genannten Zugängen. Zusätzlich ergibt sich aus der Nachbarschaft zur umgebenden Luft ein großer Anteil an air-entrainment. Jedoch kommt dieser nur zum Tragen, wenn der Jet-Strom entsprechend der trachealen Achse korrekt ausgerichtet ist. Auch kann es zur Ablenkung des Jet-Strahls durch chirurgische Manipulationen kommen. Das Risiko gastrointestinaler Blähung ist bei supraglottischer Jet-Ventilation erhöht. (1) Da die Überwachung der Ventilation und der Atemwege bei Eingriffen im HNO-Bereich durch die Lagerung und das OP-Gebiet erschwert sind, ist diese Beatmungsform nicht unkritisch zu sehen.

1.1.4.2 Perkutane transcricoideale oder transtracheale Jet-Ventilation

Hier wird der Jet-Strom unterhalb der Stimmbandebene durch eine Punktion des Ligamentum cricothyroideum (= transcricoidal) oder der Trachea bzw. über ein bestehendes oder bereits verschlossenes Tracheostoma (=transtracheal) appliziert (*Abbildung 1-1*). Häufig wird der Begriff der transtrachealen Jet-Ventilation synonym zur transcricoidalen Jet-Ventilation verwandt. Wir beziehen uns im Folgenden auf die transcricoideale Jet-Ventilation. Diese erfolgt beim noch wachen, spontan atmenden Patienten. Erst nach der erfolgreichen Punktion wird die Narkose eingeleitet. Dieser Zugang bietet dem Operateur eine ausgezeichnete Sicht sowie ungestörten Zugang zum Operationsfeld. Bei laserchirurgischen Eingriffen ist die Gefahr eines Atemwegsbrandes erhöht, da das Beatmungsgas das OP-Gebiet durchströmt und häufig mit Sauerstoff angereichert ist. Nur spezielle Sonden/Katheter, welche teflonbeschichtet und laserresistent sind, sind auch bei niedriger Sauerstoffkonzentration nicht brandgefährdet. Zusätzlich kann die transcricoideale/ transtracheale Jet-Ventilation zur Atemwegssicherung vor Einleitung der Narkose bei Patienten mit voraussichtlich oder bekannt schwierigem Atemweg dienen.

Auch eine unterstützende Beatmung kann einem spontan atmenden Patienten über den transtrachealen Zugang geboten werden. Nachteil der perkutanen Jet-Ventilation ist die Invasivität und die Zunahme der damit verbundenen Komplikationen. Diese werden vor allem durch Fehlposition der Jet-Kanüle verursacht (1,12). Dieses Verfahren ist daher vor allem in der Hand Unerfahrener gefährlich.

1.1.4.3 Subglottische translaryngeale oder transglottische Jet-Ventilation

Auch hier wird der Jet-Strom unterhalb der Stimmbandebene angebracht. Der Jet-Katheter wird nach Narkoseeinleitung oral oder nasal eingeführt und sollte mit dem distalen Ende unterhalb der Glottis zum Liegen kommen. Dieser Zugang bietet den Nachteil, dass der Jet-Katheter im Operationsgebiet verläuft und sowohl Zugang als auch Sicht behindern kann. Zusätzlich kann der Jet-Katheter aufgrund seiner Exposition schneller Schaden nehmen, z.B. beim Einsatz von Laser schmelzen und brennen, falls er nicht so wie der in dieser Studie eingesetzte Katheter, laserresistent ist. Bei der transglottischen Jet-Ventilation kommt es zu weniger beatmungsbedingten Bewegungsartefakten als bei der supraglottischen Jet-Ventilation (1,12).

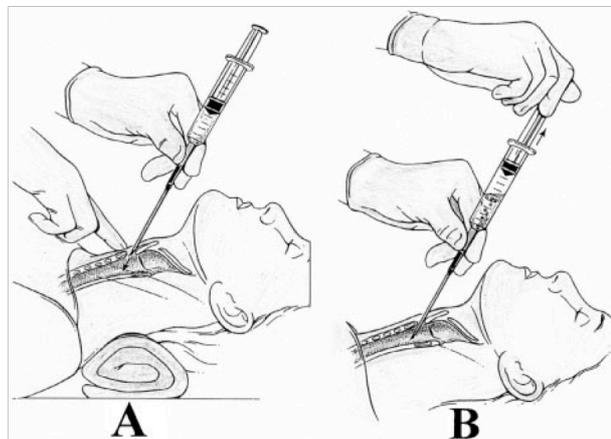


Abbildung 1-1: Schematische Darstellung der perkutanen, transcricoidalen Punktion der Trachea nach Patel. A) Palpation und Punktion, B) Aspiration von Luft zur Lagekontrolle. Abbildung aus Patel - Percutaneous transtracheal Jet-Ventilation (27).

Sowohl beim subglottischen als auch beim transcricoidalen/transtrachealen Zugang ist der Anteil des air-entrainment im Vergleich zum supraglottischen Zugang eher gering.

Beim subglottischen und transtrachealen Zugang muss besonders Augenmerk auf nach außen offenen Atemweg gelegt werden, da Verlegungen und Obstruktionen der oberen Atemwege schwere Barotraumata zur Folge haben können.

1.1.5 Anwendungsgebiete der Jet-Ventilation

1.1.5.1 Im Bereich der pharyngo-trachealen Chirurgie

Das operative Indikationsgebiet der Jet-Ventilation beschränkt sich zurzeit im Wesentlichen auf diagnostische und chirurgische Eingriffe an Kehlkopf, Atemweg und Lunge. Dabei handelt es sich meist um endoskopisch vorgenommene, diagnostische und chirurgische Interventionen mit starrem Bronchoskop oder Stützlaryngoskop. In der Thoraxchirurgie kommt die Jet-Ventilation v.a. bei Eingriffen an der Trachea oder großer Bronchien zur Anwendung (2,18). In *Tabelle 1-2* findet sich ein nach Kleinschmidt modifiziertes Indikationsspektrum v.a. im Bereich der HNO (4).

Tabelle 1-2: modifiziert nach Kleinschmidt (4)

Indikationsspektrum (Auswahl):
Entfernung maligner endolaryngealer und trachealer Raumforderungen, z.B. mittels Lasertechnik
Entfernung benigner Veränderungen wie z.B. Stimmbandpolypen, Larynxzysten, Reinke-Ödem, Granulome, Synechien, Leukoplakien
Behandlung von funktionellen Stimmstörungen wie Botulinustoxin-Injektion bei spastischer Dysphonie, Silikonunterspritzung, Stimmbandmedialisierung

1.1.5.2 Bei erwartet schwierigem Atemweg

Entsprechend der aktuellen S1 Leitlinien zum Atemwegsmanagement 2015 kann die Jet-Ventilation bei zu erwartendem schwieriger oder unmöglicher direkter Laryngoskopie und Intubation zur Anwendung kommen (19). Mit der steigenden Anzahl der in *Tabelle 1-3*

aufgeführten Prädiktoren oder Symptome steigt das Risiko einer schwierigen oder unmöglichen direkten Laryngoskopie.

Tabelle 1-3: Quelle S1 Leitlinie Atemwegsmanagement 2015 (19)

Symptome und Prädiktoren einer erschweren oder unmöglichen direkten Laryngoskopie	
1	Schwierige Intubation in der Anamnese
2	Stridor
3	Tumoren, Abszesse im Kopf-Hals- oder Mediastinalbereich
4	Z.n. Bestrahlung im Kopf-Halsbereich
5	Z.n. Operationen am Larynx/Pharynx
6	Progenie, Dysgnathie
7	Raumfordernde Struma
8	Makroglossie z.B. bei Patienten mit Mucopolysaccharidose oder Trisomie 21
9	mandibulo- und maxillofaciale Dysostosen
10	Eingeschränkte Mundöffnung
11	Eingeschränkte Reklination des Kopfes
12	Verringerter thyreomentaler Abstand
13	Kurzer oder umfangreicher Hals
14	subglottische Stenose, Trachealstenose, Trachealverlagerung
15	Schlafapnoe-Syndrom
16	Schwangerschaft
17	Mallampati Grad III oder IV

Zum Vorgehen bei erwartet schwierigem Atemweg wird in den S1 Leitlinien Atemwegsmanagement folgende Empfehlung für Erwachsene ausgesprochen: *„Ist ein regionalanästhesiologisches Verfahren nicht möglich, und eine Allgemeinanästhesie notwendig, soll bei Vorliegen von Prädiktoren oder anamnestischen Hinweisen für eine schwierige oder unmögliche Maskenbeatmung und / oder endotracheale Intubation die Atemwegssicherung unter Erhalt der Spontanatmung erfolgen. (...) Den höchsten Stellenwert besitzt der Einsatz eines flexiblen Intubationsendoskops. (...) Weitere beschriebene Techniken nach ausreichender Lokalanästhesie oder topischer Schleimhautanästhesie sind die Tracheotomie, die Etablierung eines translaryngealen / transtrachealen Zugangs, die Anwendung der Videolaryngoskopie und die Platzierung einer EGA am wachen, spontan atmenden Patienten.“* (19)

1.1.5.3 Bei unerwartet schwierigem Atemweg: Cannot-intubate-cannot-ventilate-Situationen

Um das Auftreten einer Cannot-intubate-cannot-ventilate-Situation zu vermeiden und mögliche schwierige Atemwege vorab zu detektieren, gibt es verschiedene Prädiktoren und Screening-Untersuchungen. Vor allem die positive Anamnese bezüglich Komplikationen während der Atemwegssicherung bei vorangegangenen Eingriffen hat sich als bester Prädiktor für einen schwierigen Atemweg erwiesen. Dennoch tritt im Schnitt bei jeder 13.000- 25.000igsten Narkose eine unerwartete Cannot-intubate-cannot-ventilate-Situation auf (19).

Langeron konnte zeigen, dass bei 6,1% aller Narkosen mit einem erschwerten Atemweg zu rechnen ist: bei 5% mit einer erschwerten Maskenbeatmung, bei 1,5% sowohl mit erschwerter Intubation als auch erschwerter Maskenbeatmung, bei 0,3% mit einer unmöglichen Intubation und erschwerten Maskenbeatmung und bei 0.07% mit einer Cannot-intubate-cannot-ventilate-Situation (28,29).

Bei den Strategien zur Sicherung eines Atemweges um Oxygenierung bzw. Ventilation eines Patienten zu sichern, wird in den S1 Leitlinien zwischen 4 Ebenen unterschieden:

- Ebene 1: Spontanatmung, unterstützte Beatmung oder kontrollierte Beatmung mit einer Gesichtsmaske
- Ebene 2: Verwendung einer extraglottischen Atemwegshilfe (EGA)
- Ebene 3: Platzierung eines Endotrachealtubus in der Trachea
- Ebene 4: Translaryngealer / transtrachealer Zugang (19).

So ist also die Atemwegssicherung durch einen translaryngealen / transtrachealen Zugang als „ultima ratio“ der Atemwegssicherung anzusehen, wenn bei drohender Asphyxie Versuche der Atemwegssicherung mittels weniger invasiven Techniken (Ebene 1-3) frustan verlaufen sind. Dem gegenüber steht die primäre Anwendung beim erwartet schwierigen Atemweg wie weiter oben im Text bereits beschrieben wurde. Unter dem Begriff des translaryngealem / transtrachealem Zugang sind folgende Techniken zusammengefasst:

Bei der Koniotomie wird das Ligamentum cricothyroideum durchtrennt und eine Beatmungskanüle oder ein Tubus unterhalb der Glottisebene in den Atemweg eingeführt. Die notfallmäßigen Koniotomie durch den Anästhesisten weist eine Komplikations- und Misserfolgsrate von bis zu 50% auf (20). Eine Alternative zur Koniotomie stellt im Rahmen eines Atemwegsnotfalls die Tracheotomie durch einen versierten Chirurgen dar. Voraussetzung ist die Tracheotomiebereitschaft eines Chirurgen, die sofortige Verfügbarkeit entsprechender Materialien und die Routine, die es ermöglicht, auch in einer Notfallsituation eine Tracheotomie rasch und sicher durchzuführen (21). Die notfallmäßige Platzierung einer Jet-Kanüle durch das Ligamentum cricothyroideum stellt unter den drei Techniken die wohl am wenigsten invasive und schnellste Methode dar, den Patienten im Notfall zu oxygenieren. Einschränkungen dieser transcricoidalen Oxygenierung stellen oftmals die unzureichenden Expiration / Ventilation und daraus resultierende Hyperkapnie sowie die Gefahr eines Barotraumas dar. Insbesondere bei obstruierten oberen Atemwegen stellt die transcricoidale Jet-Ventilation keine Alternative zur den beiden oben genannten Techniken dar.

Bei Kleinkindern und Säuglingen ist die Jet-Ventilation ein Mittel der Wahl in CANNOT-intubate-cannot-ventilate-Situationen (11).

1.2 Fragestellung

In der operativen HNO besteht eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit einer erschwerten oder unmöglichen direkten Laryngoskopie bei pharyngolaryngealen oder trachealen Pathologien. Bietet die transcricoidale Jet-Ventilation also eine essentielle und dabei risikoarme Option zum Atemwegsmanagement v.a. im Bereich der HNO?

Ziel dieser Arbeit ist es, die Sicherheit hinsichtlich Erfolgsrate und Aufrechterhaltung patientenbezogener Vitalparameter, sowie Komplikationsraten der TCHJV als elektive Option zum Management schwieriger Atemwege zu analysieren. Wir vertreten die These, dass bei zu erwartender schwieriger Maskenbeatmung und Intubation die Sicherheit des Patienten während der Narkoseinduktion durch die präemptive Anlage einer TCHJV in Hinblick auf 1) eine ausreichende Oxygenierung und Ventilation, 2) erhöhte Rate an

erfolgreichen Intubationen entweder verbessert werden kann und 3) trotz Invasivität der Methode die Komplikationsraten gering sind.

2 Studiendesign und Methoden

2.1 Studiendesign

In dieser Studie wurden NarkoData®-Protokolle des Zeitraumes von ca. 6 Jahren von Januar 2009 bis Oktober 2014 retrospektiv ausgewertet. Dabei wurden alle Narkoseprotokolle eingeschlossen, in denen die Patienten eine TCHJV erhielten, unabhängig von Indikation, Diagnose und Patientenalter oder - Geschlecht. Im Wesentlichen wurde die Anästhesie für HNO-Operationen durchgeführt, da hier eine Indikation für das Verfahren besteht.

Als Grundlage zur Datenerhebung diente die automatische Narkosedokumentation via NarkoData® der Firma IMESO®. Die Anästhesieprotokolle wurden automatisch aufgezeichnet und digital gespeichert. Dabei wurden entsprechend der Voreinstellungen unter anderem erhobene Vitalparameter wie Herzfrequenz, Blutdruck, periphere Sättigung und bei beatmeten Patienten auch Atemfrequenz, endtidales CO₂ und Beatmungsdrücke automatisch in einem vorgegebenen Zeitintervall von 3-5-10 Minuten entlang einer Zeitachse aufgezeichnet. Zudem wurden manuell durch den Anästhesisten applizierte Medikamente, Start- und Endpunkte von Interventionen (Beginn der Narkose, Intubation und Extubation, Schnitt und Naht durch Operateur etc) dokumentiert. Dem Anästhesisten oblag es, die durchgeführten Maßnahmen und auch anästhesiologische Verlaufsbefunde (AVB) festzuhalten.

Narkosen, in denen ausschließlich jetventiliert wurde, ohne den Patienten zu intubieren, wurden in eine Untergruppe eingeteilt (Mono-Jet). Dazu wurde mit Suchbegriffen wie „subglottische Stenose“ oder „Trachealstenose“ im ursprünglichen Datenpool nach den entsprechenden Narkosen gesucht.

Jet-Ventilationen, bei denen es im Verlauf zu einer notfallmäßigen Tracheotomie kam, wurden getrennt ausgewertet.

Alle Patientendaten wurden vollständig anonymisiert und entsprechend der unterzeichneten Datenschutzerklärung durch die Untersucher vertraulich behandelt.

Erhoben wurden folgende Daten:

- Demografische Daten: Alter in Jahren a, Geschlecht männlich m oder weiblich w, Körpergröße in cm, Körpergewicht in kg
- Vorbefunde: ASA- Klassifikation, Mallampati Score, Diagnose, OPS (Operations- und Prozeduren Schlüssel), Erfasste Freitexte bzgl. vorangegangener Narkosen (Narkosezwischenfälle, schwieriger Atemweg)
- Narkosezeiten : Narkosebeginn/- Ende, Jet-Ventilation, Intubation, Umintubation, Extubation, Schnitt/ Naht
- Vitalparameter: systolischer Blutdruck (sysRR in mmHg), diastolischer Blutdruck (diaRR in mmHg), Arterieller Mitteldruck (MAP in mmHg), Herzfrequenz (HF in min⁻¹), Periphere Sauerstoffsättigung (S_pO₂ in %), endtidaler Kohlenstoffdioxid-Partialdruck (etCO₂ in mmHg)
- Katecholamine: Noradrenalin, Adrenalin, Dopamin, Dobutamin, Vasopressin, sowohl Bolusgabe als auch kontinuierliche Gabe
- Intubation: Cormack/ Lehane I - IV, Tubusgröße und -art; Spatelgröße, Intubation 0/1 (wenn nicht Mono-Jet), Tracheotomie 0/1 (Notfall vs. geplant), Notkoniotomie 0/1, Videolaryngoskopie 0/1, Bronchoskop 0/1, Intubationswerkzeug
- AVB (anästhesiologische Verlaufsbeurteilungen)
- Freitexte
- Blutgasanalyse (Mono-Jet Subgruppe)

Als Zeitpunkt Null wurde in unserem Studiendesign der Zeitpunkt der Jet-Ventilation gewählt. Vom Zeitpunkt Null ausgehend wurden die Parameter auf negativer und positiver Zeitachse alle 5 Minuten bis Minute +/- 20 in die Auswertung einbezogen soweit dies anhand der Narkoseprotokolle möglich war. So wurden die Daten in „prä“ und „post“-Jet-Ventilation eingeteilt. Eine Ausnahme stellte hierbei die Datenerfassung des etCO₂ dar. Hier musste die Zeitachse auf Minute +30 erweitert werden, da sonst aufgrund einer zu geringen Anzahl erhobener Datenpunkte eine statistische Auswertung nicht möglich gewesen wäre.

2.2 Anwendung der transcricoidalen Jet-Ventilation

2.2.1 Indikationsstellung zur transcricoidalen Jet-Ventilation

Die Indikationsstellung zur Jetventilation erfolgte bei der Prämedikationsvisite in Zusammenschau aller Befunde und in Rücksprache mit dem verantwortlichen Anästhesie-Oberarzt.

Vor allem bei Patienten mit einem tumorösen Geschehen im Bereich des oberen Aerdigestivtraktes muss mit einer erschwerten Intubation gerechnet werden. Bei pathologischen Veränderungen in diesem Bereich sind prädiktive Marker wie Mallampati-Score oder Patil-Test nicht aussagekräftig.

Um das Intubationsverfahren korrekt und risikoarm zu planen, war eine sorgfältige Anamnese und Untersuchung des Patienten sowie gründliche Information über z.B. HNO-ärztliche Untersuchungsbefunde und etwaige Bildgebungen zwingend erforderlich.

In der Prämedikationsvisite wurden unter Anderem folgende Punkte anamnestiziert: Frühere Operationen oder Bestrahlungen im HNO-Gebiet, frühere Intubationsschwierigkeiten (Anästhesie-Ausweis?), Schluck- oder Sprechschwierigkeiten, Blutungen, (lageabhängige) Dyspnoe, Ruhe- oder Belastungsstridor und Vollbart. Die klinische Untersuchung konzentrierte sich auf die Beweglichkeit der Halswirbelsäule (vor allem in Bezug auf Reklination), die Mundöffnung, die Zungen- und Kehlkopfbeweglichkeit, sowie die Ausdehnung und Lokalisation des pathologischen Befundes im HNO-Spiegelbefund.

Ein HNO-Spiegelbefund kann jedoch nur bedingt Aussage über die Intubationsfähigkeit eines Patienten geben, da der Spiegelbefund indirekt bei einem sitzenden Patienten erhoben wird. Unter direkter Laryngoskopie und im Liegen können sich die perilaryngealen Verhältnisse völlig anders darstellen. Ist jedoch in der Spiegeluntersuchung oder der nasalen Endoskopie der Larynxeingang nicht sicher zu identifizieren, ist mit einer erschwerten oder gar unmöglichen Intubation zu rechnen.

