

Aus dem Fachbereich Medizin der
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. K. Zacharowski, FRCA

**Das Bonfils Intubationsfiberskop im Vergleich mit der direkten
Laryngoskopie zur endotrachealen Intubation am simulierten
schwierigen Atemweg**

Dissertation
Zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
Des Fachbereichs Medizin
Der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

Vorgelegt von

Sebastian Alexander Nemetz

aus Wiesbaden

Frankfurt am Main 2010

Dekan: Prof. Dr. med. Josef Pfeilschifter
Referent: PD Dr. med. Christian Byhahn
Korreferent: Prof. Dr. med. Udo Rolle
Tag der mündlichen Prüfung: 2. November 2010

For the maintenance of life there is nothing more
necessary than a sufficient supply of fresh air.

Robert Hooke, 1667

Inhalt

Aus dem Fachbereich Medizin der	I
1. Einleitung.....	1
2. Materialien und Methoden	6
2.1 Studiendesign.....	6
2.2 Präoperative Patientenevaluation.....	6
2.3 Narkosevorbereitung.....	9
2.4 Narkoseeinleitung	9
2.5 Simulation des schwierigen Atemwegs	9
2.6 Zuweisung der Patientinnen zu den verschiedenen Versuchsgruppen	10
2.7 Das Bonfils Intubationsfiberskop	10
2.8 Das Laryngoskop mit Macintosh-Spatel.....	11
2.9 Durchführung der Intubation	12
2.10 Abbruch des Versuchs	14
2.11 Zielparameter der Studie.....	14
2.12 Statistische Methoden	15
3. Ergebnisse.....	16
3.1 Patientendaten	16
3.2 Intubationserfolg in beiden Gruppen	16
3.3 Intubationsbedingungen hinsichtlich der Sicht auf die Glottis	17
3.4 Dauer der Intubation in beiden Gruppen	19
3.5 Zwischenfälle während der Durchführung der Studie.....	19
4. Diskussion	20
4.1 Hintergrund.....	20
4.1.1 Schwierige Laryngoskopie.....	21
4.1.2 Schwierige und unmögliche Intubation	22
4.1.3 Erwartet und unerwartet schwieriger Atemweg	23
4.1.4 Anamnese.....	24
4.1.5 Körperliche Untersuchung.....	25
4.1.6 Mallampati-Klassifikation	25
4.1.7 Beweglichkeit des Atlantookzipitalgelenks nach Bellhouse und Doré	26
4.1.8 Thyreomentaler Abstand nach Frerk	27
4.2 Der schwierige Atemweg in verschiedenen Patientenkollektiven.....	28
4.2.1 Der schwierige Atemweg in der Geburtshilfe	28
4.2.2 Der schwierige Atemweg bei adipösen Patienten.....	29
4.2.3 Der schwierige Atemweg in der Notfallmedizin	30
4.3 Alternativen zur konventionellen Laryngoskopie.....	32
4.3.1 Das flexible Endoskop	33
4.3.2 Intubation mit Transillumination	33
4.3.3 Die Intubationslarynxmaske (ILMA)	34
4.3.4 Das Bullard-Laryngoskop.....	34
4.4 Intubationserfolg mit dem Bonfils Intubationsfiberskop.....	35
4.5 Intubationserfolg am schwierigen Atemweg	36
4.6 Intubation von Patienten mit immobilisierter Halswirbelsäule	38
5. Zusammenfassung	41
6. Summary.....	43
7. Literatur.....	45
7. Literatur.....	45

8. Danksagung	55
9. Ehrenwörtliche Erklärung.....	56

1. Einleitung

Eine der fundamentalsten Aufgaben des Anästhesisten ist die Sicherstellung eines adäquaten Gasaustauschs. Die Grundlage hierfür ist, dass der Atemweg kontinuierlich offen gehalten wird. Misslingt dies - aus verschiedensten Gründen -, kommt es rasch zu einer Sauerstoffentsättigung des arteriellen Bluts und nach wenigen Minuten zu einer kritischen Hypoxie. Aktuellen Daten zufolge sind 30% der tödlichen Anästhesiezwischenfälle Folge des Missmanagements schwieriger Atemwege^{1,2}. In einer weiteren, amerikanischen Studie³ wurden 1.500 Haftpflichtprozesse gegen Anästhesisten ausgewertet. Dabei stellte sich heraus, dass in 34% aller Fälle der Hauptanklagepunkt Folgeschäden waren, die aus einer fehlgeschlagenen Oxygenierung resultierten. Dieser fehlgeschlagenen Oxygenierung lag in nahezu allen Fällen ein schwieriger Atemweg zugrunde. Trotz vieler Innovationen in der Anästhesie und einer stetigen Weiterentwicklung des Fachs sind diese Zahlen seit mehreren Jahrzehnten nahezu konstant.

