

Aus der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie
Medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar
Univ.-Prof. Dr. med. T. Volk

**Vergleich verschiedener Tubuseinführhilfen bei der orotrachealen
Intubation von Erwachsenen mit dem Videolaryngoskop Truview PCD™-R**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
2018

vorgelegt von Janina Gunzenhäuser
geb. am 18.12.1988 in Leonberg

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	1
1 Summary	2
2 Einleitung.....	3
2.1 Hintergrund.....	3
2.2 Die endotracheale Intubation	3
2.2.1 Definition.....	3
2.2.2 Geschichte der endotrachealen Intubation	3
2.2.3 Intubationsmaterialien	5
2.2.4 Praktisches Vorgehen und direkte Laryngoskopie.....	6
2.2.5 Herausforderungen, Probleme und Komplikationen	10
2.3 Der schwierige Atemweg	11
2.3.1 Beurteilung der Intubationsbedingungen.....	11
2.3.2 Atemwegsmanagement beim schwierigen Atemweg	13
2.4 Indirekte Laryngoskopie	15
2.4.1 Videoassistierte Verfahren	15
2.4.2 „Das Problem“ videoassistierter Verfahren.....	17
2.5 Fragestellung und Ziel der Studie	18
3 Patienten, Material und Methoden	20
3.1 Patientenrekrutierung und Randomisierung in Gruppen.....	20
3.2 Einschlusskriterien	20
3.3 Ausschlusskriterien	21
3.4 Intubationsmaterialien.....	22
3.4.1 Videolaryngoskop Truview PCD™-R.....	22
3.4.2 Einführhilfe Parker Flex-It™	24
3.4.3 Einführhilfe „Hockeyschläger“	25
3.4.4 Einführhilfe Flexible Fiberoptik	25
3.5 Prämedikationsvisite, Narkosevorbereitung und Intubation	26
3.5.1 Prämedikationsvisite	26
3.5.2 Narkosevorbereitung und -einleitung.....	26
3.5.3 Intubation	27
3.5.4 Aufrechterhaltung der Narkose und Anästhesieausleitung.....	28
3.5.5 Abbruchkriterien.....	28
3.6 Datenerhebung	29
3.6.1 Dokumentation.....	29

3.6.2 Messung von Intubationszeiten.....	29
3.6.3 Postoperative Patientenbefragung und -untersuchung.....	30
3.7 Statistische Auswertung.....	31
4 Ergebnisse.....	32
4.1 Patientenkollektiv.....	32
4.2 Technische Durchführbarkeit und Gesamtdauer der Intubation.....	34
4.2.1 Technische Durchführbarkeit.....	34
4.2.2 Gesamtdauer.....	34
4.3 Dauer definierter Teilabschnitte der Intubation und Beurteilung der Schwierigkeit durch den Anästhesisten.....	35
4.4 Postoperative Patientenbefragung und -untersuchung zur Evaluation von Intubationskomplikationen.....	39
4.4.1 Postoperative Komplikationen im Aufwachraum.....	39
4.4.2 Komplikationen am ersten postoperativen Tag.....	40
5 Diskussion.....	46
5.1 Erfolgsraten (Technische Durchführbarkeit).....	46
5.2 Gesamtdauer der Intubation.....	49
5.3 Definierte Teilabschnitte der Intubation.....	51
5.4 Beurteilung der Schwierigkeit durch den Anästhesisten.....	54
5.5 Postoperative Patientenbefragung und -untersuchung zur Evaluation von Intubationskomplikationen.....	56
5.6 Limitationen.....	62
5.7 Schlussfolgerung.....	62
6 Literaturverzeichnis.....	64
7 Dank.....	72

1 Zusammenfassung

Hintergrund und Ziel der Studie: Die endotracheale Intubation stellt den Goldstandard des Atemwegsmanagements dar. In diesem Zusammenhang hat im Laufe der vergangenen Jahre die Videolaryngoskopie zur Bewältigung des schwierigen Atemweges zunehmend an Bedeutung gewonnen. Im Gegensatz zur konventionellen direkten Laryngoskopie muss bei der Videolaryngoskopie keine gerade Sichtachse zwischen dem Auge des Intubierenden und dem Kehlkopfeingang des Patienten eingestellt werden. Obwohl dies häufig in einer Sichtverbesserung resultiert, bedeutet es oftmals eine erschwerte Tubusplatzierung. Es existieren unterschiedliche Ansätze zur Bewältigung dieses Problems. Eine Möglichkeit ist das Einbringen einer Einführhilfe in den Tubus. Bislang ist die Datenlage nicht ausreichend, um eine einfache praktikable Methode zu empfehlen. Ziel vorliegender Untersuchung war es daher, drei verschiedene Einführhilfen miteinander zu vergleichen.

Methodik: Für die vorliegende prospektiv randomisierte Untersuchung wurden insgesamt 117 erwachsene Patienten rekrutiert, die sich einem elektiven operativen orthopädischen oder urologischen Eingriff in Allgemeinanästhesie unterzogen. Als Videolaryngoskop diente ein Truview PCD™-R der Firma Truphatek. Bei den verwendeten Einführhilfen handelte es sich um einen Parker Flex-It™-Führungsstab, einen in Hockeyschlägerform gebogenen konventionellen Führungsstab und ein fiberoptisches Bronchoskop. Intubiert wurde durch zwei erfahrene Fachärzte für Anästhesiologie. Verglichen wurden Intubationserfolg, Intubationsgesamtdauer, die Dauer definierter Abschnitte der Intubation, Intubationsschwierigkeit und das Auftreten von Komplikationen.

Ergebnisse: Mit allen drei Einführhilfen konnten ähnlich hohe Erfolgsraten (97,2-100%) erzielt werden. Die Intubation dauerte mit der Fiberoptik signifikant länger als mit den beiden anderen Einführhilfen. Zudem traten in Zusammenhang mit der Fiberoptik häufiger leichtgradige postoperative Nackenbeschwerden auf.

Schlussfolgerung: Mit allen drei Einführhilfen ist eine sichere und komplikationsarme Tubusplatzierung bei Patienten mit normalen Atemwegen möglich. Für den innerklinischen Routinebetrieb, Akutsituationen sowie im außerklinischen Bereich sind die beiden Führungsstäbe besser geeignet als die Fiberoptik. Die Fiberoptik könnte jedoch in bestimmten Situationen eine hilfreiche Alternative nach fehlgeschlagener Videointubation mittels Führungsstab sein.

1 Summary

Background and objective of the study: Given that endotracheal intubation represents the gold standard for airway management, video laryngoscopy has gained substantial importance over the past years in facing the demands of difficult airway management. In contrast to conventional direct laryngoscopy, no straight visual axis between the intubating person's eye and the patient's laryngeal aperture is required for video laryngoscopy. Even though this improves visibility, it often complicates tube placement. Among different approaches to solve this issue, one possibility is to imbed an intubation stylet into the tube. Until now, available data was not sufficient to recommend a simple and feasible method. Thus, the objective of this study was to compare three different intubation stylets.

Methods: For this prospectively randomised study, 117 adults were recruited. All patients underwent elective orthopaedic or urological surgery performed under general anaesthesia. A Truview PCD™-R video laryngoscope by Truphatek was used. The different intubation stylets used were: a Parker Flex-It™-stylet, a conventional intubation stylet in hockey stick shape, and a fiberoptic bronchoscope. Intubation was executed by two experienced anaesthetists. Intubation success, overall intubation duration, duration of defined time intervals of the intubation, intubation difficulty as well as the incidence of complications were compared.

Results: All three stylets applied had similar success rates (97,2-100%). Intubation took significantly longer with the fiberoptic bronchoscope than with the other two stylets. Moreover, minor neck problems were more frequent after use of the fiberoptic bronchoscope.

Conclusion: All three stylets allow a safe tube placement with low complication rates in patients with normal airways. For in-hospital routine situations, acute situations, and those in the non-hospital field, the Parker Flex-It™-stylet and the "hockey stick" are more suitable than the fiberoptic bronchoscope. Nevertheless, in certain situations, the fiberoptic bronchoscope could be a useful alternative after failed video intubation assisted by other intubation stylets.

2 Einleitung

2.1 Hintergrund

Die Versorgung des menschlichen Organismus mit Sauerstoff durch eine adäquate Belüftung der Lungen ist lebensnotwendig. Schon sehr früh dachten sich die Menschen daher Möglichkeiten aus, die Luftwege im Sinne einer Notfallversorgung freizuhalten. Bereits Hippokrates empfahl, Patienten mit Phlegmonen und Abszessen im Rachenraum mithilfe eines geraden Rohres in Form einer Hirtenflöte vor dem Erstickten zu retten, indem dieses Rohr in die Luftröhre eingebracht werden sollte⁹⁶.

Auch heute spielt die Sicherung der Atemwege eine zentrale Rolle in der Patientenversorgung in den Bereichen Anästhesiologie, Intensivmedizin und Notfallmedizin. Für das Atemwegsmanagement stellt die endotracheale Intubation den Goldstandard dar⁸⁸.

2.2 Die endotracheale Intubation

2.2.1 Definition

Bei der endotrachealen Intubation wird ein Tubus über den Mund oder die Nase durch den Kehlkopf in die Luftröhre eingebracht. Für die meisten Narkosen und respiratorischen Notfälle wird standardmäßig orotracheal intubiert. Die Intubation eines Patienten dient dem Freihalten seiner Atemwege. Je nachdem, ob eine reine Beatmung oder eine Narkose erforderlich ist, wird an den Tubus ein Beatmungs- oder Narkosegerät angeschlossen. Die Intubation schützt vor Aspiration von Magensaft, Sekret oder Blut in die Lunge, zudem ist über den Tubus ein Absaugen des Tracheobronchialsystems möglich⁵⁷.

2.2.2 Geschichte der endotrachealen Intubation

Für die moderne Medizin ist die endotracheale Intubation eine unverzichtbare Methode. Bis zu ihrer Etablierung war es allerdings ein langer, teils steiniger Weg. Erste Aufzeichnungen stammen von Hippokrates. Auch der arabische Arzt Avicenna (980-1037) beschrieb bereits das Einführen eines Rohres in den Hals zur Erleichterung der Atmung bei drohendem Erstickten⁹⁶.

Im 18. und 19. Jahrhundert fand in Europa die Intubation bereits sowohl zur Atemwegsicherung als auch zur künstlichen Ventilation durch sogenannte Rettungsgesellschaften Anwendung. Vor allem in Frankreich wurde im frühen 19. Jahrhundert die orotracheale Intubation in Verbindung mit einer Blasebalgbeatmung in der Geburtshilfe eingesetzt. Die Technik geriet allerdings in Verruf, da es infolge der Blasebalgbeatmung

zu Lungentraumen kam¹⁴. Daraufhin wurde lange Zeit überwiegend der Luftröhrenschnitt (Tracheotomie) zur Atemwegsicherung praktiziert. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts begann sich die Intubation als Alternative zur Tracheotomie zu etablieren. Maßgeblich daran beteiligt waren der amerikanische Pädiater Joseph O'Dwyer (1841-1898) und der schottische Chirurg William MacEwen (1848-1924). O'Dwyer war in einem New Yorker Waisenhaus tätig. Ausschlaggebend für seine Experimente zur Intubation war der Ausbruch einer schlimmen Diphtherie-Epidemie. Er entwickelte Tuben und verbesserte nach und nach seine digitale Intubationstechnik, um erkrankte Kinder vor dem Erstickungstod zu bewahren^{14; 61; 75; 80}. William MacEwen gelang bei einem Patienten mit Zungentumor die erste endotracheale Anästhesie über einen biegsamen Metalltubus. Im Jahr 1880 veröffentlichte er seine Erkenntnisse. Brandt et al. sprechen von der fundamentalsten Innovation der Anästhesiegeschichte¹⁴.

Die ersten Tuben wurden aus Bronze, Silber oder Stahl gefertigt. In der Folge kam es häufig zu Tracheal- und Kehlkopfstenosen. Ab 1873 verwendete der Laryngologe Leopold Schrötter in Wien röhrenförmige Hartgummibougies zur Therapie von Kehlkopfstenosen¹⁴. Eisenmenger ergänzte einen solchen Bougie durch einen aufblasbaren Tamponadeballon, um das Herausgleiten des Bougies aus der Trachea zu verhindern³⁴. Ivan W. Magill (1888-1986) und Edgar S. Rowbotham (1890-1979) verwendeten Tuben aus rotem Hartgummi. Sie setzten die sogenannten Magill-Tuben zur nasotrachealen Intubation in der Gesichts- und Kieferchirurgie ein⁷¹. Die Einführung von Gummituben mit Manschetten zum Aspirationsschutz ist vor allem G.M. Dorance (1910), R.M. Waters und A.E. Guedel (1928) zu verdanken¹⁴.

Anfänglich wurden Intubationen blind oder taktil durchgeführt. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts war nur die indirekte Kehlkopfspiegelung möglich. Die Idee stammte von Manuel Garcia, einem Spanier, der als Gesanglehrer am Pariser Konservatorium tätig war. Er versah einen Dentalspiegel mit einem konkaven Spiegel, um seine eigenen Stimmbänder beim Singen zu beobachten. Er präsentierte die Ergebnisse 1855 in London¹⁴. Viele Jahre vergingen bis dem Berliner Hals-, Nasen- und Ohrenarzt Alfred Kirstein 1895 die direkte Visualisierung der Stimmbänder mit seinem „Autoskop“ gelang. Es bestand aus einem Ösophagoskop nach Mikulicz, das er mit einer elektrischen Lichtquelle versah¹⁴. In der Folgezeit wurden zahlreiche weitere Laryngoskope entwickelt. In den 1940er Jahren erfand Professor Sir Robert Macintosh in Oxford das Macintosh-Laryngoskop, das bis heute für die Intubation von Erwachsenen bevorzugt wird^{23; 62; 90; 98}. Im gleichen Zeitraum entstand auch das Laryngoskop nach Miller⁷⁰, das ebenfalls bis heute international verwendet wird.

Um die Zeit des Ersten Weltkrieges fand die Endotrachealanästhesie, zunächst vor allem im englischsprachigen Raum, ihren Einzug. Ausschlaggebend waren die

Erfahrungen von Militärchirurgen¹⁴. In Deutschland dauerte es noch bis nach 1945 bis die endotracheale Intubation zusammen mit neuen Narkosegeräten und Narkosetechniken im klinischen Alltag Verbreitung fand und schließlich zur Routinemethode wurde⁶¹. Ursächlich dafür waren unter anderem die Differenzen zwischen den beiden Chirurgen Kuhn und Sauerbruch. Ferdinand Sauerbruch hatte 1904 das Problem des Kollabierens der Lungen beim Eröffnen der Pleurahöhle in der Thoraxchirurgie durch die Erfindung einer Unterdruckkammer gelöst, wohingegen Franz Kuhn die endotracheale Intubation mit anschließender Überdruckbeatmung favorisierte, die sich jedoch lange Zeit nicht durchsetzen konnte^{14; 37; 110}. Von Franz Kuhn existieren über 50 Werke über die Vorzüge der Intubation. Bei vielen gilt er heutzutage als der eigentliche Vater der endotrachealen Intubationsverfahren. Ein weiterer Grund, warum er bei seinen Zeitgenossen kaum Gehör fand, bestand darin, dass viele Chirurgen begannen, Operationen in Lokalanästhesie durchzuführen¹⁴.

2.2.3 Intubationsmaterialien

Für die orotracheale Intubation werden in erster Linie ein Laryngoskop und ein Endotrachealtubus benötigt. Daneben gibt es weiteres Zubehör, das die Intubation erleichtern kann. Hier seien vor allem die Tubuseinführhilfen genannt, welche im Mittelpunkt dieser Studie standen.

Das Laryngoskop

Ein Laryngoskop besteht aus einem Spatel mit einer Lichtquelle an dessen Spitze und einem Handgriff. Der Spatel wird über ein Scharniergelenk auf den Griff aufgesteckt⁵⁷. Man unterscheidet Laryngoskope mit gebogenen von solchen mit geraden Spateln sowie deren Weiterentwicklungen⁸⁴ (siehe Abbildung 1). Häufig wird ein Laryngoskop nach Macintosh verwendet. Es besitzt einen leicht gebogenen Spatel mit einer Schiene auf der linken Seite. Die Schiene dient dazu, die Zunge nach links zu verdrängen, um Platz und Sicht für die Intubation zu schaffen⁵⁷.

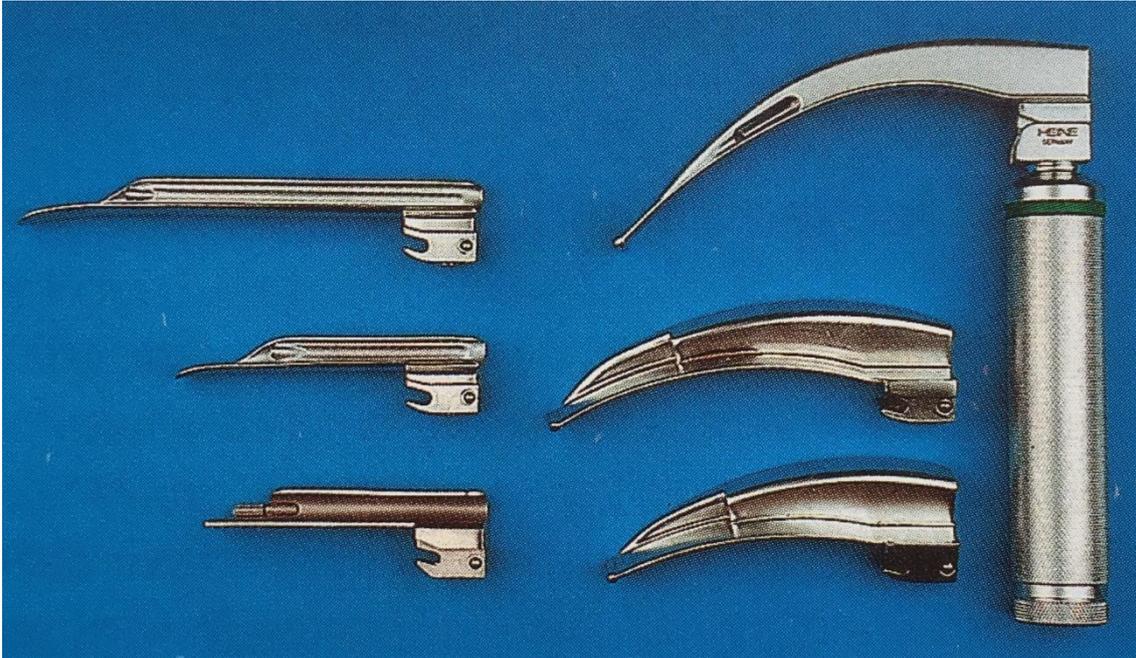


Abbildung 1. Gerade und gebogene Laryngoskopspatel. Rechts im Bild Laryngoskop mit gebogenem Spatel. Abbildung aus Larsen, 2013, S. 502⁵⁷.

Der Endotrachealtubus

Ein Endotrachealtubus ist eine biegsame Röhre aus Kunststoff. Standardmäßig kommt meist ein Magill-Tubus zum Einsatz. An einem Ende kann der Tubus über ein Adapterstück mit einem Beatmungsgerät oder einem Narkosegerät verbunden werden. Am anderen Ende der meisten Tuben befindet sich eine Manschette, ein sogenannter Cuff, welcher über einen Zuleitungsschlauch mit Luft befüllt werden kann. Auf diese Weise kann der Tubus in der Trachea geblockt werden. Der luftdichte Abschluss mit der Trachealwand gewährleistet eine suffiziente Beatmung und verhindert die Aspiration von Magensaft, Sekret, Blut oder Schleim in die Lunge⁵⁷.

Tubuseinführhilfen

Tubuseinführhilfen gibt es in unterschiedlichen Ausführungen aus verschiedenen Materialien. Durch deren Einsatz kann die Intubation erleichtert werden^{41;52;97}. Die Einführhilfe wird in das Lumen des Tubus eingebracht und dient zu dessen Stabilisierung und Formgebung⁵². Der Tubus selbst kann aufgrund seiner Elastizität nicht in eine starre Position gebracht werden. Zu beachten ist, dass die Einführhilfe nicht aus dem distalen Ende des Tubus herausragen sollte, da ansonsten Verletzungen der Luftröhre provoziert werden können^{52;97}.

2.2.4 Praktisches Vorgehen und direkte Laryngoskopie

Die endotracheale Intubation wird klassischerweise mithilfe der direkten Laryngoskopie am narkotisierten Patienten durchgeführt. Das bedeutet, dass der Tubus unter direkter

Sicht auf die Stimmritze in die Trachea vorgeschoben wird⁵⁷. Sicht verschafft sich der Intubierende durch Einsatz des Laryngoskops und Lagerung des Kopfes. Eventuell sind auch zusätzliche Manöver nötig. Hilfreich kann mitunter beispielsweise ein BURP-Handgriff sein, bei dem der Larynx von einem Helfer nach hinten, oben und leicht nach rechts (Backward, Upward, Rightward, Pressure) gedrückt wird⁵⁴. Bei schlechten Sichtverhältnissen kann es zudem hilfreich sein, den verwendeten Spatel gegen einen Spatel anderer Größe auszutauschen oder einen anderen Laryngoskoptyp zu verwenden. Auch eine Tubuseinführhilfe kann helfen^{41; 97} (siehe 2.2.3). Mithilfe der Klassifikation nach Cormack und Lehane erfolgt eine Beurteilung der laryngoskopischen Sicht auf den Kehlkopfeingang (siehe Abbildung 2). Unterteilt wird in vier Grade. Ab Grad III gilt die Intubation als schwierig²⁸.

- | | | |
|----------|---|--|
| Grad I | - | Glottisebene weitestgehend einsehbar |
| Grad II | - | nur hintere Anteile der Glottisebene einsehbar |
| Grad III | - | nur Epiglottis sichtbar |
| Grad IV | - | Epiglottis nicht sichtbar |

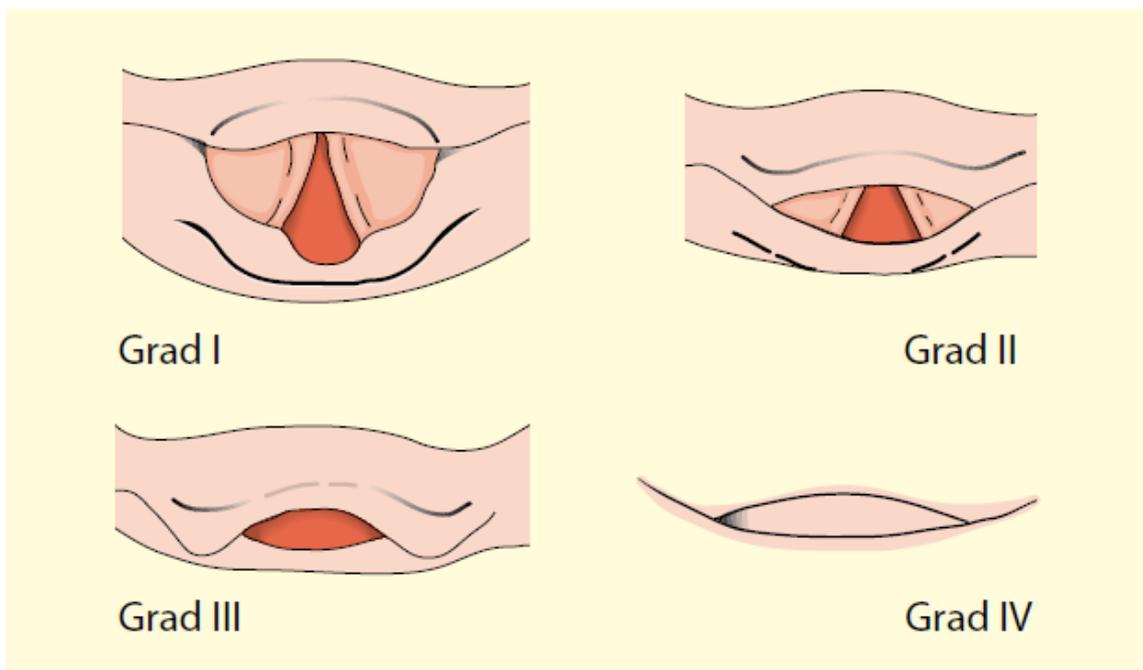


Abbildung 2. Laryngoskopische Sicht auf den Kehlkopfeingang nach Cormack und Lehane. Anhand der Klassifikation wird in vier Grade unterteilt. Abbildung aus Larsen, 2016, S.122⁵⁸.

Vorbereitung

Bevor intubiert werden kann, wird der Patient für drei bis fünf Minuten präoxygeniert, um bei Intubationsproblemen einer Hypoxie vorzubeugen. Hierfür atmet der Patient Sauerstoff, der mit hohem Fluss über eine dicht aufgesetzte Gesichtsmaske strömt. In der Regel wird dem Patienten dann ein Kurznarkotikum, beispielsweise Propofol, intravenös verabreicht. Üblicherweise wird der Patient zudem mit einem Muskelrelaxans relaxiert,

nachdem sichergestellt wurde, dass eine manuelle Maskenbeatmung möglich ist. Durch die Narkose kommt es zum Ausfall laryngealer und pharyngealer Schutzreflexe, zum Erschlaffen der Muskulatur im Unterkieferbereich und zur Öffnung der Stimmbänder⁵⁷. Das laryngoskopische Einstellen der Stimmbänder wird dadurch erleichtert.

Alternativ ist die Intubation auch bei erhaltener Spontanatmung in Inhalationsnarkose ohne Muskelrelaxans möglich. Hier muss besonders darauf geachtet werden, dass die Narkose ausreichend tief ist⁵⁷.

In besonderen Fällen kann eine Intubation am wachen Patienten erfolgen (siehe 2.3.2).