Zusammenfassend konnte anhand von Anamnese, Untersuchungsbefund und der Sichtung von Spiegelbefund und/oder bildgebenden Verfahren die Intubationssituation voraussichtlich beurteilt werden. Hierbei ergaben sich folgende Möglichkeiten:

- A) die Intubation ist wahrscheinlich nicht erschwert
- B) die Intubation ist wahrscheinlich erschwert, aber unter Sicherheitsvorkehrungen möglich (z.B. unter transtrachealen Jet-Ventilation)
- C) die Intubation ist ohne Gefährdung des Patienten nicht möglich und es muss vor Beginn der eigentlichen Operation eine Tracheotomie des wachen Patienten in LA mit anästhesiologischem Stand-By unter Notkoniotomiebereitschaft oder TCHJV erfolgt.

Ergab sich nach Einschätzung eine wahrscheinlich erschwerte Intubation, so wurde der Patient auf das Verfahren der Jet-Ventilation zur Risikominimierung aufgeklärt.

Auch Patienten, die für eine Abtragung einer subglottischen Stenose geplant waren, wurden auf eine transtracheale Jet-Ventilation aufgeklärt, da ein transglottischer Tubus aufgrund der Operation an sich kontraindiziert und oft aufgrund der Enge der Atemwege nicht mehr möglich war.

2.2.2 Durchführung der transcricoidalen Punktion

Zunächst wurde der Kopf des Patienten leicht rekliniert. Nun wurde das Ligamentum cricothyroideum zwischen Schild- und Ringknorpel getastet. Waren Schild- und Ringknorpel nicht durch Tasten lokalisierbar, wurde in diesem seltenen Fall die Lokalisation mittels Ultraschall durchgeführt. Nach intravenöser Gabe einer geringen Menge eines Opiats (z.B. 5µg Sufentanil) wurde mit einem alkoholischen Desinfektionsspray lokal desinfiziert. Anschließend erfolgte die Injektion von 2ml Lokalanästhetikum (LA, 2% Lidocain) mittels einer 24G Kanüle nach Aspiration von Luft tracheal. Durch den dadurch provozierten Hustenreiz kam es optimalerweise zur Verteilung des LA auf den umgebenden Schleimhäuten. Nach erfolgreicher Lokalanästhesie tracheal erfolgte die Punktion über den gleichen Stichkanal bis zur Trachea entweder 1) unter Aspiration mit der im ZVK-Set enthaltenen 14G Punktionskanüle bis Luft aspiriert werden konnte und/oder 2) mittels der „Loss of

Resistance“ (LOR)-Technik, bis ein deutlicher LOR gespürt wurde. Dann galt das Lig. Cricothyroideum, bzw. die Trachea als punktiert. Nun wurden erneut 2ml 2%iges Lidocain tracheal appliziert. Die Jet-Sonde (14G 1-Lumen ZVK, ARROW Deutschland GmbH) wurde nun via Seldinger-Technik eingeführt. Dabei war darauf zu achten, dass der Draht und konsekutiv die Jet-Sonde nicht nach kranial abweichen. Das wurde v.a. durch die korrekte Ausrichtung der Kanüle im 45 Grad Winkel nach kaudal und des Kanülen-Schliffs nach oben erreicht. Nach dem Einführen wurde durch erneute Luft-Aspiration die intratracheale Lage kontrolliert. Je nach Halslänge wurde die Jet-Sonde bei einem Hautniveau von 13-15cm platziert und mit Pflastern sicher an der Haut fixiert. Zusätzlich erfolgte eine Racheninspektion zum Ausschluss einer Fehllage. Erst dann erfolgte der Anschluss an den Jet-Ventilator bei einem initialen Arbeitsdruck von 1 bar, F_{iO_2} 100% und einer Atemfrequenz von 100 pro Minute. Der wache Patient sollte problemlos neben der Jet-Ventilation spontan mitatmen können und die Lunge sollte bei der Auskultation beidseits Jet-synchrone Beatmungsgeräusche aufweisen. Die Anlage der TCHJV wurde im Selbstversuch durch Frau Dr. Hannelore Ledderose zunächst erfolgreich mit einem 20 G i.v. Verweilkanüle durchgeführt. Dies wurde anschließend zugunsten der Seldinger-Technik verlassen, um höheren Patienten-Komforts aufgrund der Katheter-Flexibilität zu gewährleisten. Ab etwa 1982 wurde die TCHJV in Seldinger-Technik von Dr. Ledderose in die klinische Routine an unserer Klinik eingeführt: zunächst bei einem jungen Patienten, welcher aufgrund eines großen kugeligen Oropharynx tumores in örtlicher Betäubung tracheotomiert werden sollte. Der Tumor konnte erfolgreich unter TCHJV und ohne Tracheotomie entfernt werden (die Operation fand in Seitenlage statt, da nur in dieser Position ein freies Abströmen der Luft gewährleistet war). So fand die Idee der TCHJV, punktiert via Seldinger-Technik, zum Management schwieriger Intubationen Einzug in unsere Klinik.

Erst wenn sichergestellt war, dass unter aktiver transcricoïdaler Jet-Ventilation ein ungehinderter Luftausstrom und ein Anstieg der peripheren Sauerstoffsättigung erfolgte (unter einem maximalen Arbeitsdruck von 2 bar), erfolgte die Induktion der Narkose. Dabei wurde auf eine Maskenbeatmung zur Oxygenierung verzichtet, da zum Einen die Jet-Ventilation den Patienten oxygeniert und CO_2 eliminiert und da zum Anderen eine Maskenbeatmung den Luftausstrom behindert und ein Barotrauma zur Folge haben kann.

Bei geplanter Mono-Jet-Beatmung erfolgte die Narkoseinduktion erst, wenn der Operateur bereit zum Einsetzen des Stützrohres war. Patienten, bei denen die Jet-Ventilation

aufgrund bekanntem erschwerten Atemweg oder unklarer Atemwegsverhältnisse erfolgte, konnten nun bis zur erfolgten oralen/nasalen Intubation meist sicher oxygeniert werden.

Nach erfolgreicher Intubation kann das Entweichen von Strömungsgeräuschen aus dem Tubus wahrgenommen werden. Ohne die Jet-Ventilation zu pausieren konnte nun der Tubus geblockt werden, da das distale Ende des Jet-Katheters in der Regel unterhalb des Tubuscuffs liegt. Vor dem Anschluss des Tubus an ein konventionelles Beatmungsgerät musste die Jet-Ventilation gestoppt werden, damit kein Barotrauma entsteht. Der Patient wurde nun nochmals zur Bestätigung der korrekten Tubuslage beidseits auskultiert und auf das Abatmen von expiratorischem CO₂ überprüft. Die Jetsonde wurde erst jetzt vom Jet-Ventilator diskonnektiert und mit einem roten Verschlussstopfen verschlossen. Nach Beendigung des operativen Eingriffes und vor Verlegung des Patienten auf die Station wurde die Jetsonde gezogen. Dies erfolgte erst, nachdem über einen längeren Zeitraum im Aufwachraum sichergestellt wurde, dass der Patient eine suffiziente Eigenatmung aufweist. Dazu wurde nach lokaler Sprühdesinfektion die Jetsonde rasch gezogen und nach kurzer Kompression die Punktionsstelle mit einem Pflaster verbunden. Die vollständige Entfernung der Jet-Sonde wurde dokumentiert.

2.2.3 Standardeinstellung am Jet-Ventilator

Der während des Studienzeitraumes verwendete Jet-Ventilator war der Monsoon[®] (Accutronic, Hirzel, Schweiz; via IFM, Deutschland).

Im Folgenden sind die klinikinternen Standardeinstellungen der Jet-Ventilation aufgeführt. Adaptationen, entsprechend der Bedürfnisse des jeweiligen Patienten erfolgen anhand der im Kapitel 1.1.1. beschriebenen Mechanismen:

Beatmungsfrequenz (in min⁻¹): 100

Inspiratorische Sauerstoffkonzentration (F_iO₂ in %): 100

Arbeitsdruck (AD in bar): 1-2,0

Inspirationsdauer (T_{insp} in %): 30-50

Oberer Atemwegsspitzenndruck (peak inspiratory pressure PIP in mbar): 50

Obere Grenze des endexpiratorischen Atemwegsdruckes (end expiratory pressure EEP in mbar): 15-20

Mindestens 50% Befeuchtung und Erwärmung ab einer geplanten Jet-Beatmung von länger als 15 Minuten.

2.3 Prämedikation der Patienten im Bereich HNO

Ein besonderes Augenmerk fällt auf die in unserem Haus standardisierte Prämedikation der Patienten im Bereich der HNO-Anästhesie. Sofern keine Kontraindikationen bestanden, erhielten Patienten präoperativ eine Mischung aus Atropin, Promethazin und Pethidin intramuskulär oder oral in Tropfenform. Diese Prämedikation wird bei HNO-Patienten mit kompromittiertem Atemweg verwendet, da sie weniger sedierend und muskelrelaxierend wirkt, jedoch antiemetisch, antihistaminerg und sekretvermindernd. Die Anordnung der Prämedikation erfolgte durch den prämedizierenden Anästhesisten und wurde etwa 45-60 min vor Narkoseeinleitung durch eine Pflegekraft der Station verabreicht.

Das Dosierungsschema wird im Folgenden beschrieben:

- *Prämedikation bei Erwachsenen:*

Bei Patienten jünger als 70 Jahre und ohne relevante Kontraindikationen wurden Atropin 0,5mg, Pethidin 25mg und Promethazin 25mg i.m. gegeben. Eine Reduktion von Pethidin 12,5mg und Promethazin 12,5mg erfolgt bei Patienten älter als 70 Jahre und bei sehr kurzen Eingriffen.

- *Prämedikation bei Kindern:*

Stationär behandelte Kinder erhielten zusätzlich zu EMLA[®]-Pflaster die Prämedikation in Form von Tropfen in folgender Dosierung: 1mg/kg KG Promethazin bis maximal 25mg und 1,5mg/kg KG Pethidin bis maximal 50mg. Ambulant behandelte Kinder wurden mit 0,3mg/kg KG Midazolam oral oder rektal prämediziert.

Eine Dosisanpassung bzw. der Verzicht auf diese Art der Prämedikation erfolgte je nach Patient individuell in Rücksprache und Ermessen des diensthabenden Oberarztes für Anästhesiologie. Generell wurden Patienten älter als 80 Jahre, Patienten mit ausgeprägtem Schlafapnoesyndrom, inspiratorischem Stridor oder Atemnot nicht medikamentös prämediziert. Bei Bedarf erhielten Patienten älter als 80 Jahre am Vorabend der Operation oral 10mg Clorazepam.

2.4 Narkoseinduktion und –aufrechterhaltung

Die Narkoseinduktion erfolgte adaptiert an das Körpergewicht und die Vorerkrankungen bzw. Allergien des Patienten mit dem Opioid Sufentanil (Sufenta[®]), Propofol (Disoprivan[®] 1-2%) oder Thiopental (Trapanal[®]) als Hypnotikum und dem nicht-depolarisierenden Muskelrelaxans Vecuronium (Norcuron[®]) oder Cis-Atracurium (Nimbex[®]).

Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgte nach Ermessen des narkoseführenden Anästhesisten mittels total-intravenöser Anästhesie (TIVA), inhalativ oder einer Kombination. Bei der TIVA kommen Propofol (1-2%) als Hypnotikum in Kombination mit Remifentanil (Ultiva[®]) via kontinuierlicher Infusion oder intermittierend Sufentanil Bolusgabe als Opiat zur Anwendung. Inhalativ standen Sevofluran (Sevorane[®]) und bis Ende 2013 auch Distickstoffmonoxid (Lachgas) zur Verfügung. Eine weitere Relaxierung nach erfolgter Intubation erfolgte zumeist nicht.

2.5 Verwendete Klassifikationen

2.5.1 ASA Klassifikation

Die Klassifikation nach ASA (American Society of Anaesthesiologists) diente der perioperativen Risikoeinschätzung eines Patienten entsprechend seiner Vorerkrankungen (38):

ASA 1: gesunder Patient,

ASA 2: Patient mit leichter Allgemeinerkrankung ohne Einschränkung,

ASA 3: Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung und dadurch resultierender

deutlicher Beeinträchtigung,

ASA 4: Patient mit schwerer, lebensbedrohlichen Allgemeinerkrankung,

ASA 5: moribunder Patient, der ohne Operation wahrscheinlich nicht überlebt.

2.5.2 Mallampati-Score

Der Mallampati Score (MP) dient der Abschätzung in Bezug auf Schwierigkeitsgrad einer endotrachealen Intubation. Die Beurteilung erfolgte bei maximal geöffnetem Mund mit herausgestreckter Zunge in neutraler Kopfhaltung (37):

MP 1: der weiche Gaumen, die Gaumenbögen und die Uvula sind vollständig sichtbar,

MP 2: die Spitze der Uvula und die seitlichen Gaumenbögen sind nicht mehr sichtbar,

MP 3: der weiche und der harte Gaumen sind sichtbar,

MP 4: nur der harte Gaumen ist sichtbar (*Abbildung 2-1*).

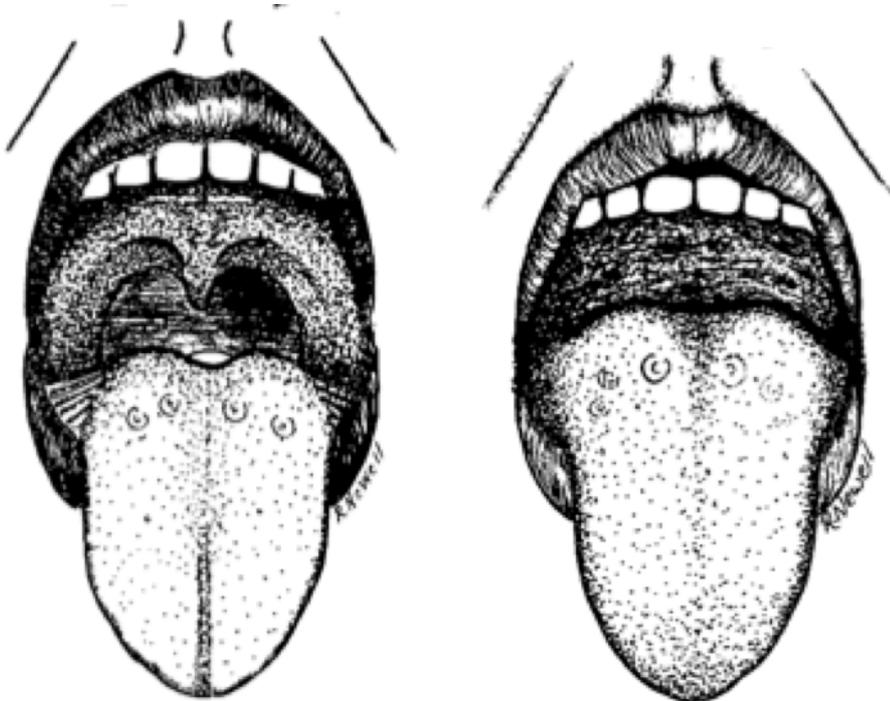


Abbildung 2-1: Darstellung eines Patienten mit Mallampati Grad 1 (links) und Grad 3 (rechts) nach Mallampati (37)

2.5.3 Klassifikation nach Cormack and Lehane

Die Einteilung nach Cormack und Lehane (CL) beschreibt die bei der Laryngoskopie einsehbaren Anteile des Kehlkopfes (39):

CL 1: die gesamte Stimmritze ist einsehbar,

CL 2: nur die hintere Kommissur der Stimmritze (Aryknorpel) ist einsehbar,

CL 3: die Stimmritze ist nicht einsehbar, lediglich die Epiglottis ist sichtbar,

CL 4: weder Epiglottis noch Stimmritze sind sichtbar, nur Zungengrund sichtbar,

CL 5: nicht beurteilbar (zur klinikinterne Dokumentation). (Abbildung 2-2)

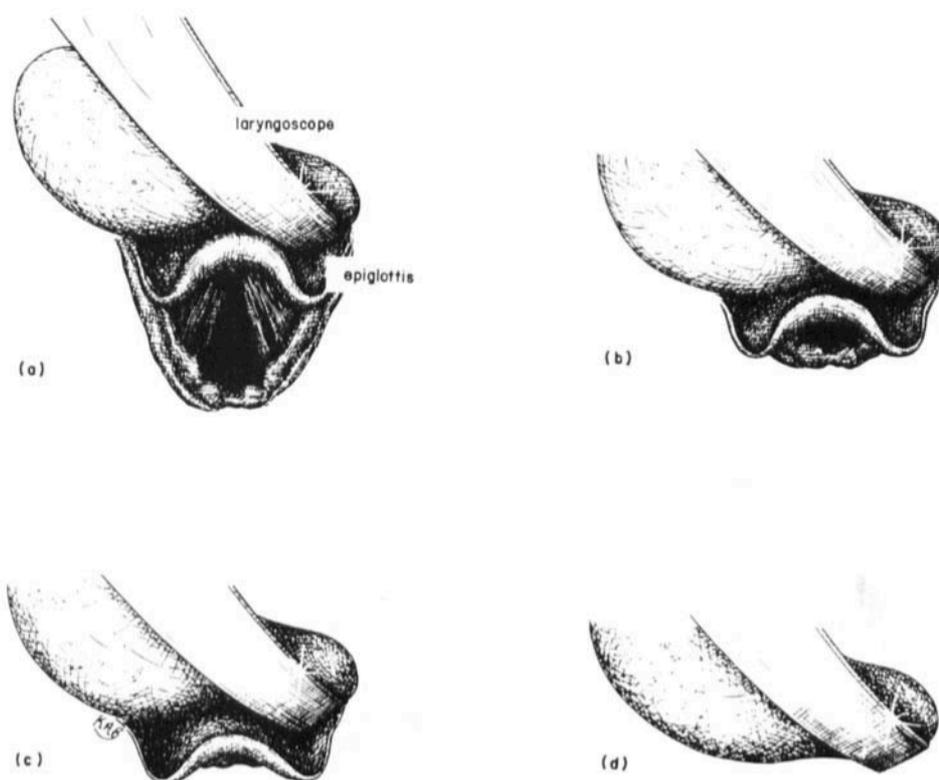


Abbildung 2-2: Darstellung der Einsehbarkeit von Stimmritze und Epiglottis bei der direkten Laryngoskopie nach Cormack and Lehane a) Grad 1, b) Grad 2, c) Grad 3 and d) Grad 4 (39)

2.5.4 Anästhesiologische Verlaufsbeobachtungen

Anästhesiologische Verlaufsbeobachtungen dienen in der Anästhesie zur Qualitätssicherung und der Dokumentation von unerwünschten und ungeplanten Ereignissen, die während des anästhesiologischen Betreuungsintervalls neu auftraten (32):

- Grad 1: Ereignis ohne Bedeutung für den Aufwachraum (AWR), eine besondere Betreuung im AWR ist nicht nötig,
- Grad 2: Ereignis mit klinischer Bedeutung für die Betreuung für den AWR, jedoch nicht für die Verlegung auf die Station,
- Grad 3: Ereignis bedeutsam für die Betreuung im AWR - deutlich verlängert Verweildauer im AWR und/oder Beobachtung über die Aufwachraumphase hinaus auf Station notwendig,
- Grad 4: Problem kann im AWR nicht zufriedenstellend gelöst werden und bedingt die Verlegung auf eine Wach- oder Intensivstation,
- Grad 5: Tod des Patienten.

2.6 Statistische Auswertung

Die erfassten Daten wurden entsprechend der Einteilung via SAS (Statistical Analysis System, Santa Ana, USA) einer statistischen Auswertung unterzogen.

Via des Shapiro-Wilk-Tests wurden die Daten auf Normalverteilung getestet (Signifikanzniveau $p < .05$). Bei vorliegender Normalverteilung kamen Mittelwert und Standardabweichung ($m \pm SD$), sowie Students t-Test für parametrische Daten zur Anwendung; bei nicht Normalverteilung Median und Semi-Interquartilsabstand ($MD \pm sIQR$), Wilcoxon-Test für nicht parametrische Daten.

So handelt es sich bei dieser Studie im Wesentlichen um eine deskriptive Statistik einer retrospektiven Datenanalyse über einen Zeitraum von 6 Jahren.

3 Ergebnisse

In die Studie wurden insgesamt 816 NarkoData®-Protokolle des Zeitraumes Januar 2009 bis Oktober 2014 ($n = 816$) einbezogen. Bei der folgenden manuellen Durchsicht dieser digital generierten Datenbank wurden insgesamt 11 Protokolle ausgeschlossen, da hier eine fälschliche Dokumentation bezüglich Jet-Ventilation erfolgte. So ergibt sich für alle eingeschlossenen Protokolle eine Anzahl von $n = 805$. Da alle an der Universitätsklinik der Ludwig-Maximilian-Universität durchgeführten Narkosen mit Jet-Ventilation in diesem Zeitraum mit einbezogen wurden und nicht nur jene im Bereich der HNO, sind von den 805 einbezogenen Protokollen $n = 25$ nicht HNO spezifische Operationen.