In Abbildung 1 sind die Hauptanklagepunkte bei Prozessen gegen Anästhesisten dargestellt, die geführt wurden, weil Patienten während Operationen verstarben oder einen andauernden Hirnschaden erlitten. Auch hier ist ersichtlich, dass ein Großteil der Hauptanklagepunkte das Atemwegsmanagement betrifft.

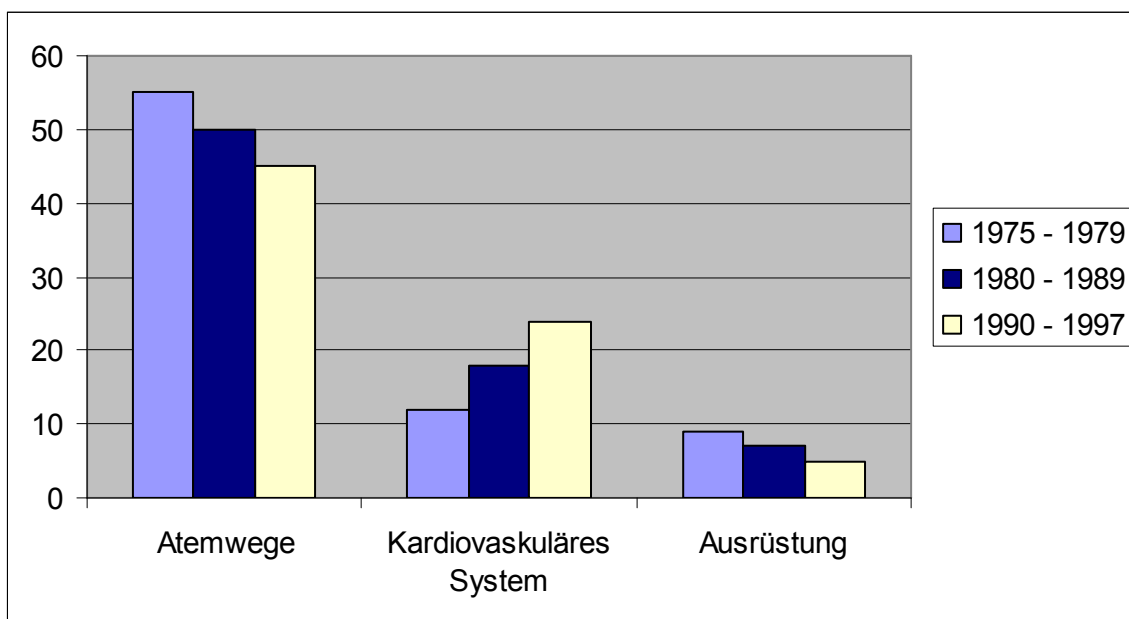


Abbildung 1: Hauptanklagepunkte bei Prozessen gegen Anästhesisten wegen Tod oder andauerndem Hirnschaden in Prozent⁴

Das Erkennen eines potentiell schwierigen Atemwegs und dessen Management sowie ein sicherer Umgang mit Patienten mit unerwartet schwierigem Atemweg ist daher eine zentrale Anforderung an die mit dem Atemwegsmanagement betrauten Ärzte.

Klare Definitionen eines „schwierigen Atemwegs“ fehlen bislang, was zu einer schwankenden Inzidenz desselben führt. Die gebräuchlichste Definition ist die der American Society of Anesthesiologists, welche den schwierigen Atemweg als eine klinische Situation betrachtet, in der ein konventionell ausgebildeter Anästhesist Schwierigkeiten bei der Gesichtsmaskenbeatmung der oberen Atemwege, bei der endotrachealen Intubation oder bei beidem erfährt ⁵. Eine schwierige Gesichtsmaskenbeatmung tritt in 1,6-5% aller Allgemeinnarkosen auf^{6,7}, eine schwierige Intubation findet sich in 0,8-3,8%^{8,9,10}. Hiervon abzugrenzen ist die Inzidenz der schwierigen Laryngoskopie mit - abhängig vom Patientenkollektiv - 7,7% -10,8%^{11,12}, die nicht zwangsläufig auch eine schwierige Intubation zur Folge haben muss („falsly difficult airway“). Selbiges gilt auch umgekehrt („truely difficult airway“). Einen Überblick über die Definitionen sowie die daraus zu erwartenden Inzidenzen gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Inzidenz des schwierigen Atemwegs