Lagerung

Vor jeder Intubation sollte der Kopf des Patienten in eine Position gebracht werden, die die Intubation erleichtert. Klassischerweise wird dazu der Kopf auf einem etwa 8 bis 10 cm hohen Intubationskissen gelagert, sodass die Halswirbelsäule flektiert ist. Zudem wird er im Atlantookzipitalgelenk überstreckt⁵⁷. Diese Lagerung wird als „Schnüffelposition“ oder „verbesserte Jackson-Position“ bezeichnet¹⁰⁵.

Bannister und Macbeth untersuchten Mitte des 20. Jahrhunderts die Auswirkungen verschiedener Lagerungsmanöver. Sie beschrieben die drei für die Laryngoskopie wichtigen anatomischen Achsen: die orale, die pharyngeale und die laryngeale Achse. Um bei der Laryngoskopie Sicht auf die Glottisebene zu erhalten, müssen diese Achsen mittels Lagerung einander angenähert werden⁸ (siehe Abbildung 3 und 4).

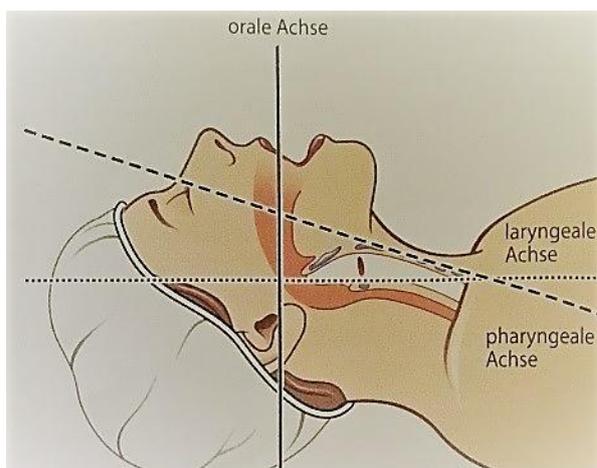


Abbildung 3. Orale, laryngeale und pharyngeale Achse bei normaler Kopflagerung. Abbildung aus Larsen, 2013, S. 512⁵⁷.

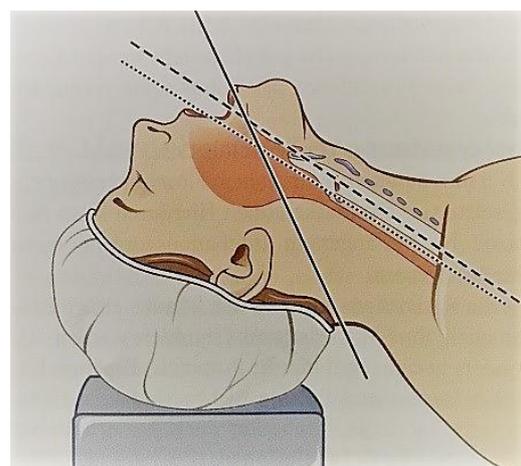


Abbildung 4. Annäherung der drei Intubationsachsen durch Lagerung des Kopfes auf einem Intubationskissen und Überstreckung im Atlantookzipitalgelenk. Abbildung aus Larsen, 2013, S.512⁵⁷.

Intubation unter direkter Laryngoskopie

Nachdem der Patient gelagert wurde, kann mit der Laryngoskopie begonnen werden. Der Intubierende öffnet den Mund des Patienten mit der rechten Hand. Empfohlen wird meist Daumen und Zeigefinger zu kreuzen. Die Zähne sollten nicht berührt werden. Herausnehmbare Zahnprothesen müssen im Vorfeld entfernt worden sein. Lockere Zähne müssen bekannt sein. Anschließend wird das Laryngoskop mit der linken Hand von rechts in den Mund des Patienten eingeführt, in die Mitte geschoben und die Zunge nach links gedrückt⁵⁷.

Im nächsten Schritt wird das Laryngoskop weiter vorgeschoben. Wird ein gebogener Spatel wie der Macintosh-Spatel verwendet, soll dieser zwischen Epiglottis und Zungenrund zum Liegen kommen. Um die Epiglottis aufzurichten und Sicht auf die Stimmbandebene zu bekommen, wird das Laryngoskop in Griffrichtung nach vorn gezogen (siehe Abbildung 5). Auf keinen Fall darf gehebelt werden, da sonst die Gefahr besteht, Zähne zu beschädigen oder herauszubrechen⁵⁷.

Sobald die Stimmritze einsehbar ist, wird von rechts der Tubus in den Mund eingeführt. Er wird unter Sicht in die Trachea vorgeschoben. Die Tubusspitze sollte etwa in der Mitte der Trachea zu liegen kommen. Bei Frauen rechnet man mit einem Abstand von 21 bis 22 cm ausgehend von der Lippe, bei Männern mit 23 bis 24 cm. Der Cuff wird über eine Spritze mit Luft befüllt, der Tubus dadurch in der Trachea geblockt. Direkt im Anschluss muss die korrekte Lage des Tubus in der Trachea kontrolliert werden⁵⁷. Hierfür existieren verschiedene Verfahren. Als sicher gelten die Erfassung von CO₂ in der Ausatemluft mittels Kapnometrie sowie die direkte laryngoskopische Sicht auf die Stimmbänder, zwischen denen der Tubus verschwindet^{57; 84}. Durch Auskultation des Thorax auf seitengleiche Belüftung wird sichergestellt, dass der Tubus nicht zu tief in einem Hauptbronchus liegt. Bestehen Zweifel an der korrekten Lage des Tubus, darf keine Zeit verloren werden. Der Tubus wird entfernt und die Intubation wiederholt. Bei korrekter Lage wird das Beatmungs- oder das Narkosegerät an den Tubus angeschlossen und dieser mit Pflasterstreifen fixiert. Danach erfolgt eine erneute Lagekontrolle⁵⁷.

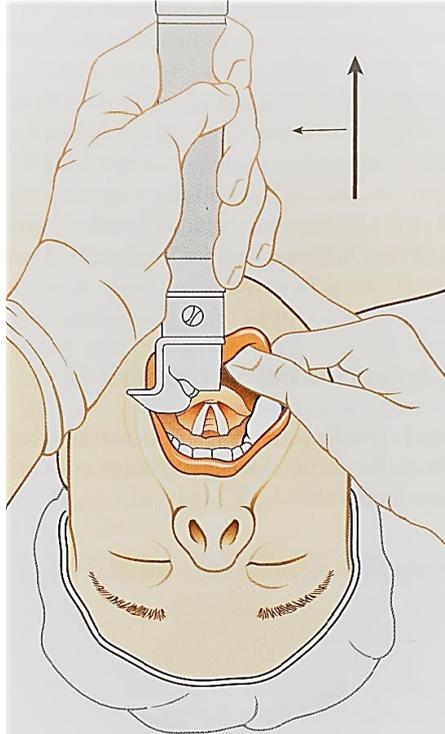


Abbildung 5. Öffnen des Mundes mit der rechten Hand. Daumen und Zeigefinger sind gekreuzt. Der Laryngoskopspatel kommt zwischen Epiglottis und Zungengrund zum Liegen. Die Epiglottis wird durch Zug am Laryngoskop in Griffrichtung angehoben, wodurch die Stimmbänder sichtbar werden. Abbildung aus Larsen, 2013, S. 512⁵⁷.

2.2.5 Herausforderungen, Probleme und Komplikationen

Die orotracheale Intubation unter direkter Laryngoskopie ist das gängige Verfahren, um Oxygenierung und Ventilation des Patienten zu gewährleisten. Allerdings ist sie keine Garantie für Erfolg oder Komplikationslosigkeit. Komplikationen, die auftreten können, sind vielfältig. Meist kommt es nur zu leichten Beschwerden wie Schluckbeschwerden, Heiserkeit oder Halsschmerzen. Seltener sind Zahnschäden und Schleimhautläsionen. Ebenfalls seltene, aber weitaus dramatischere Komplikationen sind unter anderem Abriss- oder Perforationsverletzungen im Intubationsgebiet, Aspiration von saurem Mageninhalt, unbemerkte Fehlintubationen des Ösophagus oder Rückenmarksläsionen bei instabiler Halswirbelsäule⁵⁷. Eventuell müssen mehrere Intubationsversuche bis zur korrekten Platzierung des Tubus unternommen werden. Dadurch erhöht sich die Gefahr gravierender Folgen wie Hypoxie, Blutdruckabfall und Bradykardien bis hin zur Provokation eines Herzstillstands^{40; 73}. Es kann auch vorkommen, dass sich die Intubation mittels direkter Laryngoskopie als unmöglich erweist und andere Verfahren zum Einsatz kommen müssen.

Entscheidend für den Intubationserfolg sind vor allem Situation und Umfeld der Intubation, die Erfahrung des Intubierenden und verschiedene Patienteneigenschaften. Ge-

rade im präklinischen Versorgungsbereich muss damit gerechnet werden, dass Patienten räumlich schlecht zugänglich sind, wodurch eine intubationsgerechte Lagerung erschwert und die laryngoskopische Sicht behindert sein können. Blut, Erbrochenes und Verletzungen können die Atemwegsicherung zusätzlich erschweren¹¹².

Stets muss bedacht werden, dass die endotracheale Intubation nur dann eine sinnvolle und sichere Maßnahme ist, wenn der Ausführende genügend Erfahrung mitbringt. Bei Untersuchungen unter idealen Ausbildungsbedingungen im Operationssaal wurden erst nach 47 bis 150 Intubationen Erfolgsraten im Bereich von 90 bis 95% erreicht^{10; 55; 74}. Doch auch erfahrene Ärzte müssen mit Intubationsschwierigkeiten rechnen, sowohl im klinischen Alltag als auch im außerklinischen Setting. Komorbiditäten des Patienten oder spezielle anatomische Gegebenheiten entscheiden darüber, ob eine Intubation einfach ist oder ob sich der Intubierende mit einem schwierigen Atemweg konfrontiert sieht.

2.3 Der schwierige Atemweg

Eine allgemein gültige Definition des schwierigen Atemweges existiert nicht. Die American Society of Anesthesiologists (ASA) definiert den schwierigen Atemweg als klinische Situation, in der ein nach gängigen Richtlinien ausgebildeter Anästhesist Schwierigkeiten bei der Maskenbeatmung, der endotrachealen Intubation oder beidem hat⁴. Gemäß der „Kommission Atemwegsmanagement“ der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) wird eine endotracheale Intubation als schwierig bezeichnet, wenn mehrere Intubationsversuche notwendig sind. Von einer schwierigen Laryngoskopie ist die Rede, wenn die Glottis durch direkte Laryngoskopie nicht einstellbar ist, also ein Laryngoskopiebefund nach Cormack und Lehane von III oder IV vorliegt⁸⁴.

2.3.1 Beurteilung der Intubationsbedingungen

Wann immer es möglich ist, sollte vor einer Intubation eine ausführliche Anamnese und eine klinische Untersuchung erfolgen. Damit wird abgeschätzt, ob bei der Intubation Probleme zu erwarten sind. Es wird geprüft, ob eine Intubation unter direkter Laryngoskopie möglich erscheint oder ob ein alternatives Verfahren in Betracht gezogen werden muss (siehe 2.3.2).

Es existieren eine Reihe gezielter Untersuchungen zur Beurteilung der Intubationsbedingungen. Gängige Verfahren sind unter anderem die Klassifikation nach Mallampati⁶⁷ und der Test nach Patil⁸³.

Mallampati-Klassifikation

Die Untersuchung erfolgt am sitzenden Patienten. Der Kopf befindet sich in Neutralposition. Der Patient wird aufgefordert den Mund maximal zu öffnen, die Zunge komplett herauszustrecken und normal weiterzuatmen. Die Klassifikation beruht auf dem Verhältnis der Größe der Zungenbasis zum Oropharynx (siehe Abbildung 6). Ab Klasse III muss mit Intubationsschwierigkeiten gerechnet werden^{67; 94}.

- I - Gaumenbögen, weicher Gaumen und Uvula sind sichtbar.
- II - Gaumenbögen und weicher Gaumen sind sichtbar, die Uvula ist durch die Zungenbasis teilweise verdeckt.
- III - Nur der weiche Gaumen ist zu sehen. Die Zunge verdeckt alle übrigen Strukturen (Gaumenbögen und Uvula).
- IV - Entspricht einer Erweiterung durch Samsoun und Young⁹⁴. Hier ist auch der weiche Gaumen verdeckt.

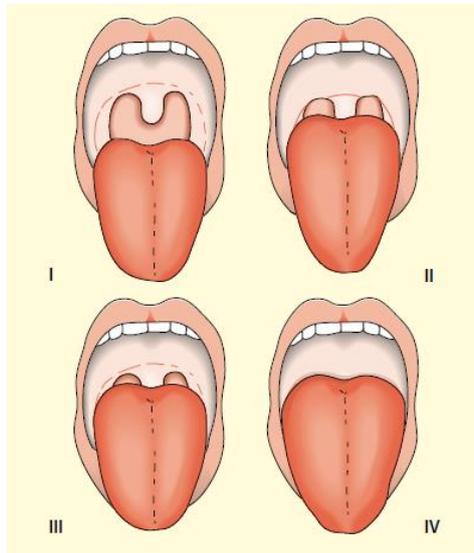


Abbildung 6. Mallampati I bis IV. Die Einteilung basiert auf dem Verhältnis von Zungebasis zum Oropharynx. Abbildung aus Larsen, 2016, S. 110⁵⁸.

Test nach Patil

Bei diesem Test wird der Abstand zwischen der Prominentia laryngea an der Vorderseite des Schildknorpels und der Spitze des Kinnes (thyromentale Distanz) bei maximal rekliniertem Kopf bestimmt. Normalerweise sollte der Abstand größer als 6,5 cm sein. Im Bereich zwischen 6,0 und 6,5 cm können direkte Laryngoskopie und Intubation erschwert sein, sind aber meist möglich. Bei einem Abstand von unter 6,0 cm muss damit gerechnet werden, dass eine direkte Laryngoskopie nicht möglich ist⁸³.

Neben den Tests nach Mallampati und Patil existieren zahlreiche weitere Screening- und Klassifikationssysteme. Allerdings sind sie isoliert betrachtet nur eingeschränkt aussagekräftig¹⁰¹. Nach der deutschen Leitlinie zum Atemwegsmanagement⁸⁴ ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei der Intubation Probleme auftreten, umso höher, je mehr der folgenden Prädiktoren vorliegen:

- Schwierige Intubation in der Anamnese
- Stridor (pfeifendes Atemgeräusch)
- Tumoren, Abszesse im Kopf-, Hals- oder Mediastinalbereich
- Zustand nach Bestrahlung im Kopf-Halsbereich
- Zustand nach Operation an Rachen oder Kehlkopf
- Kieferfehlstellungen
- Raumfordernde Vergrößerung der Schilddrüse
- Große Zunge
- Mallampati Grad III oder IV
- Fehlbildungen von Gesichts- und Kieferknochen
- Eingeschränkte Mundöffnung
- Eingeschränkte Reklination des Kopfes
- Verringerter thyromentaler Abstand
- Kurzer oder umfangreicher Hals
- Stenosen unterhalb der Glottis oder in der Trachea, Trachealverlagerung
- Schlafapnoe-Syndrom
- Schwangerschaft

2.3.2 Atemwegsmanagement beim schwierigen Atemweg

Für das Management eines schwierigen Atemweges ist entscheidend, ob dieser im Vorfeld bekannt ist oder ob unerwartet Schwierigkeiten auftreten, ohne dass Anamnese und Voruntersuchung Hinweise darauf geliefert hätten.

Der erwartet schwierige Atemweg

Wenn bereits im Vorfeld bekannt ist, dass im Rahmen der Atemwegsicherung Probleme auftreten könnten, diese aber dringend notwendig ist, erfolgt sie leitliniengerecht am wachen, spontan atmenden Patienten unter Lokalanästhesie⁸⁴. Goldstandard stellt bislang die endoskopische Wachintubation dar. Sie erfolgt mit einem flexiblen fiberoptischen Bronchoskop (flexible Fiberoptik) und wird bevorzugt nasotracheal, in seltenen Fällen aber auch orotracheal durchgeführt¹⁷. Durch die Ausstattung mit Glasfasern und einem Okular wird dem Intubierenden die indirekte Visualisierung der Atemwege ermöglicht⁸⁴. Inzwischen gibt es auch Fiberoptiken, die eine Bildübertragung mittels Kamerasystem auf einen Monitor erlauben¹⁷. Für die Intubation wird der Tubus auf das

Bronchoskop aufgefädelt. Anschließend wird das flexible Ende des fiberoptischen Bronchoskops durch den Pharynx in die Trachea des Patienten eingeführt und darüber der Tubus vorgeschoben²⁴ (siehe Abbildung 7).

Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz extraglottischer Atemwegshilfen in Form von Larynxmasken oder Larynxtuben, die außerhalb der Glottis zum Liegen kommen^{84; 88}. Auch neue videoassistierte Verfahren gewinnen zunehmend an Bedeutung (siehe 2.4.1). Weiterhin können invasive Verfahren nötig werden. In solch einem Fall wird durch einen Schnitt auf Höhe des Kehlkopfs oder der Luftröhre ein Zugang von außen geschaffen⁸⁴.

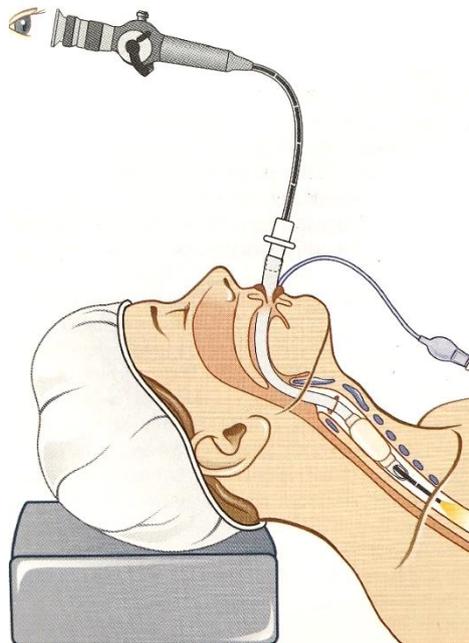


Abbildung 7. Orotracheale fiberoptische Intubation. Der Tubus wird entlang des flexiblen Anteils der Fiberoptik in der Trachea platziert. Abbildung aus Larsen, 2013, S.521⁵⁷.

Der unerwartet schwierige Atemweg

Eine besondere Herausforderung, auch für erfahrene Ärzte, stellt der unerwartet schwierige Atemweg dar. Anamnese und Voruntersuchungen lassen keine Schwierigkeiten erahnen. Dem Patienten wurde bereits das Narkotikum und eventuell schon ein Muskelrelaxans verabreicht, wenn diese Situation eintritt. Im anästhesiologischen Bereich liegt die Inzidenz des unerwartet schwierigen Atemweges zwischen 1,5 und 8,5%²⁹.

Besonders gefürchtet ist die sogenannte „cannot intubate, cannot ventilate“-Situation. Dieses Szenario, bei dem weder Intubation noch Maskenbeatmung bzw. Oxygenierung mittels supraglottischer Atemwegshilfe möglich sind, stellt einen absoluten Notfall dar. Eine Hypoxie des Patienten droht, es muss rasch gehandelt werden. Cook and MacDougall-Davis zufolge ist in bis zu 25% der Fälle eine „cannot intubate, cannot ventilate“-Situation verantwortlich für anästhesiebedingte Todesursachen²⁵.

Wie beim erwarteten schwierigen Atemweg können auch beim unerwarteten schwierigen Atemweg verschiedene Verfahren angewendet werden, um die Situation zu beherrschen. Neben extraglottischen Atemwegshilfen kommen unter anderem Intubationsendoskope und invasive Techniken zum Einsatz. Auch die Videolaryngoskopie spielt inzwischen eine wichtige Rolle⁸⁴. Aziz et. al. fanden in einer retrospektiven Datenanalyse heraus, dass die Atemwegsicherung nach primär fehlgeschlagener Intubation häufiger durch den Einsatz eines Videolaryngoskops als durch andere Herangehensweisen, wie extraglottischen Atemwegshilfen und flexibler bronchoskopischer Intubation, gelang⁶.

2.4 Indirekte Laryngoskopie

Bei der direkten Laryngoskopie bedarf es einer geraden Sichtachse auf die Glottisebene. Dies wird wie unter 2.2.4 beschrieben durch Lagerung des Kopfes oder Zug am Laryngoskop erreicht. Zahlreiche Faktoren wie anatomische Anomalien, eine eingeschränkte Beweglichkeit der Halswirbelsäule oder Blut im Intubationsgebiet können eine direkte Visualisierung der Stimmbänder trotzdem unmöglich machen (siehe 2.2.5). In diesen Fällen kommen Verfahren zum Einsatz, die eine indirekte Sicht auf die Glottisebene erlauben.

Beim erwarteten schwierigen Atemweg gilt immer noch die flexible fiberoptische Intubation als Methode der Wahl¹⁷. Auch beim unerwarteten schwierigen Atemweg kommt sie zum Einsatz. Burkle und Kollegen beschrieben eine Erfolgsrate von 92,9% durch Intubation mit der flexiblen Fiberoptik nachdem eine vorausgegangene Intubation per direkter Laryngoskopie unmöglich war¹⁵. Trotzdem gibt es auch Kritiker. Bemängelt wird, dass Fiberoptiken teuer und aufwendig in der Aufbereitung sind. Kritisiert werden auch der höhere personelle Aufwand und dass es eines regelmäßigen Umgangs mit dem Gerät sowie einer fundierten Ausbildung bedarf. Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass Fiberoptiken in einer akuten Situation, wo rasches Handeln gefordert ist, oder für den Notfalleinsatz weniger geeignet sind^{45; 78; 86}.

Eine fiberoptische Intubation kommt nur in Frage, wenn genügend Vorbereitungszeit bleibt. Am wachen Patienten ist sie nur durchführbar, wenn dieser kooperiert²⁴. Um genannten Problemen zu begegnen, wurden in den letzten Jahren neue, videoassistierte Verfahren entwickelt, die sich moderner Foto- und Videotechnik bedienen.

2.4.1 Videoassistierte Verfahren

Bei den videoassistierten Verfahren unterscheidet man zwei Grundprinzipien. Bei der ersten Variante, der Videolaryngoskopie im engeren Sinne, befindet sich an der Spatelspitze des Laryngoskops eine kleine Digitalkamera. Das Bild wird entweder über ein

Kabel auf einen Monitor übertragen oder ein kleiner Bildschirm ist direkt am Griff des Laryngoskops angebracht. Die zweite Möglichkeit basiert auf der Nutzung eines optischen Systems. Prismen oder fiberoptische Fasern werden mit einem Okular verbunden. Der Intubierende schaut entweder direkt durch das Okular oder das Bild wird auf einen Monitor übertragen^{23; 85}. Meist werden auch diese Systeme als Videolaryngoskope bezeichnet. Während der videolaryngoskopischen Intubation ist der Abstand zwischen Glottisebene und Kamera oder optischem Element durch die Positionierung letzterer im Bereich der Spatelspitze viel geringer als der Abstand zwischen Auge des Intubierenden und Glottisebene unter direkter Laryngoskopie. Dadurch wird eine Erweiterung des Blickwinkels von 15° bis 30° unter direkter auf 50° bis 60° unter indirekter Laryngoskopie erreicht³.

Unterschieden wird außerdem zwischen Geräten, die einen Spatel in Macintosh-Form besitzen, und Geräten mit stärker angewinkeltm Spatel. Der Vorteil bei Laryngoskopen mit Spatel in Macintosh-Form besteht darin, dass mit ihnen sowohl eine indirekte als auch eine direkte Laryngoskopie durchgeführt werden kann. Dies kann gerade im Notfalleinsatz von Vorteil sein, wenn die indirekte Sicht durch Sekret oder Blut auf der Kamera eingeschränkt ist, oder wenn technische Probleme vorliegen. Außerdem können diese Geräte in der Ausbildung genutzt werden. Der Auszubildende kann mithilfe konventioneller direkter Laryngoskopie intubieren und der Supervisierende verfolgt den Vorgang auf dem Monitor^{17; 18; 51; 77}. Bei stärker gekrümmten Spateln entfällt das bei der direkten Laryngoskopie erforderliche Einstellen einer geraden Sichtachse. Dadurch können Flexion der Halswirbelsäule und Kopfextension auf ein Minimum reduziert werden. Insbesondere bei Bewegungseinschränkungen oder Verletzungen der Halswirbelsäule kann dies von Bedeutung sein. Mit Laryngoskopen mit stark gebogenem Spatel kann keine direkte Laryngoskopie durchgeführt werden^{17; 23}. Auch das in vorliegender Untersuchung verwendete Truview PCDTM-R-Videolaryngoskop gehört zu den Geräten, bei denen die Visualisierung obligat indirekt erfolgt. Abbildung 8 zeigt ein C-MAC[®]-Videolaryngoskop, das entweder mit einem Spatel in Macintosh-Form kombiniert werden kann oder mit einem stärker gekrümmten D-Blade, mit dem nur eine indirekte Visualisierung während der Intubation möglich ist.

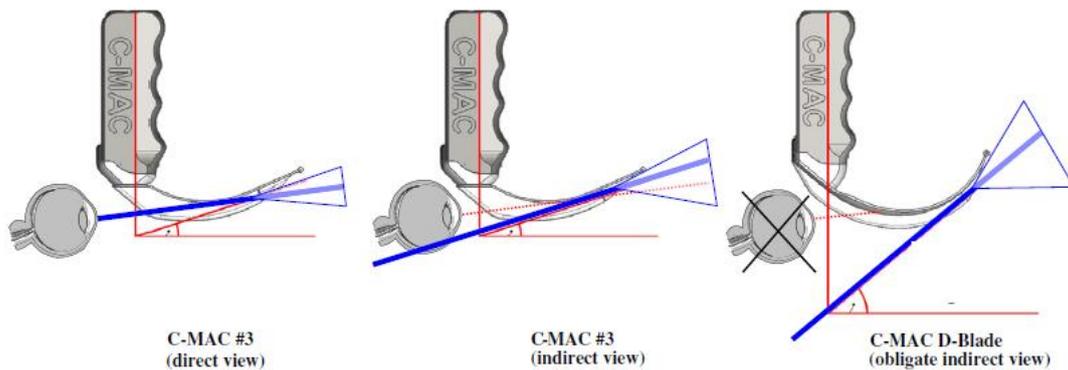


Abbildung 8. C-MAC®-Videolaryngoskop kombiniert mit einem Spatel in Macintosh-Form (links und Mitte) oder mit einem stärker gekrümmten D-Blade (rechts). Mit Spateln in Macintosh-Form ist sowohl eine direkte als auch eine indirekte Sicht möglich. Mit stärker gekrümmten Spateln kann nur eine indirekte Sicht über einen Monitor oder ein Okular erzielt werden. Abbildung aus Cavus und Dörjes, 2014¹⁹.