Innerhalb des Gesamtkollektives wurden zwei Subgruppen gesondert betrachtet und ausgewertet. Von 805 Narkoseprotokollen entfallen 27 in die Gruppe der Mono-Jet-Ventilation ($n = 27$) und 9 in die Gruppe der Not-Tracheotomie ($n = 9$). Beide dieser Subgruppen wurden in die Auswertung des Gesamtkollektives mit einbezogen.

3.1 Gesamtkollektiv

3.1.1 Allgemeine Daten

3.1.1.1 *Demografie*

Von den 805 im Rahmen einer Narkose jet-ventilierten Patienten waren der jüngste Patient 9 Jahre alt und die ältesten 88 Jahre. Im Mittel betrug das Alter 62 ± 13 Jahre ($m \pm SD$; $p < .0001$). Männer waren im Schnitt 62 und Frauen 61 Jahre alt wobei der Altersunterschied bezogen auf das Geschlecht nicht signifikant ist ($p = .219$). Es wurden acht Patienten < 18 Jahre eingeschlossen.

Der überwiegende Anteil der Patienten war männlich mit 74% ($n = 593$). Der jüngste Patient war weiblich, während die vier ältesten Patienten eine ausgeglichene Geschlechterverteilung zeigten. In *Abbildung 3-1* ist eine detaillierte Geschlechterverteilung in Bezug auf das Patientenalter dargestellt.

Das mittlere Gewicht im Gesamtkollektiv betrug $75 \text{ kg} \pm 17$ und die mittlere Körpergröße $172 \text{ cm} \pm 10$ ($m \pm SD$; $p < .0001$ für Normalverteilung).

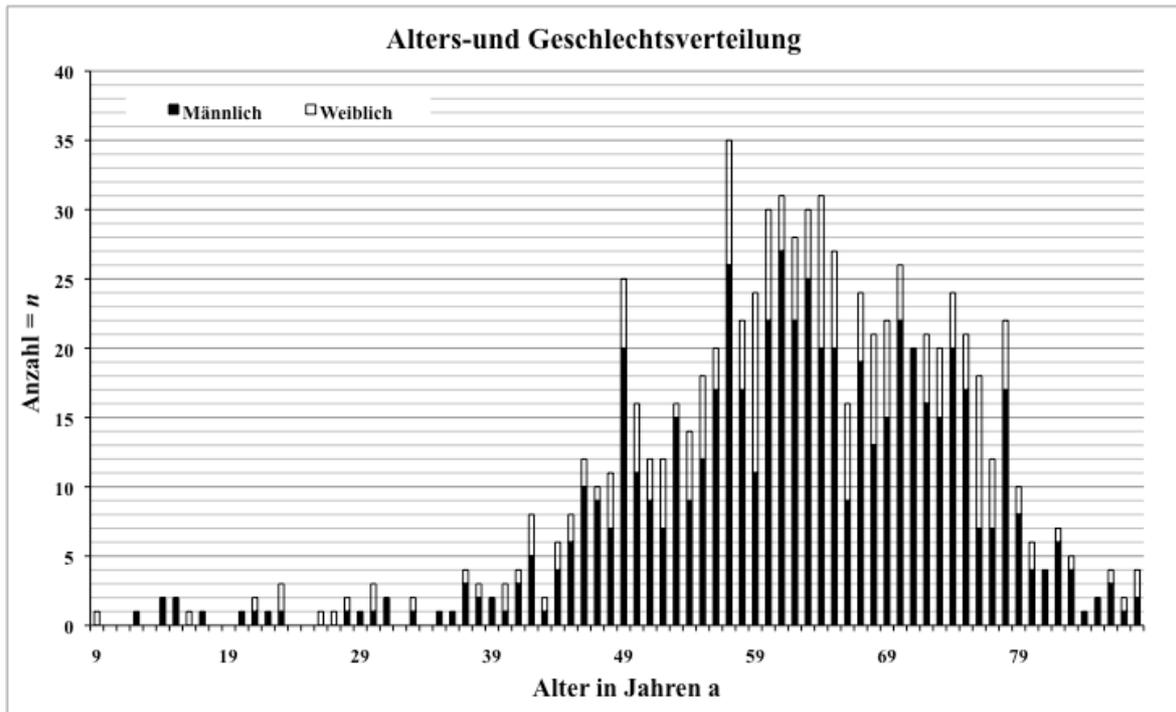


Abbildung 3-1: Grafische Darstellung der Altersverteilung im Gesamtkollektiv unterteilt in männliche (schwarz) und weibliche (weiß) Patienten.

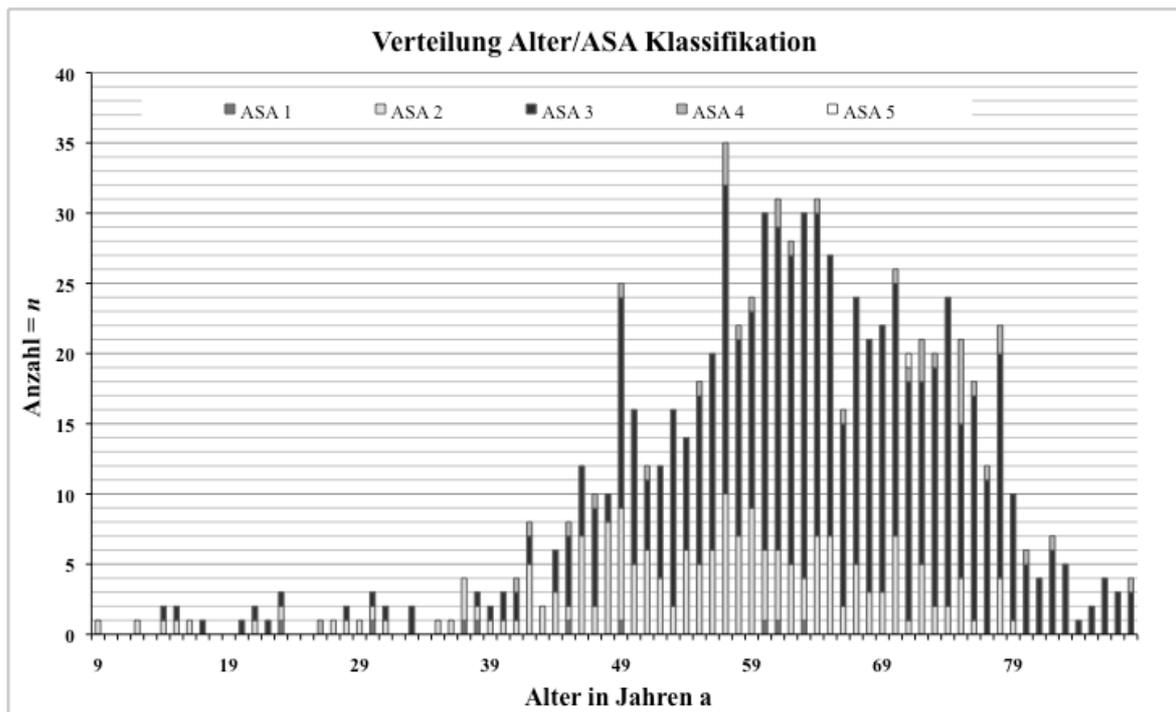


Abbildung 3-2: Grafische Darstellung der Verteilung von ASA-Klassifikation zu Alter.

3.1.1.2 ASA-Klassifikation

Von den 805 eingeschlossenen Patienten war der überwiegende Anteil ASA 3 klassifiziert mit $n = 571$, gefolgt von $n = 186$ Patienten der ASA 2 Klassifikation, $n = 38$ ASA 4, nur 9 Patienten mit ASA 1 und 1 Patient ASA 5. Das ergibt die prozentualen Anteile von: 1,1% ASA 1, 23,1% ASA 2, 70,9% ASA 3, 4,7% ASA 4 und 0,1% ASA 5. Die Verteilung der ASA - Klassifikation innerhalb der Altersgruppen ist in *Abbildung 3-2* dargestellt. *Tabelle 3-1* gibt eine Übersicht zur prozentualen Verteilung.

Tabelle 3-1: Aufstellung der demografischen Daten und ASA-Klassifikation. *m* Mittelwert, *SD* Standardabweichung

Gesamtanzahl			
	805		
Kategorie			
Geschlecht			
männlich	594		
weiblich	211		
	<i>m</i> ±	<i>SD</i>	Einheit
Alter	62 ±	13	a
Körpergröße	172,48 ±	10	cm
Körpergewicht	75 ±	17	kg
ASA-Klassifikation			
	Anzahl	(%)	
ASA 1	9	(1,1 %)	
ASA 2	186	(23,1 %)	
ASA 3	571	(70,9 %)	
ASA 4	38	(4,7 %)	
ASA 5	1	(0,1 %)	
ASA (<i>m</i> ± <i>sd</i>)	2,79 ±	0,535	

3.1.1.3 Dinglichkeit und Operationsdiagnosen

Von den insgesamt 805 Narkosen waren 737 geplant und 68 nicht geplant. Von den 68 nicht geplanten Operationen wurden 36 als dringlich verzeichnet; 32 Operationen wurden als Notfall Operation dokumentiert (*Tabelle 3-2*). Notfalloperationen sollten im Sinne der

Patienten unverzüglich stattfinden während dringliche Operationen innerhalb eines definierten kurzen Zeitraumes (< 24 h) durchgeführt werden sollten. Wahloperationen bzw. elektive Operationen können vom Zeitpunkt quasi frei gewählt werden - sie werden geplant.

Die am häufigsten dokumentierten Diagnosen bei den 32 Notfall Operationen mit Jet-Ventilation waren - aufgelistet nach Häufigkeit: Blutungen im Halsbereich und in den oberen Atemwegen, akute Dyspnoe bei bösartigen Neubildungen im Kopf-Hals-Bereich, bösartige Neubildungen von Larynx, Mundhöhle und Hypopharynx, Epiglottis- / Peritonsillar- / Parapharyngeal- und Zungengrundabszesse und traumatische Amputationen von Teilen des Kopfes bzw. Gesichtes.

Tabelle 3-2: Prozentualer Anteil an elektiven, dringlichen und Notfall-Operationen innerhalb des Gesamtkollektives, sowie Anteil der HNO-spezifischer versus nicht-HNO-spezifischer Operationen.

Dringlichkeit						
Anzahl	gesamt	805				
	elektiv		dringlich (< 24 h)		Notfall	
	737	(92 %)	36	(4 %)	32	(4 %)
unmittelbare perioperative Todesfälle			0		0	
Art des Eingriffes						
HNO			777	(96,5 %)		
Andere			28	(3,5 %)		

Bei $n = 777$ der 805 einbezogenen Narkoseprotokolle wurden Operationen im Bereich der HNO durchgeführt; bei $n = 28$ hingegen Operationen anderer Fachgebiete. Der Großteil der nicht HNO-spezifischen Eingriffe sind Operationen am Thorax ($n = 13$; z.B. Eingriffe an der Lunge oder Aorta) und allgemein chirurgische Operationen ($n = 11$; v.a. abdominal chirurgische Eingriffe wie Laparotomien bei Magenteilrektion oder Hemikolektomie, aber auch Nephrektomie, Ablatio Mamma und chirurgische Wundtoilette). Jeweils zwei der 28 nicht HNO-spezifischen Eingriffe fanden in der Neurochirurgie (Schädeleröffnung und Operation an den Hirnhäuten) und der Orthopädie/Unfallchirurgie (Implantation einer Hüft-Prothese und Osteosynthese durch Marknagel) statt.

Die restlichen 777 Narkosen mit Jet-Ventilation erfolgten im HNO-Bereich. In *Tabelle 3-3* findet sich eine Auflistung der angeführten Operationen.

Tabelle 3-3: Übersicht über die im HNO-Bereich durchgeführten Operationen mit Jet-Ventilation im Zeitraum Januar 2009 bis Oktober 2014.

Anzahl	Angeführte Operation
1	Operation nicht begonnen/kein Eingriff
1	Fremdkörperentfernung
1	Einfache endotracheale Intubation
2	Notfalltracheotomie
3	Operation am äußeren Ohr o.n.A.
3	Tracheobronchoskopie
3	Operation am Mund o.n.A.
3	Operation an Gaumen- und Rachenmandeln o.n.A.
3	Operation an Kiefergelenk und Gesichtsschädelknochen
4	Exzision von erkranktem Gewebe einer Speicheldrüse und eines Speicheldrüsenausführungsganges
4	Tympanoplastik
4	Operation an mehreren Nasennebenhöhlen
5	Operationen an Mittel- und Innenohr o.n.A.
5	Tracheobronchiale Destruktion von erkranktem Gewebe der Trachea (incl. Laser)
5	Lokale Exzision von erkranktem Gewebe an Haut und Unterhaut
6	Operationen an der Nase o.n.A.
10	Abszessostomie
12	Ösophagus-Bougierung
13	Wiederherstellung und Rekonstruktion von Haut und Unterhaut o.n.A.
13	Inzision und Drainage eines pharyngealen oder parapharyngealen Abszesses
13	Tumorresektion
24	Operation an der Zunge o.n.A.
29	Exzision und Destruktion von erkranktem Gewebe des Larynx
34	Resektion des Mundbodens mit plastischer Rekonstruktion
41	Temporäre Tracheostomie
43	Operation am Pharynx o.n.A.
51	Operation an Larynx und Trachea o.n.A.
57	Permanente Tracheostomie
67	Radikale zervikale Lymphadenektomie [Neck dissection]
337	Diagnostische Laryngoskopie und Pharyngoskopie mit Probeexzision

Die hier gezeigte Gesamtzahl von 797 Operationen kommt dadurch zustande, dass bei einigen Operationen mehrere Operations- und Prozedurenschlüssen angegeben wurden, welche manuell wieder getrennt wurden. So wurde z.B. ein manuell eingegebener Eingriffstext von „Tumorresektion + Neck dissection + Tracheostomie“ in „Tumorresektion“, „temporäre Tracheostomie“ und „radikale zervikale Lymphadenektomie (Neck dissection)“ aufgeteilt. Ebenso wurden manuell dokumentierte

Eingriffstexte wie „Stütze +/- PE“, „Panendo“, „Panendoskopie +/-und PE“ und „diagnostische Laryngoskopie und Pharyngoskopie“ unter „Diagnostische Laryngoskopie und Pharyngoskopie mit Probexzision“ zusammengefasst. Ebenso wurden sowohl kleinere als auch größere Eingriffe verschiedenster Art am z.B. Larynx unter „Exzision und Destruktion von erkranktem Gewebe des Larynx“ oder „Operation an Larynx und Trachea“ vereinheitlicht, um die Übersichtlichkeit zu gewähren. In dieser Tabelle kommen zudem nur die vom narkoseführenden Anästhesisten dokumentierten Operationsschlüssel zur Geltung. Wenn also bei einer Tumorresektion im Hals-Kopf-Bereich zusätzlich eine Tracheostomie durchgeführt wurde, diese aber nicht im OPS codiert oder dokumentiert wurde, scheint sie hier nicht auf. Dies gilt ebenfalls für während der Narkoseeinleitung durchgeführte Notfalltracheotomien oder -Koniotomien.

3.1.1.4 Atemweg präoperativ und intraoperativ

Bei den insgesamt 805 eingeschlossenen Narkoseprotokollen wurden bei 800 Patienten transtracheale Jet-Sonden eingelegt und darüber ventiliert. Bei nur 9 Patienten wurde bereits initial tracheotomiert oder es gab ein vorbestehendes Tracheostoma, über welches (Jet-) ventiliert werden konnte. Bei 90,9% ($n = 732$) der jet-ventilierten Patienten war eine konsekutive endotracheale Intubation möglich. Der Rest ($n = 73$; 9,1%) konnte nicht intubiert werden, oder eine Intubation war aufgrund der Pathologie / Operation nicht möglich oder erforderlich. Die bei der endotrachealen Intubation vorgenommene Klassifikation nach Cormack und Lehane ist detailliert in *Tabelle 3-6* dargestellt, ebenso die präoperative Einschätzung bezüglich des Mallampati-Scores.

267 der Patienten wurden intraoperativ chirurgisch tracheotomiert (33,17%), 6 Patienten wurden präoperativ notfallmäßig tracheotomiert (0,87%) und 2 Patienten notfallmäßig koniotomiert (0,25%). Auf die insgesamt 9 Patienten, die notfallmäßig tracheotomiert oder koniotomiert wurden, wird in einem späteren Kapitel gesondert eingegangen.

Bei 64% aller Patientin, die konventionell intubiert wurden, wurde zur Intubation ein Macintosh Spatel verwendet ($n = 513$): bei 475 dieser Patienten wurde ein Macintosh Spatel der Größe 4 verwendet (92%), bei 31 Patienten ein Linkshänder-Macintosh Spatel der Größe 4 (6%) und bei nur 8 Patienten ein Macintosh Spatel der Größe 5 (2%). Nur 4 von 805 Patienten wurden mittels Miller Spatel konventionell intubiert und 10 via Bronchoskop. Mit 199 Patienten (27%) entsprach die Gruppe jener, die mittels Videolaryngoskopie (Firma Storz, Tuttlingen, Deutschland) intubiert wurden, der

zweitgrößten Fraktion. Zur Videolaryngoskopie wurde in 123 Fällen (62%) ein Non-D-Blade Spatel verwendet und in 19 Fällen ein D-Blade Spatel (10%). Bei 57 Patienten wurde die Spatelart nicht dokumentiert. (Tabelle 3-4)

Tabelle 3-4: Übersicht verwendeter Intubationsbestecke. *n* Anzahl

Verwendetes Intubationsbesteck		<i>n</i> =	%
Macintosh Spatel	gesamt	513	64
	Macintosh 4er	474	92
	Macintosh 4er Linkshänder	31	6
	Macintosh 5er	8	2
Miller Spatel	gesamt	4	1
Videolaryngoskop	gesamt	199	27
	D-Blade	19	10
	Non-D-Blade	123	62
	Keine Angaben	57	29
Brochoskop	gesamt	10	1
Keine Angaben		79	10
<i>Summe dokumentiert</i>		726	90
	<i>n</i> =	805	

In Tabelle 3-5 findet sich eine Aufstellung der bei der Intubation verwendeten Tuben. Am häufigsten Verwendung erfuhren dabei Mikrolaryngotrachealtuben (MLT) mit 70,7% (*n* = 569): in 94% wurde ein MLT der Größe 6 (*n* = 534), in 5% ein MLT der Größe 5 (*n* = 28) und in 1% ein MLT der Größe 4 (*n* = 7) verwendet.

Tabelle 3-5: Detaillierte Auflistung der zur Intubation/ Beatmung verwendeten Tuben. MLT Mikrolaryngotrachealtubus, n Anzahl.

Verwendete Tuben	n =	%
MLT	569	70,7
Spiraltubus	77	9,6
Magill Tubus	48	6,0
Lanz Tubus	25	3,1
Trachealkanüle	18	2,2
Doppellumen Tubus	6	0,7
HiLo Tubus	2	0,2
Andere	60	7,5
Gesamt	805	

3.1.1.5 Zeiten

Die im NarkoData[®] dokumentierten Narkosezeiten wurden verwendet, um die bis zur TCHJV und endotrachealen Intubation (ITN) benötigte Zeit auszuwerten. Um die Zeit zu erhalten, die bis zur ITN benötigt wird, wurde von der Gesamtzeit, benötigt bis zur ITN, die Zeit bis zur TCHJV abgezogen, da die endotracheale Intubation zeitlich nach der Anlage der Jet-Sonde erfolgte.

Es konnte gezeigt werden, dass zur Anlage der Jet-Sonde signifikant weniger Zeit benötigt wurde als zur endotrachealen Intubation: Zeit bis TCHJV 7 ± 18 Minuten versus Zeit bis ITN 12 ± 18 Minuten ($m \pm SD$; $p < .0001^*$), siehe *Tabelle 3-7*.

Tabelle 3-6: Tabellarische Darstellung des Atemwegsmanagements der 805 Narkoseprotokolle incl. Verteilung von Mallampati-Klassifikation präoperativ und Cormack/Lehane-Klassifikation bei endotrachealer Intubation.

Transtracheale Hochfrequenz Jet-Ventilatic TCHJV		Tracheostomie (vorbestehend oder initial)	
	800 (99,4 %)	5	(0,6 %)
Intubation unter Jet-Ventilation		unmöglich oder gemäß Pathologie nicht versucht	
	732 (90,9 %)	73	(9,1 %)
Klassifikation nach Mallampati		Klassifikation nach Cormack und Lehane (CL)	
gesamt klassifiziert	726 (90,2 %)	gesamt klassifiziert	749 (93,0 %)
MP 1	118 (14,7 %)	CL1	231 (28,7 %)
MP 2	226 (28,1 %)	CL2	239 (29,7 %)
MP 3	241 (29,9 %)	CL3	153 (19,0 %)
MP 4	141 (17,5 %)	CL4	39 (4,8 %)
nicht klassifiziert	79 (9,8 %)	CL5	87 (10,8 %)
		nicht klassifiziert	56 (7,0 %)
Chirurgischer Atemweg			
	elektive Tracheostomie	Notfall-Tracheotomie	Notfall-Koniotomie
	267 (33,17 %)	7 (0,87 %)	2 (0,25 %)

Tabelle 3-7: Durchschnittlich benötigte Zeit bis zur Jet-Ventilation (TCHJV transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation) und zur endotrachealen Intubation (ITN). *m* Mittelwert, *SD* Standardabweichung.