Begriff	Inzidenz
Maskenbeatmung schwierig	1,6-5% ^{6,7}
Intubation schwierig	0,8-3,8% ^{8,9,10}
Intubation unmöglich	0,13-0,3% ⁹
Intubation und Maskenbeatmung unmöglich	0,02-0,0001% ¹³
Laryngoskopie schwierig	7,7-10,8% ^{11,12}

Diese Zahlen legen nahe, dass solche Ereignisse zwar selten sind, aber doch regelmäßig vorkommen. Reliable Alternativen zur direkten Laryngoskopie, der endotrachealen Intubation sowie der Maskenbeatmung sind daher unabdingbar und haben in den vergangenen 20 Jahren zunehmend auch Einzug in die tägliche anästhesiologische Routine gefunden. Maßnahmen und Instrumente zur Verbesserung oder auch Ermöglichung einer Maskenbeatmung stellen verschiedene Gesichtsmasken sowie oro- und nasopharyngeale Atemwege wie Guedel- oder Wendltuben dar.

Alternativen zur endotrachealen Intubation umfassen eine Vielzahl an supraglottischen Atemwegen, wie verschiedenste Larynxmasken^{14, 15} (Abbildung 2a)), den ösophago-trachealen Combitube®¹⁶ (Abbildung 2b)), verschiedene Larynxtuben^{17,18} (Abbildung 2c)), den EasyTube®¹⁹ (Abbildung 2d)), sowie den COPA® (cuffed oropharyngeal airway)²⁰(Abbildung 2e)).



Abbildung 2a-e: verschiedene supraglottische Atemwege

Dennoch gibt es immer wieder Situationen, in denen eine endotracheale Intubation des Patienten unabdingbar ist. Bei einem erwarteten schwierigen Atemweg ist seit vielen Jahren die fiberoptische Intubation des Patienten mit einem flexiblen Bronchoskop bei erhaltener Spontanatmung und erhaltenen Schutzreflexen des Patienten das Standardverfahren. Im Fall eines unerwartet schwierigen Atemweges können modifizierte Laryngoskopspatel (z. B. nach Miller, Foregger, McCoy oder Döriges; Abbildung 3) helfen, die Sichtverhältnisse auf die Glottis zu verbessern. Auch die indirekte Visualisierung der Glottis durch eine an der Spatelspitze platzierte Optik ermöglicht häufig eine Verbesserung der Sichtbedingungen (z. B. Bullard-Laryngoskop, WuScope®, Videolaryngoskope, Glidescope®, Abbildung 4). Schließlich können auch blinde Intubationsverfahren wie die retrograde Intubation oder die Platzierung des Endotrachealtubus über eine spezielle Intubationslarynxmaske (Abbildung 5) zum Einsatz kommen.