2.4.2 „Das Problem“ videoassistierter Verfahren

Mit der Entwicklung der Videolaryngoskopie wurden große Hoffnungen geweckt. Neben schneller Erlernbarkeit und Vorteilen im Bereich der Ausbildung können Videolaryngoskope eine hilfreiche Alternative bei schwieriger oder fehlgeschlagener konventioneller Intubation darstellen^{6; 5; 49; 50; 63; 79; 86; 93; 103}. Durch die Verwendung von Videolaryngoskopen gelang es, ungewollte Manipulationen an der Halswirbelsäule im Vergleich zur direkten Laryngoskopie zu reduzieren^{22; 118} und die Intubation bei immobilisierter Halswirbelsäule zu erleichtern^{35; 53; 69}. Es existieren Daten darüber, dass durch Videolaryngoskope die Rate an schwierigen Intubationen und Fehlintubationen des Ösophagus reduziert werden kann^{36; 56; 92}. Auch gibt es Erkenntnisse darüber, dass bei Videolaryngoskopen die hämodynamische Reaktion, der Anstieg von Blutdruck und Herzfrequenz, auf Laryngoskopie und Intubation weniger stark ausgeprägt ist als beim Einsatz eines Macintosh-Laryngoskops^{7; 12}. Kompakte, handliche Geräte sind besonders für den präklinischen Versorgungsbereich interessant.

Mehrfach konnte bereits gezeigt werden, dass durch videoassistierte Verfahren die Sichtverhältnisse während der Intubation verbessert werden^{26; 39; 43; 46; 51; 60; 102; 106}. Eine gute Sicht auf die Stimmbandebene bedeutet aber nicht automatisch eine erfolgreiche Intubation⁸⁵. Gerade bei Laryngoskopen mit stark gebogenem Spatel entfällt das Einstellen einer (annähernd) geraden anatomischen Achse. Dies bedeutet nicht nur, dass dadurch keine direkte Visualisierung der Stimmbänder möglich ist, sondern auch, dass der Tubus einen starken Winkelgrad überwinden muss. Er muss förmlich „um die Ecke“ geschoben werden^{81; 85}. Einige Hersteller begegneten diesem Problem, indem sie eine Tubusleitschiene am Spatel des jeweiligen Laryngoskops anbrachten. Oft sind diese Spatel jedoch sehr klobig und daher bei eingeschränkter Mundöffnung problematisch.

Zudem ist die Intubationsrichtung durch die Leitschiene vorgegeben, was beispielsweise bei fixierter Rotation in der Halswirbelsäule ein Problem darstellt^{17; 95}.

Bei Geräten ohne Tubusleitschiene braucht der Tubus eine gewisse Vorbiegung. Diese Vorbiegung kann durch den Einsatz von Tubuseinführhilfen erreicht werden. Einige Autoren verwenden beispielsweise einen konventionellen in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab. Dabei wird der konventionelle Führungsstab am unteren Ende in einem Winkel von 90° hockeyschlägerartig gebogen, um dadurch dem Tubus die entsprechende Form zu geben³¹. Es konnte bereits gezeigt werden, dass ein solcher „Hockeyschläger“ einem Tubus mit einer 60°-Krümmung überlegen ist^{33; 47}. Daneben werden auch Einführhilfen wie der Parker Flex-It™ (Parker Medical, Englewood, CO, USA) hergestellt, durch die eine kontinuierliche Anpassung der Krümmung während der Intubation möglich ist. Eine weitere Möglichkeit neben dem Einsatz von Führungsstäben besteht darin, ein fiberoptisches Bronchoskop als Einführhilfe zu verwenden. Die optischen Einsatzmöglichkeiten werden dabei nicht genutzt. Hierzu gibt es in der Literatur bislang nur wenige Veröffentlichungen, die allerdings erfolgsversprechend sind^{72; 99; 121; 124}.

Wie bei der direkten Laryngoskopie können auch im Rahmen der Videolaryngoskopie Intubationskomplikationen auftreten. Die Literatur bietet in diesem Zusammenhang hauptsächlich Fallberichte über videolaryngoskopische Intubationen, bei denen es durch den Einsatz von Einführhilfen zu Verletzungen kam^{20; 21; 27; 64}.

2.5 Fragestellung und Ziel der Studie

Die Videolaryngoskopie als alternative Methode zur direkten Laryngoskopie hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Ein zentrales, mehrfach beschriebenes Problem beim Einsatz videoassistierter Verfahren ist das Vorschieben des Endotrachealtubus^{26; 102; 107}. Bislang ist die Datenlage nicht ausreichend, um eine einfache und praktikable Methode zur Erleichterung der Tubusplatzierung zu empfehlen⁷⁸. Es existieren nur wenige Studien, bei denen verschiedene Einführhilfen vergleichend untersucht wurden.

Durch die vorliegende Untersuchung sollten bei Verwendung des Videolaryngoskops Truview PCD™-R (Truphatek International Ltd., Netanya, Israel) drei Einführhilfen verglichen werden, die sich sowohl in ihren Materialeigenschaften als auch in ihrer Handhabung während der Intubation unterscheiden. Die verwendeten Einführhilfen waren ein flexibles fiberoptisches Bronchoskop (Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland), ein Parker Flex-It™-Führungsstab (Parker Medical, Englewood, CO, USA) und ein

konventioneller in Hockeyschlägerform vorgebogener Führungsstab, der im weiteren kurz als „Hockeyschläger“ bezeichnet wird.

Hauptziel der Untersuchung war die Beantwortung folgender Frage:

- Unterscheiden sich die drei vorgenannten Einführhilfen hinsichtlich der Erfolgsraten bei der Intubation mit dem Videolaryngoskop Truview PCD™-R?

Weitere Fragestellungen waren:

- Gibt es Unterschiede zwischen den verwendeten Einführhilfen hinsichtlich der Intubationsdauer?
- Wird die Handhabung als unterschiedlich schwierig beurteilt?
- Gibt es Unterschiede in der Häufigkeit postoperativer Befindlichkeitsstörungen?

3 Patienten, Material und Methoden

3.1 Patientenrekrutierung und Randomisierung in Gruppen

Die vorliegende Studie wurde nach Prüfung und Genehmigung durch die Ethikkommission der Ärztekammer des Saarlandes als prospektive randomisierte Untersuchung an 117 weiblichen und männlichen Studienteilnehmern an der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie des Universitätsklinikums des Saarlandes durchgeführt. Bei den Studienteilnehmern handelte es sich um Patienten, die sich an der Klinik für Orthopädie oder an der Klinik für Urologie des Universitätsklinikums einem elektiven operativen Eingriff in Allgemeinanästhesie unterzogen. Alle Patienten wurden spätestens am Vortag der Untersuchung im Rahmen der präoperativen Visite über Art, Zweck, Ziel, Durchführung und Risiken des Vorhabens aufgeklärt und gaben ihre schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an der Untersuchung ab. Es bestand zu jeder Zeit die Möglichkeit ohne Angabe von Gründen die Einwilligung zu widerrufen. Durch Randomisierung mittels einer computergenerierten Zufallsliste wurden die Studienteilnehmer in drei Gruppen von jeweils 39 Patienten unterteilt.

Gruppe 1:

Orotracheale Intubation mit dem Videolaryngoskop Truview PCD™-R in Kombination mit einem Parker Flex-It™ als Einführhilfe

Gruppe 2:

Orotracheale Intubation mit dem Videolaryngoskop Truview PCD™-R in Kombination mit einem „Hockeyschläger“ als Einführhilfe

Gruppe 3:

Orotracheale Intubation mit dem Videolaryngoskop Truview PCD™-R in Kombination mit einem fiberoptischen Bronchoskop als Einführhilfe

3.2 Einschlusskriterien

Für die Teilnahme an der Untersuchung wurden folgende Einschlusskriterien definiert:

- Der Gesundheitszustand eines Patienten musste nach dem Klassifikationssystem der American Society of Anesthesiologists (ASA) im Bereich ASA I bis III liegen (siehe Tabelle 1).
- Die Patienten mussten volljährig, also älter als 18 Jahre sein.

- Zum Zeitpunkt der Untersuchung musste mindestens eine sechsstündige Nahrungskarenz bestehen.
- Eine reguläre Operationsvorbereitung musste stattgefunden haben.

Tabelle 1. *Klassifikationssystem des Gesundheitszustandes eines Patienten gemäß der American Society of Anesthesiologists (ASA)*²

ASA-Klasse	Definition
ASA I	Normaler gesunder Patient
ASA II	Patient mit milder Systemerkrankung
ASA III	Patient mit schwerer Systemerkrankung
ASA IV	Patient mit lebensbedrohlicher Systemerkrankung
ASA V	Moribunder Patient, dessen Überleben ohne Operation unwahrscheinlich ist
ASA VI	Hirntoter Patient, dessen Organe zur Organspende entnommen werden sollen

3.3 Ausschlusskriterien

Bei Vorliegen folgender Kriterien war eine Teilnahme an der Studie nicht möglich:

- ASA-Klasse IV-VI
- Alter < 18 Jahre
- Erhöhtes Regurgitations- oder Aspirationsrisiko
(Als erhöhtes Risiko für Regurgitation und Aspiration wurden dabei aktive Übelkeit mit Erbrechen, regelmäßiger Reflux, das Vorliegen einer Hiatushernie sowie das Nichtnüchternsein definiert.)
- Fehlende Geschäftsfähigkeit
- Mangelnde deutsche Sprachkenntnisse
- Teilnahme an einer anderen klinischen Prüfung
- Body Mass Index > 40 kg/m²
- Schwangerschaft
- Fehlende schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an der Studie

3.4 Intubationsmaterialien

3.4.1 Videolaryngoskop Truview PCD™-R

Mit dem Videolaryngoskop Truview PCD™-R (siehe Abbildung 9 und 10) der israelischen Firma Truphatek® (seit 2015 zugehörig zu Teleflex®, Morrisville, NC, USA) soll die schwierige naso- oder orotracheale Intubation erleichtert werden^{108; 113}. Es ermöglicht eine indirekte Visualisierung der Stimmbandebene über ein optisches System mit einer 46°-Winkel-Optik, die in den Spatel eingebracht wird. Die Visualisierung erfolgt entweder direkt über das am proximalen Spatelende befindliche Okular oder über einen separat anzuschließenden Monitor¹⁰⁹. Für die Übertragung auf einen Monitor besitzt das Laryngoskop einen magnetischen Anschluss, über den eine Kamera auf das Okular aufgesetzt werden kann. Neben der Kombination mit dem eigens für dieses Laryngoskop konzipierten Truview PCD™-R-LCD-Farbmonitor mit einer Monitordiagonale von 5 Zoll, ist auch die Kopplung mit Kamerasystemen, die sonst zu endoskopischen Zwecken genutzt werden, möglich. Die Intubation kann somit auch von mehreren Personen auf einem größeren Monitor verfolgt werden. Der Truview PCD™-R-Monitor ermöglicht die Aufnahme und Speicherung von Videos und Bildern sowie deren Übertragung auf einen Computer¹¹³.

Neben der integrierten Prismen-Optik ist der Truview PCD™-Spatel mit einem Anschluss für eine Sauerstoffquelle ausgestattet. Durch einen kontinuierlichen Luftstrom soll ein Beschlagen der Optik sowie deren Verschmutzung durch Sekret verhindert und bei zeitaufwendiger Intubation die Dauer bis zum Abfall der Sauerstoffsättigung verlängert werden. Spatel sind in fünf Größen verfügbar. Die Wahl der geeigneten Größe richtet sich nach Alter und Gewicht des Patienten¹¹³. Bei dieser Studie wurde ein Spatel der Größe 3 für Erwachsene eingesetzt.

Der Handgriff des Laryngoskops (TruLED™ PCD) enthält eine LED-Lichtquelle und einen integrierten Akku, der laut Hersteller 10 Stunden Dauerbetrieb standhält¹¹³. Bei vorliegender Studie wurde ein Handgriff für Erwachsene verwendet, auf den, wie bei einem klassischen Laryngoskop, der Spatel aufgesteckt wird.

Für die Intubation mit dem Truview PCD™-R muss der Tubus mit einer Einführhilfe bestückt sein¹⁰⁸.

Nach Gebrauch des Laryngoskops wird die Kamera diskonnektiert, die Optik aus dem Spatel entfernt und dieser vom Griff abgenommen. Nach Reinigung und Aufbereitung der einzelnen Teile, kann das Laryngoskop wiederverwendet werden¹¹³.



Abbildung 9. Videolaryngoskop Truview PCD™-R über einen magnetischen Kameraanschluss mit dem Truview PCD™-R-LCD-Farbmonitor verbunden.
Abbildung von <http://www.truphatek.com>¹¹⁴.



Abbildung 10. Truview PCD™-Videolaryngoskop verbunden mit einem Kamerasystem von Storz. Abbildung von <http://www.truphatek.com>¹¹⁵.

3.4.2 Einführhilfe Parker Flex-It™

Der Parker Flex-It™ (Parker Medical, Englewood, CO, USA) ist ein Führungsstab, der sowohl für die orale als auch für die nasale Intubation eingesetzt werden kann (Abbildung 11). Ursprünglich wurde er als Einführhilfe für die Intubation mit einem Macintosh-Laryngoskop entwickelt¹¹⁷. Es handelt sich um ein Einmalprodukt. Durch Druck des Daumens auf das obere Ende des Stabes ist ein Anheben des distalen Tubusendes und eine kontinuierliche Anpassung der Krümmung während der Intubation möglich (Abbildung 12). Die jeweilige Krümmung kann zusätzlich durch Einrasten in einer Position fixiert werden. Die Bedienung kann dabei die ganze Zeit mit einer Hand erfolgen. Der Parker Flex-It™ ist in vier Größen, die sich an der Tubusgröße orientieren, erhältlich⁸². Bei dieser Studie wurde mit einem FLEX-7580 für die Tubusgrößen 7,5 und 8,0 intubiert.



Abbildung 11. Parker Flex-It™. Abbildung von <http://www.richardsmedical.com>⁸⁹.



Abbildung 12. Parker Flex-It™. Durch Daumendruck auf das obere Ende kann die Krümmung des Stabes angepasst werden. Das untere Ende des Stabes wird dabei angehoben. Abbildung von <http://www.parkermedical.com>⁸².

3.4.3 Einführhilfe „Hockeyschläger“

Bei einem „Hockeyschläger“ handelt es sich um einen konventionellen Führungsstab, der 8 cm proximal von seinem distalen Ende soweit gebogen wird, bis ein Winkel von 90° erreicht ist³¹. Auf den Führungsstab wird vor dem Biegen ein Tubus aufgefädelt, der dadurch eine entsprechende Formgebung erhält (siehe Abbildung 13). Bedingt durch die extreme Vorbiegung kann diese Form der Einführhilfe nur zur orotrachealen Intubation genutzt werden. Nach Passieren der Stimmbandebene sollte der Stab zurückgezogen werden, um keine Verletzungen der Trachea oder der Stimmbänder zu provozieren³¹. Der konventionelle Führungsstab ist autoklavierbar.



Abbildung 13. „Hockeyschläger“. Tubus versehen mit einem konventionellen Führungsstab, der hockeyschlägerartig gebogen wurde.

3.4.4 Einführhilfe Flexible Fiberoptik

Neben dem Parker Flex-It™ und einem Führungsstab in Hockeyschlägerform kam ein handelsübliches fiberoptisches Bronchoskop als Intubationshilfe zum Einsatz (siehe Abbildung 14). Das Intubations-Fiberskop 3,7 x 65 der Firma Storz (Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen) wurde dabei ausschließlich als flexible Einführhilfe verwendet. Eine optische Verwendung des Gerätes fand nicht statt.



Abbildung 14. Fiberoptisches Bronchoskop mit Tubus, der auf das flexible Ende aufgefädelt wurde.

3.5 Prämedikationsvisite, Narkosevorbereitung und Intubation

3.5.1 Prämedikationsvisite

Im Rahmen der Prämedikationsvisite am Vortag der Operation erfolgte neben der Aufklärung und Einholung der schriftlichen Einwilligung zur Teilnahme an der Studie eine körperliche Untersuchung der Patienten hinsichtlich klinisch anatomischer Hinweise auf eine erschwerte Intubation. Es erfolgte eine Evaluation mittels Mallampati-Klassifikation und dem Test nach Patil.

Alle Patienten erhielten als Prämedikation am Vorabend des geplanten Eingriffes 10 mg Diazepam oral und zwei Stunden vor Einleitung der Narkose 7,5 mg Midazolam oral.

3.5.2 Narkosevorbereitung und -einleitung

Im Vorfeld jeder Intubation wurde der Ladezustand des Truview PCD™-Monitors und der Lichtquelle des Laryngoskops überprüft. Die Bildschärfe wurde eingestellt und der Tubus mit einer Einführhilfe ausgestattet. Sowohl die jeweilige Einführhilfe als auch die Tubusspitze wurden mit Lary Phary Spray (Meier-Medizintechnik GmbH & Co. KG, Petershagen) benetzt. Zudem wurde ein Macintosh-Laryngoskop bereitgelegt für den Fall, dass die Videolaryngoskopie nicht erfolgreich sein würde.

Nach Eintreffen des Patienten im Einleitungssaal erfolgte im Rahmen der Narkosevorbereitung das Anbringen der Standardüberwachung, bestehend aus Pulsoxymetrie, nichtinvasiver Blutdruckmessung und Elektrokardiogramm (EKG). Es wurde ein venöser Zugang gelegt und zwei Elektroden am Unterarm des Patienten im Bereich des Verlaufs des Nervus ulnaris für ein neuromuskuläres Monitoring (TOF-Watch® SX, Organon (Ireland) Ltd., Swords, Co. Dublin, Ireland) aufgeklebt. Im Anschluss erfolgte eine dreiminütige Präoxygenierung mit 100% Sauerstoff. Die Einleitung der Narkose erfolgte intravenös mit 1-3 µg/kg Körpergewicht Fentanyl und 2-3 mg/kg Körpergewicht Propofol. Anschließend wurden die Patienten, nach Sicherstellung, dass eine Maskenbeatmung möglich war, mit 0,2 mg/kg Körpergewicht Mivacurium relaxiert.

3.5.3 Intubation

Die Intubation aller Patienten erfolgte immer durch dieselben zwei mit dem Studienprotokoll vertrauten und in der Videolaryngoskopie erfahrenen Fachärzte für Anästhesiologie. Erst nachdem mittels Relaxometrie eine vollständige neuromuskuläre Blockade nachgewiesen war, wurde mit der Intubation begonnen. Der Kopf des Patienten wurde auf einem Lagerungskissen gelagert und leicht überstreckt. Nach Öffnen des Mundes des Patienten durch den Intubierenden mit der rechten Hand, wurde das Laryngoskop mit der linken Hand mittig über die Zunge eingeführt und im Bereich der Vallecula, zwischen Zungengrund und Epiglottis, positioniert. Sinnvoll ist es, die Uvula als Leitstruktur zu identifizieren, um ein korrektes Verschieben in der Mittellinie zu gewährleisten. Bei den meisten Videolaryngoskopen muss die Zunge nicht, wie bei der direkten Laryngoskopie, zur Seite verdrängt werden⁷⁸. Das gilt auch für das Truview PCD™-R¹⁰⁹. Beim Blick auf den Monitor erfolgte die Beurteilung der Sichtverhältnisse nach Cormack und Lehane²⁸. Anschließend übergab der Helfer den vorbereiteten Tubus mit einliegender Einführhilfe an den Anästhesisten. Der Tubus wurde von rechts in den Mundraum eingeführt und unter direkter Sicht vorsichtig entlang des Spatels vorgeschoben. Erst dann wurde der Blick auf den Monitor gerichtet, um das Verschieben der Tubusspitze bis zu den Stimmbändern und durch diese hindurch visuell weiterzuverfolgen. Bei den Einführhilfen „Hockeyschläger“ und Parker Flex-It™ wurde streng darauf geachtet, dass ihre Enden nicht aus dem Tubus herausragten. Nach Blocken des Cuffs und Anschluss des Beatmungsgerätes, wurde erneut die korrekte Lage des Tubus überprüft. Hierzu dienten der Nachweis von CO₂ in der Ausatemluft sowie die Auskultation seitengleicher Atemgeräusche über beiden Thoraxhälften. Bei den verwendeten Endotrachealtuben handelte es sich um Magill-Tuben mit einem Innendurchmesser von 7,5 mm.

Die Techniken der Tubusplatzierung unter Verwendung der drei verschiedenen Tubuseinführhilfen unterschieden sich. Bei der Intubation mit dem Parker Flex-It™ ist

eine kontinuierliche Anpassung der Tubuskrümmung an den Atemweg durch Druck mit dem Daumen am proximalen Ende des Führungsstabes möglich. Durch diesen Hebelmechanismus wurde die endotracheale Platzierung des Tubus erleichtert.

Bei Verwendung des „Hockeyschlägers“ wurde ein Drehmechanismus angewendet. Der mit dem „Hockeyschläger“ stabilisierte Tubus wurde seitlich entlang der Innenseite der rechten oberen Backenzähne in den Mundraum eingebracht. Dabei zeigte das lange obere Ende des „Hockeyschlägers“ zur rechten Seite. Sobald das untere Ende mit der Tubusspitze die Glottis erreicht hatte, wurde der „Hockeyschläger“ um 90° gedreht, so dass das lange obere Ende nach vorn in Richtung der Füße des Patienten zeigte. Nach Passieren der Glottisebene wurde der Führungsstab im Innern des Tubus von einem Helfer einige Zentimeter zurückgezogen, bevor das untere Tubusende weiter in die Trachea vorgeschoben wurde.

Für die Intubation mit der Fiberoptik war ebenfalls ein Helfer nötig. Nachdem der Anästhesist die Stimmritze laryngoskopisch eingestellt hatte, reichte ihm der Helfer das mit dem Tubus versehene fiberoptische Bronchoskop. Der Tubus war im Vorfeld über den flexiblen Anteil der Fiberoptik geschoben und mit einem kurzen Klebestreifen fixiert worden. Nach dem Anreichen der Fiberoptik übernahm der Helfer das Laryngoskop und hielt es in seiner Position, da der Anästhesist für die endotracheale Tubusplatzierung mit der Fiberoptik beide Hände benötigte. Auch bei der Fiberoptik kam ein Hebelmechanismus zum Einsatz. Durch Auf- und Abwärtsbewegung des Hebels am Handgriff des fiberoptischen Bronchoskops ließ sich dessen Spitze auf und ab bewegen. Durch diesen Mechanismus und teilweise durch zusätzliches Drehen der Fiberoptik wurde die Stimmritze passiert und die Spitze der Fiberoptik in der Trachea platziert. Dort wurde sie noch weitere 5 cm vorgeschoben. Der Tubus wurde aus seiner Fixierung gelöst und über die entstandene Leitschiene in die Trachea eingeführt.

Nach jeder Intubation erfolgte eine Aufbereitung der Materialien gemäß den Herstellerangaben.

3.5.4 Aufrechterhaltung der Narkose und Anästhesieausleitung

Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgte bedarfsadaptiert durch die kontinuierliche Infusion von Remifentanil (0,2-0,4 µg/kg/min) und Propofol (5 mg/kg/h). Nach Beendigung eines jeden operativen Eingriffs erfolgte eine regelhafte Anästhesieausleitung.

3.5.5 Abbruchkriterien

Im Vorfeld der Studie definierte Abbruchkriterien waren mangelnde Sichtverhältnisse auf die Glottisebene, die nach dreimaliger Lagekorrektur des Laryngoskops nicht zu verbessern waren sowie das Misslingen von drei Versuchen der atraumatischen trachealen Einführung des Tubus. Die Intubation galt daraufhin als nicht erfolgreich und der Vorfall

wurde dokumentiert. Ebenfalls als nicht erfolgreich wurden Intubationsvorgänge gewertet, für die mehr als 120 s benötigt wurden.

3.6 Datenerhebung

3.6.1 Dokumentation

Für jeden Patienten wurde ein standardisierter Fragebogen ausgefüllt. Auf diesem Fragebogen wurden neben Alter, Größe, Gewicht und Body Mass Index (BMI) des Patienten die Ergebnisse der präoperativen Untersuchung, die gemessenen Intubationszeiten, die Intubationsschwierigkeit, sowie die Ergebnisse der postoperativen Nachbefragung dokumentiert.

3.6.2 Messung von Intubationszeiten

Mit dem Einführen des Spatels in die Mundhöhle begann die Messung der Zeit. Gemessen wurden die Gesamtdauer des Intubationsvorgangs sowie die Zeiten definierter Teilabschnitte. Als Ende der Intubation wurde der Anschluss des Tubus an das Beatmungsgerät definiert. Gemessen wurde mit einer handelsüblichen Stoppuhr durch einen mit dem Studienprotokoll vertrauten Helfer, derselbe Helfer, der auch bei der Intubation mit der Fiberoptik assistierte und die postinterventionelle Patientenbefragung durchführte. Im Anschluss an die Intubation wurden alle Zeiten dokumentiert, zudem erfolgte eine Beurteilung der Schwierigkeit der einzelnen Teilabschnitte anhand einer definierten Skala.