	Zeit bis TCHJV	Zeit bis ITN		
Anzahl	<i>n</i> = 793	<i>n</i> = 737	Einheit	<i>p</i> <0,0001 (t-Test) *
<i>m</i> ± <i>SD</i>	447 ± 1077	727 ± 1100	Sekunden	*
<i>m</i> ± <i>SD</i>	7 ± 18	12 ± 18	Minuten	*

3.1.2 Vitalparameter

Bei der Daten-Auswertung wurde der Zeitpunkt der Jet-Sonden Anlage und somit der Ventilation (TCHJV) als Zeitpunkt Null gewählt. Die Datenerhebung der Vitalparameter wie Blutdruck, Herzfrequenz, periphere Sauerstoffsättigung und der Bedarf an Katecholaminen erfolgte 20 Minuten *vor* der TCHJV und bis zu 20 Minuten *nach* der TCHJV. Eine Ausnahme stellt die endtidale Kohlenstoffdioxid Konzentration dar, die lediglich *nach* der TCHJV für 35 Minuten erhoben wurde. Das 35-minütige Auswertungsintervall ergibt sich aus der Tatsache, dass die automatische Datenübernahme im NarkoData[®] hier bei einem 10-minütlichem Intervall eingestellt ist, wodurch eine statistisch auszuwertende Datenmenge erst nach 35 Minuten erreicht werden konnte. Bei allen anderen Parametern übernimmt NarkoData[®] je nach Einstellung 3-5-minütig die Messwerte.

Die Einteilung in „*vor TCHJV*“ und „*nach TCHJV*“ bedingt somit auch, dass die Werte *vor* TCHJV auch *vor* Narkoseinduktion liegen, also den nativen Zustand eines Patienten widerspiegeln, und die Werte *nach* TCHJV und nach Narkoseinduktion zum Teil die endotracheale Intubation beinhalten. Die Zuordnung der Parameter, die *zum* Zeitpunkt Null erhoben wurden, erfolgte zur Gruppe *nach* TCHJV. In *Tabelle 3-8* sind Mittelwert und Standardabweichung der jeweiligen Messwerte *vor* und *nach* TCHJV aufgetragen.

Tabelle 3-8: Hämodynamische Parameter, periphere Sauerstoffsättigung, endtidale Kohlenstoffdioxid Konzentration, sowie der Bedarfs an Noradrenalin vor der Jet-Ventilation (TCHJV) und danach bzw. Narkoseinduktion. *m* Mittelwert, *SD* Standardabweichung, NI Narkoseinduktion.

	vor TCHJV / NI		nach TCHJV / NI		<i>p</i> < 0,0001 (<i>t</i> -test) *
	<i>m</i> ± <i>SD</i>		<i>m</i> ± <i>SD</i>	Einheit	
Blutdruck					
Systole	142 ± 22		121 ± 21	mmHg	*
Mitteldruck	108 ± 17		93 ± 16	mmHg	*
Diastole	83 ± 13		73 ± 12	mmHg	*
Herzfrequenz	82 ± 17		77 ± 17	/min	*
periphere Sauerstoffsättigung S_pO_2	97 ± 3		99 ± 2	%	*
Endtidale CO_2 Konzentration et CO_2			33 ± 5	mmHg	
Noradrenalin Bedarf	0,018 ± 0,07		0,135 ± 0,15	mg/h	*

3.1.3 Anästhesiologische Verlaufsbeobachtungen

Im Folgenden sollen die anästhesiologischen Verlaufsbeobachtungen (AVB) Inhalt der Betrachtungen sein.

3.1.3.1 AVB: nicht TCHJV-bedingt

Im NarkoData[®]-System hat der Anästhesist während der Narkose die Möglichkeit und Verantwortung, AVBs entsprechend Art und Schweregrad zu dokumentieren. Dafür gibt es im NarkoData[®] eine eigene Benutzeroberfläche. Die Anzahl aller dokumentierten AVBs betrug $n = 45$, was einen prozentualen Anteil an allen Narkosen von 5,6% ergibt. Insgesamt 4,8% dieser AVBs zeigten keinen Zusammenhang mit der Jet-Ventilation. Eine detaillierte Auflistung aller nicht TCHJV-bedingten AVBs findet sich in *Tabelle 3-9*. Den größten Anteil mit 1,6% stellten AVBs im Zusammenhang mit „Atmung/ Luftweg/ Lunge/ Thorax“ und „Herz-Kreislauf“ (1,4%). Dabei waren nur $n = 17$ (2,1%) schwere Komplikationen (AVB Grade 3-5), hingegen $n = 28$ (3,5%) minderschwere Komplikationen (AVB Grade 1-2). Eine AVB Grad 5 (Tod des Patienten) trat nicht auf.

3.1.3.2 AVB: TCHJV-bedingt

Lediglich 6 der 45 dokumentierten AVBs waren bedingt durch die Jet-Ventilation, was einen prozentualen Anteil von 0,7% stellt. Alle dieser dokumentierten AVBs waren minderschwere Komplikationen der Grade 1-2. Eine Aufschlüsselung der dokumentierten TCHJV-bedingten Komplikationen findet sich in *Tabelle 3-10*.

Bei der manuellen Durchsicht aller Protokolle fanden sich zusätzlich zu den unter „AVB“ in NarkoData dokumentierter Komplikationen weitere Komplikationen, die zum Beispiel unter „ärztliche Kommentare“ oder „Kommentare zur Jet-Anlage“ dokumentiert wurden. Komplikationen, die TCHJV-bedingt waren, wurden als *nicht dokumentierte AVBs* in Grade eingeteilt und anschließend in die Statistik mit aufgenommen. Insgesamt wurde zusätzlich $n = 30$ (3,7%) TCHJV-bedingte AVBs dokumentiert. Eine detaillierte Aufschlüsselung in Art und Schweregrad der nicht dokumentierten TCHJV-bedingten AVBs ist in *Tabelle 3-10* dargestellt. Nur 0,2% der nicht dokumentierten TCHJV-bedingten AVBs waren schwere Komplikationen (Grad 3-5). Eine AVB Grad 5 trat nicht auf. Die schwerste nicht dokumentierte Komplikation stellte ein symptomatisches

Pneumomediastinum eines Patienten dar. 3,5% ($n = 28$) der nicht dokumentierten anästhesiologischen Verlaufsbeobachtungen waren Komplikationen der Grade 1 und 2, wovon 2,4% ($n = 19$) unkomplizierte punktionsbedingte Blutungen (Grad 1) darstellten. Die ausführliche Auflistung aller TCHJV-bedingten Komplikationen ist in *Tabelle 3-10* dargestellt.

Fasst man nun dokumentierte ($n = 6$) und nicht dokumentierte ($n = 30$) TCHJV-bedingte AVBs zusammen, ergibt sich eine Gesamtzahl von $n = 36$. Das heißt, dass es bei lediglich 4,5 % aller jet-ventilierten Patienten zu Komplikationen die TCHJV betreffend kam. Davon waren nur 0,4% schwere Komplikationen der Grade 3 und 4. Grad 5 Komplikationen - der Tod des Patienten - traten nicht auf.

Anders ausgedrückt, bestand eine Wahrscheinlichkeit von 1:250 eine schwere Komplikation durch die Jet-Ventilation zu erleiden, während die Wahrscheinlichkeit einer nicht-TCHJV-bedingten schwere Komplikation bei 1:48 lag.

Tabelle 3-9: Detaillierte Auflistung aller dokumentierten anästhesiologischen Verlaufsbeobachtungen (AVB) innerhalb des gesamten Datenpools.

Anästhesiologische Verlaufsbeobachtungen - AVB		
Gesamtzahl dokumentierter AVBs	45	(5,6 %)
davon AVBs TCHJV bedingt	6	(0,7 %)
AVBs (nicht TCHJV bedingt)	39	(4,8 %)
Grad 1	16	(2,0 %)
Grad 2	12	(1,5 %)
Grad 3	11	(1,4 %)
Grad 4	6	(0,7 %)
Grad 5	0	(0,0 %)
Herz-Kreislauf	11	(1,4 %)
- Hypotension	3	(0,4 %)
- CPR	3	(0,4 %)
- Rhythmusstörungen/ EKG Veränderungen	5	(0,6 %)
Atmung / Luftweg / Lunge / Thorax	13	(1,6 %)
- Bronchospasmus	1	(0,1 %)
- Dekonnektion Tubus intraoperativ	3	(0,4 %)
- unvorhergesehene schwierige Intubation	5	(0,6 %)
- Dyspnoe nach Extubation	3	(0,4 %)
- Cuff bei Operation destruiert	1	(0,1 %)
Punktionsbedingte Läsion; Fehl-/ Mehrfachpunktion Gefäße	8	(1,0 %)
Anaphylaktische-allergische Reaktion	1	(0,1 %)
allergische Reaktionen	2	(0,2 %)
Andere zentrale neurologische Störungen	1	(0,1 %)
Störungen Medizintechnik	2	(0,2 %)
Sonstiges	1	(0,1 %)
AVBs gesamt (nicht TCHJV bedingt)	39	(4,8 %)
minderschwere Komplikationen (Grad 1,2)	28	(3,5 %)
schwere Komplikationen (Grad 3,4,5)	17	(2,1 %)

Legende: *AVB Grad 1*: ohne Bedeutung für die Betreuung im Aufwachraum - keine besondere Betreuung im Aufwachraum notwendig; *AVB Grad 2*: klinisch bedeutsam für die Betreuung im Aufwachraum - keine Bedeutung für die Verlegung auf die Station; *AVB Grad 3*: klinisch bedeutsam für die Betreuung im Aufwachraum; deutlich verlängerte Verweilzeit im Aufwachraum und/oder Beobachtung über die Zeit im Aufwachraum hinaus auf der Station erforderlich; *AVB Grad 4*: klinisch bedeutsam für die Betreuung im Aufwachraum; Problem kann im Aufwachraum nicht zufriedenstellend gelöst werden und bedingt Verlegung auf die Intensiv- oder Wachstation; *AVB Grad 5*: Tod des Patienten. TCHJV transcricoidalel hochfrequente Jet-Ventilation, CPR Cardio Pulmonale Reanimation

Tabelle 3-10: Detaillierte Auflistung aller dokumentierten und nicht dokumentierten anästhesiologischen Verlaufsbeobachtungen (AVB) im Zusammenhang mit Jet-Ventilation (TCHJV) innerhalb des gesamten Datenpools.

Anästhesiologische Verlaufsbeobachtungen - AVB		
Gesamtzahl dokumentierter AVBs	45	(5,6 %)
AVBs dokumentiert - TCHJV bedingt	6	(0,7 %)
Grad 1	3	(0,4 %)
Grad 2	2	(0,2 %)
Grad 3	1	(0,1 %)
Grad 4	0	(0,0 %)
Grad 5	0	(0,0 %)
unkomplizierte Blutung	2	(0,2 %)
komplizierte Blutung	1	(0,1 %)
unkompliziertes Hautemphysem	1	(0,1 %)
Fehlintubation trotz Jet	1	(0,1 %)
Druckalarm	1	(0,1 %)
AVBs undokumentiert - TCHJV bedingt	30	(3,7 %)
Grad 1	25	(3,1 %)
Grad 2	3	(0,4 %)
Grad 3	1	(0,1 %)
Grad 4	1	(0,1 %)
Grad 5	0	(0,0 %)
unkomplizierte Blutung	19	(2,4 %)
Mehrfachpunktion	3	(0,4 %)
Jet-Sonde nach kranial disloziert	2	(0,2 %)
Druckalarm	2	(0,2 %)
TCHJV aufgrund Druckalarm nicht möglich	1	(0,1 %)
unkomplizierter Laryngospasmus	1	(0,1 %)
Intubation nicht möglich	1	(0,1 %)
symptomatisches Pneumomediastineum	1	(0,1 %)
AVBs gesamt - TCHJV bedingt	36	(4,5 %)
minderschwere Komplikationen (Grad 1,2)	33	(4,1 %)
schwere Komplikationen (Grad 3,4,5)	3	(0,4 %)

Legende: *AVB Grad 1*: ohne Bedeutung für die Betreuung im Aufwachraum - keine besondere Betreuung im Aufwachraum notwendig; *AVB Grad 2*: klinisch bedeutsam für die Betreuung im Aufwachraum - keine Bedeutung für die Verlegung auf die Station; *AVB Grad 3*: klinisch bedeutsam für die Betreuung im Aufwachraum; deutlich verlängerte Verweilzeit im Aufwachraum und/oder Beobachtung über die Zeit im Aufwachraum hinaus auf der Station erforderlich; *AVB Grad 4*: klinisch bedeutsam für die Betreuung im Aufwachraum; Problem kann im Aufwachraum nicht zufriedenstellend gelöst werden und bedingt Verlegung auf die Intensiv- oder Wachstation; *AVB Grad 5*: Tod des Patienten. TCHJV transcricoideale hochfrequente Jet-Ventilation.

3.2 Subgruppe: Mono-Jet

Innerhalb des korrigierten Datenpools von $n = 805$ wurde mit den Begriffen „subglottische Stenose“, „subgl. Stenose“ und „Trachealstenose“ eine Suche durchgeführt. Die Suche mit „Trachealstenose“ ergab 12 Treffer, mit „subglottische Stenose“ 8 und mit „subgl. Stenose“ 5 Treffer. So konnten insgesamt 25 von 805 Protokollen heraus gefiltert werden, bei denen Patienten über einen längeren Zeitraum jet-ventiliert wurden.

Von diesen 25 Protokollen der Gruppe der Mono-Jet-Ventilation mussten 7 Protokolle ausgeschlossen werden. Bei diesen 7 Mono-Jet Narkosen wurde aufgrund der kurzen Eingriffsdauer keine Blutgasanalyse gemacht. So ergibt sich für die Subgruppe der Mono-Jet Ventilation eine Gesamtzahl von $n = 18$.

3.2.1 Diagnosen und durchgeführte Operationen

Die am häufigsten verwendeten ICD-Diagnosecodes (2011) waren J98 sonstige Krankheiten der Atemwege (Kommentar: subglottische Stenosen) und Q32 angeborenen Tracheomalazie (Kommentar: Trachealstenose). Des Weiteren wurden R06 Störung der Atmung (Kommentar: Trachealstenose), R06.1 uncharakteristische Belastungsdyspnoe (Kommentar: Stridor bei Trachealstenose), C33 bösartige Neubildung der Trachea, J39 sonstige Krankheiten der oberen Atemwege (Kommentar: subglottische Stenose), D38.0 Neubildung unsicheren oder unbekanntes Verhaltens des Larynx (Kommentar: subglottische Stenose bei Z.n. Tracheostoma) und T17.4 Fremdkörper in den Atemwegen (ICD10 2005; Kommentar: subglottische Trachealstenose nach Langzeitintubation) genannt.

Der größte Anteil (8/18) der dokumentierten durchgeführten Operation waren mit dem Operations- und Prozedurschlüssel (OPS-Code) 5-31 die „Operation an Larynx und Trachea o.n.A. Abtragung subglottische Stenose“. An zweiter und dritter Stelle standen OPS-Code 5-300.2 „Exzision und Destruktion von erkranktem Gewebe des Larynx, mikrolaryngoskopisch Resektion subglottische Stenose“ (3/18) und OPS-Code 5-314.2 „Tracheobronchiale Destruktion von erkranktem Gewebe der Trachea (incl. Laser)“ (2/18).

Der Rest verteilte sich auf 5-314.00 „Exzision, Resektion und Destruktion (von erkranktem Gewebe) der Trachea: Exzision: Offen chirurgisch“, 5-319.11 „Dilatation der Trachea (endoskopisch) ohne Einlegen einer Schiene (Stent)“, 5-311 „Temporäre Tracheostomie“ und 1-62 „Tracheobronchoskopie“.

16 dieser Eingriffe wurden geplant vorgenommen, nur 2 ungeplant. 6 Patienten wurden konsekutiv orotracheal intubiert und 3 Patienten hatten oder bekamen ein Tracheostoma, der Rest wurde lediglich jet-ventiliert.

3.2.2 Demografie innerhalb der Mono-Jet Gruppe

Von den insgesamt 18 Patienten waren 7 Patienten weiblich und 11 männlich. Das durchschnittliche Alter betrug $m = 58$ Jahre ($SD = 16$; $SEM = 3,9$), das durchschnittliche Gewicht $m = 74$ kg ($SD = 12$; $SEM = 3$) und die Körpergröße $m = 170$ cm ($SD = 9$; $SEM = 2,2$).

3.2.3 Auswertung der Blutgasanalysen

Da längere Jet-Ventilation eine regelhafte arterielle Blutgasanalyse nötig macht, sollen hier die Veränderungen der einzelnen Parameter der BGAs im Verlauf der Mono-Jet-Ventilation betrachtet werden.

Bei allen 18 Mono-Jet Patienten wurde mindestens eine BGA durchgeführt. Im Mittel erfolgte die erste BGA $MD = 26$ Minuten nach begonnener Jet-Ventilation. Nach durchschnittlich $MD = 43$ Minuten erfolgte bei 9 Patienten eine 2. arterielle BGA und bei 4 Patienten eine 3. BGA nach $MD = 52$ Minuten. Nur bei einem Patienten erfolgte nach 57 Minuten eine 4. Blutgasanalyse. Da nicht bei allen arteriellen Blutgasanalysen alle hier betrachteten Parameter (pH-Wert, arterielle Sauerstoffsättigung S_aO_2 , arterieller Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxid Partialdruck p_aO_2 / p_aCO_2 , Base Excess BE und Standard Bicarbonat HCO_3) bestimmt wurden, variieren die einzelnen Fallzahlen (n) innerhalb der Gruppen. Im Verlauf ergaben sich keine signifikanten Unterschied der BGA-Werte unter Mono-Jet Ventilation (Tabelle 3-11). *Abbildung 3-3* stellt den zeitlichen

Verlauf der arteriellen Sauerstoffsättigung (S_aO_2 in %), *Abbildung 3-4* den pH-Wert, *Abbildung 3-5* den arteriellen Kohlenstoffdioxid Partialdruck (p_aCO_2 in mmHg), *Abbildung 3-6* den arteriellen Sauerstoff Partialdruck (p_aO_2 in mmHg), *Abbildung 3-7* den Base Excess (BE in mmol/l) und *Abbildung 3-8* das Standard Bicarbonat (HCO_3 in mmol/l) unter Mono-Jet Ventilation dar.

Tabelle 3-11: Vergleich arterielle Blutgasanalyse im Zeitverlauf unter Mono-Jet-Ventilation.

	BGA 1				BGA 2				BGA 3					
	MD	±	sIQR	n	MD	±	sIQR	n	p < .05	MD	±	sIQR	n	p < .05
Zeit (min)	26	±	5	18	43	±	11	9	/	52	±	17	4	/
p_aO_2 (mmHg)	410,0	±	63,6	15	434,3	±	99,6	8	ns	372,5	±	76,9	4	ns
p_aCO_2 (mmHg)	42,1	±	8,7	15	40,0	±	11,3	8	ns	47,2	±	8,0	4	ns
pH-Wert	7,41	±	0,04	17	7,46	±	0,07	9	ns	7,35	±	0,06	4	ns
S_aO_2 (%)	99,8	±	0,2	15	99,8	±	0,2	8	ns	99,7	±	0,0	4	ns
BE (mmol/l)	1,3	±	1,5	17	1,6	±	1,5	9	ns	1,1	±	1,8	4	ns
HCO_3 (mmol/l)	26,1	±	1,2	13	26,3	±	1,0	6	ns	25,1	±	2,6	3	ns

Legende: MD = Median, sIQR = semi-Interquartilsabstand, p_aO_2 = arterielle Sauerstoff-Partialdruck, p_aCO_2 = arterieller Kohlenstoffdioxid-Partialdruck, S_aO_2 = arterielle Sauerstoffsättigung, BE = Base Excess, HCO_3 = Standard Bicarbonat, BGA = Blutgasanalyse, * $p > .05$ Wilcoxon Rangsummentest, ns = nicht signifikant, / = nicht getestet

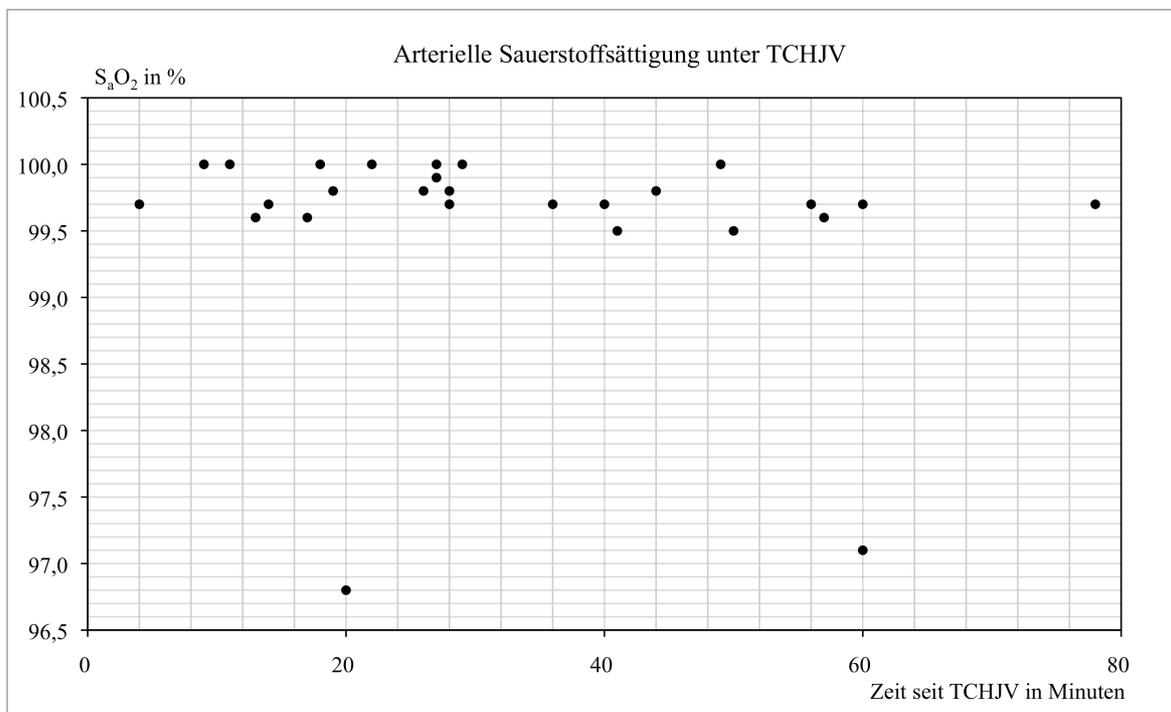


Abbildung 3-3: Veränderung der arteriellen Sauerstoffsättigung S_aO_2 in % unter Mono-Jet Ventilation im zeitlichen Verlauf. TCHJV transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation.

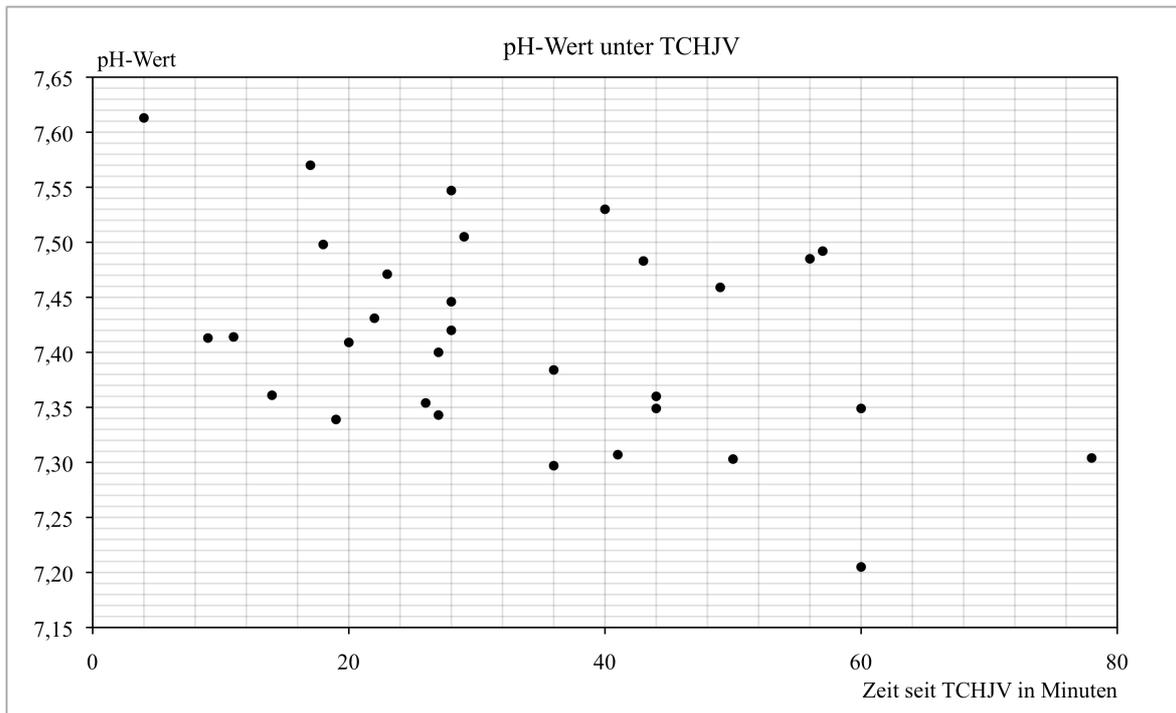


Abbildung 3-4: Veränderungen vom arteriell bestimmten pH-Wert unter Mono-Jet Ventilation im zeitlichen Verlauf. TCHJV transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation.

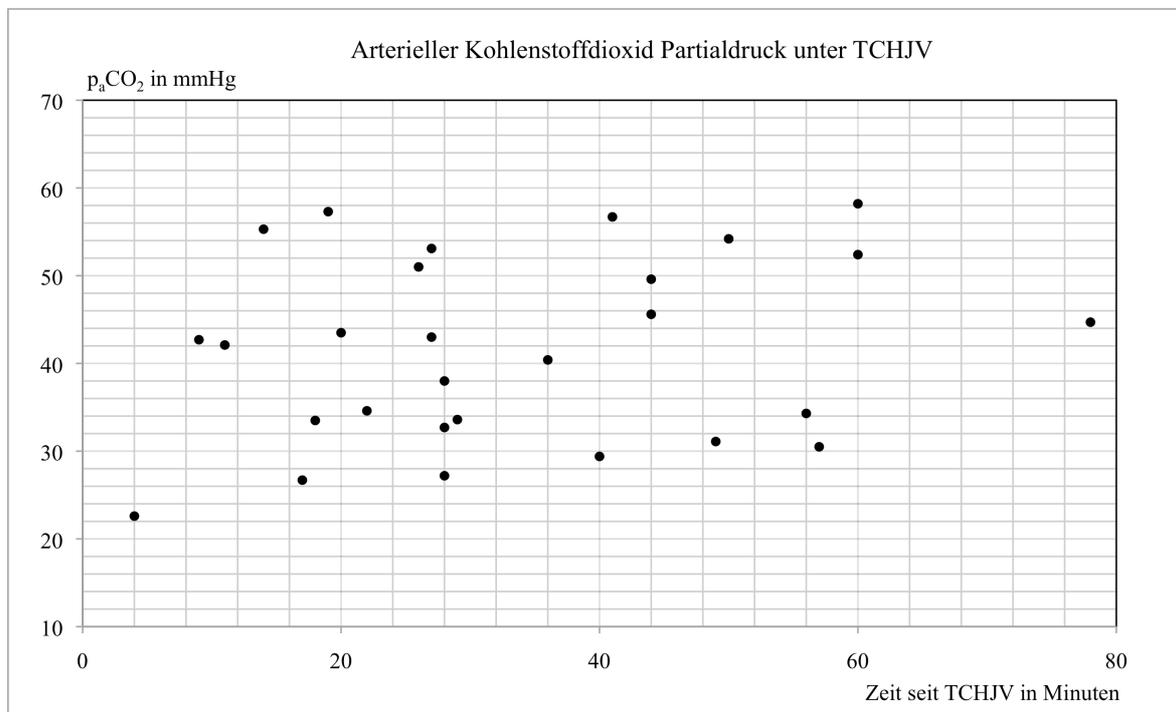


Abbildung 3-5: Veränderungen im arteriellen Kohlenstoffdioxid Partialdruck p_aCO₂ in mmHg unter Mono-Jet Ventilation im zeitlichen Verlauf. TCHJV transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation.

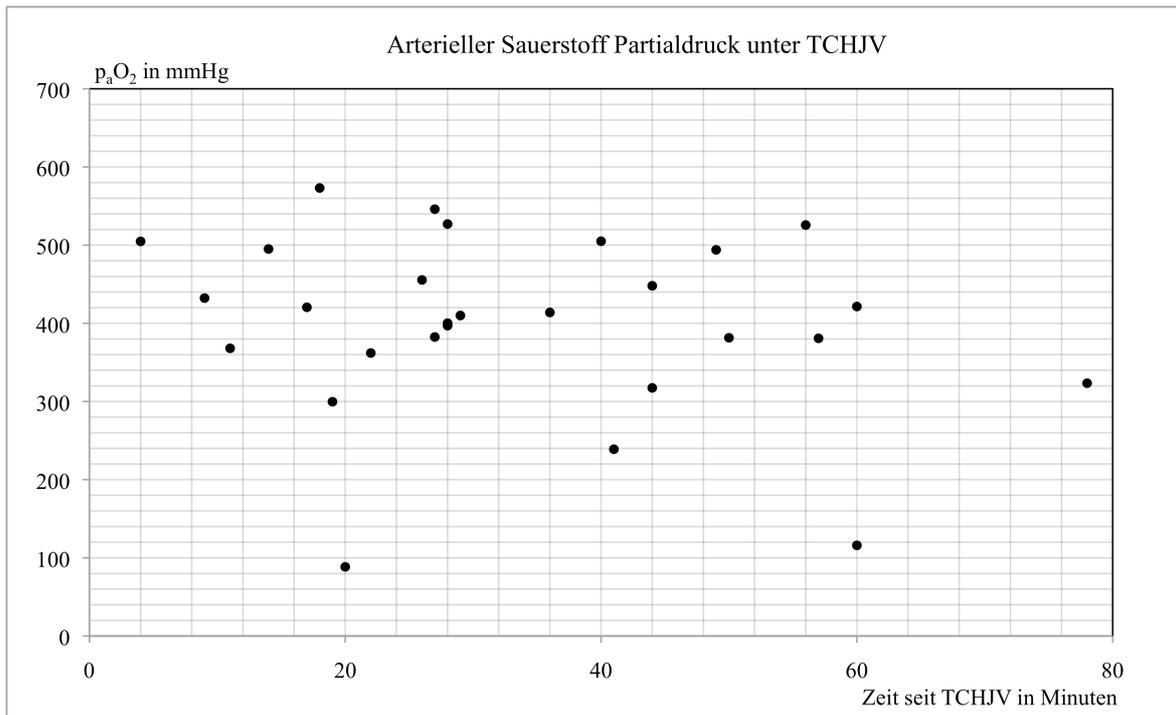


Abbildung 3-6: Veränderungen im arteriellen Sauerstoff Partialdruck p_aO_2 in mmHg unter Mono-Jet Ventilation in zeitlichen Verlauf. TCHJV transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation.

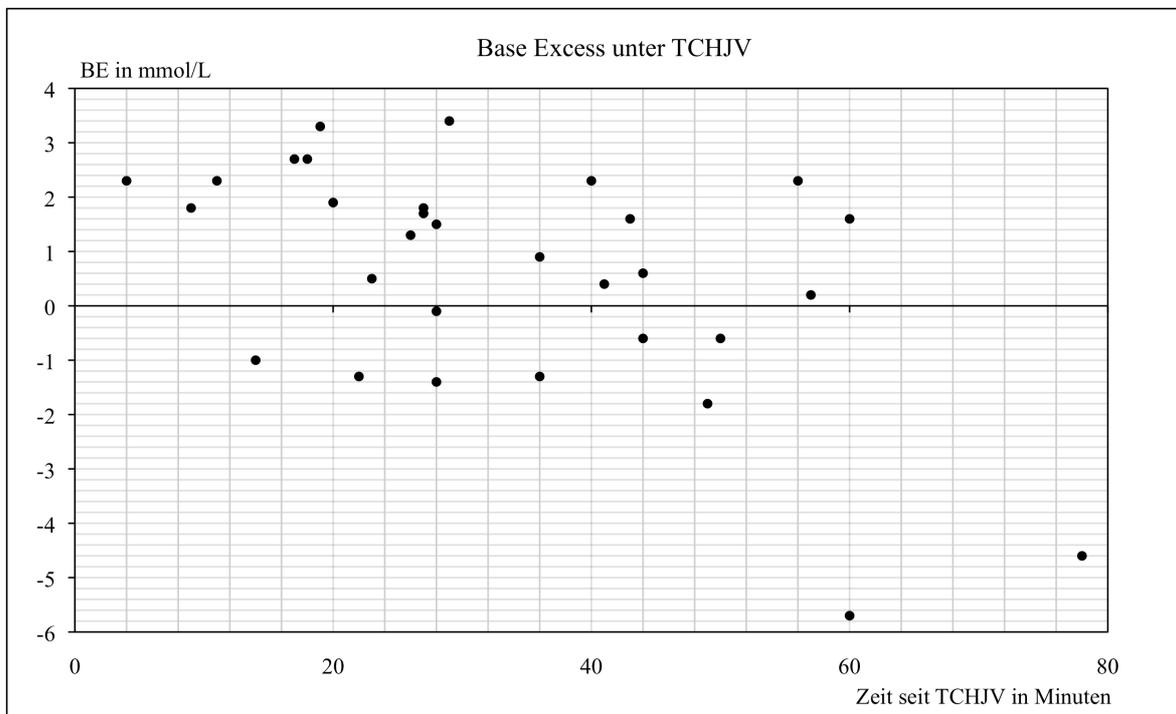


Abbildung 3-7: Veränderungen im Base Excess BE in mmol/L unter Mono-Jet-Ventilation im Zeitlichen Verlauf. TCHJV transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation.

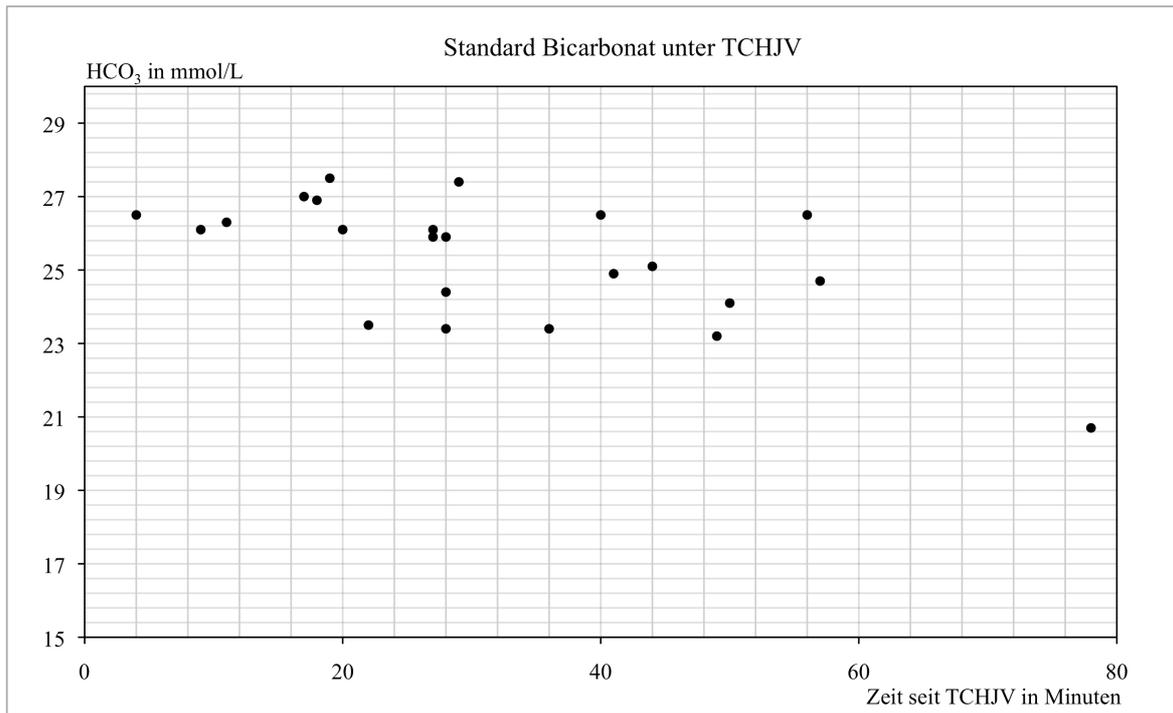


Abbildung 3-8: Veränderung im Standard Bicarbonat HCO₃ in mmol/l unter Mono-Jet Ventilation im zeitlichen Verlauf. TCHJV transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation.

3.3 Subgruppe: Nottracheotomie / Notkoniotomie

In diese Untergruppe wurden jene Narkoseprotokolle eingeschlossen, bei denen es innerhalb des Gesamtkollektives von 805 Narkosen aus den verschiedensten Gründen zu einer Nottracheotomie (TT) oder Notkoniotomie (KT) gekommen ist. Insgesamt mussten in den 6 Jahren 7 notfallmäßige Tracheotomien (0,9%) und 2 Koniotomien (0,2%) vorgenommen werden. Im Folgenden Kapitel sollen diese 9 Fälle gesondert betrachtet werden.

3.3.1 Allgemeines: Demografie, Diagnosen, Dringlichkeit

In *Tabelle 3-12* sind neben den Operationsdiagnosen allgemeine demografische Daten zu den 9 Patienten dieser Subgruppe aufgetragen. 2 der 9 Patienten waren weiblich, 7 männlich. Im Schnitt waren die Patienten 66 ± 13 Jahre alt, 174 ± 12 cm groß und 76 ± 16 kg schwer ($m \pm SD$). Nur Patient Nr. 6 wurde präoperativ ASA 2 klassifiziert, der Rest und somit der Großteil mit 56% (5 von 9) wurde ASA 3 klassifiziert. 3 von 9 Patienten wurden ASA 4 klassifiziert, wobei auch alle 3 dieser ASA 4 Patienten einer Notfalloperation unterzogen wurden.

Alle 9 Patienten präsentierten sich mit Diagnosen im Kopf-Hals Bereich, also Pathologien, die den Atemweg kompromittieren können.

Bei insgesamt 9 Patienten kam es im Rahmen der Narkose zu einer Nottracheotomie oder -Koniotomie (*Tabelle 3-13*): 4 im Rahmen einer ungeplanten Notfall-Operation und 5 bei elektiven Eingriffen. Bei nur 5 aus insgesamt 737 geplanten Narkosen mit Verdacht auf einen schwierigen Atemweg kam es unter TCHJV zu einer Nottracheotomie. Das ergab ein Verhältnis von 1:147, oder 0,678%. Hingegen kam es im betrachteten Zeitraum bei 32 Notfalloperationen, bei denen die Jet-Ventilation zur Anwendung kam, zu 2 Nottracheotomien und 2 Notkoniotomien, was zusammengefasst ein Verhältnis von 1:8 (11,8%) darstellte. Insgesamt wurde von 805 Patienten mit TCHJV bei 1,1% notfallmäßig

tracheotomiert oder koniotomiert. In unserem Kollektiv kam es bei Notfalloperationen somit 18 Mal häufiger zur TT oder KT im Vergleich zu elektiv operativen Eingriffen.

Tabelle 3-12: Aufstellung demografischer Daten, Diagnosen und Klassifikationen zu ASA.

Tracheotomie TT	Nr.	ASA	Diagnose	Geschlecht	Alter (a)	Größe (cm)	Gewicht (kg)
	1	3	Rezidiv Mundbodentumor	m	49	171	76
	2	3	Bösartige Neubildung: Hypopharynx	m	61	171	88
	3	3	Wangentumor	m	73	180	66
	4	4	akute Atemnot bei V.a. Larynxtumor	m	75	175	93
	5	3	Bösartige Neubildung: Hypopharynx	m	56	187	100
	6	2	Pharynxstenose	w	78	153	49
	7	3	Bösartige Neubildung Zungengrund	w	83	160	75
Koniotomie KT							
	8	4	metastasiertes Zungen-/Mundboden-Ca	m	49	190	66
	9	4	akute Blutung (Hals)	m	71	181	68
Gesamt	<i>n</i> = 9						
<i>m</i> ± <i>SD</i>					66 ± 13	174 ± 12	76 ± 16

Legende: ASA-Klassifikation der American Society of Anesthesiologists, a Jahre, cm Zentimeter, kg Kilogramm, m männlich, w weiblich, *m* Mittelwert, *SD* Standardabweichung, *n* Anzahl.

Tabelle 3-13: Darstellung der Zeiten benötigt von TCHJV bis zur notfallmäßigen Tracheotomie (TT) oder Koniotomie (KT), Notfalloperation, problemloser und präemptiver Jet-Anlage, sowie minimaler peripherer Sauerstoffsättigung S_pO_2 prä- und post TCHJV (transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation).