Gemessene Zeiten

- Gesamtdauer der Intubation
- Einführen des Laryngoskopspatels in die Mundhöhle (Teilabschnitt 1)
- Laryngoskopische Einstellung der Stimmritze (Teilabschnitt 2)
- Einführen des Tubus bis zur Platzierung vor der Glottisebene (Teilabschnitt 3)
- Passieren der Glottisebene unter Zuhilfenahme der Einführhilfe (Teilabschnitt 4)
- Platzierung des Tubus in der Trachea (Teilabschnitt 5)
- Entfernen der Einführhilfe (Teilabschnitt 6)

Beurteilung der Schwierigkeit anhand einer definierten Skala

Die Beurteilung der Schwierigkeit der Teilabschnitte 1, 3, 4, 5 und 6 erfolgte anhand folgender Skala:

- 4 - leicht
- 3 - geringe Probleme
- 2 - mäßige Probleme, 2 Versuche nötig
- 1 - erhebliche Probleme, 3 Versuche nötig
- 0 - Einführen des Spatels oder des Tubus nicht möglich
(Teilabschnitte 1, 3, 5) / Hebelmechanismus oder Drehung der Einführhilfe nicht notwendig (Teilabschnitt 4) / Entfernen der Einführhilfe nicht möglich (Teilabschnitt 6)

Bei Teilabschnitt 2, dem laryngoskopischen Einstellen der Stimmritze, erfolgte die Beurteilung gemäß der Einteilung nach Cormack und Lehane²⁸:

- I - gesamte Stimmritze einstellbar
- II - Stimmritze teilweise einstellbar
- III - nur Epiglottis sichtbar
- IV - Epiglottis nicht sichtbar

3.6.3 Postoperative Patientenbefragung und -untersuchung

Im Anschluss an die Intubation wurden die Studienteilnehmer zweimal nachbefragt und untersucht. Die Befragung erfolgte das erste Mal postoperativ im Aufwachraum und ein weiteres Mal am darauffolgenden Tag. Die gewonnenen Informationen wurden schriftlich dokumentiert. Abgefragt bzw. untersucht wurden:

- Schmerzen im Mund, Rachen oder Hals
- Schmerzen beim Schlucken
- Schmerzen beim Sprechen
- Heiserkeit
- Beschwerden im Nacken
- Beschwerden im Kiefergelenk
- Verletzungen an den Lippen (nur im Aufwachraum untersucht)
- Verletzungen an der Zunge (nur im Aufwachraum untersucht)
- Verletzungen an den Zähnen (nur im Aufwachraum untersucht)

Es erfolgte eine Graduierung der Beschwerden bzw. der Verletzungen in:

- 0 - keine Beschwerden oder Verletzungen
- 1 - leichte Beschwerden oder Verletzungen
- 2 - mäßiggradige Beschwerden oder Verletzungen
- 3 - starke Beschwerden oder schwere Verletzungen

3.7 Statistische Auswertung

Basierend auf Ergebnissen aus Voruntersuchungen wurde bei einem α -Wert von 0,05 und einem β -Wert von 20% für ein Studiendesign mit drei gleich großen Gruppen eine Gruppengröße von 35 Patienten je Gruppe errechnet. Zur Kompensation von Ausfällen vergrößerten wir die jeweilige Gruppengröße um 10%, so dass jeweils 39 Patienten pro Gruppe in die Untersuchung eingeschlossen wurden.

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit der Statistiksoftware SigmaPlot 12.0 (Systat Software GmbH, 40699 Erkrath). Zum Vergleich der drei untersuchten Gruppen hinsichtlich Erfolgsraten der Intubation, aufgetretener Komplikationen und Schwierigkeitsbeurteilung durch die Anästhesisten wurde jeweils ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Die Intubationsgesamtdauer der einzelnen Gruppen und die gemessenen Einzelzeiten wurden als nicht-normalverteilte quantitative Variablen betrachtet. Es wurden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Zum Gruppenvergleich wurde der Kruskal-Wallis-Rangsummentest durchgeführt. Von statistischer Signifikanz wurde bei einem p-Wert $< 0,05$ ausgegangen.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit SigmaPlot 12.0 und Microsoft Word 2016.

4 Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

Wie bereits unter 3.1 beschrieben, wurden insgesamt 117 Erwachsene beiderlei Geschlechts im Alter von 18 bis 85 Jahren in die Studie eingeschlossen.

In Gruppe 1, in welcher während der Intubation der Parker Flex-It™ als Einführhilfe diente, musste in drei Fällen die Messung abgebrochen werden, wodurch sich eine Reduktion der Gruppengröße auf 36 Patienten ergab. Ursächlich war in allen drei Situationen eine starke Sichtbehinderung durch das Beschlagen der Optik des Videolaryngoskops mit Kondenswasser.

In Gruppe 2, der „Hockeyschläger“-Gruppe, konnten alle 39 Patienten intubiert und die gewünschten Daten erhoben werden.

In Gruppe 3, in welcher die Intubation unter Zuhilfenahme der Fiberoptik erfolgte, kam es ebenfalls bei drei Patienten zu einer Sichtbehinderung durch das Beschlagen der Optik des Videolaryngoskops, woraufhin die Messung abgebrochen und die Patienten konventionell intubiert werden mussten. Somit ergab sich für Gruppe 3, wie bei Gruppe 1, eine Gruppengröße von 36 Patienten.

Die Eigenschaften der 111 Patienten, die letztendlich in die Auswertung einbezogen wurden, sind in Tabelle 2 aufgeführt. Es handelt sich dabei um biometrische und demographische Daten sowie die Dauer, während der sich ein Patient in Narkose befand. Es bestanden weder bezüglich der Patienteneigenschaften und Atemwegparameter signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen, noch in Hinblick auf Gruppengröße und Narkosedauer.

Tabelle 2. Patientenanzahl, biometrische und demographische Patientendaten und Narkosedauer dargestellt für alle Patienten und für die einzelnen Untersuchungsgruppen als Anzahl (n) oder Mittelwert \pm Standardabweichung zur Spannweite

	Gesamt	Parker Flex-It™	"Hockeyschläger"	Fiber-optik	Signifikanz
Patientenanzahl (n)	111	36	39	36	n.s.
Alter (Jahren)	57 \pm 16 (18-85)	56 \pm 14 (18-83)	60 \pm 16 (21-85)	53 \pm 17 (19-83)	n.s.
ASA-Klasse (n)					n.s.
I	13	2	3	8	
II	78	24	30	24	
III	20	10	6	4	
Gewicht (kg)	79 \pm 15 (50-117)	79 \pm 16 (50-117)	83 \pm 16 (53-115)	76 \pm 13 (57-100)	n.s.
Körpergröße (cm)	172 \pm 9 (152-205)	172 \pm 9 (152-190)	175 \pm 10 (160-205)	171 \pm 8 (156-185)	n.s.
BMI (kg/m ²)	27 \pm 4 (19-36)	27 \pm 4 (20-36)	27 \pm 4 (19-36)	26 \pm 4 (20-36)	n.s.
Geschlecht (n)					n.s.
männlich	62	21	25	16	
weiblich	49	15	14	20	
Mallampati-Klasse (n)					n.s.
I	58	17	25	16	
II	48	19	10	19	
III	5	0	4	1	
Thyromentaler Abstand nach Patil (n)					n.s.
> 6,5 cm	105	32	37	36	
< 6,5 cm	6	4	2	0	
Mundöffnung (n)					n.s.
> 3,5 cm	108	33	39	36	
< 3,5 cm	2	2	0	0	
< 2,5 cm	1	1	0	0	
Narkosedauer (min)	186 \pm 68 (45-385)	203 \pm 76 (45-385)	183 \pm 69 (50-335)	172 \pm 57 (70-308)	n.s.

Anmerkungen. ASA = American Society of Anesthesiologists; BMI = Body-Mass-Index; n.s. = nicht signifikant ($p > 0,05$)

4.2 Technische Durchführbarkeit und Gesamtdauer der Intubation

4.2.1 Technische Durchführbarkeit

Das Hauptziel dieser Studie war es, die technische Durchführbarkeit der Intubation mit dem Videolaryngoskop Truview PCD-R™ in Kombination mit den Tubuseinführhilfen Parker Flex-It™, „Hockeyschläger“ und dem fiberoptischen Bronchoskop zu beurteilen. Hierfür sollten die drei Einführhilfen hinsichtlich Ihrer Erfolgsraten bei der Intubation verglichen werden. Eine Intubation wurde als erfolgreich definiert, wenn nicht mehr als drei Versuche bis zur korrekten Tubusplatzierung nötig waren und wenn die Gesamtdauer der Intubation unter 120 s lag.

In Gruppe 1 (Parker Flex-It™) konnten alle 36 Patienten intubiert werden, bei einem Patienten dauerte die Intubation jedoch 155 s. Somit ergab sich nach der vorgenannten Definition eine Erfolgsrate von 97,2%. In Gruppe 2 konnte mit dem „Hockeyschläger“ eine Erfolgsrate von 100% erzielt werden. In der Fiberoptik-Gruppe (Gruppe 3) konnte der Tubus zwar ebenfalls bei allen 36 Patienten korrekt platziert werden, aber in einem Fall betrug die Gesamtdauer der Intubation mehr als 120 s. Somit lag die Erfolgsrate wie in der Parker Flex-It™-Gruppe bei 97,2%. Zwar war damit die Erfolgsrate in Gruppe 2 für den „Hockeyschläger“ etwas höher als in den beiden anderen Gruppen, dieser Unterschied war allerdings statistisch nicht signifikant.

4.2.2 Gesamtdauer

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die drei Einführhilfen bezüglich der Intubationsdauer zu vergleichen. Dafür wurden sowohl die Gesamtdauer der Intubation als auch die Zeiten definierter Teilabschnitte gemessen.

Die Intubationsgesamtdauer, gemessen vom Einführen des Spatels des Videolaryngoskops in den Mund des Patienten bis zum Konnektieren des Beatmungsgerätes am Tubusende, war in Gruppe 3 mit der Fiberoptik mit $46,4 \pm 18,4$ s (Mittelwert \pm Standardabweichung) signifikant länger als in Gruppe 1 mit dem Parker Flex-It™ mit $34,3 \pm 16,3$ s und Gruppe 2 mit dem „Hockeyschläger“ mit $35,2 \pm 16,2$ s. (siehe Abbildung 15).

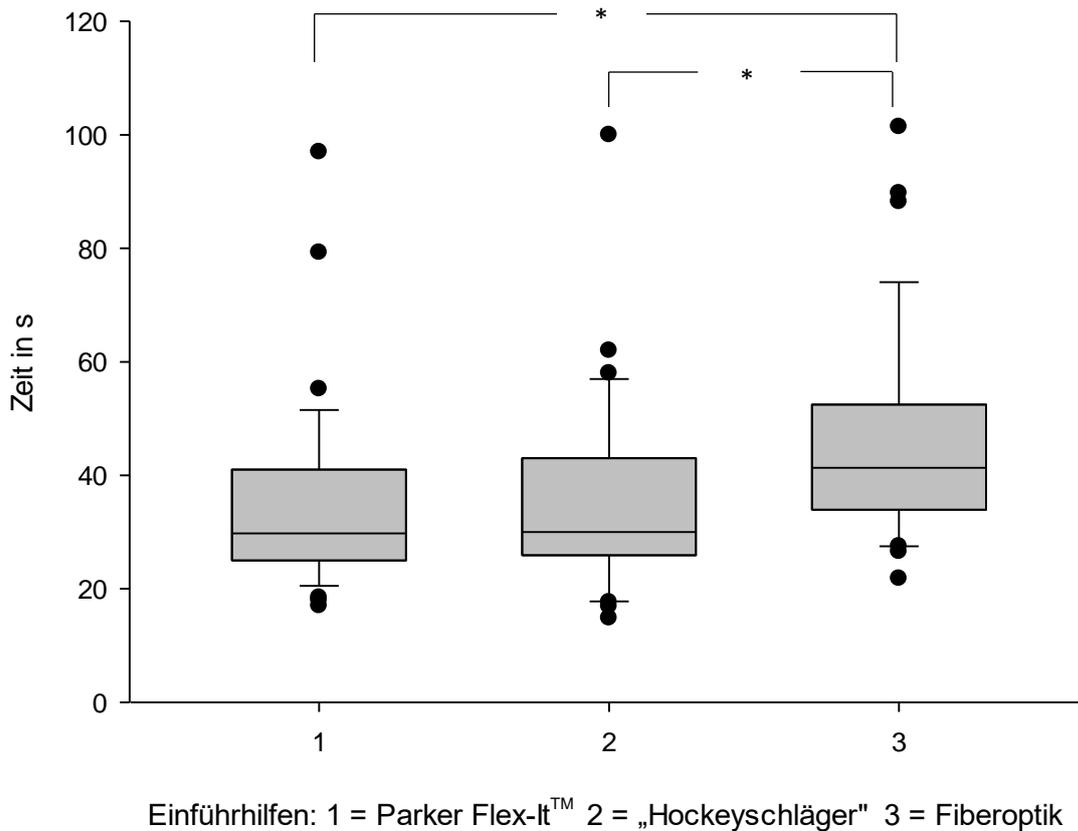


Abbildung 15. Intubationsgesamtdauer dargestellt als Boxplot. Median, 10., 25., 75. und 90. Perzentil als vertikale Box mit Fehlerbalken. Darstellung signifikanter Unterschiede zwischen den Gruppen: *p < 0,05.

4.3 Dauer definierter Teilabschnitte der Intubation und Beurteilung der Schwierigkeit durch den Anästhesisten

Teilabschnitt 1 - Einführen des Laryngoskopspatels in die Mundhöhle

Als erster Abschnitt der Intubation wurde im Vorfeld der Studie die Platzierung des Laryngoskopspatels definiert. Hierfür wurde die Zeit vom Öffnen des Mundes des Patienten durch den Anästhesisten bis zur korrekten Lage des Spatels in der Mundhöhle gestoppt. Die mittlere Dauer betrug $3,9 \pm 1,6$ s in der Parker-Flex-It™-Gruppe, $3,8 \pm 2$ s in der „Hockeyschläger“-Gruppe und $3,8 \pm 2,4$ s in der Fiberoptik-Gruppe. Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten der einzelnen Gruppen.

Das Einführen des Spatels wurde von beiden intubierenden Anästhesisten bei Gruppe 1 (Parker Flex-It™) in 30 Fällen als leicht bewertet. Unter Verwendung einer numerischen Skala von 4-0 ergab sich damit 30 Mal ein Wert von 4. Zudem wurden vier Mal geringe (numerisch 3) und einmal mäßige Probleme (numerisch 2) angegeben. Für

Gruppe 2 („Hockeyschläger“) gaben die Anästhesisten im Nachhinein 31 Mal an keine Probleme gehabt zu haben (numerisch 4). Fünf Mal traten geringe Probleme (numerisch 3) und drei Mal mäßige Schwierigkeiten (numerisch 2) auf. Im Rahmen der Untersuchung mit der Fiberoptik wurde die Platzierung des Spatels in 25 Fällen als leicht (numerisch 4) bezeichnet. Acht Mal wurden geringe Probleme (numerisch 3), einmal mäßige (numerisch 2) und einmal erhebliche Probleme (numerisch 1) beschrieben. Insgesamt bestand zwischen den drei untersuchten Gruppen hinsichtlich der Schwierigkeit der Spatelplatzierung kein signifikanter Unterschied.

Teilabschnitt 2 - Laryngoskopische Einstellung der Stimmritze

Nach dem Einbringen des Laryngoskopspatels in die Mundhöhle des Patienten erfolgte die Darstellung der Glottisebene auf dem Monitor des Videolaryngoskops. Gemessen wurde die Dauer ab dem Zeitpunkt der korrekten Spatelplatzierung bis zur bestmöglichen videolaryngoskopischen Einstellung der Glottisebene. Es folgte die Beurteilung der Sichtverhältnisse nach Cormack und Lehane. In der Parker Flex-It™-Gruppe betrug die gemessene Zeit $4,8 \pm 3,4$ s. Bei 20 Patienten beurteilten die Intubierenden die Sichtverhältnisse mit Grad I, bei 15 Patienten mit Grad II nach Cormack und Lehane. Die gemessene Zeit in der „Hockeyschläger“-Gruppe betrug gemittelt $4,2 \pm 3,1$ s. Die Sicht nach Cormack und Lehane wurde bei 22 Patienten als Grad I, bei 16 Patienten als Grad II und bei einem Patienten als Grad III eingestuft. In der dritten Gruppe, der Fiberoptik-Gruppe, dauerte der zweite Teilabschnitt der Intubation im Mittel $5,3 \pm 3,4$ s. Die Beurteilung nach Cormack und Lehane ergab für 21 Patienten Grad I und für 14 Patienten Grad II. Statistisch ergaben sich weder für die gemessenen Zeiten noch für die Bewertung der Sichtverhältnisse signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

Teilabschnitt 3 - Einführen des Tubus bis zur Platzierung vor der Glottisebene

Im Anschluss an das Einstellen der Stimmritze auf dem Monitor übergab der Helfer dem Anästhesisten den mit einem Parker Flex-It™ oder mit einem „Hockeyschläger“ armierten Tubus beziehungsweise die Fiberoptik, auf deren flexibles Ende der Tubus aufgebracht worden war. Anschließend wurde der Tubus oder die Fiberoptik über Mund- und Rachenraum des Patienten in den Bereich des Kehlkopfes eingebracht. Gestoppt wurde die Zeit nachdem der Anästhesist laut den Grad nach Cormack und Lehane mitgeteilt hatte bis zu dem Zeitpunkt als der Tubus oder - bei verwendeter Fiberoptik - die Spitze der Fiberoptik vor der Stimmritze auf dem Monitor erschien. Dieser dritte Teilabschnitt der Intubation dauerte in Gruppe 1 mit dem dem Tubus einliegenden Parker-Flex-It™ im Mittel $7,5 \pm 4,7$ s, in Gruppe 2 mit dem „Hockeyschläger“ $6,3 \pm 4,4$ s. Mit der Fiberoptik (Gruppe 3) dauerte das Einführen und Platzieren des Tubus mit $14,2 \pm 8,0$ s signifikant länger als in der Parker Flex-It™- und der „Hockeyschläger“-Gruppe.

Subjektiv empfanden die Anästhesisten in der Parker Flex-It™-Gruppe diesen Schritt 29 Mal als leicht (numerisch 4), vier Mal gaben sie geringe- (numerisch 3) und zwei Mal mäßige Probleme (numerisch 2) an. Das Einführen des mit dem „Hockeyschläger“ bestückten Tubus fiel ihnen bei 36 Intubationen leicht (numerisch 4), drei Mal hatten sie geringe Probleme (numerisch 3). Nach dem Einsatz der Fiberoptik gaben sie 22 Mal an keine Probleme gehabt zu haben. Neun Mal beschrieben sie beim Einführen des Tubus geringe Probleme gehabt zu haben (numerisch 3). Drei Mal erklärten sie mäßige (numerisch 2) und einmal erhebliche Probleme (numerisch 1) gehabt zu haben. Insgesamt fiel die Schwierigkeitsbeurteilung dieses Abschnittes der Intubation für den „Hockeyschläger“ am besten aus. Am schlechtesten schnitt die Fiberoptik ab. Dieser Unterschied war von statistischer Signifikanz.

Teilabschnitt 4 - Passieren der Glottisebene unter Zuhilfenahme der Einführhilfe

Teilabschnitt 4 bezeichnete den Vorgang des Verschiebens des Tubus oder der Fiberoptik durch die Stimmritze, wobei beim Parker Flex-It™ und bei der Fiberoptik jeweils der gerätetypische Hebelmechanismus eingesetzt werden konnte. Der Tubus mit dem „Hockeyschläger“ wurde, wie unter 3.5.3 beschrieben, über eine Drehbewegung zwischen den Stimmbändern hindurchmanövriert. Gemessen wurde die Dauer ab Erscheinen der Tubusspitze bzw. der Fiberoptikspitze vor der Glottisebene auf dem Monitor bis zu dem Moment, in dem der Tubus bzw. das distale Ende der Fiberoptik zwischen den Stimmbändern verschwand. Mit dem Parker Flex-It™ konnte im Mittel eine Zeit von $10,7 \pm 13,7$ s erreicht werden. Die Zeiten mit dem „Hockeyschläger“ und der Fiberoptik betragen $8,5 \pm 12,7$ s und $9,0 \pm 12,6$ s. Im statistischen Vergleich der drei Gruppen dauerte das Passieren der Glottis mit dem Parker Flex-It™ signifikant länger als mit der Fiberoptik. Zwischen Parker Flex-It™ und „Hockeyschläger“ bestand kein signifikanter Unterschied. Auch der Vergleich der Zeiten von „Hockeyschläger“ und Fiberoptik fiel nicht signifikant aus.

Die Bewertung der Schwierigkeit fiel bei diesem Teil der Intubation wie folgt aus. Mit dem Parker Flex-It™ war die Glottis in 22 Fällen leicht (numerisch 4) zu passieren. Fünf Mal gab es geringe (numerisch 3), fünf Mal mäßige (numerisch 2) und zwei Mal erhebliche Probleme (numerisch 1). Mit dem „Hockeyschläger“ war es 30 Mal leicht (numerisch 4), fünf Mal traten geringe (numerisch 3) und vier Mal mäßige Probleme auf (numerisch 2). Die Fiberoptik ließ sich bei 23 Patienten leicht (numerisch 4) einführen, sechs Mal gab es geringe (numerisch 3), zwei Mal mäßige (numerisch 2) und vier Mal wurden erhebliche Probleme angegeben (numerisch 1). Statistisch ergab sich für die Beurteilung der Schwierigkeit durch die Anästhesisten kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Teilabschnitt 5 - Platzierung des Tubus in der Trachea

Nach Passieren der Stimmritze erfolgte bei den Intubationen mit dem Parker Flex-It™ und dem „Hockeyschläger“ das Verschieben des Tubus in die Trachea. Gestoppt wurde die Zeit ab dem Durchtritt der Tubusspitze bis zum Verschwinden der als Platzierungshilfe am Tubus angebrachten schwarzen Markierung zwischen den Stimmbändern. Die mittlere Dauer in der Parker Flex-It™-Gruppe lag bei $2,8 \pm 1,5$ s, in der „Hockeyschläger“-Gruppe bei $7,4 \pm 7,1$ s. Bei den Intubationen mit der Fiberoptik begann die Zeitmessung mit dem Durchtritt der Spitze der Fiberoptik durch die Stimmritze. Anschließend wurde die Fiberoptik ca. 5 cm in die Trachea vorgeschoben. Erst dann wurde der Tubus aus seiner Fixierung gelöst und über die entstandene Leitschiene in die Trachea eingebracht. Ende der Zeitmessung war auch hier das Verschwinden der schwarzen Markierung zwischen den Stimmbändern, das auf dem Monitor beobachtet wurde. Die gemessene Zeit betrug im Mittel $3,5 \pm 2,4$ s. Damit dauerte die Platzierung des Tubus mit dem „Hockeyschläger“ insgesamt am längsten, was sich auch im statistischen Vergleich der drei Gruppen als signifikanter Unterschied darstellte. Zwischen Fiberoptik und Parker Flex-It™ ergab die Auswertung keine signifikanten Zeitunterschiede.

34 der Tubusplatzierungen in der Parker Flex-It™-Gruppe waren leicht (numerisch 4), bei einer wurden mäßige Probleme (numerisch 2) angegeben. In Gruppe 2 („Hockeyschläger“) wurden 21 Mal keine (numerisch 4), 14 Mal geringe (numerisch 3), drei Mal mäßige (numerisch 2) und einmal erhebliche Probleme (numerisch 1) angegeben. Die endotracheale Platzierung des Tubus mit der Fiberoptik wurde 32 Mal als leicht (numerisch 4) bewertet, zwei Mal wurden geringe (numerisch 3) und einmal mäßige Probleme (numerisch 2) angegeben. Im statistischen Vergleich traten bei der Platzierung des Tubus in der Trachea mittels „Hockeyschläger“ signifikant häufiger Probleme als in den beiden anderen Gruppen auf.

Teilabschnitt 6 - Entfernen der Einführhilfe

Anschließend an die Platzierung des Tubus in der Trachea wurde die jeweilige Einführhilfe entfernt. Das Herausziehen des Parker Flex-It™ dauerte durchschnittlich $2,4 \pm 1,1$ s, beim „Hockeyschläger“ $2,9 \pm 1,5$ s und das Entfernen der Fiberoptik $2,9 \pm 2,9$ s. Statistisch bestand kein signifikanter Unterschied.

Auch die Bewertungen der Intubierenden unterschieden sich nicht signifikant. In den meisten Fällen wurde der Vorgang als leicht (numerisch 4) eingestuft. Bei einem Patienten in der Parker Flex-It™-Gruppe wurden mäßige Probleme (numerisch 2) beschrieben. In der „Hockeyschläger“-Gruppe traten zudem einmal geringe und einmal mäßige Probleme auf. In Gruppe 3 (Fiberoptik) gaben die Anästhesisten vier Mal geringe Probleme (numerisch 3) an.

4.4 Postoperative Patientenbefragung und -untersuchung zur Evaluation von Intubationskomplikationen

Neben den Endpunkten Erfolgsrate und Dauer der Intubation sowie dem Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung, sollte in dieser Studie untersucht werden, inwiefern Unterschiede zwischen den drei verwendeten Führungshilfen hinsichtlich der postoperativen Komplikationsraten bestanden.

Insgesamt wurden 111 Patienten nachuntersucht und -befragt. Die beiden Intubationen in Gruppe 1 und 3 (Parker Flex-It™ und Fiberoptik), die aufgrund ihrer Gesamtdauer von über 120 s als nicht erfolgreich galten, wurden zwar untersucht, flossen aber nicht in die Auswertung ein. Der Patient, der mit dem Parker-Flex-It™ intubiert worden war, gab postoperativ keinerlei Beschwerden an. Der andere Patient, bei dem die Fiberoptik zum Einsatz gekommen war, gab im Aufwachraum leichte Schmerzen in Mund- und Rachenraum, leichte Schmerzen beim Schlucken und leichte Heiserkeit an, war allerdings bereits am ersten postoperativen Tag wieder beschwerdefrei.