TT	Nr	Zeiten (t)			Notfall OP	Jet-Anlage		minimale S_pO_2 (%)	
		t (TTHJV)	t (TT)	Differenz in Minuten		o.p.B.	präemptiv	Prä-TCHJV	Post-TCHJV
	1	08:46	09:48	62	nein	ja	ja	99	97
	2	07:59	09:11	72	nein	nein	ja	97	100
	3	08:25	09:04	39	nein	ja	ja	98	98
	4	16:23	17:09	46	ja	ja	ja	98	78
	5	09:40	09:56	16	nein	ja	ja	97	100
	6	07:57	08:51	54	nein	ja	ja	100	100
	7	09:45	10:41	56	ja	ja	ja	100	100
			<i>m</i>	49					
KT			t (KT)						
	8	12:32	12:47	15	ja	ja	ja	97	99
	9	21:11	21:17	6	ja	ja	nein	64	86
			<i>m</i>	11					
Gesamt	<i>n</i> = 9		<i>m</i>	41			<i>m</i>	94	95

Legende: TT Tracheotomie, KT Koniotomie, t Zeit, *m* Mittelwert, o.p.B. ohne pathologischen Befund, TCHJV transcricoidale hochfrequente Jet-Ventilation, S_pO_2 periphere Sauerstoffsättigung, OP Operation

3.3.2 Indikationen und Durchführung der Tracheotomie / Koniotomie

Die 7 Nottracheotomien erfolgten im Schnitt 49 Minuten nach erfolgter Jet-Sonden Anlage. Alle 7 Patienten erhielten präemptiv eine Jet-Sonde bei Verdacht auf schwierigen Atemweg. Bei einem dieser 7 Patienten war diese Jet-Sonden Anlage erfolglos (Nr. 2), so dass direkt tracheotomiert werden musste. Zwei der 7 Nottracheotomien (Nr. 4 und Nr. 7) erfolgten im Rahmen einer Notfalloperation (*Tabelle 3-13*).

Die 2 Notkoniotomien erfolgten durchschnittlich 11 Minuten nach erfolgter Jet-Sonden Anlage. Bei beiden Notfalloperationen erfolgte die Anlage der Jet-Sonde problemlos. Patient Nr. 8 konnte trotz TCHJV nicht erfolgreich direkt laryngoskopiert werden (kleine Mundöffnung, eingeschränkte Reklination, stark geschwollene Epiglottis und nicht einsehbare Stimmbandebene im Spiegelbefund) und musste koniotomiert werden. Patient Nr. 9 konnte aufgrund einer akuten Atemwegsverlegung bedingt durch eine Blutung im Halsbereich während der Narkoseeinleitung nicht erfolgreich endotracheal intubiert werden. Bei ihm wurde zur Aufrechterhaltung der Oxygenierung eine Jet-Sonde angelegt, bis die Kollegen der HNO notfallmäßig koniotomieren konnten. Patient Nr. 9 weist unter allen 9 Patienten mit Abstand die niedrigsten dokumentierten peripheren Sauerstoffsättigungs-Werte auf (*Tabelle 3-13*). Er war der einzige, der nicht präemptiv jet-ventiliert wurde. Bei den Patienten, bei denen präemptiv eine Jet-Sonde angelegt wurde, konnte die Oxygenierung bis zur Tracheotomie / Koniotomie aufrecht gehalten werden (Ausnahme Nr. 4).

Betrachtet man den präoperativ beurteilten Atemweg fällt auf, dass 4 Patienten mit Mallampati (MP) 4 klassifiziert wurden, je ein Patient MP 1, MP 3 und MP 5 (nicht beurteilbar), und zwei Patienten MP 2 (*Tabelle 3-14*). Von insgesamt 141 MP 4 klassifizierten Patienten im gesamten Kollektiv mussten also 4 Patienten (2,8%) notfallmäßig tracheotomiert oder koniotomiert werden. Für die anderen Mallampati Grade ergeben sich folgende prozentuale Anteile an notfallmäßigen Tracheo- und Koniotomien: 0,8% MP1, 0,8% MP 2, 0,4% MP 3 und 1,3% MP 5. Bei nur einem Patienten konnte in der direkten Laryngoskopie die Stimmbandebene eingesehen werden (Nr. 6), bei allen anderen nicht. In *Tabelle 3-14* ist die prä- und intraoperative Einschätzung des Atemweges gegenüber gestellt, wobei Grad 5 gleichbedeutend mit „nicht beurteilbar“ ist. Bei den drei

Patienten, bei denen der Atemweg präoperativ als wahrscheinlich leicht zu intubieren (MP 1-2) eingeschätzt wurde, kam es beim Intubationsversuch zu Passagestörungen, die eine endotracheale Intubation unmöglich gemacht haben: bei Nr. 5 hinderte ein zentraler supraglottischer Tumor an der Einsicht der Stimmbandebene (CL 5), bei Nr. 6 machte eine subglottische Stenose die Tubus-Passage trotz guter Einsicht der Stimmbandebene (CL 2) unmöglich und bei Nr. 9 kam es aufgrund einer akuten Blutung im Halsbereich zu einer Verlegung der Trachea (CL 5). Nr. 5 und 6 erhielten beide trotz MP 2 Klassifikation präemptiv eine Jet-Sondenanlage aufgrund der zugrundeliegenden Pathologie im oberen Atemweg. Patient Nr. 9 erhielt aufgrund des akuten Verlaufes nicht präemptiv eine Jet-Sonde, sondern erst zur Aufrechterhaltung der Oxygenierung als mehrfache Intubationsversuche frustan verlaufen sind.

Bei nur zwei der neun Patienten wurde bei frustraner, direkter Laryngoskopie zusätzlich versucht, indirekt zu laryngoskopieren (iLSK indirekte Laryngoskopie). Auch die iLSK war dabei erfolglos (*Tabelle 3-14*). Zusätzlich sind in *Tabelle 3-14* dokumentierte ärztliche Kommentare zu etwaigen voran gegangenen Intubationen und der aktuellen Intubation ersichtlich. So war nur bei einem Patienten (Nr. 2) die Anlage der Jet-Sonde ohne Erfolg, obwohl in der voran gegangenen Narkose die selbige ohne Probleme möglich war. Bei 4 der 9 Patienten war zudem die Intubation unter TCHJV zuvor möglich - zum Teil mit Führungsstab und/ oder BURP (backward upward rightward pressure). Zu den am häufigsten genannten Problemen während des Intubationsversuches gehören eine eingeschränkte Mundöffnungsfläche (MÖF), eine eingeschränkte Reklinationsfähigkeit in der Halswirbelsäule und eine wahrscheinlich Tumor-bedingt eingeschränkte Beweglichkeit der Zunge.

Tabelle 3-14: Prä- und intraoperative Beurteilung des Atemwegs, Atemwegsmanagement, sowie ärztliche Kommentare zur aktuellen und etwaiger vorangegangenen Intubation.

Nr.	MP	CL-ITN	Diagnose	Notfall	Jet-Anlage problemlos präemptiv	iLSK	dokumentierte Probleme ITN	Kommentare zu ITN Vornarkosen
Tracheotomie								
1	4	5	Rezidiv Mundbodentumor	nein	ja	nein	k.A.	MÖF reduziert; ITN unter Jet mit BURP atraumatisch CL 2-3
2	4	5	Bösartige Neubildung: Hypopharynx	nein	nein	ja	Jet: 1.Pkt nach kranial geschlage, 2. Pkt frustan. Adipös, eingeschränkte Reklination	ITN unter Jet mit Führungsstab problemlos
3	4	5	Wangentumor	nein	ja	nein	MÖF reduziert	k.A.
4	3	5	akute Atemnot bei V.a. Larynx tumor	ja	ja	nein	k.A.	k.A.
5	2	5	Bösartige Neubildung: Hypopharynx	nein	ja	nein	zentraler supraglottischer Tumor	k.A.
6	2	2	Pharynxstenose	nein	ja	ja	subglottische Stenose - Passage Tubus unmöglich	ITN unter Jet problemlos
7	4	4	Bösartige Neubildung Zungengrund	ja	ja	ja	MÖF reduziert, Zunge fixiert	k.A.
Koniotomie								
8	5	4	metastasiertes Zungen- /Mundboden-Carcinom	ja	ja	nein	Reklination und MÖF reduziert, Zunge fixiert	ITN unter Jet mit BURP atraumatisch CL4
9	1	5	akute Blutung (Hals)	ja	ja	nein	zunehmende tracheale Verlegung	k.A.

Legende: ITN endotracheale Intubation, MP Mallampati-Score, CL Klassifikation nach Cormack und Lehane, iLSK indirekte Laryngoskopie, MÖF Mundöffnungsfläche, BURP backward upward rightward pressure, k.A. keine Angabe, 5 nicht beurteilbar, Jet Jet-Ventilation (TTHJV)

3.3.3 Perioperative Bildgebung

Um zu verdeutlichen, was in den 9 Fällen eine endotracheale Intubation unmöglich gemacht hat, sollen im Folgenden die eindrucksvollsten Pathologien (Pfeile) einiger der notfallmäßig tracheotomierten bzw. koniotomierten Patienten zur Darstellung kommen, incl. Auszüge aus den Originalen der radiologischen Befunde.

3.3.3.1 Patient Nr. 4

„Im Bereich des Pharynx stellt sich in räumlicher Beziehung zur linken Stimmlippe eine ca. 23 x 20 x 35 Millimeter messende Raumforderung dar, die [...]irregulär Kontrastmittel aufnimmt, vereinbar mit Stimmlippen-Carcinom. Es besteht eine Überschreitung der Mittellinie, jedoch keine Überschreitung der prävertebralen Faszie. Es stellt sich ein vergrößerter retrotrachealer Lymphknoten dar, auf Höhe BWK 2 ca. 12 x 10 mm messend, hier besteht der Verdacht auf positives N-Stadium. [...]. Sonst unauffällige Darstellung des Halses.“ (Radiologischer Befund vom 30.09.2010, CT, OA Prof. Dr. med. Ch. Becker; *Abbildung 3-9*)

3.3.3.2 Patient Nr. 5

„Im Bereich der Vallecula zeigt sich eine deutlich Kontrastmittel-aufnehmende Raumforderung vorwiegend linksseitig mit Überschreitung der Mittellinie halbmondförmig von ca. 2,6 x 1 cm Ausdehnung. Die Epiglottis stellt sich ebenfalls deutlich verdickt und ödematös aufgetrieben dar. Links auf Höhe der Epiglottis im Bereich der Gefäßnervenscheide zeigt sich eine große, teils solide, teils zystische Lymphknotenmetastase mit 1,1 x 2,8 cm Ausdehnung in der axialen Schnittführung und 4 cm kraniokaudalem Durchmesser. [...] Malignomsuspekte Raumforderung im Bereich der Valleculae, vorwiegend linksseitig, jedoch mit Überschreitung der Mittellinie und Beteiligung der Epiglottis. Hochgradiger Verdacht auf große Lymphknotenmetastasen entlang der Gefäßnervenscheide links. Jedoch auch rechts entlang der Gefäßnervenscheide in Anzahl vermehrte Lymphknoten.“ (Radiologischer Befund vom 03.11.2010, MRT, Prof. Dr. med. Dr. h. c. M. Reiser; *Abbildung 3-10*)

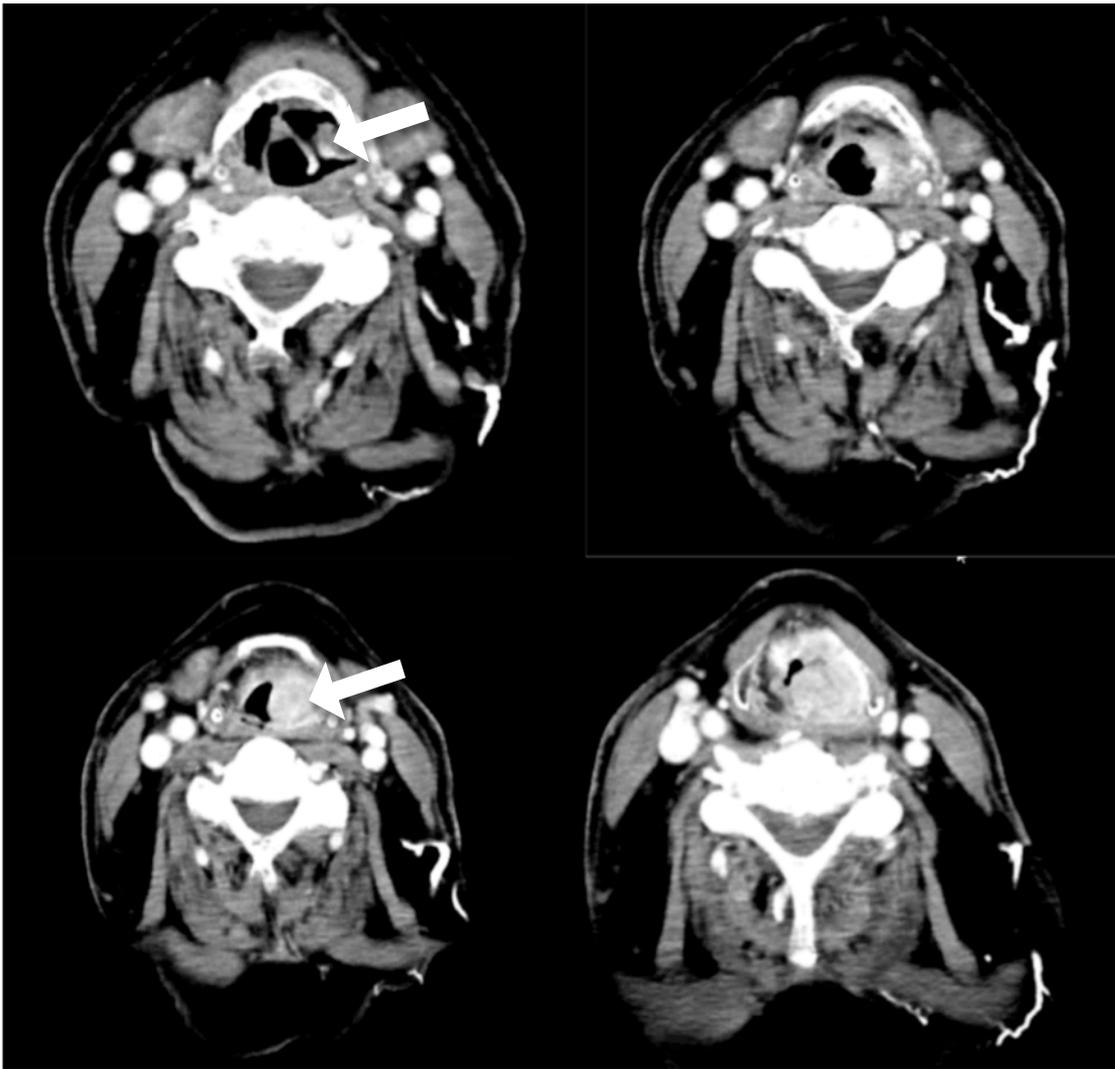


Abbildung 3-9: Computertomografische Darstellung der pathologischen Veränderung von Patient Nr. 4 in axialer Schnittführung.

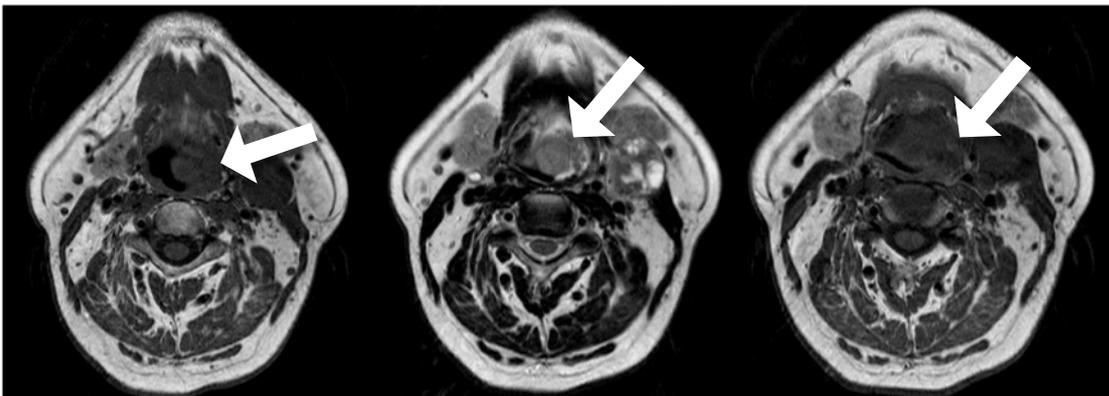


Abbildung 3-10: Magnetresonanztomografische Darstellung pathologischer Veränderungen in Patient Nr. 5 (axiale Schnittführung).

3.3.3.3 Patient Nr. 7

„Großer, ca. 8 x 4,5 x 4 cm messender Tumor rechts mit Infiltration des Zungengrundes, des Mundbodens, des Hypopharynx, des Larynx, der Epiglottis sowie der Valleculae. Der Unterrand des Tumors ist nicht abgebildet. Der Tumor ummauert die Lingualarterie und das Hyoid. Suspekte Lymphknoten im Kieferwinkel rechts sowie im Verlauf der Gefäßnervenscheide rechts.[...]“ (Radiologischer Befund vom 02.11.2012, MRT, OA Dr. med. J. Lutz; *Abbildung 3-11*)

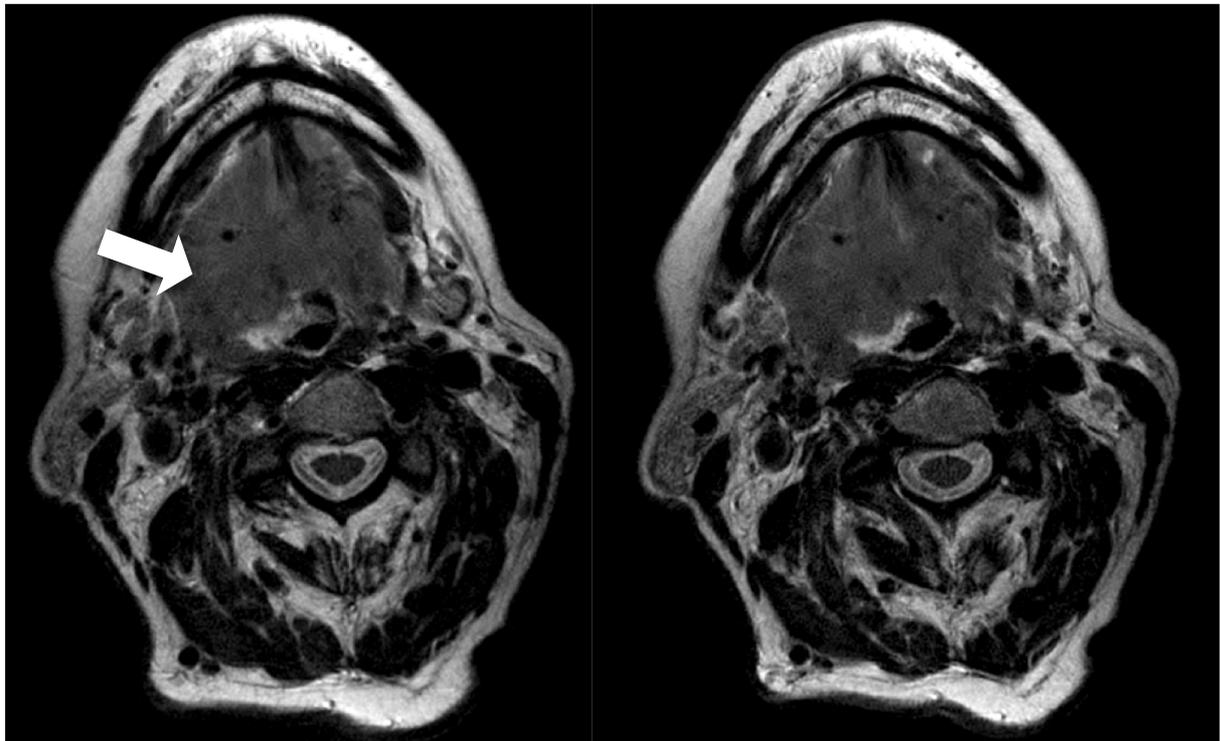


Abbildung 3-11: Magnetresonanztomografische Darstellung pathologischer Veränderungen von Patient Nr. 7 in axialer Schnittführung.

3.3.3.4 Patient Nr. 9

„Es zeigt sich eine diffuse Auftreibung der Weichteile, insbesondere der Muskulatur, zervikal, pterygoideal sowie teilweise im Bereich der oberen Thoraxapertur, diskreter auch im oberen Mediastinum rechtsseitig, DD diffus eingeblutet. Durch die raumfordernde Wirkung der Auftreibung/Schwellung rechts sind der Pharynx und Larynx nach links verlagert, die Luftwege sind teilweise komprimiert. [...] Multiple postoperative Lufteinschlüsse in den Weichteilen. [...] Diffuse Schwellung der vor allem zervikalen Weichteile rechts, DD diffus eingeblutet, mit raumfordernder Wirkung und konsekutiv

Verlagerung des Pharynx und des Larynx nach links sowie Kompression der Atemwege.“
(Aufnahme vom 1. postoperativem Tag; Radiologischer Befund vom 23.08.2012 CT, Prof.
Dr. med. Dr. h. c. M. Reiser, *Abbildung 3-12*)

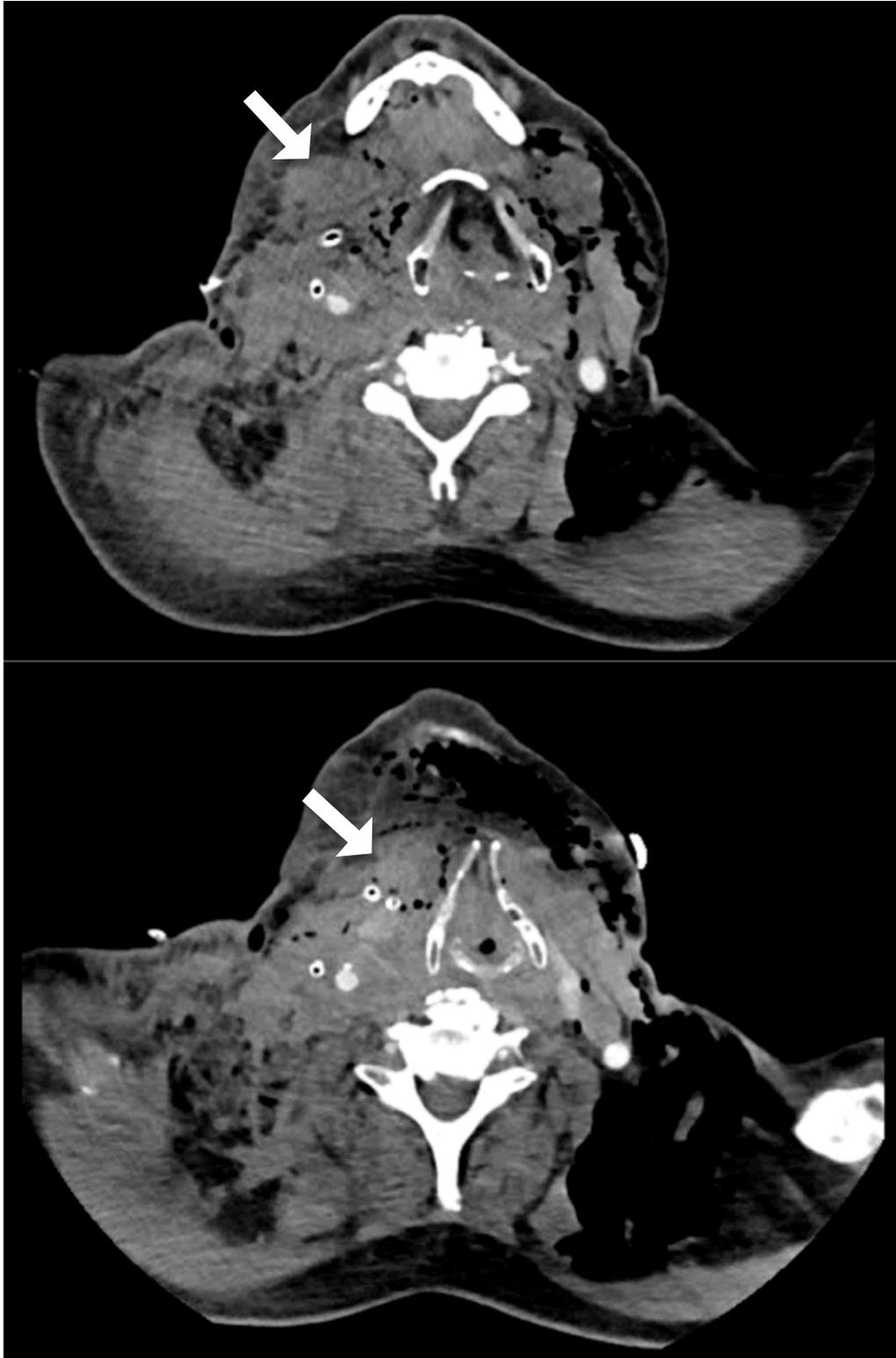


Abbildung 3-12: Computertomografische axiale Darstellung pathologischer Veränderungen in Patient Nr. 9 vom ersten postoperativen Tag.

4 Diskussion

Bereits im Jahre 1967 wurde durch Sanders et al. erstmals die Methode der Jet-Ventilation über ein starres Bronchoskop beschrieben. Sowohl Spoerel 1971 und Jacobs 1972 beschrieben im Folgenden die erfolgreiche perkutane transcricoidale Ventilation über einen 16G bzw. 14G Kanüle (13,14,15).

Nach zahlreichen Anwendungstests erlebte die Jet-Ventilation ihren Höhepunkt Mitte der 80iger Jahre und wurde als Lösungsansatz vieler Probleme angesehen, unter Anderem z.B. zur Ventilation bei ARDS. In der laryngealen Chirurgie war die Begeisterung über einen ungestörten Zugang zum Operationsgebietes unter HFJV groß und führte zu einer weiteren Verbreitung der Jet-Ventilation. Dies trotz der Tatsache, dass zu jenem Zeitpunkt keine einzige prospektiv-randomisierte Studie hinsichtlich Effizienz der Jet-Ventilation, Komplikationen, Verbesserung der Operationsbedingungen etc. existierte (9,16). Doch geriet die Jet-Ventilation allmählich wieder in Vergessenheit und wurde entsprechend der S1-Leitlinien beim Management schwieriger Atemwege zu Gunsten der bronchoskopischen Wachintubation ihrer Bedeutung beraubt (19). Die Jet-Ventilation rückte erneut in den Fokus, vor allem als invasive ultima ratio im Notfalls-Atemwegs-Managements sowie in unserm Fall im Bereich der HNO-Chirurgie.

In der vorgelegten Arbeit kam die TCHJV im Betrachtungszeitraum von knapp 6 Jahren vorrangig präemptiv zur Anwendung. Bei chirurgischen Eingriffen im Kopf-Hals-Bereich besteht aufgrund vorliegender Pathologien oft ein dringlicher Verdacht auf schwierige Intubations-Verhältnisse und/oder einer nicht möglichen Maskenbeatmung. Präoperativ erhobene Marker bezüglich der Intubationsfähigkeit sind hier nicht prädiktiv genug, um den Patienten nicht zu gefährden. Präoperativ erhobene Spiegelbefunde der HNO geben zwar Hinweis auf die Sichtverhältnisse für die direkte Laryngoskopie für den Anästhesisten, aber Spiegelbefunde werden an wachen, aufrecht sitzenden Patienten erhoben - die anatomische Verhältnisse verändern sich jedoch in Rückenlage und mit erschlafften Muskeln. So sind bei Pathologien im Kopf-Hals Bereich die Atemwege häufiger noch schwieriger zu sichern als erwartet. Um also die Aufrechterhaltung der Oxygenierung dieser Patienten zu gewährleisten, wurden im Zeitraum von Januar 2009 bis Oktober 2014 insgesamt 805 Patienten einer transtrachealen hochfrequenten Jet-

Ventilation TCHJV unterzogen. 96,5% der eingeschlossenen Patienten wurden Operationen im Kopf-Hals-Bereich unterzogen. Der Grossteil der nicht am Kopf-Hals Bereich operierten Patienten, die in diese Studie mit einbezogen wurden, wiesen anamnestisch entsprechende Operationen in ihrer Krankengeschichte auf, wie z.B. Z.n. Neck Dissection oder Tumorresektion im Kopf-Hals-Bereich. 99,4% aller eingeschlossenen Patienten konnten erfolgreich jet-ventiliert und 90,9% konsekutiv konventionell intubiert werden. Bei 9,1% war eine Intubation nicht vorgesehene (Mono-Jet-Ventilation) oder aufgrund der Pathologie nicht möglich.

Vergleicht man, wie viel Zeit benötigt wurde von Präsenzbeginn des Anästhesisten bis zur endotrachealen Intubation ($m = 12$ min) versus TCHJV ($m = 7$ min), zeigt sich ein signifikanter Zeitvorteil der TCHJV gegenüber der endotrachealen Intubation. Allerdings muss hierbei bedacht werden, dass in diesem Fall die ITN zeitlich der TCHJV folgt. Dennoch sind durchschnittlich sieben Minuten, um bei Verdacht auf schwierigen Atemweg die Oxygenierung eines Patienten präemptiv zu sichern, eine sehr kurze Zeitspanne hinsichtlich des Zeit-Nutzen-Risikos. In einer Studie von Joo et al. konnte gezeigt werden, dass bei Patienten mit Verdacht auf einen schwierigen Atemweg für eine bronchoskopischen Wachintubation im Schnitt 16,2 min benötigt wurden - auch hier gemessen von Beginn der Vorbereitungen bis zur eigentlichen Intubation (33). In anderen Studien wird von 1,8 bzw 1,9 min zur erfolgreichen bronchoskopische Wachintubation gesprochen (34,35). Bei diesen Studien wurde jedoch 1) erst vom tatsächlichen Beginn der bronchoskopische Wachintubation bis zur erfolgreichen ITN die Zeit gemessen und 2) wurde explizit auf die zeitlichen und handwerklichen Verbesserungen in der Lernkurve das Augenmerk gelegt. So sind diese Zeiten nicht mit denen unserer Studie zu vergleichen. Vergleicht man jedoch die durchschnittlich 7 Minuten, die in unsere Studie für die TCHJV benötigt wurden, und die 16,2 min zur bronchoskopischen Wachintubation in der Studie von Joo et al., so zeigt sich ein deutlicher Zeitvorteil der TCHJV gegenüber der bronchoskopischen Wachintubation bei Patienten mit Verdacht auf einen schwierigen Atemweg. Natürlich ist die TCHJV dabei nicht der absolut sichere Atemweg verglichen mit einem endotrachealen Tubus. Oxygenierung und Ventilation eines Patienten können jedoch via TCHJV zunächst sichergestellt werden. Kombiniert man also die zur TCHJV benötigte Zeit mit der Zeit bis zur Intubation - also bis zur definitiven Versorgung des Atemweges - bietet eine TCHJV mit konsekutiver ITN (19min) keinen Zeitvorteil gegenüber der bronchoskopischen Wachintubation mehr. Betrachtet man die Zeit, die von

einer Jet-Sonden Anlage bis zu einer notfallmäßigen Tracheotomie oder Koniotomie benötigt wurde, zeigt sich mit durchschnittlich 41 Minuten ein auf den ersten Blick katastrophales Zeitmanagement. Jedoch darf hier nicht außer Acht gelassen werden, dass 1) unter TCHJV die Oxygenierung der Patienten gewährleistet war (außer bei einem Patienten mit frustraner Jet-Punktion) und 2) die Zeit bis zur definitiven Versorgung des Atemweges mittel TT/KT sowohl die Narkoseinduktion als auch die frustranen Intubationsversuche beinhaltet.

Rezenter Studien an Tiermodellen zeigen, dass es in Cannot-Intubate-Cannot-Ventilate Situationen in Hinblick auf respiratorische (pO_2 , S_aO_2 , pCO_2 und pH-Wert) und hämodynamische (HF, RR) Variablen keine Unterschied zwischen der manuellen perkutanen transcricoidalen Jet-Ventilation und der chirurgischen Koniotomie gibt. Auch wenn beide Verfahren eine subglottische Atemwegssicherung darstellen, ist doch die Jet-Ventilation eine ebenso effektive Variante zur Atemwegssicherung in Cannot-Intubate-Cannot-Ventilate Situationen wie die Koniotomie und sollte vor allem in Bereichen zu Anwendung kommen in denen Training und Routine in der Anwendung der chirurgischen Koniotomie fehlen (25). Die initiale Luftröhrenpunktion ist häufiger und schneller erfolgreich als die initiale Koniotomie. Sie kann konsekutiv in eine Koniotomie umgewandelt bzw. erweitert werden oder die nötige Oxygenierung bis zur erfolgreichen Intubation / Tracheostomie aufrechterhalten.

Bei den ausgewerteten 805 Narkosen kam es nur bei einem Patienten zu einer lebensbedrohlichen Cannot-Intubate-Cannot-Ventilate Situation (Patient Nr. 9 aus der Gruppe der Notkoniotomierten). Dieser Patient konnte notfallmäßig erfolgreich via TCHJV re-oxygeniert werden, bis eine lebensrettende Koniotomie durchgeführt werden konnte. Die nach Narkoseinduktion stark gefallen Sättigungswerte konnten via TCHJV erfolgreich angehoben werden, bis der Atemweg chirurgisch gesichert war. Dies bestätigt, was Jacoby bereits 1956 bewiesen hat, dass im Notfall bei nicht intubierbaren Patienten mittels transtrachealer Sauerstoffinsufflation die Oxygenierung aufrecht gehalten werden kann, bis eine definitive Atemwegssicherung erfolgt ist (22). In einer Studie von Langeron et al. kam es bei 6,1% der Narkosen zu einem erschwerten Atemweg und bei 0,07% zu einer Cannot-Intubate-Cannot-Ventilate Situation (28,29). Das heißt, der Anteil der Cannot-Intubate-Cannot-Ventilate Situationen gemessen an der Anzahl erschwerter Atemwege betrug 11,5%. In dem untersuchten Kollektiv dieser Studie liegt dieser Anteil bei 0,12% - nur einer aus 805 Patienten konnte weder maskenbeatmet, noch intubiert

werden. Die TCHJV half dabei, die Zeit bis zur KT zu überbrücken und eine Oxygenierung zu ermöglichen.

Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die TCHJV eine adäquate Methode ist, Extrem-Situationen in denen weder maskenbeatmet noch intubiert werden kann, zu vermeiden, da 1) die Oxygenierung des Patienten sichergestellt wird und 2) die Intubationsfähigkeit durch die TCHJV anscheinend verbessert wird. Patel vermutete bereits 1999, dass sich durch den TCHJV bedingten erhöhten endotrachealen Druck eine kollabierte Glottisebene öffnet und die Visualisierung der Stimmbandebene somit verbessert. Er konnte zeigen, dass unter Jet-Ventilation vormals nicht intubierbare Patienten plötzlich intubierbar wurden (27).

In der hier vorgelegten retrospektiven Analyse war es bei 9 von 805 Patienten trotz geplanter und zumeist erfolgreicher TCHJV unmöglich endotracheal zu intubieren, so dass tracheotomiert oder koniotomiert werden musste. Zieht man die zwei Patienten ab, die erst nach ITN eine TCHJV erhielten oder bei denen die Jet-Anlage erfolglos war, so sind es nur 7 aus 805 Jet-ventilierten Patienten die unter TCHJV nicht intubierbar waren. Betrachtet man also den prozentualen Anteil von nur 0,9%, so ist dies lediglich der Anteil jener Patienten, die trotz geplantem Vorgehen bezüglich des Atemwegsmanagement bei vorbestehendem Verdacht auf schwierige Intubationsverhältnisse nicht erfolgreich intubiert werden konnten. Das heißt der eigentliche Anteil jener Patienten die trotz adäquat geplantem Atemwegsmanagement notfallmäßig tracheotomiert oder koniotomiert werden mussten, ist gemessen an der Gesamtzahl aller Narkosen in diesem Zeitraum wesentlich geringer.

Fallberichte beschreiben vereinzelt die Unmöglichkeit bei Patienten mit unerwartet schwierigem Atemweg, erfolgreich Jet zu ventilieren. So beschrieb Metz 1996 Fälle zweier Patienten die sich nach Narkoseinduktion zu elektiven Operationen - außerhalb der HNO - in einer Situation wiederfanden, in der sie weder ventiliert noch intubiert werden konnten. In beiden Fällen wurde versucht, transcricoidal Jet zu ventilieren und in beiden Fällen war dies trotz erfolgreicher, transcricoidaler Punktion nicht möglich. Nachdem die Patienten notfallmäßig chirurgisch koniotomiert wurden, konnte in beiden Fällen mittels fiberoptischer Visualisierung überschüssiges glottisches Gewebe nachgewiesen werden. Beide Patienten zeigten in der präoperativen anästhesiologischen Visite keinen Hinweis auf einen möglichen schwierigen Atemweg. Die Gruppe um Metz geht davon aus, dass durch die Einleitung der Narkose das überschüssige Gewebe um die Glottis herum

zusammengefallen ist, wodurch die Identifizierung der Stimmbandebene sowie Maskenbeatmung unmöglich wurden. So bietet auch die TCHJV keinen 100%igen Verlass einen unerwartet, schwierigen Atemweg zu beherrschen. Rückfallebenen wie z.B. Notkoniotomie-Sets sollten für den Notfall im anästhesiologischen Bereich vorhanden sein (wenn ein schneller chirurgischer Zugang nicht gewährleistet werden kann) (24).

Die Fähigkeit endotracheal zu intubieren hängt immer auch vom Erfahrungsgrad, der Geschicklichkeit und dem Ausbildungsstand der Anästhesisten ab. So ist die Einteilung des Cormack and Lehane dem Bias des intubierenden Anästhesisten unterworfen. In der hier vorgelegten Datenanalyse wurde der Ausbildungsstand des Anästhesisten nicht mit einbezogen. So gibt diese retrospektive Analyse einen Überblick zur Anwendung der TCHJV über alle Erfahrungsgrade der Anästhesisten wieder. Zu bedenken ist, dass gemäß der Leitlinien zum Atemwegsmanagement bei einem schwierigen Atemweg immer ein erfahrener Anästhesist anwesend sein sollte. Dies soll die Sicherheit des Patienten, als auch eine Reduktion von Komplikationen sicherstellen.

Zu den TCHJV bedingten Komplikationen ist anzumerken, dass entgegen der Beobachtungen von Bourgain et al. in unserer Analyse wesentlich weniger und v.a. geringere Schweregrade an AVBs aufgetreten sind (9). Bei der Auswertung von 643 jet-ventilierten Patienten traten bei Bourgain et al. bei 8,5% der Patienten subkutane Emphyseme, bei 2,5% Pneumomediastina und bei 1% Pneumothoraces (innerhalb <24h nach Punktion) auf. Bei keinen der in dieser Studie betrachteten Patienten kam es zu punktionsbedingten Blutungen oder der Fehllage der Jet-Sonde (9). In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass 41% der jet-ventilierten Patienten postoperativ radiologisch nachweisbare Atelektasen aufwiesen (10). Sowohl die Anzahl der durch uns verursachten Pneumothoraces, sowie Atelektasen findet in unserer Auswertung keine Darstellung, da sich die Datenanalyse lediglich auf den Zeitraum der unmittelbaren Narkose und z.T. der präoperativen Visite beschränkt. Im Vergleich kam es bei nur 0,1% aller Patienten unserer Studie zu einem Pneumomediastinum, sowie subkutanen Hautemphysemen. Das ist ein wesentlich geringerer prozentualer Anteil verglichen zu anderen Studien. Insgesamt scheint sich die Anlage der TCHJV in Seldinger-Technik günstig auf die Komplikationsrate auszuwirken. Im Gegensatz zu der oben genannten Studie kam es bei 2,6% der Patienten punktionsbedingt zu unkomplizierten Blutungen und bei 0,1% zu komplizierten Blutungen. Mehrfachpunktionen wurden in unserer Studie mit 0,4% als AVB vermerkt. Insgesamt scheint die Anwendung der TCHJV mit nur 4,1%

minderschweren Komplikationen (AVB Grad 1 und 2), 0,4% schweren Komplikationen (AVB Grad 3 und 4) und kein Todesereignis (AVB Grad 5) eine sichere Methode zu sein, um präemptives Atemwegsmanagement zu betreiben. Eine postoperative anästhesiologische Visite ist in Anbetracht der Tatsache, dass v.a. schwere Komplikationen im postoperativen Setting auftreten, ratsam. Die nekrotisierende Tracheobronchitis oder lang anhaltender Reizhusten durch die Jet-bedingte Austrocknung der Schleimhäute, sowie Pneumthoraces und Pneumomediastina könnten so besser detektiert und zu Zwecken der Qualitätssicherung dokumentiert werden.

Diese geringe Komplikationsrate ist umso erstaunlicher, da unser durchschnittlich mit 62 Jahren sehr altes Patientengut einen hohen Anteil an ASA 3 klassifizierten Patienten (70,9%) beinhaltet. Mit zunehmendem Alter steigt auch die Anzahl relevanter Komorbiditäten. Bezogen auf das durchschnittliches Gewicht (75kg) und die Körpergröße (172cm), präsentiert sich unser Patientengut nahe an den Maßen eines Standardpatienten mit 70kg und 170cm.