In der Parker Flex-It™-Gruppe wurden 35, in der „Hockeyschläger-Gruppe“ 39 und in der Fiberoptik-Gruppe ebenfalls 35 Patienten nachbefragt und das Ergebnis ausgewertet. Die Beurteilung erfolgte zu zwei Zeitpunkten. Die erste Befragung erfolgte unmittelbar postoperativ im Aufwachraum, die zweite einen Tag später auf der Station. Im Rahmen der ersten Nachbefragung wurden zudem Lippen, Zähne und Zunge der Patienten auf mögliche Verletzungen oder Schäden untersucht.

4.4.1 Postoperative Komplikationen im Aufwachraum

Die am häufigsten beobachtete Komplikation mit einer Gesamtkomplikationsrate von 38,5% war Heiserkeit, gefolgt von Schmerzen im Bereich von Mund, Rachen oder Hals (19,3%), Schmerzen beim Schlucken (18,3%) und Schmerzen beim Sprechen (12,8%). Deutlich seltener traten Beschwerden im Genick auf (6,4%). Von Kiefergelenksbeschwerden berichteten zwei Patienten (1,8%). Genauso selten kam es zu sichtbaren Verletzungen. Läsionen der Zunge traten gar nicht auf, Lippenverletzungen kamen drei Mal (2,8%) und Zahnschäden einmal vor (0,9%). Einen Überblick über die Verteilung der aufgetretenen Komplikationen gibt Abbildung 16. Tabelle 3 zeigt zudem die aufgetretenen Komplikationen in Anzahl und Schweregrad in den einzelnen Gruppen und die Zahl der Patienten pro Gruppe, bei denen es zu Komplikationen gekommen war. Statistisch unterschieden sich die Gruppen nur hinsichtlich postoperativer Beschwerden im Genick, die signifikant häufiger nach fiberoptisch unterstützter Intubation auftraten.

Von den 109 Patienten, von welchen die Ergebnisse der Nachuntersuchung ausgewertet wurden, trat bei 49 Patienten mindestens eine Komplikation auf. 19 Patienten gehörten der Parker Flex-It™-Gruppe, 15 Patienten der „Hockeyschläger“-Gruppe und

15 Patienten der Fiberoptik-Gruppe an. Dieser Unterschied war nicht signifikant. Insgesamt kam es in der Parker Flex-It™-Gruppe 39 Mal, in der „Hockeyschläger“-Gruppe 23 Mal und in der Fiberoptik-Gruppe 48 Mal zu Komplikationen (siehe Tabelle 3). Die betroffenen Patienten beklagten jeweils zwischen einer bis hin zu acht Komplikationen. Von den Patienten, bei denen Parker Flex-It™ und „Hockeyschläger“ verwendet worden waren, hatten die meisten von nur einer Komplikation zu berichten (10 bzw. 11 Patienten). Zwei Komplikationen hatten in der Parker Flex-It™-Gruppe vier Patienten und in der „Hockeyschläger“-Gruppe ein Patient. Drei Komplikationen traten bei einem Patienten in der Parker Flex-It™-Gruppe und bei zwei Patienten in der „Hockeyschläger“-Gruppe auf. Vier Komplikationen hatten zwei Patienten in der Parker Flex-It™-Gruppe und ein Patient in der „Hockeyschläger“-Gruppe. In der Parker Flex-It™-Gruppe kam es zudem bei zwei Patienten zu fünf Komplikationen. In der Fiberoptik-Gruppe sah die Verteilung etwas anders aus. Es gab genauso viele Patienten mit einer Komplikation wie Patienten mit drei Komplikationen, nämlich je drei Patienten. Patienten mit zwei Komplikationen gab es vier. Ein Patient hatte vier Komplikationen und zwei Patienten beklagten je fünf Komplikationen. Bei einem Patienten wurden sechs und bei einem anderen acht Komplikationen dokumentiert. Bei letzterem unter anderem eine herausgebrochene Zahnkrone, die im Vorfeld vom Zahnarzt nur provisorisch angebracht worden war. Diese brach beim Öffnen des Mundes des Patienten durch die Finger des Anästhesisten heraus. Abbildung 18 stellt die Anzahl der Patienten pro Gruppe ohne Komplikationen gegenüber den Patienten mit einer oder mehr Komplikationen dar.

4.4.2 Komplikationen am ersten postoperativen Tag

Einen Tag nach der vorgenommenen Intubation und der Nachuntersuchung im Aufwachraum wurde das Befinden der Patienten erneut erfragt. Dabei fiel insgesamt ein deutlicher Rückgang der Beschwerden auf. Die Heiserkeitsrate fiel von anfänglich 38,5% auf 16,5%. Schmerzen im Bereich von Mund, Rachen oder Hals wurden noch von 1,8% (zuvor 19,3%), Schmerzen beim Schlucken von 6,4% (zuvor 18,3%) und Schmerzen beim Sprechen von 1,8% (zuvor 12,8%) der Befragten angegeben. Genick- und Kiefergelenkbeschwerden kamen jeweils nur noch einmal vor (0,9% von zuvor 6,4% bzw. 1,8%). Einen Überblick gibt Abbildung 17. Im statistischen Vergleich der drei Gruppen bestanden für keine der abgefragten Komplikationen signifikante Unterschiede.

In Tabelle 4 sind Anzahl und Schweregrad der aufgetretenen Komplikationen in den Gruppen dargestellt. Ebenfalls enthalten ist die Anzahl der Patienten in den jeweiligen Gruppen, bei denen Komplikationen auftraten. Bezüglich der Komplikationen die insgesamt pro Gruppe dokumentiert wurden, lag in der Parker Flex-It™-Gruppe ein Rückgang von 39 im Aufwachraum auf 9 Komplikationen am ersten postoperativen Tag vor. In der

„Hockeyschläger“-Gruppe ging die Zahl der Komplikationen von 23 auf 8 zurück, in der Fiberoptik-Gruppe von 48 auf 18. Von den 19 Patienten der Parker Flex-It™-Gruppe, die am Vortag mindestens eine Komplikation zu beklagen gehabt hatten, waren es am ersten postoperativen Tag nur noch 8. In der „Hockeyschläger“-Gruppe gaben bei der zweiten Nachbefragung von 15 Patienten am Operationstag noch 7 Patienten Beschwerden an. Von 15 Patienten der Fiberoptik-Gruppe bei der ersten Befragung berichteten bei der zweiten Befragung noch 9 Patienten von Schmerzen, Missempfindungen oder Funktionseinschränkungen. Die Unterschiede waren ohne statistische Signifikanz.

Abbildung 19 stellt die Anzahl der Patienten pro Gruppe ohne Komplikationen gegenüber den Patienten mit einer oder mehr Komplikationen am ersten postoperativen Tag dar. Von den Patienten mit Komplikationen hatten diesmal in allen drei Gruppen die meisten eine Komplikation: In der Parker Flex-It™-Gruppe sieben, in der „Hockeyschläger“-Gruppe sechs und in der Fiberoptik-Gruppe sieben Patienten. Sowohl in der Parker Flex-It™-Gruppe als auch in der „Hockeyschläger“-Gruppe berichtete jeweils ein Patient über zwei Komplikationen. In der Fiberoptik-Gruppe gab es zudem noch einen Patienten, der drei Komplikationen und einen Patienten, der acht Komplikationen beklagte.

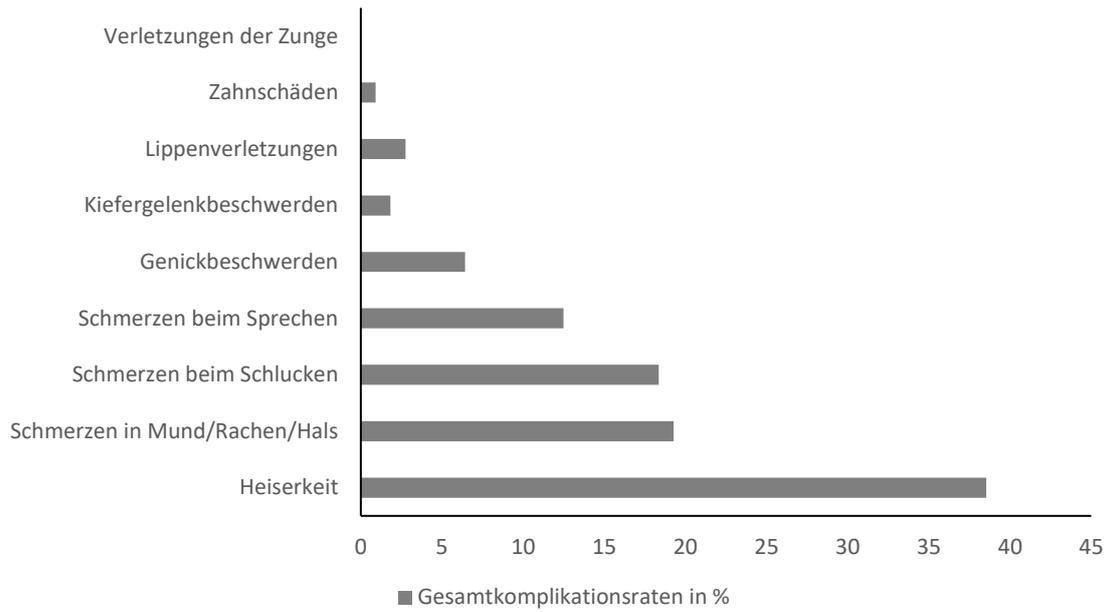


Abbildung 16. Postoperativ im Aufwachraum dokumentierte Komplikationen als Gesamtkomplikationsraten in Prozent von 109 nachbefragten Patienten.

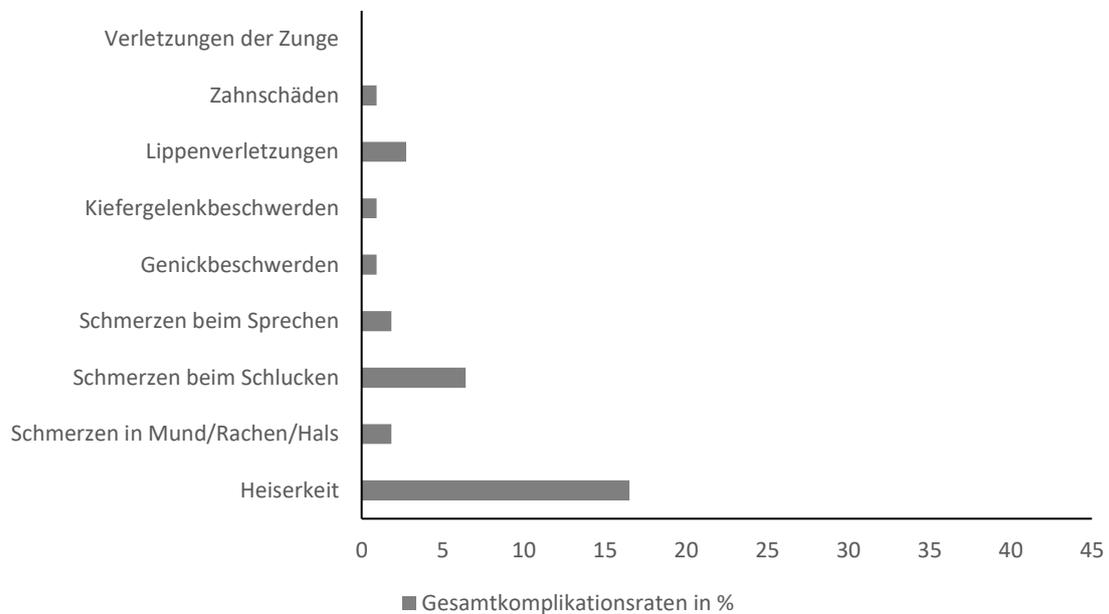


Abbildung 17. Komplikationen am ersten postoperativen Tag als Gesamtkomplikationsraten in Prozent von 109 nachbefragten Patienten.

Tabelle 3. Anzahl (n) und Schweregrad (leicht/mäßig/schwer) der aufgetretenen Komplikationen, Anzahl der Komplikationen insgesamt und Anzahl der Patienten mit Komplikationen pro Untersuchungsgruppe, dokumentiert im Rahmen der Nachuntersuchung und -befragung im Aufwachraum

	Parker Flex-It™	„Hockey-schläger“	Fiberoptik
Untersuchte Patienten (n)	35	39	35
Schmerzen im Mund/ Rachen/Hals (n)	8 (6/2/0)	3 (3/0/0)	10 (8/2/0)
Schmerzen beim Schlucken (n)	7 (6/1/0)	3 (3/0/0)	10 (8/2/0)
Schmerzen beim Sprechen (n)	5 (4/1/0)	2 (2/0/0)	7 (6/1/0)
Heiserkeit (n)	16 (14/2/0)	15 (14/0/1)	11 (10/1/0)
Beschwerden im Genick (n)*	1 (1/0/0)	---	6 (4/2/0)
Beschwerden im Kiefergelenk (n)	---	---	2 (2/0/0)
Verletzungen der Lippen (n)	2 (1/0/1)	---	1 (1/0/0)
Verletzungen der Zunge (n)	---	---	---
Zahnschäden (n)	---	---	1 (0/1/0)
Komplikationen gesamt (n)	39	23	48
Patienten mit Komplikationen (n)	19	15	15

Anmerkungen. Beschwerden im Genick traten signifikant häufiger in der Fiberoptik-Gruppe auf:
* $p < 0,05$.

Tabelle 4. Anzahl (n) und Schweregrad (leicht/mäßig/schwer) der aufgetretenen Komplikationen, Anzahl der Komplikationen insgesamt und Anzahl der Patienten mit Komplikationen pro Untersuchungsgruppe, dokumentiert im Rahmen der Nachbefragung am ersten postoperativen Tag

	Parker Flex-It™	„Hockey- schläger“	Fiberoptik
Untersuchte Patienten (n)	35	39	35
Schmerzen im Mund/ Rachen/Hals (n)	---	---	2 (2/0/0)
Schmerzen beim Schlucken (n)	2 (2/0/0)	1 (0/1/0)	4 (4/0/0)
Schmerzen beim Sprechen (n)	---	---	2 (2/0/0)
Heiserkeit (n)	5 (5/0/0)	7 (7/0/0)	6 (5/1/0)
Beschwerden im Genick (n)	---	---	1 (1/0/0)
Beschwerden im Kiefergelenk (n)	---	---	1 (1/0/0)
Verletzungen der Lippen (n)	2 (1/0/1)	---	1 (1/0/0)
Verletzungen der Zunge (n)	---	---	---
Zahnschäden (n)	---	---	1 (0/1/0)
Komplikationen gesamt (n)	9	8	18
Patienten mit Komplikationen (n)	8	7	9

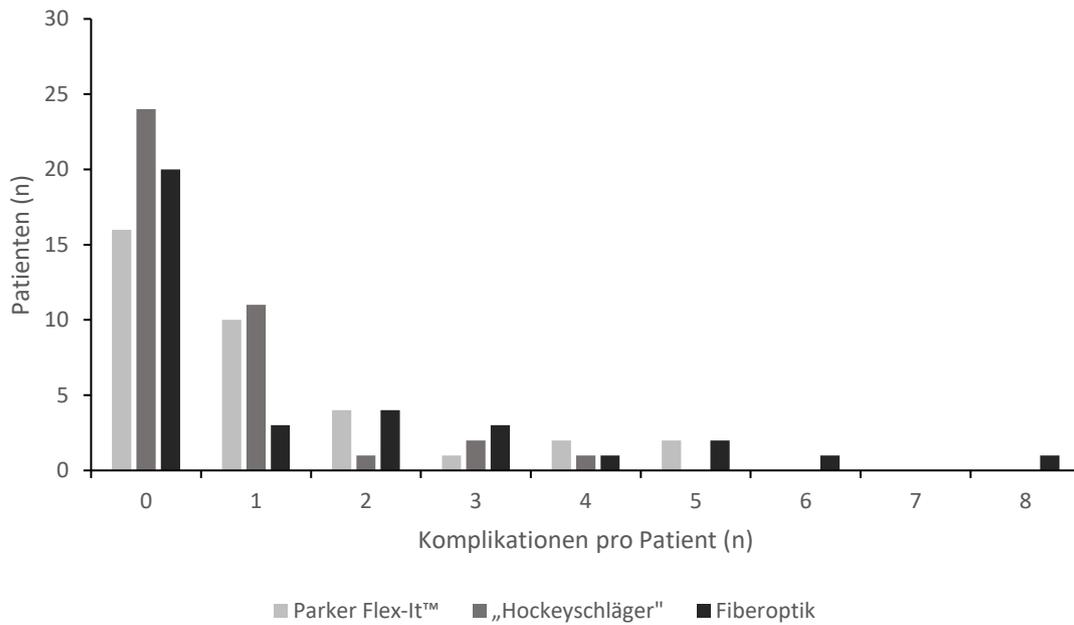


Abbildung 18. Anzahl der Patienten pro Gruppe ohne Komplikationen sowie Zahl der Patienten mit einer oder mehreren Komplikationen im Aufwachraum.

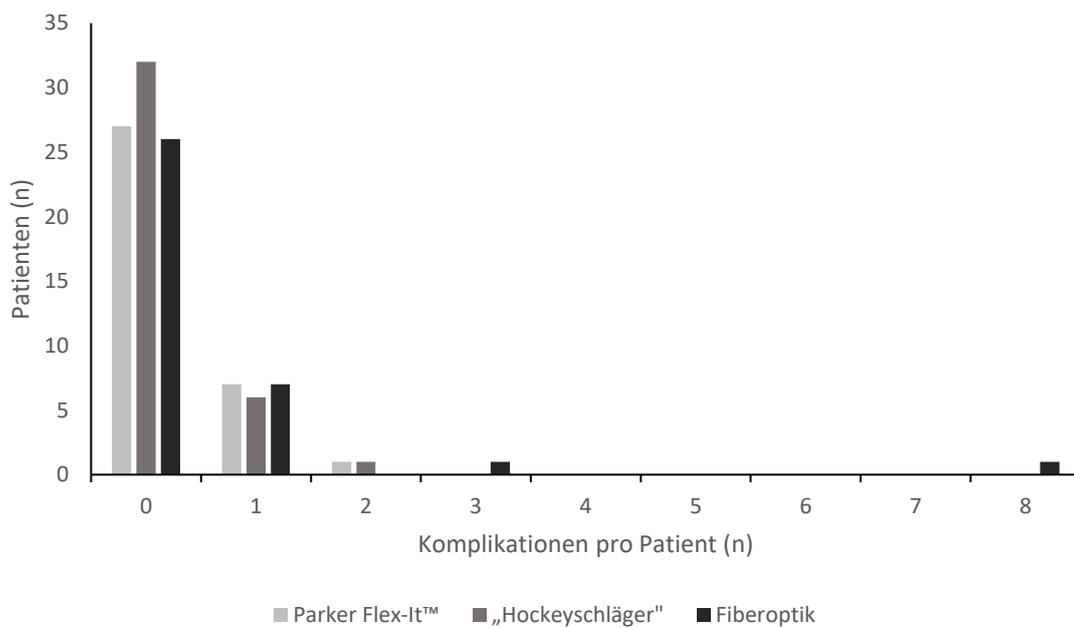


Abbildung 19. Anzahl der Patienten pro Gruppe ohne Komplikationen sowie Zahl der Patienten mit einer oder mehreren Komplikationen am ersten postoperativen Tag.

5 Diskussion

Aufgrund zunehmender Bedeutung der Videolaryngoskopie auf dem Gebiet des Atemwegsmanagements wurden im Laufe der vergangenen Jahre zahlreiche neue videoassistierte Geräte entwickelt. Eines dieser Geräte ist das Truview PCD™-R, das durch die Nutzung eines optischen Systems einen indirekten Blick auf die Glottisebene ermöglicht. Bei der Intubation mit dem Truview PCD™-R muss, wie auch bei anderen Videolaryngoskopen ohne Tubusleitschiene, zur Tubusplatzierung in der Trachea eine Tubuseinführhilfe verwendet werden. Auf dem Markt werden inzwischen zahlreiche Einführhilfen angeboten. Auch in der Literatur werden unterschiedliche Methoden der Tubusplatzierung mittels Einführhilfen beschrieben. Studien, bei denen verschiedene Tubuseinführhilfen miteinander verglichen werden, existieren bislang jedoch nur wenige. Die im Handel erhältlichen Videolaryngoskope unterscheiden sich in ihrer Bauweise und Handhabung. Was im Rahmen von Studien über ein Gerät herausgefunden wird, gilt deshalb nicht automatisch für alle anderen. Nach unserem Kenntnisstand gab es vor dieser Untersuchung keine Studie, in der verschiedene Tubuseinführhilfen, die jeweils eine andere Einführtechnik erforderlich machen, während der Intubation mit dem Truview PCD™-R-Videolaryngoskop verglichen wurden.

Die vorliegende Untersuchung erfolgte an einem Normalkollektiv von 111 erwachsenen Patienten im Alter zwischen 18 und 85 Jahren. Als Tubuseinführhilfen kamen entweder ein Parker Flex-It™, ein sogenannter „Hockeyschläger“ oder ein fiberoptisches Bronchoskop zum Einsatz. Der Vergleich der drei Einführhilfen erfolgte anhand von Intubationserfolg, Intubationsdauer, Schwierigkeit der Tubusplatzierung und postoperativen Komplikationen. Dabei zeigte sich für den Einsatz der Fiberoptik eine signifikant längere Intubationsdauer gegenüber dem Einsatz des „Hockeyschlägers“ und des Parker Flex-It™ bei ansonsten weitgehend vergleichbaren Ergebnissen.

5.1 Erfolgsraten (Technische Durchführbarkeit)

Im Rahmen unserer Untersuchungen mit dem Truview PCD™-R-Videolaryngoskop konnten in allen drei Gruppen alle Patienten intubiert werden. Da aber eine Intubationsdauer von über 120 s ein Abbruchkriterium darstellte, wurde in Gruppe 1 und 3 jeweils ein Patient aus der Wertung ausgeschlossen. Die Erfolgsraten betragen 97,2% in der Parker Flex-It™-Gruppe, 100% in der „Hockeyschläger“-Gruppe und 97,2% in der Fiberoptik-Gruppe.

In einer Simulatorstudie hatte ein Teil unserer Arbeitsgruppe bereits die Tubuseinführhilfen „Hockeyschläger“ und Parker Flex-It™ bei der Intubation mit einem McGrath®-Videolaryngoskop in fünf unterschiedlich schwierigen Atemwegsszenarien untersucht⁸⁷. 20 Anästhesisten ohne videolaryngoskopische Vorerfahrung führten 200 Intubationen an einem SimMan (Laerdal GmbH, Puchheim, Deutschland) durch. Insgesamt erzielten sie eine signifikant höhere Erfolgsrate für den Parker Flex-It™ mit 96% als für den „Hockeyschläger“ mit 79%. Schaut man sich allerdings die Szenarien mit Lagerung des Kopfes in Neutralposition und in „Schnüffelposition“ an, also die Szenarien mit normalem Atemweg, so ergaben sich hier ähnliche Erfolgsraten wie bei vorliegender Studie und keine signifikanten Unterschiede zwischen Parker Flex-It™ (Erfolgsrate 100%) und „Hockeyschläger“ (98%).

Turkstra und Kollegen verglichen ebenfalls einen Parker Flex-It™ mit einem „Hockeyschläger“. Sie intubierten 80 Patienten ohne Hinweise auf schwierige Intubation mit einem GlideScope®-Videolaryngoskop (Verathon Medical, Bothell, WA, USA)¹¹⁷. Von 40 Intubationen mit dem Parker Flex-It™ waren drei nicht erfolgreich, konnten aber im zweiten Versuch mithilfe eines „Hockeyschlägers“ intubiert werden. In der „Hockeyschläger“-Gruppe konnten alle Patienten intubiert werden. Die ausführenden Anästhesisten hatten bereits im Vorfeld mehr Erfahrung mit dem „Hockeyschläger“ gesammelt, was erklären könnte, warum mit diesem ein höherer Intubationserfolg erzielt werden konnte.

McElwain und Kollegen führten eine Untersuchung durch, bei der 10 Anästhesisten mit einem C-MAC®-Videolaryngoskop (Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland) einen Simulator in vier Atemwegsszenarien mit zunehmender Intubationsschwierigkeit intubierten. Die Anästhesisten hatten davor noch nie ein C-MAC® verwendet. Als Einführhilfen dienten unter anderem ein Parker Flex-It™ und ein „Hockeyschläger“. Beim normalen Atemwegsszenario erhielten sie mit beiden Führungsstäben eine Erfolgsrate von 100% beim ersten Intubationsversuch⁶⁸. Da bei unserer Studie die Intubationsbedingungen betreffend ein Normalkollektiv untersucht wurde, kommt für den Vergleich unserer Ergebnisse mit denen von McElwain et al. am ehesten das Szenario mit simuliert normalem Atemweg in Betracht. Trotzdem ist ein Vergleich nur eingeschränkt möglich, da es sich beim C-MAC® um ein Videolaryngoskop mit einem Macintosh-Spatel handelt. Es ist bereits bekannt, dass bei Videolaryngoskopen, die einen Macintosh-Spatel verwenden, anders als bei Geräten mit stärker gekrümmtem Spatel, der Tubus nicht unbedingt mit einem Führungsstab ausgestattet werden muss¹¹⁹. Dies bestätigte sich auch bei McElwain et al.. So erbrachte die Verwendung eines Führungsstabes beim normalen Atemwegsszenario für die Intubation mit dem C-MAC® keine Vorteile gegenüber der Intubation ohne Einführhilfe. Erst bei den schwierigeren Szenarien erwies sich ein

Führungsstab als vorteilhaft. Hier waren die Erfolgsraten mit dem „Hockeyschläger“ höher als mit dem Parker Flex-It™. Bei dem verwendeten „Hockeyschläger“ handelte es sich um einen Führungsstab, der in einem Winkel von 100°, statt wie bei uns im 90°-Winkel, vorgebogen wurde⁶⁸.

In einer 2015 veröffentlichten Studie an Patienten, die sich einem elektiven chirurgischen Eingriff unterzogen und bei denen ein normaler Atemweg erwartet wurde, konnten alle Patienten erfolgreich intubiert werden. In Kombination mit einem GlideScope®-Videolaryngoskop kamen ein Parker Flex-It™ und ein hockeyschlägerartig gebogener GlideRite-Führungsstab (Verathon Medical), der speziell für das GlideScope® entwickelt wurde, zum Einsatz. Es galten dieselben Abbruchkriterien wie bei uns¹⁰⁰.

Jones und Arbeitsgruppe konnten während ihren Untersuchungen, bei denen sie unter anderem verschiedene Tubuskrümmungen während der Intubation mit einem GlideScope® beurteilten, von 100 Patienten 99 erfolgreich innerhalb eines definierten Zeitraums von 150 s mit einem mittels Führungsstab hockeyschlägerartig gebogenen Tubus intubieren. Die Intubierenden waren unterschiedlich erfahren mit dem Glidescope®. Die einzige misslungene Intubation mit dem „Hockeyschläger“ war von einem unerfahrenen Anästhesisten ausgeführt worden⁴⁷. Dieselbe Arbeitsgruppe konnte in einer weiteren Studie alle 38 Patienten, bei denen ein „Hockeyschläger“ zum Einsatz kam, erfolgreich mit dem GlideScope® intubieren. Die Anästhesisten hatten im Vorfeld mindestens 15 Intubationen mit dem GlideScope® durchgeführt¹¹⁶. Eine weitere Untersuchung im klinischen Setting, bei der ebenfalls zwei Autoren der beiden zuvor genannten Studien beteiligt waren, ergab für einen „Hockeyschläger“ in Verbindung mit einem GlideScope®-Videolaryngoskop eine Intubationserfolgsrate von 93,3%. Die ausführenden Anästhesisten befanden sich noch in der Ausbildung und waren im Umgang mit dem GlideScope® unerfahren. Die Patienten, bei denen die Intubation fehlgeschlagen war, konnten danach ohne Probleme von erfahreneren Anästhesisten intubiert werden⁴⁸.

Auch Dupanović und Kollegen führten Untersuchungen an insgesamt 120 Patienten, die sich einem elektiven chirurgischen Eingriff unterzogen, durch. In Kombination mit einem GlideScope®-Videolaryngoskop wurde neben einem im 60°-Winkel gebogenen Führungsstab auch ein in Hockeyschlägerkonfiguration gebogener Führungsstab verwendet. Von 60 Patienten, bei denen der „Hockeyschläger“ verwendet wurde, konnten 59 innerhalb des vordefinierten Zeitrahmens von 62 s intubiert werden (Erfolgsrate 98,3%)³³. Der Zeitrahmen dieser Studie war damit deutlich strenger gewählt als bei unserer Untersuchung. Bei einem großzügigeren Zeitrahmen wäre ebenfalls eine Erfolgsrate von 100% für den „Hockeyschläger“ erreicht worden³³.

Neben Erkenntnissen über Parker Flex-It™ und „Hockeyschläger“, die in der Vergangenheit bereits Gegenstand einiger Untersuchungen waren, sollte vorliegende Studie neue Erkenntnisse zum Einsatz eines fiberoptischen Bronchoskops erbringen. Die Literatur bietet nur einige Fallberichte über den simultanen Gebrauch eines Videolaryngoskops und einer Fiberoptik in dem Sinne, dass das Laryngoskop zur Visualisierung der Strukturen im Intubationsgebiet und die Fiberoptik als reine Einführhilfe für den Tubus verwendet wird. Die Autoren konnten mithilfe dieses Konzepts erfolgreich intubieren, trotz teilweise extrem schwierigen Intubationsbedingungen unter denen vorausgehende Versuche der Atemwegsicherung bereits fehlgeschlagen waren^{72; 99; 121}.

Berücksichtigt man beim Vergleich unserer Ergebnisse mit denen vorausgehender Studien Faktoren wie Intubationserfahrung der intubierenden Anästhesisten und Atemwegseigenschaften der Patienten, so bestätigen unsere Ergebnisse die aktuelle Datenlage.

Die hohen Erfolgsraten, die wir mit allen drei untersuchten Einführhilfen erhielten, deuten darauf hin, dass alle drei grundsätzlich zur effektiven Unterstützung der Intubation mit dem Truview PCD™-R bei Patienten mit normalen Atemwegen in Frage kommen. Weitere Studien mit dem Truview PCD™-R müssen das Verhalten der Einführhilfen beim schwierigen Atemweg und während der Intubation durch unerfahrene Anwender überprüfen.

5.2 Gesamtdauer der Intubation

Anders als mit den Erfolgsraten der verwendeten Einführhilfen verhielt es sich mit der Intubationsdauer. Zwar zeigten sich für Parker Flex-It™ mit $34,3 \pm 16,3$ s und „Hockeyschläger“ mit $35,2 \pm 16,2$ s keine signifikanten Unterschiede, allerdings dauerte die Intubation mittels Fiberoptik mit $46,4 \pm 18,4$ s deutlich länger. Dieser Zeitunterschied lässt sich dadurch erklären, dass nach dem laryngoskopischen Einstellen der Stimmritze ein Helfer das Laryngoskop übernehmen muss, da der Anästhesist für die Intubation mit der Fiberoptik beide Hände benötigt.

In der Untersuchung am Simulator von Reus et al. ergab die Messung der Intubationsdauer für den Parker Flex-It™ ähnliche Werte wie bei uns⁸⁷. Mit dem „Hockeyschläger“ dauerte der Vorgang im Mittel etwas länger als mit dem Parker Flex-It™. Dieser Zeitunterschied war allerdings nicht signifikant. Möglicherweise ist der Unterschied darauf zurückzuführen, dass die Anästhesisten mit der Videolaryngoskopie ungeübt waren und ihnen deshalb das seitliche Einführen des hockeyschlägerförmigen Tubus mit anschließender Drehung unter indirekter Sicht schwerer fiel. Zumindest wurde der

Parker Flex-It™ bei der nachfolgenden Bewertung hinsichtlich Praktikabilität besser beurteilt. Die Intubation dauerte mit dem Parker Flex-It™ $35,2 \pm 10,0$ s bei Lagerung des Kopfes in Schnüffelposition und $33,9 \pm 12,7$ s in Neutralposition. Für den „Hockeyschläger“ lagen die Zeiten bei $41,2 \pm 18,8$ s in Schnüffel- und $38,4 \pm 22,1$ s in Neutralposition. Bei den intubationstechnisch schwierigeren Szenarien „Zungenschwellung“ und „Schwellung im Rachenraum“ bestand im Vergleich zu den einfacheren Szenarien eine Tendenz hin zu einer längeren Intubationsdauer mit $45,4 \pm 22$ s bzw. $41,5 \pm 19,2$ s mit dem Parker Flex-It™ und $42,7 \pm 19,2$ s bzw. $44,4 \pm 20,1$ s mit dem „Hockeyschläger“. In vorliegender Studie wurde ein Normalkollektiv untersucht. Um die Auswirkung von schwierigen Intubationsbedingungen auf die Dauer der Intubation mit dem Truview PCD™-R in Kombination mit den Einführhilfen Parker Flex-It™, „Hockeyschläger“ und Fiberoptik zu evaluieren, bedarf es weiterer Untersuchungen.

Ähnliche Ergebnisse für den Parker-Flex-It™ wie in der vorliegenden Untersuchung erhielten auch Sheta und Kollegen¹⁰⁰. Ihre Intubationen mit dem GlideScope®, die wie bei uns von erfahrenen Anästhesisten durchgeführt wurden, dauerten im Mittel $36,4 \pm 5,9$ s. Gestoppt wurde ab dem Einführen des Laryngoskopspatels in die Mundhöhle der Patienten bis zum Nachweis von CO₂ (mindestens 30 mmHg) auf dem Anästhesiemonitor. Damit erfolgte die Terminierung der Messung etwas später als bei der vorliegenden Studie, bei der die Intubationsdauer als Zeit vom Einführen des Spatels bis zum Anschluss des Tubus an das Beatmungsgerät definiert war. Der dadurch zu erwartende Zeitunterschied ist gering.

In einer weiteren Studie zeigten sich beim Vergleich von Parker Flex-It™ und „Hockeyschläger“ bei der Intubation mit einem GlideScope® signifikant kürzere Intubationszeiten mit dem „Hockeyschläger“¹¹⁷. Die mediane Intubationsdauer lag bei 41,2 s (Interquartilsabstand, IQR 30-51) für den Parker Flex-It™ und 32,4 s (IQR 28-42) für die Intubation mit dem „Hockeyschläger“. Die meisten Anwender hatten mehr Erfahrung in der Handhabung eines hockeyschlägerartig gebogenen Führungsstabes als in der des Parker Flex-It™. Bei unserer Untersuchung hatten die beiden Anästhesisten hingegen etwa gleiche Vorerfahrung mit allen verwendeten Einführhilfen.

Bei McElwain et al. kamen für die Intubation mit einem C-MAC®-Videolaryngoskop neben einem Parker Flex-It™ und einem „Hockeyschläger“ auch ein Tubus ohne Führungsstab und ein Führungsstab ohne Krümmung zum Einsatz⁶⁸. Für die Intubation des Simulators bei normalem Atemwegsszenario ergaben sich keine signifikanten Zeitunterschiede zwischen den genannten Führungsstabstrategien. Bei den Szenarien mit schwierigem Atemweg zeigten sich jedoch deutlich kürzere Intubationszeiten, wenn der Tubus mit einem Parker Flex-It™ oder einem „Hockeyschläger“ versehen war. Insgesamt gelang die Intubation am schnellsten, wenn ein „Hockeyschläger“ verwendet

wurde. Beim Atemweg mit simulierter Zungenschwellung betrug die mediane Intubationszeit 36 s (IQR 18-48) für den Parker Flex-It™ und 23 s (IQR 17-34) für den „Hockeyschläger“. Beim Szenario mit Zungenschwellung plus immobilisierter Halswirbelsäule betrug die Dauer mit dem Parker Flex-It™ 21 s (IQR 15-60) und mit dem „Hockeyschläger“ 18 s (IQR 15-22).

Eine weitere Studie mit dem GlideScope® wurde an Patienten, die sich elektiven Eingriffen in unterschiedlichen chirurgischen Disziplinen unterzogen, und mit Anästhesisten unterschiedlichen Erfahrungsgrades durchgeführt. Es kam unter anderem ein „Hockeyschläger“ zum Einsatz. Die Intubation mit diesem, gemessen vom Passieren der Lippen mit dem Spatel bis zum kapnometrischen Nachweis von mindestens 30 mmHg CO₂, dauerte im Mittel 47.1 ± 21.2 s⁴⁷. Bei einer weiteren Untersuchung der Arbeitsgruppe ebenfalls mit dem GlideScope® und erfahrenen Anästhesisten betrug die mediane Intubationsdauer mit dem „Hockeyschläger“ 39,9 s (IQR 34,1-48,2)¹¹⁶. In einer Folgeuntersuchung, bei der im Umgang mit dem GlideScope® unerfahrene Anwender intubierten, dauerte die Intubation mit dem „Hockeyschläger“ mit 61 s (IQR 49-75) deutlich länger⁴⁸. Bei vorliegender Studie wurden die Intubationen nur von erfahrenen Anwendern ausgeführt. Es ist zu vermuten, dass es auch zu einer Verlängerung der Intubationszeiten mit dem Truview PCD™-R und den von uns verwendeten Einführhilfen kommen würde, würden unerfahrene Anwender intubieren. Um dies zu belegen, sind weitere Studien nötig.

Die Fiberoptik schnitt, den Endpunkt Intubationsdauer betreffend, schlechter ab als die beiden Führungsstäbe. Leider gibt es bislang keine vergleichenden Studien mit verschiedenen Einführhilfen, bei denen eine Fiberoptik zum Einsatz kommt.

5.3 Definierte Teilabschnitte der Intubation

Neben der Ermittlung der Intubationsgesamtdauer, wurde in unserer Untersuchung auch die Dauer von Einzelschritten der Intubation gemessen. Dadurch sollten Unterschiede in der Handhabung der drei verwendeten Einführhilfen eruiert werden.

Teilabschnitt 1 - Einführen des Laryngoskopspatels in die Mundhöhle

Das Einführen des Spatels in die Mundhöhle des Patienten dauerte in allen drei Gruppen ähnlich lange. Bei allen Patienten wurde ein Spatel derselben Größe verwendet. Zu diesem Zeitpunkt der Intubation spielten die Einführhilfen noch keine Rolle. Hinsichtlich des verwendeten Materials bestanden also dieselben Rahmenbedingungen in allen drei Gruppen. Im Vorfeld der Studie war bei allen Patienten eine Untersuchung der Atem-

wege erfolgt und bezüglich der Patienteneigenschaften bestanden zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Trotzdem kann im Vorfeld einer Intubation nie ausgeschlossen werden, dass der Intubierende mit unerwarteten Schwierigkeiten konfrontiert wird. So können beispielsweise von außen nicht sichtbare und dadurch bei der Voruntersuchung nicht feststellbare anatomische oder strukturelle Veränderung im Bereich von Rachen oder Kehlkopf die Platzierung des Spatels und dadurch die Intubationsgesamtdauer verlängern. Die Folge wäre eine Verzerrung der Ergebnisse. Da sich die Zeiten für das Einführen des Spatels zwischen den Gruppen jedoch kaum unterschieden, konnte ein solcher Fall ausgeschlossen werden.

Teilabschnitt 2 - Laryngoskopische Einstellung der Stimmritze

Die laryngoskopische Einstellung der Stimmritze verlief in allen drei Gruppen ähnlich gut. Die gemessenen Zeiten unterschieden sich nicht signifikant. Auch in Hinblick auf die Sichtverhältnisse bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Somit konnte auch bei diesem Schritt der Intubation ausgeschlossen werden, dass zwischen den Patienten Unterschiede bestanden, die im Rahmen von Atemwegsanamnese und -untersuchung nicht festgestellt worden waren.

Bei fast allen Patienten wurden die Sichtverhältnisse als Grad I oder II nach Cormack und Lehane beurteilt. Nur bei einem Patienten der „Hockeyschläger“-Gruppe beurteilte der Anästhesist die Sichtverhältnisse als Grad III. Damit bestätigte sich auch während unserer Untersuchung, was in der Literatur bereits beschrieben wurde, dass mit dem Truview PCD™-R eine gute bis sehr gute indirekte Sicht auf die Glottis erreicht werden kann^{7; 59}.

Zu Beginn der Studie musste die Intubation mehrmals abgebrochen werden, weil trotz eines kontinuierlichen Sauerstoffflusses über den Sauerstoffleiter des Laryngoskopspatels Kondenswasser auf der Optik die Sicht behinderte. Auch andere Autoren beschreiben dieses Problem^{65; 104}. Im Verlauf der Untersuchung lösten wir es, indem vor jeder Intubation der Sauerstoffleiter des Spatels für eine Minute mit Druckluft durchströmt wurde.

Teilabschnitt 3 - Einführen des Tubus bis zur Platzierung vor der Glottisebene

Das Einführen des Tubus vor die Glottisebene dauerte mit der Fiberoptik etwa doppelt so lange wie mit dem Parker Flex-It™ oder dem „Hockeyschläger“. Dieser Unterschied war signifikant. Die Zeiten für den „Hockeyschläger“ und für den Parker Flex-It™ waren vergleichbar. Die anschließende Schwierigkeitsbeurteilung durch den ausführenden Anästhesisten korreliert mit diesen Ergebnissen. Die beiden Anästhesisten gaben häufiger an, bei diesem Abschnitt der Intubation mit der Fiberoptik Probleme gehabt zu

haben als mit den anderen beiden Einführhilfen. Diese Probleme stuften sie überwiegend als geringgradig ein. Insgesamt fiel die Bewertung des „Hockeyschlägers“ am besten aus.

Dieser Schritt der Intubation ist mit der Fiberoptik deutlich aufwendiger als mit Parker Flex-It™ und „Hockeyschläger“. Der Anästhesist benötigt beide Hände. Ein Helfer muss das Laryngoskop übernehmen, sobald die Glottisebene laryngoskopisch bestmöglich vom Anästhesisten eingestellt ist. Der Anästhesist schiebt mit einer Hand den flexiblen Anteil des Bronchoskops im Intubationsgebiet vor, mit der anderen bedient er die bewegliche Spitze des Bronchoskops mittels Daumenhebel. Bei der Übergabe des Laryngoskops muss darauf geachtet werden, dass dieses in seiner Position nicht verändert wird, um die Sichtverhältnisse auf die Glottisebene nicht zu verändern.

Teilabschnitt 4 - Passieren der Glottisebene unter Zuhilfenahme der Einführhilfe

Den Tubus bzw. den flexiblen Anteil der Fiberoptik durch die Stimmbänder hindurch in die Trachea einzuführen, dauerte mit „Hockeyschläger“ und Fiberoptik ähnlich lange und am längsten mit dem Parker Flex-It™. Ein signifikanter Unterschied bestand aber nur für den Vergleich von Parker Flex-It™ und Fiberoptik. Das Passieren der Glottisebene fand in der Fiberoptik-Gruppe nur mit dem flexiblen Anteil der Fiberoptik statt. Der auf den flexiblen Teil des fiberoptischen Bronchoskops aufgebrachte Tubus passierte die Glottisebene noch nicht. In den anderen beiden Gruppen war es die Tubusspitze, die bei diesem Abschnitt der Intubation zwischen den Stimmbändern hindurchgeschoben wurde. Der flexible Anteil der Fiberoptik ist dünner und biegsamer als die Tubusspitze. Über den Daumenhebel der Fiberoptik sind präzise Bewegungen der flexiblen Spitze sehr geringen Bewegungsausmaßes möglich. Mit dem Parker Flex-It™ sind zwar eine Anpassung des Krümmungsgrades des Tubus sowie Auf- und Abwärtsbewegungen der Tubusspitze möglich, allerdings ist das Ausmaß der Bewegung weniger präzise kontrollierbar als mit der Fiberoptik. Dies könnten Gründe sein, weshalb die Fiberoptik bei diesem Teil der Intubation etwas besser abschnitt. Leider wurde dieser Sachverhalt in der Literatur bislang nicht beschrieben. Es existieren keine Untersuchungen, bei denen die drei von uns verwendeten Einführtechniken verglichen wurden und außerdem eine Unterteilung der Intubation in Einzelschritte vorgenommen wurde.

Teilabschnitt 5 - Platzierung des Tubus in der Trachea

Die Platzierung des Tubus in der Trachea war mit dem Parker Flex-It™ und mithilfe des fiberoptischen Bronchoskops ähnlich gut und schnell möglich. Die Zeiten unterschieden sich nicht signifikant ($2,8 \pm 1,5$ s und $3,5 \pm 2,4$ s). Dies ist interessant, schaut man sich die einzelnen notwendigen Arbeitsschritte im Vergleich an. Im vorausgehenden Intubationsschritt war der Tubus bzw. das flexible Ende der Fiberoptik zwischen den

Stimmbändern hindurch im oberen Teil der Trachea platziert worden. Beim Parker Flex-It™ beendete der Anästhesist die Druckausübung durch den Daumen auf das obere Ende des Stabes. Dadurch erhielt der Tubus, der infolge der Druckausübung gekrümmt worden war, seine Ausgangsform zurück. Danach konnte er leicht in der Trachea vorgehoben werden. Bei der Fiberoptik wurde zunächst deren flexibles Ende weitere 5 cm in die Trachea eingebracht. Danach wurde der mit einem Klebestreifen fixierte Tubus gelöst und entlang der Fiberoptik über die Stimmritze in die Trachea eingebracht. Bei diesem Vorgang wurde die Glottis einmal mit der Fiberoptik selbst und danach noch einmal mit dem Tubus passiert. Obwohl also ein zusätzlicher Arbeitsschritt notwendig war, entstand kein relevanter Zeitverlust.

Anders verhielt es sich mit dem „Hockeyschläger“. Mit einer mittleren Dauer von $7,4 \pm 7,1$ s dauerte die Platzierung des Tubus mit diesem signifikant länger als mit den beiden anderen Techniken. Bedingt durch die extreme Biegung des Tubus stößt dessen Spitze an die vordere Trachealwand und kann dort beim Vorschieben zu Verletzungen führen. Deshalb muss der Führungsstab nach Passieren der Glottis innerhalb des Tubus zurückgezogen werden^{31; 102}. Das Zurückziehen des Führungsstabes muss von einem Helfer ausgeführt werden. Durch die starke Biegung des Führungsstabes war ein gewisser Kraftaufwand nötig bis die Biegung soweit aufgehoben war, dass sich der Stab im Inneren des Tubus bewegte. Die gegenüber den anderen beiden Einführhilfen entstandene Zeitverzögerung spiegelte sich auch in der Bewertung der beiden Anästhesisten wider. Sie gaben signifikant häufiger an, bei diesem Intubationsschritt Probleme gehabt zu haben, als bei der Intubation mit dem Parker Flex-It™ und der Fiberoptik.

Teilabschnitt 6 - Entfernen der Einführhilfe

Die Zeiten, die für das Herausziehen der Einführhilfen aus dem Tubuslumen gemessen wurden, unterschieden sich nicht signifikant. Dieser letzte Schritt der Intubation war mit allen drei Einführtechniken unproblematisch.

5.4 Beurteilung der Schwierigkeit durch den Anästhesisten

Die Platzierung des Tubus erfolgt bei der Videolaryngoskopie unter indirekter Sicht, was gute Koordination erfordert und gerade unerfahrenen Anwendern Schwierigkeiten bereiten kann^{7; 9; 11; 122}. Zudem kann die Platzierung eines Tubus mit Führungsstab Probleme bereiten und erfordert Übung^{7; 66; 107}.

Anwenderzufriedenheit ist keine objektiv messbare Größe. Die Einschätzungen hängen davon ab, wie häufig ein Anwender bereits eine Technik ausgeführt hat. Die Anästhesisten bei McElwain et al. bewerteten „Hockeyschläger“ und Parker Flex-It™

gleich gut, auch beim schwierigen Atemweg⁶⁸. Die Anästhesisten bei Turkstra et al., von denen die meisten mehr Intubationserfahrung mit dem „Hockeyschläger“ hatten, bewerteten diesen zwar insgesamt besser als den Parker Flex-It™, was aber nicht von statistischer Signifikanz war¹¹⁷. Anders verhielt es sich bei Reus und Kollegen. Bei den mit der Videolaryngoskopie unerfahrenen Anwendern fiel das Urteil zugunsten des Parker Flex-It™ aus, mit dem auch eine signifikant höhere Intubationserfolgsrate erreicht wurde. Sie gaben an, den Parker Flex-It™ dem „Hockeyschläger“ sowohl bei Routineintubationen als auch im Notfalleinsatz und beim erwartet sowie unerwartet schwierigen Atemweg vorzuziehen⁸⁷. Auch bei Sheta et al. beurteilten die Anästhesisten die Intubation mit dem Parker Flex-It™ als leichter im Vergleich zur Intubation mit dem hockeyschlägerartig rechtwinklig gebogenen GlideRite®-Führungsstab. Die Anwender hatten genauso viel Intubationserfahrung mit dem GlideRite®-Führungsstab wie mit dem Parker Flex-It™. Es wird darauf hingewiesen, dass die Anwender den Parker Flex-It™ vermutlich deshalb bevorzugten, weil sie mit diesem kontinuierlich die Krümmung des Tubus an den Atemweg anpassen konnten. Was die Fiberoptik betrifft, gibt es in diesem Zusammenhang bislang keine Daten.

Bei vorliegender Untersuchung ergaben sich signifikante Unterschiede der Intubationsdauer beim Einführen des Tubus bis zu dessen Platzierung vor der Glottisebene, wo die Fiberoptik am schlechtesten abschnitt und bei der Platzierung des Tubus in der Trachea, wo der „Hockeyschläger“ am schlechtesten bewertet wurde. Dies korreliert mit einer jeweils längeren Dauer von Teilabschnitt 3 mit der Fiberoptik und Teilabschnitt 5 mit dem „Hockeyschläger“. Ursächlich war bei der Fiberoptik die Notwendigkeit der Übergabe des Laryngoskops an einen Helfer, beim „Hockeyschläger“ das Zurückziehen des stark gekrümmten Führungsstabs innerhalb des Tubus, um keine Verletzungen der Trachealwand zu provozieren. Im Falle des „Hockeyschlägers“ könnte es möglicherweise helfen, mehr Gleitmittel zu verwenden. Es scheint hingegen keinen Sinn zu ergeben, einen biegsameren Führungsstab zu verwenden. Es wurde bereits darüber berichtet, dass die Intubation mit einem Stab aus flexiblem Material schwerer sein kann, da dieser unter Umständen die gewünschte Vorbiegung während der Intubation nicht beibehält¹⁰². Im Umgang mit der Fiberoptik sollte der Assistent im Vorfeld darauf aufmerksam gemacht werden, dass er nicht stärker am Laryngoskop zieht als notwendig und sich so positioniert, dass er das Laryngoskop mit möglichst wenig Kraftaufwand in seiner Position halten kann. Bei Teilabschnitt 4 dauerte die Intubation mit dem Parker Flex-It™ signifikant länger als mit der Fiberoptik. Auf die Beurteilung der Anästhesisten hatte dies keinen Einfluss.