Eine methodische Limitation dieser retrospektiven Analyse stellte die Dokumentation dar. So wurden die in der präoperativen anästhesiologischen Visite erhobenen Marker für die Prädiktion eines erschwerten Atemwegs wie die Mundöffnungsfläche, der thyromentale Abstand und die Reklinationsfähigkeit nicht einheitlich dokumentiert (36). Unsere Auswertung konnte sich dementsprechend lediglich auf die Klassifizierung nach Mallampati stützen (37). Auch die Dokumentation der anästhesiologischen Verlaufsbeobachtung ist einer starken Varianz unterworfen. So ist in den Auswertungen ersichtlich, dass nur 3,7% TCHJV bedingter Komplikationen nicht in der offiziell dazu vorgesehenen AVB-Dokumentation aufscheinen. Erst in der detaillierten Durchsicht der Anästhesie-Protokolle waren diese Komplikationen evident. 3,1% dieser nicht unter AVB dokumentierten Komplikationen konnten Grad 1 klassifiziert werden. Sie sind also ohne Relevanz für die Aufwachraumphase.

Punktions- oder chirurgische Koniotomien werden als relativ sicherer Zugang zum Atemweg im Notfall angesehen, da das Ligamentum cricothyroideum recht avaskulär ist, keine größeren wichtigen nahestehenden anatomischen Strukturen hat und leicht via

Palpation am Hals lokalisiert werden kann. In manchen Patientengruppen ist die Lokalisation des Ligamentum cricothyroideum jedoch aufgrund anatomischer Verschiebungen verursacht durch Pathologien, patienteneigene Physiognomie oder rezente chirurgische Eingriffe stark erschwert, womit das Risiko für Fehlpunktion steigt. Wie eigene Erfahrungen retrospektiv zeigen, kann durch eine ultraschallgestützte Punktion unter Umständen die Trachea lokalisiert werden, wenn klassische Leitstrukturen wie Hyoid (Schildknorpel) und Cricoid (Ringknorpel) nicht tastbar sind. Diese Ansicht wird durch Kristensen et.al. vertreten (40).

So verdeutlichen die angeführten Bilder jener Pathologien, die in dieser Studie trotz (präemptiver) TCHJV eine Intubation unmöglich gemacht haben, eindrucksvoll, wie essentiell gerade im Bereich der oro-pharyngo-laryngealen Chirurgie die Bildgebung ist. Sie sollte präoperative nicht nur dem Chirurgen zur Planung des Eingriffes dienen, sondern auch in der anästhesiologischen Visite zur Planung des Atemwegsmanagements regelhaft heran gezogen werden. So kann in Zusammenschau der Befunde eine optimale Strategie des Atemwegsmanagements gemeinsam mit den Chirurgen ausgearbeitet werden, um das perioperative Risiko des Patienten zu mindern.

Nicht alle in unserer Studie jet-ventilierten Patienten bekamen aufgrund schwieriger Atemwegsverhältnisse eine Jet-Sonde transcricoidal angelegt, sondern auch in Fällen, bei denen die Art des operativen Eingriffes eine endotracheale Intubation nicht ermöglicht, z.B. Mono-Jet Ventilation bei der Eröffnung subglottischer Stenosen.

In unserer Untergruppe der Mono-Jet Ventilation konnte gezeigt werden, dass sich unter längerer TCHJV Parameter wie die arterielle Sauerstoffsättigung, der arterielle Sauerstoff- und Kohlendioxidpartialdruck, BE und Standard Bicarbonat, sowie der pH-Wert im Verlauf der Mono-Jet Ventilation nicht signifikant änderten. Das Fehlen signifikanter Veränderungen ist als Zeichen suffizienter Ventilation über circa eine Stunde dauernde Jet-Ventilation zu werten. Ob sich bei längeren Jet-Ventilationen und einer größeren Fallzahl signifikante Unterschiede zeigen würden, ist unklar.

Die erhobenen Vitalparameter Blutdruck, Herzfrequenz und periphere Sauerstoffsättigung weisen signifikante Unterschiede zwischen vor TCHJV und nach TCHJV auf ($p < .001$).

Da der Zeitraum der Datenerhebung sich auf 20 Minuten vor und 20 Minuten nach erfolgter Punktion der Jet-Sonde erstreckt, schließen die Werte nach TCHJV die Narkoseinduktion zeitlich ein, da durchschnittlich 12 Minuten bis zur konsekutiven Intubation benötigt wurden. Die verwendeten Hypnotika nehmen alle Einfluss auf den Kreislauf, wodurch die signifikant niedrigeren Werte von Herzfrequenz und Blutdruck post-TCHJV nicht überraschend sind. Auch der signifikant höhere Noradrenalin-Bedarf post-TCHJV lässt sich zum Einen damit erklären und zum Anderen mit einer Vorlastsenkung durch die TCHJV bei vermindertem Luftausstrom während der Narkoseinduktion. Da unter TCHJV Patienten mit 100% Sauerstoff beatmet wurden, ist auch zu erwarten, dass die periphere Sauerstoffsättigung post-TCHJV signifikant höher ist als unter Raumluft prä-TCHJV. Bezüglich der Kreislaufstabilität unter TCHJV können dementsprechend keine adäquaten Aussagen getroffen werden. Post-TCHJV über 35 Minuten erhobene Daten bezüglich des endtidalen Kohlenstoffdioxid geben lediglich Aussage über eine suffiziente Beatmung unter endotrachealer Intubation, da eine Messung des etCO_2 unter Jet-Ventilation nur indirekt via arterieller Blutgasanalyse oder mit speziellen Ventilationsmanövern möglich ist. Diese Ventilationsmanöver unterbrechen jedoch den steady state der TCHJV.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Der schwierige Atemweg ist noch immer eine Herausforderung in der Anästhesie, der Notfall- und Intensivmedizin. Dabei gilt es, den Patienten vor irreversiblen Schäden zu bewahren, wie dem hypoxischen Hirnschaden oder gar dem Tod. Aus diesem Grund bedarf es schneller und risikoarmer Techniken, einen Atemweg und damit die Oxygenierung zu sichern. Gemäß der S1-Leitlinie stellt dabei die transcricoidale Hochfrequenz-Jet-Ventilation (TCHJV) im Umgang mit v.a. unerwartet schwierigen Atemwegen eine invasive „ultima ratio“ dar.

In dieser retrospektiven Studie über den Zeitraum von knapp 6 Jahren (Januar 2009 bis Oktober 2014) wurden alle Patienten eingeschlossen, an denen im Bereich der operativen HNO des Klinikums Großhadern eine TCHJV durchgeführt wurde. Der Großteil dieser Patienten wurde aufgrund von bekannten oder zu erwartenden schwierigen Atemwegsverhältnissen bei Pathologien im oropharyngolaryngealen Bereich präemptiv, d.h. vor Induktion der Narkose, transcocoidal punktiert und hochfrequent-jet-ventiliert.

Insgesamt konnten 805 Narkoseprotokolle in die Datenanalyse eingeschlossen werden. Das mittlere Alter unserer Patienten betrug 62 Jahre, 8 Patienten waren zum Zeitpunkt der Narkose unter 18 Jahre alt. Körpergröße und -gewicht waren mit $m = 75$ kg und $m = 172$ cm normal verteilt. Entsprechend der American Society of Anaesthesiologists waren 1,1% ASA 1, 23,1% ASA 2, 70,9% ASA 3, 4,7% ASA 4 und 0,1% ASA 5 klassifiziert. Die Dringlichkeit der Eingriffe wurde mit 92% elektiv, 4% dringlich und 4% Notfall angegeben. 96,5% der Eingriffe waren Operationen im Bereich der HNO.

Bei 99,4% der Narkosen konnte eine TCHJV erfolgreich durchgeführt werden. Diese erfolgte im Mittel nur 7 Minuten nach Präsenzbeginn des Anästhesisten. Unter der TCHJV konnten 90,9% der Patienten erfolgreich konventionell endotracheal intubiert werden. Bei 9,1% war eine endotracheale Intubation (ITN) nicht vorgesehen (Mono-Jet-Ventilation) oder aufgrund der Pathologie nicht möglich. Eine ungeplant chirurgische Atemwegssicherung war bei 1,1% ($n = 9$) der Narkosen notwendig: 7 Notfall-Tracheotomien und 2 Notfall-Koniotomien. Für die chirurgische Atemwegssicherung

wurden durchschnittlich 41 Minuten benötigt. Bei allen 9 Patienten konnte durch die TCHJV die Oxygenierung bis zur chirurgischen Atemwegssicherung erfolgreich aufrecht gehalten werden (minimale S_pO_2 prä-TCHJV $m = 94\%$, post-TCHJV $m = 95\%$).

Die Vitalparameter des gesamten Kollektives wiesen zwischen prä-TCHJV und post-TCHJV signifikante Unterschiede auf ($p < 0,0001$): systolischer Blutdruck 142 mmHg vs. 121 mmHg, diastolischer Blutdruck 83 mmHg vs. 73 mmHg, arterieller Mitteldruck 108 mmHg vs. 93 mmHg, Herzfrequenz 82/min vs. 77/min und periphere Sauerstoffsättigung 97% vs. 99 %. Der Noradrenalin-Bedarf war post-TCHJV signifikant höher (0,018 mg/h vs. 0,135 mg/h; $p < 0,0001$). Diese Unterschiede sind bedingt durch die Tatsache, dass die Narkoseinduktion im post-TCHJV Intervall enthalten ist und TCHJV die Vorlast senken kann.

Bei den 805 Narkosen konnten insgesamt 4,5% TCHJV-bedingte Komplikationen/Anästhesiologische Verlaufsbeobachtungen (AVB) festgestellt werden. 4,1% davon waren Komplikationen minderschwerer Art (ABV Grad 1-2), nur 0,4% schwerer Art (AVB Grad 3-4). Kein Patient verstarb (AVB Grad 5). Die am häufigsten genannten minderschweren AVBs waren unkomplizierte Blutungen ($n = 21$), Mehrfachpunktionen ($n = 3$) und Druckalarm des Ventilators ($n = 3$). Der schwerste genannte Komplikation war ein symptomatisches Pneumomediastinum ($n = 1$).

Anhand von Blutgasanalysen (BGA) konnte in der Gruppe der Mono-Jet-Ventilation ($n = 18$) gezeigt werden, dass es im Verlauf längerer TCHJV zu keinen signifikanten Änderungen in S_aO_2 , p_aCO_2 , p_aO_2 , pH, BE und HCO_3 kommt. Die Blutgasanalysen erfolgten im Schnitt (MD) bei Minute 26, 43 und 52 nach begonnener TCHJV.

Die Daten belegen, dass die präemptive Anwendung der TCHJV im Bereich der oro-pharyngo-laryngealen Chirurgie empfohlen werden kann, da hier häufiger mit anatomischen Verhältnissen gerechnet werden muss, die eine Maskenbeatmung und endotracheale Intubation erschweren. Durch die TCHJV kann die Oxygenierung gesichert und im Notfall bis zur definitiven Sicherung des Atemweges durch Tracheotomie oder Koniotomie aufrechterhalten werden. In ihrer Einzelanwendung v.a. bei speziellen subglottischen Eingriffen ist die TCHJV auch über einen längeren Zeitraum sicher, wenn zur Kontrolle Blutgasanalysen durchgeführt werden.

Das Verlassen der TCHJV in der präemptiven Anwendung zu Gunsten der weniger invasiven bronchoskopischen Wachintubation ist zumindest im Bereich der operativen HNO bei Pathologien der oberen Atemwege aufgrund fehlender Möglichkeit der Ventilation vor Allgemeinanästhesie weniger sicher. Im Bereich der Ebene 4 der Atemwegssicherung wird die TCHJV weiterhin ihren Stellenwert behalten, da sie eine schnelle Methode zur notfallmäßigen Ventilation eines Patienten darstellt.

Die präemptive transtracheale hochfrequente Jet-Ventilation stellt eine schnelle Methode des Atemwegsmanagements bei vorhandenem Verdacht auf schwierige Intubations-Verhältnisse mit einer vertretbaren Rate an Komplikationen dar.

6 Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AD	Arbeitsdruck
AMV	Atemminutenvolumen
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
ASA	American Society of Anesthesiologists
AVB	anästhesiologische Verlaufsbefunde/ Verlaufsbeobachtungen
AWR	Aufwachraum
BE	Base Excess
BGA	Blutgasanalyse
BURP	backward upward rightward pressure
cm	Zentimeter
CL	Cormack und Lehane Klassifikation
diaRR	diastolischer Blutdruck
EGA	Extraglottischer Atemweg
etCO ₂	endtidale Kohlenstoffdioxidkonzentration
F _i O ₂	inspiratorische Sauerstoffkonzentration
<i>F</i>	Beatmungsfrequenz
G	Gauge
HCO ₃	Standard Bicarbonat
HF	Herzfrequenz
HFJV	Hochfrequenz Jet-Ventilation
Hz	Hertz
ICD	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme
iLSK	indirekte Laryngoskopie
(<i>s</i>) <i>IQR</i>	(semi-)Interquartilsabstand (engl. interquartile range)
i.v.	intravenös

kg	Kilogramm
KT	(Not-)Koniotomie
LA	Lokalanästhesie/ Lokalanästhetikum
LOR	loss of resistance
m	männlich
<i>m</i>	Mittelwert
MAP	mittlerer arterieller Druck (Mean arterial Pressure)
max.	maximaler Wert
mbar	Millibar
<i>MD</i>	Median
Min	Minute
min.	minimaler Wert
MLT	Mikrolaryngotrachealtubus
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MÖF	Mundöffnungsfläche
MP	Mallampati Score
<i>n</i>	Anzahl der Patienten
NIBP	nicht-invasive Blutdruckmessung (non-invasive blood pressure)
n.s.	nicht signifikant
OELM	optimales externes Laryngx Manipulationsmanöver
o.p.B.	ohne pathologischen Befund
OPS	Operations- und Prozedurenschlüssel
PEEP	positiver endexpiratorischer Druck; positive end-expiratory pressure
P_{isp}	inspiratorischer Beatmungsdruck
PIP	peak inspiratory pressure
Sek	Sekunde
S_aO_2	arterielle Sauerstoffsättigung
S_pO_2	peripherer Sauerstoffsättigung
RR	Riva-Rocci

SAS	Statistical Analysis System
SEM	Standardfehler
SD	Standardabweichung
sysRR	systolischer Blutdruck
T_{insp}	Inspirationsdauer
TIVA	total-intravenöse Anästhesie
TCHJV	transcricoidale hochfrequente Jet-Ventilation
TT	(Not-)Tracheotomie
V_T	Tidalvolumen
w	weiblich
ZVK	zentral venöser Katheter

7 Literaturverzeichnis

- 1 Friedrich G et al., (2008) Die Jet-Ventilation in der operativen Laryngologie. HNO 56(12):1197-1206
- 2 Fritzsche K et al., (2010) Anästhesiologische Besonderheiten bei der laryngotrachealen Chirurgie. Anaesthesist 59:1051-1063
- 3 Bohn D (2001) The history of high-frequency ventilation. Respir Care Clin N Am 7(4):535-548
- 4 Kleinschmidt S (2002) Anästhesieverfahren und Techniken der Atemwegssicherung bei HNO-ärztlichen Eingriffen. HNO 50(10):901-905
- 5 MacIntyre NR (2001) High-frequency jet ventilation. Respir Care Clin N Am 7(4):599-610
- 6 Biro R et al. (1999) Jetventilation und Anästhesie für diagnostische und therapeutische Eingriffe an den Atemwegen. Anaesthesist 48 (9):669-685
- 7 Eberhard P (2007) The design, use, and results of transcutaneous caron dioxide analysis: current and future directions. Anesth Analg 105 (6 Suppl):48-52
- 8 Cook TM et al. (2008) Major complications during anaesthesia for elective laryngeal surgery in the UK: a national survey of the use of high-pressure source ventilation. Br J Anaesth 101(2):266-272
- 9 Bourgain JL et al. (2001) Transtracheal high frequency jet ventilation for endoscopic airway surgery: a multicentre study. Br J Anaesth 87(6):870-875
- 10 Merati AL et al. (2004) The utility of routine chest radiography following jet ventilation in elective laryngotracheal surgery. Laryngoscope 114(8):1399-1402
- 11 Humpich M et al. (2011) Atemwegsmanagement - invasives Atemwegsmanagement Update 2011. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 46 : 608-615
- 12 Sütterlin R (2014) Jet ventilation for airway surgery. The influence of mode and frequency on ventilation efficacy. Acta Universitatis Upsaliensis 1014: 62 pp
- 13 Spoerel WE et al. (1971) Transtracheal ventilation. Br J Anaesth 43: 932-9
- 14 Jacobs HB et al. (1972) Emergency percutaneous transtracheal catheter and ventilator. J Trauma 12: 50-5
- 15 Sanders RD et al. (1967) Two ventilating attachments for bronchoscopes. Del Med J 39:170-5

- 16 Baer GA et al. (2000) Complications and technical aspects of jet ventilation for endolaryngeal procedures. *Acta Anaesthesiol Scand* 44: 1273-1274
- 17 Frietsch T et al. (2000) Intermittent capnography during high-frequency jet ventilation for prolonged rigid bronchoscopy. *Acta Anaesthesiol Scand*; 44: 391–397
- 18 Wiedemann K et al. (1993) Beatmungstechniken in der Thoraxchirurgie, *AINS* 28: 443- 447
- 19 Piepho T et al. (2015) S1-Leitlinie: Atemwegsmanagement. *Anästh Intensivmed* 56:505-523
- 20 Bair AE et al. (2003) Cricothyrotomy: a 5-year experience at one institution. *J Emerg Med* 24: 151-6
- 21 Dillon JK et al. (2013) The emergent surgical airway: cricothyrotomy vs. tracheostomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 42:204-208
- 22 Jacoby JJ et al. (1956) Transtracheal Resuscitation. *JAMA* 162 (7): 625-628
- 23 Carden E et al. (1977) Percutaneous Jet Ventilation. *Survey of Anesthesiology* 21(6): 509 ff
- 24 Metz S et al. (1996) Failed emergency transtracheal Ventilation through a 14-Gauge intravenous catheter. *J Clin Anesth* 8:58-62
- 25 Manoach S et al. (2004) Percutaneous transcricoid jet ventilation compared with surgical cricothyroidotomy in a sheep airway salvage model. *Resuscitation* 62:79-87
- 26 Jacobs HB (1972) Needle-catheter brings oxygen to the trachea. *JAMA* 222:1231-3
- 27 Patel RG (1999) Percutaneous transtracheal Jet Ventilation. *Chest* 116(6):1689-94
- 28 Langeron O et al. (2000) Prediction of difficult mask ventilation. *Anesthesiology* 92:1229-36
- 29 Langeron O et al. (2012) Prediction of difficult tracheal intubation: time for a paradigm change. *Anesthesiology* 117:1223-33
- 30 Barth L (1954) The therapeutic use of diffusion breathing in bronchoscopy. *Anaesthesist* 3(5):227-9
- 31 Volhard F (1908) Über künstliche Atmung durch Ventilation der Trachea und eine einfache Vorrichtung zur rhythmischen künstlichen Atmung. *Münch Med Wochenschr* 55:209-11
- 32 Heinrichs W et al. (2010) Aktualisierter Datensatz zur Durchführung der externen Qualitätssicherung in der Anästhesie, *Anästh Intensivmed* 51:S33-S55

- 33 Joo HS (2001) et al. The intubating laryngeal mask airway after induction of General anesthesia versus awake fiberoptic intubation in patients with difficult airways. *Anesth Analg* 92:1342–6
- 34 Langeron O et al. (2001) Comparison of the intubating laryngeal mask airway with the fiberoptic intubation in anticipated difficult airway Management, *Anesthesiology* 94:968 –72
- 35 Johnson C et al. (1989) Clinical competence in the performance of fiberoptic laryngoscopy and endotracheal intubation: A study of resident instruction, *J Clin Anesth* 1(5):344-349
- 36 El-Ganzouri AR et al. (1996) Preoperative airway assessment: predictive value of a multivariate risk index. *Anesth Analg* 82:1197-204
- 37 Mallampati SR et al. (1985) A prospective study: to predict difficult intubation. *Can Anaesth Soc J* 32(4): 429-34
- 38 Wolters U et al. (1996) ASA classification and perioperative variables as predictors of postoperative outcome. *Br J Anaesth* 77:217-222
- 39 Cormack RS & Lehane J (1984) Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia*, 39:1105-1111
- 40 Kristensen MS, et al. (2016) Ultrasonographic identification of the cricothyroid membrane: best evidence, techniques, and clinical impact. *Br J Anaesth* 117: 139-148

8 Eidesstattliche Versicherung

Ich, **Kathrin Reise**, erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Die perkutane transcricoidale Jet-Ventilation.

Eine retrospektive Datenanalyse über den Zeitraum von 6 Jahren.“

selbständig verfasst, mich außer den angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 03.03.2017