5.5 Postoperative Patientenbefragung und -untersuchung zur Evaluation von Intubationskomplikationen

Ein wichtiger Aspekt bei der Beurteilung einer Behandlungsstrategie ist die Evaluation von unerwünschten Ereignissen und Komplikationen. Hua und Kollegen analysierten 563 190 Fälle der Jahre 2005 bis 2008 aus der Datenbank des American College of Surgeons' National Surgical Quality Improvement Program (ACS NSQIP), um Inzidenz und Risikofaktoren traumatischer Ereignisse im Rahmen der Atemwegsicherung zu bestimmen. Die von Hua und Kollegen verwendete Sammlung des ACS NSQIP beinhaltete Daten über demographische Patienteneigenschaften, prä- und intraoperative Variablen sowie postoperative Morbidität und Mortalität, die im Rahmen verschiedener chirurgischer Eingriffe von 251 Kliniken erhoben worden waren. Atemwegstraumen traten in 0,2% der Fälle auf, wobei diese nur als Verletzungen der oberen Atemwege definiert waren. Auch wurde nicht unterschieden ob die Atemwege mittels Endotrachealtubus oder supraglottischer Atemwegshilfe gesichert worden waren. Am häufigsten konnten Lippenverletzungen (61,4%) gefolgt von Zahnschäden (26,1%) identifiziert werden. Seltener lagen Zungenverletzungen (5,7%) und Verletzungen im Bereich von Rachen (4,7%) und Kehlkopf (2,1%) vor. Als Risikofaktoren konnten neben einem hohen Patientenalter ein Mallampati-Grad von III oder höher identifiziert werden, also ein Grad ab dem mit einer schwierigen Intubation gerechnet werden muss⁴⁴.

Domino und Kollegen analysierten 4460 Fälle des ASA (American Society of Anesthesiologists) Closed Claims Project des Zeitraums 1961 bis 1996. Grundlage der ASA Closed Claims Datenbank sind abgeschlossene Fälle von 35 US-amerikanischen Haftpflichtversicherungsgesellschaften. Die Datenbank dient der Evaluation von Komplikationen im anästhesiologischen Bereich. Bei 266 (6%) der 4460 untersuchten Fälle waren Atemwegsverletzungen ursächlich für eine Klage. In 39% der Fälle bestand ein Zusammenhang mit einer schwierigen Intubation. Am häufigsten waren Verletzungen im Bereich des Kehlkopfes (33%), gefolgt von Rachen- (19%), Speiseröhren- (18%) und Luftröhrenverletzungen (15%). 10% der Klagen betrafen das Kiefergelenk. Die meisten dieser Komplikationen blieben ohne Folgeschäden (87%). 8% hatten den Tod des Patienten zur Folge³⁰.

Verletzungen von Lippen, Mundschleimhaut, Zunge, Kehldeckel und des oberen Rachenraums können beim Einführen des Laryngoskopspatels oder des Endotrachealtubus in den Mund entstehen. Manipulationen am Laryngoskop beim Versuch eine Sichtverbesserung zu erzielen, können Gewebeschäden verursachen¹²³. Auch die oberen Schneidezähne sind gefährdet²⁷. Im Rahmen der direkten Laryngoskopie werden zum Einstellen einer direkten Sichtachse die vorderen Larynxstrukturen nach vorne gezogen⁹. Barak et al. fanden während ihrer Untersuchungen mit einem Truview EVO™-

Videolaryngoskop, einem Vorgängermodell des Truview PCD™-R, und einem Macintosh-Laryngoskop heraus, dass Anästhesisten während der Laryngoskopie mehr Kraft aufwenden, wenn diese schwierig ist⁹. Das Truview EVO™-Videolaryngoskop ermöglicht eine indirekte Sicht auf die Glottis, was in einem geringeren Krafteinsatz verglichen mit der direkten Laryngoskopie resultierte. Dadurch kam es signifikant seltener zu Lippen- und Zahnfleischverletzungen. Auch Verletzungen des Weichgewebes traten seltener auf. Auch Russell und Kollegen konnten zeigen, dass mit einem Videolaryngoskop weniger Krafteinsatz verglichen mit einem Macintosh-Laryngoskop bei gleichen oder besseren Sichtverhältnissen erforderlich ist⁹¹. Weitere Studien weisen darauf hin, dass durch Videolaryngoskope auch das Risiko für Zahnschäden reduziert werden kann^{1; 66; 76}.

Möglicherweise kann durch den Einsatz von Videolaryngoskopen das Auftreten von Komplikationen reduziert werden. Trotzdem sind allgemeingültige Aussagen bislang schwierig. Die Angaben in der Literatur sind teilweise widersprüchlich, zudem handelt es sich bei vielen Veröffentlichungen um Einzelfallberichte. Diese Berichte betreffen beinahe ausschließlich Intubationen, bei denen ein GlideScope®-Videolaryngoskop benutzt wurde. Häufig werden die verwendeten Führungsstäbe nicht näher bezeichnet. Greer et al. analysierten 19 Einzelfallberichte der englischsprachigen Literatur, bei denen während des Einsatzes videolaryngoskopischer Verfahren Komplikationen aufgetreten waren. Die meisten Verletzungen traten im Bereich von Zungenbasis, Gaumen und Gaumenmandeln auf. Die Schwere der Schäden reichte von oberflächlichen Risswunden, die konservativ behandelt werden konnten, bis hin zu perforierenden Verletzungen, die chirurgisch therapiert werden mussten³⁸. Auch Verletzungen im Bereich des Rachens können auftreten¹¹¹. Als Grund für das Auftreten von Verletzungen dieser Art und Lokalisation wird in der Literatur das zunächst blinde Einführen und Vorschieben des Tubus im Intubationsgebiet genannt. Blind deshalb, weil der Ausführende häufig viel zu früh auf den Monitor konzentriert ist, obwohl der Tubus erst nach Passieren des Mund-Rachenraums visuell auf dem Monitor verfolgt werden kann^{20; 27; 64; 120}. Vermutet wird auch, dass gerade der Einsatz von starren Führungsstäben ein erhöhtes Verletzungsrisiko birgt¹²⁰. Besonders gefährdet sehen Chin et al. zudem Patienten mit Faktoren wie kompletter Zahnstatus, kleiner Mund und große Zunge, also Eigenschaften die die Platzverhältnisse im Mund des Patienten einengen und damit das Hantieren mit dem Tubus erschweren. Gleichzeitig sind dies aber auch Fälle, bei denen in Erwartung einer erschwerten direkten Laryngoskopie gerne ein Videolaryngoskop eingesetzt wird²⁰. Auch bei anderen Autoren, die über Komplikationen nach erfolgter Intubation mittels Videolaryngoskop berichten, lagen schwierige Atemwegsverhältnisse vor^{27; 64; 120}. Um Verletzungen vorzubeugen, sollten Einführen und Vorschieben des Tubus vorsichtig und ohne Kraftaufwand unter direkter visueller Kontrolle erfolgen^{20; 27; 32; 64; 120}. Erst wenn die

Tubusspitze das direkte Sichtfeld verlässt, darf der Blick auf den Monitor gerichtet werden^{64; 120}. Insbesondere wenn Schwierigkeiten auftreten, muss nach erfolgter Intubation eine sorgfältige Inspektion durchgeführt werden, um mögliche Verletzungen nicht zu übersehen²⁰. Weiter wird empfohlen darauf zu achten, dass beim Vorschieben des Tubus die Tubusspitze möglichst nahe am Spatel bleibt oder einen Tubus mit flexibler Spitze zu verwenden^{32; 64}. Auch ist darauf zu achten, dass der Führungsstab nicht aus dem Tubus herausragt. Bei einer Studie zum Vergleich von Parker Flex-It™-Führungsstab und „Hockeyschläger“ in Kombination mit dem GlideScope® kam es bei einem Patienten, der mit dem Parker Flex-It™ intubiert worden war, zu einer 7 mm langen Abrasion der Rachenschleimhaut. Der Führungsstab hatte 5 mm aus dem Tubus herausgeragt¹¹⁷.

Neben der Analyse von Einzelfallberichten verglichen Greer et al. die Akten von 1713 Patienten, bei denen eine videolaryngoskopisch assistierte Intubation stattgefunden hatte mit denen von 13147 Patienten, die mittels direkter Laryngoskopie intubiert worden waren. Für die Videolaryngoskopie erhielten sie mit vier nicht näher spezifizierten Verletzungen im Mund-Rachenraum eine Verletzungsrate von 0,234% gegenüber einer Verletzungsrate von 0,015% mit zwei Verletzungen am Gaumen für die direkte Laryngoskopie³⁸. In einer anderen Studie an Patienten mit einem Mallampati-Grad von III und höher wurden beim Einsatz eines Truview PCD™-R im Vergleich zur direkten Laryngoskopie deutlich seltener Heiserkeit, Halsschmerzen, Atembeschwerden und Weichteilschäden beobachtet (8% versus 70%, 8% versus 62%, 0% versus 26%, 4% versus 30%)⁵⁹. Aziz et al. führten eine retrospektive Datenanalyse von 2400 GlideScope®-Intubationen durch. Sie erhielten eine Komplikationsrate von 1%. Bei den meisten Verletzungen handelte es sich um Verletzungen der Lippen oder des Zahnfleisches. Die Rate an schwerwiegenderen Komplikationen wie Zahnschäden und Verletzungen von Rachen, Luft- oder Speiseröhre betrug 0,3%⁵. Noch geringer war die Komplikationsrate bei Hirabayashi und Seo. Mit einem Airway Scope, einem Videolaryngoskop von Pentax (Tokyo, Japan), kam es bei 2 von 405 Patienten zu einer leichten Schleimhautverletzung (0,5%)⁴².

Im Rahmen vorliegender Studie wurden häufige Komplikationen und Beschwerden der endotrachealen Intubation in einer zweizeitig angelegten Patientennachbefragung abgefragt. Verletzungen, wie sie in der Vergangenheit häufig im Zusammenhang mit schwierigen videolaryngoskopischen Intubationen beobachtet wurden und auf das blinde Vorschieben des Tubus im Mund-Rachenraum zurückgeführt werden, beobachteten wir keine. Bei vorliegender Untersuchung war der Blick der Anästhesisten während des Einführens des Tubus in den Mund des Patienten gerichtet. Zudem handelte es sich

bei dem untersuchten Patientenkollektiv um ein Normalkollektiv, mit überwiegend normalen beziehungsweise leichten Intubationsbedingungen. Hinzu kommt, dass die Anwender im Umgang mit der Videolaryngoskopie und im Umgang mit den verwendeten Einführhilfen erfahren waren. Die häufigste beobachtete Komplikation war Heiserkeit (38,5%) gefolgt von Schmerzen im Mund, Rachen oder Hals (19,3%), Schmerzen beim Schlucken (18,3%) und Schmerzen beim Sprechen (12,8%). Beschwerden im Nacken traten deutlich seltener auf (6,4%). Noch geringer war der Anteil an Patienten mit Verletzungen an den Lippen (2,8%), Kiefergelenkbeschwerden (1,8%) und Zahnschäden (0,9%). Die Zahl der Patienten, bei denen es zu Komplikationen kam, unterschied sich zwischen den Gruppen nicht signifikant. Die Verteilung der Komplikationen zwischen den Gruppen war ebenfalls, bis auf das Auftreten von Nackenbeschwerden, ohne statistische Signifikanz. Nackenbeschwerden traten bei sechs Patienten in der Fiberoptik-Gruppe auf. Nur ein Patient in der Parker Flex-It™-Gruppe und kein Patient in der „Hockeyschläger“-Gruppe gaben Beschwerden im Genick an. Das häufigere Vorliegen von Beschwerden dieser Art in der Fiberoptik-Gruppe kann möglicherweise auf den Helferwechsel während der Intubation zurückgeführt werden. Es ist vorstellbar, dass der Helfer, darauf bedacht, bei der Übernahme des Laryngoskops dieses in seiner Position nicht zu verändern, stärker am Laryngoskop zog als zuvor der Anästhesist. Dass es sich bei den Nackenbeschwerden um keine schwerwiegenden Komplikationen handelte, lässt sich daran ablesen, dass die Beschwerden von den Patienten nur als leicht bzw. mäßig schwer eingestuft wurden und die meisten Patienten am Folgetag keine Beschwerden mehr äußerten. Nur ein Patient hatte noch leichte Beschwerden. Bei einem Patienten der Fiberoptik-Gruppe kam es zudem zu einem Zahnschaden an einem vorerkrankten Zahn, der zahnärztlich nur provisorisch versorgt worden war. Diese Komplikation trat schon beim Öffnen des Mundes auf und kann nicht auf den Einsatz der Fiberoptik zurückgeführt werden. Dass Zahnschäden im Rahmen der Intubation vor allem dann auftreten, wenn die Zähne bereits erkrankt und oder zahnärztlich behandelt wurden, stimmt mit der Literatur überein¹⁶.

Insgesamt waren die meisten Beschwerden leichtgradig. Außerdem war bei der zweiten Befragung am postoperativen Tag ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Möglicherweise handelte es sich bei einigen der aufgetretenen Komplikationen eher um Missempfindungen als um Schmerzen oder Funktionseinschränkungen. Möglich ist auch, dass die Patienten diese nur äußerten, weil sie direkt darauf angesprochen wurden, ohne sich dadurch beeinträchtigt zu fühlen. Was die zwei Fälle von Kiefergelenkbeschwerden in der Fiberoptik-Gruppe betrifft, muss erwähnt werden, dass Beschwerden dieser Art nach einer Intubation häufig dann auftreten, wenn davor schon eine Erkrankung des Kiefergelenks bestand³⁰. Bei einem der beiden Patienten waren die

Probleme zudem am Tag darauf verschwunden, was für eine eher milde Ausprägung der Symptomatik spricht.

Bei Reus und Kollegen, traten bei der Intubation eines Simulators mit dem McGrath® weder mit dem „Hockeyschläger“ noch mit dem Parker Flex-It™ Komplikationen wie Fehlintubationen des Ösophagus oder Schäden im Bereich von Kehlkopf oder Rachen der Simulationspuppe auf⁸⁷. Dies korreliert mit unseren Beobachtungen.

Bei einer anderen Studie von Sheta et al. mit einem GlideScope® Videolaryngoskop, bei der ein Parker Flex-It™ und ein GlideRite®-Führungsstab untersucht wurden, traten im Zusammenhang mit dem Parker Flex-It™ signifikant seltener Halsschmerzen, Schluckbeschwerden, Heiserkeit und Verletzungen im Bereich von Mund, Lippen und Rachen auf. Begründet wird das seltener Auftreten von Komplikationen mit dem Parker Flex-It™ damit, dass der Tubus mit dem Parker Flex-It™ durch dessen Verformbarkeit und Flexibilität seltener die Stimmbänder oder andere Strukturen des Kehlkopfes berühre¹⁰⁰. Unsere Untersuchungen ergaben hinsichtlich der von Sheta et al. untersuchten Komplikationen keine Unterschiede zwischen dem „Hockeyschläger“ und dem Parker Flex-It™. Eine Erklärung, warum es in Zusammenhang mit dem GlideRite® bei Sheta et al. häufiger zu Beschwerden kam, obwohl dieser dem „Hockeyschläger“ in seiner Form stark ähnelt, könnte sein, dass der GlideRite®, ein Metallstab, starrer als ein gewöhnlicher Führungsstab in Hockeyschlägerform ist. Dadurch könnte der GlideRite® laut Turkstra et al. im Vergleich zum „Hockeyschläger“ ein höheres Verletzungspotential haben. Es konnte zudem gezeigt werden, dass ein GlideRite® keine Vorteile gegenüber einem gewöhnlichen in Hockeyschlägerform gebogenen Führungsstab hat¹¹⁶.

Dupanović und Kollegen, die einen Führungsstab mit einer Krümmung von 60° mit einem 90°-winklig gebogenen Führungsstab verglichen, beobachteten eine höhere Rate von Halsschmerzen (30% versus 22%), wenn ein Führungsstab mit 90°-Biegung verwendet worden war. Die Ursache sehen Dupanović et al. darin, dass die Anästhesisten für die unmittelbare Platzierung des Tubus in der Trachea mit dem rechtwinklig gebogenen Führungsstab etwas länger brauchten, weil sie den Führungsstab im Tubus zurückziehen mussten³³. Auch bei vorliegender Studie wurde der Führungsstab zurückgezogen, allerdings traten Halsschmerzen in der „Hockeyschläger“-Gruppe nicht häufiger auf als in der Parker Flex-It™- und der Fiberoptik-Gruppe. Auch war die Halsschmerzrate der „Hockeyschläger“-Gruppe mit 8% deutlich niedriger als bei Dupanović et al. Dies könnte daran liegen, dass die Anästhesisten bei Dupanović et al., die im Vorfeld mindestens zehn Intubationen mit dem GlideScope® durchgeführt hatten, weniger Erfahrung im Umgang mit einem „Hockeyschläger“ hatten als unsere Anästhesisten. Es könnte sein, dass dadurch insgesamt mehr Schleimhautkontakt während der Intubation bestand, als dies bei vorliegender Untersuchung der Fall war. Ein direkter Vergleich der

Halsschmerzraten ist allerdings nur unter Vorbehalt möglich, da bei der Entstehung von Halsschmerzen im Rahmen einer Intubation unterschiedliche Faktoren zusammenwirken. Ein Zusammenhang besteht beispielsweise mit der Größe und Form des Tubus, dem Einsatz von Gleitmitteln, dem Cuff-Druck und dem Einsatz des Muskelrelaxans Succinylcholin. Weiter werden die Anästhesiedauer, weibliches Geschlecht, Rauchen, feste Zähne sowie postoperative Übelkeit und Erbrechen als ursächlich beschrieben¹³.

McElwain et al. erhielten hinsichtlich Zahnschäden keine Unterschiede zwischen den Alternativen Tubus ohne Führungsstab, gewöhnlicher Führungsstab ohne besondere Krümmung, „Hockeyschläger“ und Parker Flex-ItTM⁶⁸. Ebenso verhielt es sich bei Reus und Arbeitsgruppe mit „Hockeyschläger“ und Parker Flex-ItTM⁸⁷. Dies stimmt mit unseren Beobachtungen überein.

Weissbrod und Merati sehen in der Kombination eines fiberoptischen Bronchoskops mit einem GlideScope[®]-Videolaryngoskop eine gute und sichere Methode zur erfolgreichen Intubation und Reduzierung des Risikos von potenziellen Verletzungen. Sie wendeten die von ihnen als „smart stylet“-Konzept bezeichnete Herangehensweise bei Patienten an, die einen laryngologischen Eingriff benötigten, bei denen aber aufgrund schwieriger Intubationsbedingungen eine Intubation mittels direkter Laryngoskopie nicht indiziert war¹²⁴. Sharma und Kollegen berichten von einer Patientin mit Cowden-Syndrom mit zahlreichen papillomatösen Veränderungen im Bereich von Rachen und Kehlkopf. Diese Papillome begannen bei Berührung durch den Tubus während der Intubation mit einem GlideScope[®] und einem GlideRite[®]-Führungsstab zu bluten. Der Führungsstab wurde daraufhin entfernt und der flexible Anteil einer Fiberoptik als Leitstruktur zur Platzierung des Tubus genutzt. Die Intubation gelang daraufhin ohne weitere Verletzungen⁹⁹. Auch bei unserer Studie erwies sich der Einsatz der Fiberoptik als eine Methode mit geringem Verletzungsrisiko. Allerdings wurden überwiegend Patienten untersucht, bei denen keine Hinweise auf schwierige Intubation vorlagen und bei denen das Risiko traumatischer Ereignisse unter der Intubation nicht explizit erhöht war. Um eine Aussage darüber machen zu können, ob die videolaryngoskopische Intubation unter Zuhilfenahme einer Fiberoptik für Patienten mit erhöhtem Verletzungsrisiko tatsächlich einen Vorteil gegenüber anderen Einführtechniken darstellt, sind weitere Untersuchungen mit einem entsprechendem Patientenkollektiv notwendig. Sollte dies tatsächlich der Fall sein, so wäre wahrscheinlich in den meisten Fällen auch ein leicht erhöhtes Risiko für Nackenbeschwerden vertretbar. Patienten mit Halswirbelsäulen- oder Rückenmarksverletzungen sind davon natürlich ausgenommen.

5.6 Limitationen

Bei der Interpretation der Ergebnisse vorliegender Untersuchung müssen einige Aspekte berücksichtigt werden, die die Aussagekraft der Studie einschränken. Ein Verzerrungspotenzial bestand vor allem dadurch, dass die beiden Anästhesisten und der Helfer, der neben dem Anreichen des Tubus die Messung der Zeit und die postoperative Patientenbefragung durchführte, hinsichtlich der verwendeten Einführtechnik nicht verblindet werden konnten. Die Anästhesisten wussten außerdem, dass die Zeit gestoppt wurde. Dadurch war möglicherweise ihr Verhalten beeinflusst und wich von ihrem sonstigen Verhalten ab. Allerdings wäre ein solcher „Hawthorne Effekt“ dadurch abgeschwächt worden, dass er wahrscheinlich mit gleicher Verteilung zwischen den Gruppen aufgetreten wäre.

Hinsichtlich der die Intubationsschwierigkeit beeinflussenden Atemwegsmerkmale der Patienten wurde ein Normalkollektiv untersucht, wie es im täglichen Routinebetrieb anzutreffen ist. Die beiden intubierenden Anästhesisten waren im Umgang mit der Videolaryngoskopie erfahren. Ob die Ergebnisse dieser Studie auch für Patienten mit schwierigem Atemweg gelten, muss durch weitere Untersuchungen geklärt werden. Auch können die Ergebnisse abweichen, wenn die untersuchten Einführtechniken von unerfahrenen Anwendern angewendet werden.

Durch eine zweizeitig angelegte Patientennachbefragung sollte das Auftreten von Komplikationen evaluiert werden. Bis auf die sichtbaren Komplikationen wie Zahnschäden sowie Verletzungen von Lippen und Zunge handelte es sich dabei um das subjektive Empfinden der Befragten, was grundsätzlich problematisch ist. Hinzu kommt, dass einige Patienten möglicherweise erst durch die direkte Befragung dazu angeregt wurden, Beschwerden zu äußern. Da das Ziel vorliegender Untersuchung aber vor allem der Vergleich der drei Untersuchungsgruppen war und für alle drei die beschriebene Problematik galt, ist die Aussagekraft trotzdem gegeben.

Auch die subjektive Einschätzung der Intubationsschwierigkeit durch den Anästhesisten bot Potenzial für Bias. Allerdings werden die Ergebnisse dadurch gestützt, dass sie mit den gemessenen Intubationszeiten weitestgehend korrelieren.

5.7 Schlussfolgerung

Durch die vorliegende Studie konnte gezeigt werden, dass alle drei untersuchten Techniken eine sichere und komplikationsarme Tubusplatzierung mit dem Truview PCD™-R-Videolaryngoskop im klinischen Alltag ermöglichen, wenn sie von erfahrenen Anwendern bei Patienten mit normalen Atemwegen eingesetzt werden.

Die Intubation mit der Fiberoptik ist mit höherem personellen Aufwand und längeren Intubationszeiten verbunden. Auch in der Materialaufbereitung ist sie komplizierter. Diese Eigenschaften disqualifizieren die Fiberoptik für den außerklinischen Notfalleinsatz. Auch im täglichen Routinebetrieb der Klinik und in Situationen, in denen die Zeit drängt, scheinen die beiden Führungsstäbe für die Intubation mit dem Truview PCD™-R-Videolaryngoskop besser geeignet zu sein als die Fiberoptik. Trotzdem bleibt die videolaryngoskopische Tubusplatzierung mittels fiberoptischem Bronchoskop ein interessanter Ansatz und könnte, wie seither nur in Fallberichten beschrieben, möglicherweise eine sinnvolle Notfallalternative nach fehlgeschlagener Videointubation mit Führungsstab darstellen. Voraussetzung dafür ist, dass eine überbrückende Oxygenierung des Patienten mittels Maskenbeatmung sichergestellt werden kann und dass beim Patienten keine Erkrankungen der Halswirbelsäule oder des Rückenmarks vorliegen. Weitere Untersuchungen sind nötig, um eindeutige Aussagen zu ermöglichen.

Durch die Analyse von Intubationsabschnitten konnte gezeigt werden, wo die Herausforderungen der einzelnen Techniken liegen. Diese Herausforderungen zu kennen und sich gezielt auf sie vorzubereiten, ist von besonderer Bedeutung bei der Ausbildung unerfahrener Anwender.

6 Literaturverzeichnis

1. Aleksandrowicz D, Gaszyński T (2016) Airway Management with Cervical Spine Immobilisation: A Comparison between the Macintosh Laryngoscope, Truview Evo2, and Totaltrack VLM Used by Novices - A Manikin Study. *BioMed Research International* 2016:5 Seiten. DOI: 10.1155/2016/1297527
2. American Society of Anesthesiologists [Internet]. [abgerufen am 23. Oktober 2017]. ASA Physical Status Classification System. Verfügbar unter: <https://www.asahq.org/resources/clinical-information/asa-physical-status-classification-system>
3. Angadi SP, Frerk C (2011) Videolaryngoscopy and Cormack and Lehane grading. *Anaesthesia* 66:628-629
4. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT, Nickinovich DG, Benumof JL, Berry FA, Bode RH, Cheney FW, Guidry OF, Ovassapian A (2013) Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 118:251-270
5. Aziz MF, Healy D, Kheterpal S, Fu RF, Dillman D, Brambrink AM (2011) Routine clinical practice effectiveness of the Glidescope in difficult airway management: an analysis of 2,004 Glidescope intubations, complications, and failures from two institutions. *Anesthesiology* 114:34-41
6. Aziz MF, Brambrink AM, Healy DW, Willett AW, Shanks A, Tremper T, Jameson L, Ragheb J, Biggs DA, Paganelli WC, Rao J, Epps JL, Colquhoun DA, Bakke P, Kheterpal S (2016) Success of Intubation Rescue Techniques after Failed Direct Laryngoscopy in Adults: A Retrospective Comparative Analysis from the Multicenter Perioperative Outcomes Group. *Anesthesiology* 125:656-666
7. Bag SK, Kumar VRH, Krishnaveni N, Ravishankar M, Velraj J, Aruloli M (2014) A comparative study between Truview(PCD) laryngoscope and Macintosh laryngoscope in viewing glottic opening and ease of intubation: A crossover study. *Anesthesia, Essays and Researches* 8:372-376
8. Bannister FB, Macbeth RG (1944) Direct laryngoscopy and tracheal intubation. *The Lancet* 244:651-654
9. Barak M, Philipchuck P, Abecassis P, Katz Y (2007) A comparison of the Truview blade with the Macintosh blade in adult patients. *Anaesthesia* 62:827-831
10. Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, Martin E, Walther A (2012) Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine. *Acta anaesthesiologica Scandinavica* 56:164-171
11. Bharadwaj A, Khurana G, Jindal P (2016) Cervical Spine Movement and Ease of Intubation Using Truview or McCoy Laryngoscope in Difficult Intubation. *Spine* 41:987-993
12. Bharti N, Arora S, Panda NB (2014) A comparison of McCoy, TruView, and Macintosh laryngoscopes for tracheal intubation in patients with immobilized cervical spine. *Saudi journal of anaesthesia* 8:188-192
13. Biro P, Seifert B, Pasch T (2005) Complaints of sore throat after tracheal intubation: a prospective evaluation. *European journal of anaesthesiology* 22:307-311

14. Brandt L (1997) *Illustrierte Geschichte der Anästhesie*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, Stuttgart
15. Burkle CM, Walsh MT, Harrison BA, Curry TB, Rose SH (2005) Airway management after failure to intubate by direct laryngoscopy: outcomes in a large teaching hospital. *Canadian journal of anaesthesia* 52:634-640
16. Burton JF, Baker AB (1987) Dental Damage During Anesthesia and Surgery. *Anesthesia and Intensive Care* 15:262-268
17. Cavus E, Bein B, Döriges V (2011) Atemwegsmanagement - Videoassistierte Verfahren. *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie: AINS* 46:588-596
18. Cavus E, Callies A, Doerges V, Heller G, Merz S, Rosch P, Steinfath M, Helm M (2011) The C-MAC videolaryngoscope for prehospital emergency intubation: a prospective, multicentre, observational study. *Emergency Medicine Journal* 28:650-653
19. Cavus E, Döriges V (2014) The development of direct laryngoscopy. *Trends in Anaesthesia and Critical Care* 4:3-9
20. Chin KJ, Arango MF, Paez AF, Turkstra TP (2007) Palatal injury associated with the GlideScope. *Anaesthesia and intensive care* 35:449-450
21. Choo MKF, Yeo VST, See JJ (2007) Another complication associated with videolaryngoscopy. *Canadian journal of anaesthesia* 54:322-324
22. Çolak A, Çopuroğlu E, Yılmaz A, Şahin SH, Turan N (2015) A Comparison of the Effects of Different Types of Laryngoscope on the Cervical Motions: Randomized Clinical Trial. *Balkan medical journal* 32:176-182
23. Collins SR (2014) Direct and indirect laryngoscopy: equipment and techniques. *Respiratory care* 59:850-862
24. Collins SR, Blank RS (2014) Fiberoptic intubation: an overview and update. *Respiratory care* 59:865-878; discussion 878-880
25. Cook TM, MacDougall-Davis SR (2012) Complications and failure of airway management. *British journal of anaesthesia* 109:i68-i85. DOI: 10.1093/bja/aes393
26. Cooper RM, Pacey JA, Bishop MJ, McCluskey SA (2005) Early clinical experience with a new videolaryngoscope (GlideScope) in 728 patients. *Canadian journal of anaesthesia* 52:191-198
27. Cooper RM (2007) Complications associated with the use of the GlideScope videolaryngoscope. *Canadian journal of anaesthesia* 54:54-57
28. Cormack RS, Lehane J (1984) Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 39:1105-1111
29. Crosby ET, Cooper RM, Douglas MJ, Doyle DJ, Hung OR, Labrecque P, Muir H, Murphy MF, Preston RP, Rose DK, Roy L (1998) The unanticipated difficult airway with recommendations for management. *Canadian journal of anaesthesia* 45:757-776
30. Domino KB, Posner KL, Caplan RA, Cheney FW (1999) Airway injury during anesthesia: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 91:1703-1711
31. Doyle DJ (2005) The GlideScope video laryngoscope. *Anaesthesia* 60:414-415

32. Dupanović M (2010) Maneuvers to prevent oropharyngeal injury during orotracheal intubation with the GlideScope video laryngoscope. *Journal of clinical anesthesia* 22:152-154
33. Dupanović M, Isaacson SA, Borovcanin Z, Jain S, Korten S, Karan S, Messing SP (2010) Clinical comparison of two stylet angles for orotracheal intubation with the GlideScope video laryngoscope. *Journal of clinical anesthesia* 22:352-359
34. Eisenmenger V (1893) Zur Tamponade des Larynx nach Prof. Maydl. *Wiener Medizinische Wochenschrift* 43:199-201
35. Foulds LT, McGuire BE, Shippey BJ (2016) A randomised cross-over trial comparing the McGrath(®) Series 5 videolaryngoscope with the Macintosh laryngoscope in patients with cervical spine immobilisation. *Anaesthesia* 71:437-442
36. Gaszynska E, Gaszynski T (2014) Truview EVO2 and standard Macintosh laryngoscope for tracheal intubation during cardiopulmonary resuscitation: a comparative randomized crossover study. *Medicine* 93:e78. DOI: 10.1097/MD.0000000000000078
37. Goerig M (1991) Franz Kuhn (1866-1929) zum 125. Geburtstag. *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie: AINS* 26:416-424
38. Greer D, Marshall KE, Bevans S, Standlee A, McAdams P, Harsha W (2017) Review of videolaryngoscopy pharyngeal wall injuries. *The Laryngoscope* 127:349-353
39. Griesdale DEG, Liu D, McKinney J, Choi PT (2012) Glidescope® video-laryngoscopy versus direct laryngoscopy for endotracheal intubation: a systematic review and meta-analysis. *Canadian journal of anaesthesia* 59:41-52
40. Hasegawa K, Shigemitsu K, Hagiwara Y, Chiba T, Watase H, Brown CA, Brown DFM (2012) Association between repeated intubation attempts and adverse events in emergency departments: an analysis of a multicenter prospective observational study. *Annals of emergency medicine* 60:749-754.e742. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2012.04.005
41. Henschke S, Hamacher J, Gröschel A (2006) Der schwierige Atemweg. *Intensivmedizin und Notfallmedizin* 43:252-259
42. Hirabayashi Y, Seo N (2008) Airway Scope: early clinical experience in 405 patients. *Journal of Anesthesia* 22:81-85
43. Hossfeld B, Frey K, Doerges V, Lampl L, Helm M (2015) Improvement in glottic visualisation by using the C-MAC PM video laryngoscope as a first-line device for out-of-hospital emergency tracheal intubation: An observational study. *European journal of anaesthesiology* 32:425-431
44. Hua M, Brady J, Li G (2012) The epidemiology of upper airway injury in patients undergoing major surgical procedures. *Anesthesia and analgesia* 114:148-151
45. Hurford WE (2010) The video revolution: a new view of laryngoscopy. *Respiratory care* 55:1036-1045
46. Janz DR, Semler MW, Lentz RJ, Matthews DT, Assad TR, Norman BC, Keriwala RD, Ferrell BA, Noto MJ, Shaver CM, Richmond BW, Zinggeler Berg J, Rice TW, Facilitating Endotracheal intubation by Laryngoscopy technique and apneic Oxygenation Within the ICU Investigators and the Pragmatic Critical Care Research Group (2016) Randomized Trial of Video Laryngoscopy for Endotracheal Intubation of Critically Ill Adults. *Critical care medicine* 44:1980-1987

47. Jones PM, Turkstra TP, Armstrong KP, Armstrong PM, Cherry RA, Hoogstra J, Harle CC (2007) Effect of stylet angulation and endotracheal tube camber on time to intubation with the GlideScope. *Canadian journal of anaesthesia* 54:21-27
48. Jones PM, Loh FLC, Youssef HN, Turkstra TP (2011) A randomized comparison of the GlideRite(®) Rigid Stylet to a malleable stylet for orotracheal intubation by novices using the GlideScope(®). *Canadian journal of anaesthesia* 58:256-261
49. Kaki AM, Almarakbi WA, Fawzi HM, Boker AM (2011) Use of Airtraq, C-Mac, and Glidescope laryngoscope is better than Macintosh in novice medical students' hands: A manikin study. *Saudi journal of anaesthesia* 5:376-381
50. Kaplan MB, Ward DS, Berci G (2002) A new video laryngoscope-an aid to intubation and teaching. *Journal of clinical anesthesia* 14:620-626
51. Kaplan MB, Hagberg CA, Ward DS, Brambrink A, Chhibber AK, Heidegger T, Lozada L, Ovassapian A, Parsons D, Ramsay J, Wilhelm W, Zwissler B, Gerig HJ, Hofstetter C, Karan S, Kreisler N, Pousman RM, Thierbach A, Wrobel M, Berci G (2006) Comparison of direct and video-assisted views of the larynx during routine intubation. *Journal of clinical anesthesia* 18:357-362
52. Keul W, Bernhard M, Völkl A, Gust R, Gries A (2004) Methoden des Atemwegsmanagements in der präklinischen Notfallmedizin. *Der Anaesthesist* 53:978-992
53. Kim JW, Lee KR, Hong DY, Baek KJ, Lee YH, Park SO (2016) Efficacy of various types of laryngoscope (direct, Pentax Airway Scope and GlideScope) for endotracheal intubation in various cervical immobilisation scenarios: a randomised cross-over simulation study. *BMJ open* 6:e011089. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-011089
54. Knill RL (1993) Difficult laryngoscopy made easy with a "BURP". *Canadian journal of anaesthesia* 40:279-282
55. Konrad C, Schüpfer G, Wietlisbach M, Gerber H (1998) Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesthesia and analgesia* 86:635-639
56. Lakticova V, Koenig SJ, Narasimhan M, Mayo PH (2015) Video Laryngoscopy is Associated With Increased First Pass Success and Decreased Rate of Esophageal Intubations During Urgent Endotracheal Intubation in a Medical Intensive Care Unit When Compared to Direct Laryngoscopy. *Journal of intensive care medicine* 30:44-48
57. Larsen R (2013) *Anästhesie*. 10te ed. Elsevier, Urban & Fischer, München
58. Larsen R (2016) *Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege*. 9te ed. Springer, Berlin Heidelberg
59. Leipold T (2012) *Die klinische Anwendung des Truview PCD bei Patienten mit schwierigem Atemweg: Hilfe und Komfort [Dissertation]*. Universität Heidelberg
60. Lewis SR, Butler AR, Parker J, Cook TM, Schofield-Robinson OJ, Smith AF (2017) Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adult patients requiring tracheal intubation: a Cochrane Systematic Review. *British journal of anaesthesia* 119:369-383
61. Luckhaupt H, Brusis T (2008) Zur Geschichte der Intubation. *Laryngo-Rhino-Otologie* 65:506-510
62. Macintosh RR (1943) A new laryngoscope. *The Lancet* 241:205

63. Maharaj CH, Costello JF, McDonnell JG, Harte BH, Laffey JG (2007) The Airtraq as a rescue airway device following failed direct laryngoscopy: a case series. *Anaesthesia* 62:598-601
64. Malik AM, Frogel JK (2007) Anterior tonsillar pillar perforation during GlideScope video laryngoscopy. *Anesthesia and analgesia* 104:1610-1611; discussion 1611
65. Malik MA, Maharaj CH, Harte BH, Laffey JG (2008) Comparison of Macintosh, Truview EVO2, Glidescope, and Airwayscope laryngoscope use in patients with cervical spine immobilization. *British journal of anaesthesia* 101:723-730
66. Malik MA, O'Donoghue C, Carney J, Maharaj CH, Harte BH, Laffey JG (2009) Comparison of the Glidescope, the Pentax AWS, and the Truview EVO2 with the Macintosh laryngoscope in experienced anaesthetists: a manikin study. *British journal of anaesthesia* 102:128-134
67. Mallampati SR, Gatt SP, Gugino LD, Desai SP, Waraksa B, Freiburger D, Liu PL (1985) A clinical sign to predict difficult tracheal intubation; a prospective study. *Canadian Anaesthetists' Society Journal* 32:429-434
68. McElwain J, Malik MA, Harte BH, Flynn NH, Laffey JG (2010) Determination of the optimal stylet strategy for the C-MAC videolaryngoscope. *Anaesthesia* 65:369-378
69. McElwain J, Laffey JG (2011) Comparison of the C-MAC®, Airtraq®, and Macintosh laryngoscopes in patients undergoing tracheal intubation with cervical spine immobilization. *British journal of anaesthesia* 107:258-264
70. Miller RA (1941) A new laryngoscope. *Anesthesiology* 2:317-320
71. Miller RD, Eriksson LI, Fleisher LA, Wiener-Kronish JP, Young WL (eds) (2010) *Miller's Anesthesia Volume 2*. 7th ed. Churchill Livingstone Elsevier, Philadelphia
72. Moore MSR, Wong AB (2007) GlideScope intubation assisted by fiberoptic scope. *Anesthesiology* 106:885
73. Mort TC (2004) Emergency Tracheal Intubation: Complications Associated with Repeated Laryngoscopic Attempts. *Anesthesia & Analgesia* 99:607-613
74. Mulcaster JT, Mills J, Hung OR, MacQuarrie K, Law JA, Pytka S, Imrie D, Field C (2003) Laryngoscopic intubation: learning and performance. *Anesthesiology* 98:23-27
75. Mushin WW, Rendell-Baker L (1953) *The Principles of Thoracic Anesthesia. Past and Present*. Blackwell Scientific Publishing Ltd, Oxford
76. Nasim S, Maharaj CH, Butt I, Malik MA, O'Donnell J, Higgins BD, Harte BH, Laffey JG (2009) Comparison of the Airtraq and Truview laryngoscopes to the Macintosh laryngoscope for use by Advanced Paramedics in easy and simulated difficult intubation in manikins. *BMC emergency medicine* 9. DOI: 10.1186/1471-227X-9-2
77. Niforopoulou P, Pantazopoulos I, Demestihia T, Koudouna E, Xanthos T (2010) Video-laryngoscopes in the adult airway management: a topical review of the literature. *Acta anaesthesiologica Scandinavica* 54:1050-1061
78. Noppens RR, Werner C, Piepho T (2010) Indirekte Laryngoskopie - Alternativen zur Atemwegssicherung. *Der Anaesthesist* 59:149-161
79. Nouruzi-Sedeh P, Schumann M, Groeben H (2009) Laryngoscopy via Macintosh blade versus GlideScope: success rate and time for endotracheal intubation in untrained medical personnel. *Anesthesiology* 110:32-37

80. O'Dwyer J (1885) Two cases of croup treated by tubage of the glottis. *New York Medical Journal* 42:605-607
81. Paolini J-B, Donati F, Drolet P (2013) Review article: video-laryngoscopy: another tool for difficult intubation or a new paradigm in airway management? *Canadian journal of anaesthesia* 60:184-191
82. Parker Medical [Internet]. [abgerufen am 2. November 2017]. Parker Intubating Stylets. Verfügbar unter: <http://www.parkermedical.com/parker-intubating-stylets>
83. Patil VU, Stehling LC, Zauder HL (1983) *Fiberoptic endoscopy in anesthesia*. Year book medical publishers, Chicago
84. Piepho T, Cavus E, Noppens R, Byhahn C, Dörges V, Zwissler B, Timmermann A (2015) S1-Leitlinie Atemwegsmanagement. *Der Anaesthesist* 64:859-873
85. Pirlich N, Piepho T, Gervais H, Noppens RR (2012) Indirekte Laryngoskopie/Videolaryngoskopie. Übersicht über in Deutschland verwendete Instrumente in der Notfall- und Intensivmedizin. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin* 107:521-530
86. Rai MR, Dering A, Verghese C (2005) The Glidescope system: a clinical assessment of performance. *Anaesthesia* 60:60-64
87. Reus E, Grundmann U, Liening K, Wrobel M (2013) Parker Flex-It intubation stylet versus a 90-degree curved stylet during intubation with the McGrath videolaryngoscope performed by novices: a manikin study with 5 airway scenarios. *Journal of clinical anesthesia* 25:624-628
88. Reutter S, Frost A (2013) Sicherung der Atemwege - Indikationen, Methoden und Hilfsmittel. *Lege artis - Das Magazin zur ärztlichen Weiterbildung* 3:40-44
89. Richard's Medical Equipment [Internet]. [abgerufen am 3. November 2017]. Parker Flex-It Articulated Stylet. Verfügbar unter: <http://richardsmedical.com/G-006.html>
90. Robinson DH, Toledo AH (2012) Historical development of modern anesthesia. *Journal of investigative surgery : the official journal of the Academy of Surgical Research* 25:141-149
91. Russell T, Lee C, Firat M, Cooper RM (2011) A comparison of the forces applied to a manikin during laryngoscopy with the GlideScope and Macintosh laryngoscopes. *Anaesthesia and intensive care* 39:1098-1102
92. Sakles JC, Javedani PP, Chase E, Garst-Orozco J, Guillen-Rodriguez JM, Stolz U (2015) The use of a video laryngoscope by emergency medicine residents is associated with a reduction in esophageal intubations in the emergency department. *Academic emergency medicine: official journal of the Society for Academic Emergency Medicine* 22:700-707
93. Sakles JC, Mosier JM, Patanwala AE, Dicken JM, Kalin L, Javedani PP (2015) The C-MAC® Video Laryngoscope is Superior to the Direct Laryngoscope for the Rescue of Failed First-Attempt Intubations in the Emergency Department. *The Journal of Emergency Medicine* 48:280-286
94. Samsoon GL, Young JR (1987) Difficult tracheal intubation: a retrospective study. *Anaesthesia* 42:487-490
95. Sasano N, Sasano H, Sobue K (2011) Failure of the Airway Scope to Visualize the Glottis: Two Case Reports. *Journal of Anesthesia & Clinical Research* 2. DOI: 10.4172/2155-6148.1000137

96. Schadewaldt H (1979) Bemerkungen eines Medizinhistorikers zur Entwicklung der Hals-, Nasen-, Ohren-Heilkunde. HNO-Informationen 1:13-29
97. Schälte G, Rex S, Henzler D (2007) Atemwegsmanagement. Der Anaesthesist 56:837-855
98. Scott J, Baker PA (2009) How did the Macintosh laryngoscope become so popular? Paediatric anaesthesia 19:24-29
99. Sharma D, Kim LJ, Ghodke B (2010) Successful airway management with combined use of Glidescope videolaryngoscope and fiberoptic bronchoscope in a patient with Cowden syndrome. Anesthesiology 113:253-255
100. Sheta SA, Abdelhalim AA, ElZoughari IA, AlZahrani TA, Al-Saeed AH (2015) Parker Flex-It stylet is as effective as GlideRite Rigid stylet for orotracheal intubation by Glidescope. Saudi medical journal 36:1446-1452
101. Shiga T, Wajima Zi, Inoue T, Sakamoto A (2005) Predicting difficult intubation in apparently normal patients: a meta-analysis of bedside screening test performance. Anesthesiology 103:429-437
102. Shippey B, Ray D, McKeown D (2007) Case series: the McGrath videolaryngoscope - an initial clinical evaluation. Canadian journal of anaesthesia 54:307-313
103. Shippey B, Ray D, McKeown D (2008) Use of the McGrath videolaryngoscope in the management of difficult and failed tracheal intubation. British journal of anaesthesia 100:116-119
104. Singh I, Khaund A, Gupta A (2009) Evaluation of Truview evo2 Laryngoscope In Anticipated Difficult Intubation - A Comparison To Macintosh Laryngoscope. Indian journal of anaesthesia 53:164-168
105. Striebel HW (2013) Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin für Studium und Ausbildung. Schattauer, Stuttgart
106. Su Y-C, Chen C-C, Lee Y-K, Lee J-Y, Lin KJ (2011) Comparison of video laryngoscopes with direct laryngoscopy for tracheal intubation: a meta-analysis of randomised trials. European journal of anaesthesiology 28:788-795
107. Sun DA, Warriner CB, Parsons DG, Klein R, Umedaly HS, Moulton M (2005) The GlideScope Video Laryngoscope: randomized clinical trial in 200 patients. British journal of anaesthesia 94:381-384
108. Teleflex Incorporated [Internet]. [abgerufen am 24. Oktober 2017]. [Update 2016]. Truview PCD™ Video Laryngoscope. How to Use the Truview PCD video-laryngoscope. Prof. W Machala, Medical University of Lodz, Poland. Verfügbar unter: <http://www.truphatek.com/video.php%3fID=1>
109. Teleflex Incorporated [Internet]. [abgerufen am 24. Oktober 2017]. [Update 2016]. Truphatek Truview PCD™ Video Laryngoscope Demonstration. Verfügbar unter: <http://www.truphatek.com/video.php%3fID=3>
110. Thierbach A (2001) Franz Kuhn, his contribution to anaesthesia and emergency medicine. Resuscitation 48:193-197
111. Thorley DS, Simons AR, Mirza O, Malik V (2015) Palatal and retropharyngeal injury secondary to intubation using the GlideScope® video laryngoscope. Annals of the Royal College of Surgeons of England 97:e67-e69. DOI: 10.1308/003588415X14181254789727

112. Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Bräuer A, Rosenblatt WH, Braun U (2006) Prehospital airway management: a prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation* 70:179-185
113. Truphatek International Ltd. (Teleflex Incorporated) [Internet]. [abgerufen am 24. Oktober 2017]. Truview PCDTM-R user's manual. Verfügbar unter: <http://www.truphatek.com/files/files/PCD-R-IFU-WEB.pdf>
114. Truphatek International Ltd. (Teleflex Incorporated) [Internet]. [abgerufen am 24. Oktober 2017]. [Update 2016]. Internetauftritt Truphatek, Truview PCD™ -R. Verfügbar unter: <http://www.truphatek.com/product.php%3fID=24>
115. Truphatek International Ltd. (Teleflex Incorporated) [Internet]. [abgerufen am 24. Oktober 2017]. [Update 2016]. Internetauftritt Truphatek, Videolaryngoskope. Verfügbar unter: <http://www.truphatek.com/products.php%3fID=22>
116. Turkstra TP, Harle CC, Armstrong KP, Armstrong PM, Cherry RA, Hoogstra J, Jones PM (2007) The GlideScope-specific rigid stylet and standard malleable stylet are equally effective for GlideScope use. *Canadian journal of anaesthesia* 54:891-896
117. Turkstra TP, Jones PM, Ower KM, Gros ML (2009) The Flex-It stylet is less effective than a malleable stylet for orotracheal intubation using the GlideScope. *Anesthesia and analgesia* 109:1856-1859
118. Turkstra TP, Pelz DM, Jones PM (2009) Cervical spine motion: a fluoroscopic comparison of the AirTraq Laryngoscope versus the Macintosh laryngoscope. *Anesthesiology* 111:97-101
119. Van Zundert A, Maassen R, Lee R, Willems R, Timmerman M, Siemonsma M, Buise M, Wiepking M (2009) A Macintosh Laryngoscope Blade for Videolaryngoscopy Reduces Stylet Use in Patients with Normal Airways. *Anesthesia & Analgesia* 109:825-831
120. Vincent RD, Wimberly MP, Brockwell RC, Magnuson JS (2007) Soft palate perforation during orotracheal intubation facilitated by the GlideScope videolaryngoscope. *Journal of clinical anesthesia* 19:619-621
121. Vitin AA, Erdman JE (2007) A difficult airway case with GlideScope-assisted fiberoptic intubation. *Journal of clinical anesthesia* 19:564-565
122. Wang P-K, Huang C-C, Lee Y, Chen T-Y, Lai H-Y (2013) Comparison of 3 video laryngoscopes with the Macintosh in a manikin with easy and difficult simulated airways. *The American journal of emergency medicine* 31:330-338
123. Weber S (2002) Traumatic complications of airway management. *Anesthesiology Clinics of North America* 20:503-5012
124. Weissbrod PA, Merati AL (2011) Reducing injury during video-assisted endotracheal intubation: the "smart stylet" concept. *The Laryngoscope* 121:2391-2393

7 Dank

Besonders danken möchte ich an dieser Stelle meinem Doktorvater Herrn Professor Grundmann für die kompetente Betreuung meiner Dissertation. Vielen Dank für Ihre Geduld, die hilfreichen Anregungen beim Schreiben der Arbeit und bei der Datenauswertung und dafür, dass Sie sich immer Zeit für meine zahlreichen Fragen genommen haben, um diese ausführlich zu beantworten. Danke für Ihre Unterstützung.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn Dr. Wrobel bedanken, durch dessen Einsatz die Datenerhebung während des laufenden Klinikbetriebs erst möglich wurde.

Herzlichen Dank auch an Maïke Wrobel für ihre freundliche und hilfsbereite Unterstützung in der Vorbereitungsphase der Studie und bei der Datenauswertung.

Allen Mitarbeitern der Abteilung für Anästhesiologie am Universitätsklinikum des Saarlandes, die ich während meiner Messungen im OP kennengelernt habe, danke ich für die gute Zusammenarbeit und für ihre Hilfsbereitschaft.

Mein Dank geht auch an alle Patienten, die sich bereit erklärt haben, als Probanden an vorliegender Studie teilzunehmen.

Sehr dankbar bin ich auch meinem Freund Fabian, der immer ein offenes Ohr für mich hatte und mir stets Mut zugesprochen hat, wodurch ich kürzere wie längere Durststrecken während des Schreibens der Arbeit überstanden habe. Danke außerdem für die Zeit, die du investiert hast, um mir im Umgang mit den Tücken von Word und beim Korrekturlesen der Arbeit zu helfen.

Danken möchte ich auch meinen Eltern und Werner, die mir mein Studium ermöglicht haben und die immer für mich da waren.

Danke Annika, dass du mir mit deinen Englischkenntnissen und, wenn es nötig war, mit aufmunternden Worten zur Seite standst.