Abbildung 3: Verschiedene Laryngoskopspatel



Abbildung 4: Intubation mit dem GlideScope-Videolaryngoskop

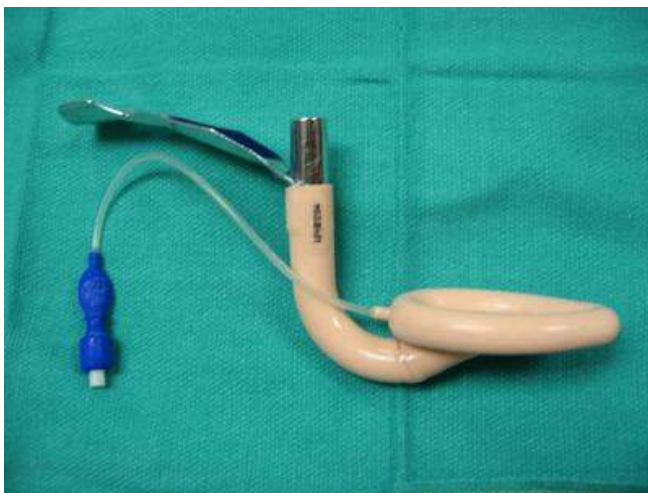


Abbildung 5: Intubationslarynxmaske

Die Verwendung starrer Bronchoskope bzw. Optiken stellt seit jeher eine Domäne der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde dar und besaß erstaunlicherweise in der Anästhesie seit Jahrzehnten quasi keinen Stellenwert. Auch das 1983 vom Schweizer Anästhesisten Peter Bonfils entwickelte, starre Intubationsfiberskop blieb viele Jahre unbeachtet, bis es gegen Ende der neunziger Jahre quasi wieder entdeckt wurde. In verschiedenen klinischen Studien konnte die Effektivität dieses Instruments im Management des schwierigen Atemwegs eindrucksvoll aufgezeigt werden, wobei es sich jedoch stets um *unerwartet* schwierige Laryngoskopieverhältnisse²¹ oder Vergleichsstudien mit der Intubationslarynxmaske²² handelte. Eine weitere Arbeit der eigenen Arbeitsgruppe bestätigte die Praktikabilität des Bonfils Intubationsfiberskop zusätzlich beim Einsatz in der präklinischen Notfallmedizin, sowohl in der Routineanwendung als auch bei erwartet und unerwartet schwierigen Atemwegen²³.

Ziel der vorliegenden prospektiv-randomisierten Studie war es, den Intubationserfolg mittels Bonfils Intubationsfiberskop im Vergleich zur direkten Laryngoskopie mit konventionellem Macintosh-Spatel bei anästhesierten Patienten mit simuliertem schwierigem Atemweg unter standardisierten klinischen Bedingungen zu ermitteln.

2. Materialien und Methoden

2.1 Studiendesign

Nach Genehmigung des Studienprotokolls durch die zuständige Ethikkommission wurden 76 Erwachsene, die sich einem elektiven, gynäkologischen Eingriff in Intubationsnarkose unterzogen, in die Untersuchung eingeschlossen. Es handelte sich hierbei um eine prospektiv-randomisierte klinische Studie, die in den Räumen der gynäkologischen Klinik der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main durchgeführt wurde.

Die Aufklärung über die Studie, die präoperative Patientenevaluation und das Einholen des mündlichen und schriftlichen Einverständnisses erfolgten im Rahmen der anästhesiologischen Aufklärung am Vortag des Eingriffs.

Die Durchführung der Studie sowie die Erhebung der Daten erfolgte durch einen Untersucher.

2.2 Präoperative Patientenevaluation

Die potentiellen Probanden wurden während der anästhesiologischen Aufklärung hinsichtlich ihrer Eignung zur Teilnahme an der Studie evaluiert. Patienten, die zwei oder mehr Prädiktoren für eine schwierige Maskenbeatmung, eine schwierige Intubation oder für beides aufwiesen, wurden aus Gründen der Patientensicherheit und um eine hohe Reliabilität der Studie zu gewährleisten, ausgeschlossen. Aus den gleichen Gründen wurden Patienten ausgeschlossen, die in der Anamnese über Schwierigkeiten oder Zwischenfälle bei vorherigen Narkosen berichteten.

Die in der Patientenevaluation angewendeten Prädiktoren für eine schwierige Maskenbeatmung sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Prädiktoren für eine schwierige Maskenbeatmung

Body mass index > 26 kg/m ²
Mallampati Grad III oder IV
Makroglossie
Zahnlosigkeit/fehlende Zähne
Alter > 57 Jahre
Fähigkeit, den Unterkiefer vorzuschieben eingeschränkt
Schlafapnoe
Barträger
Schnarchende Patienten
Verringerter thyreomentaler Abstand

(nach ^{6,7})

Um auf eine mögliche schwierige Intubation aufmerksam zu werden, wurde in der klinischen Untersuchung auf anatomische Besonderheiten geachtet, die besonders häufig mit einer schwierigen Intubation einhergehen. Zusätzlich wurden sogenannte predictive scores erstellt, die im klinischen Alltag zur Detektion schwieriger Intubationen angewandt werden. Ein Überblick über die angewandten Prädiktoren gibt Tabelle 3.

Tabelle 3: In der Studie angewandte Prädiktoren für eine schwierige Intubation

Mundöffnung < 3 cm
Stark vorstehende Oberkieferschneidezähne
Fliehendes Kinn
Kurzer Unterkiefer
Kurzer Hals
Mallampati Grad III oder IV
Thyreomentaler Abstand < 6,5 cm
Freiheitsgrad im Atlantookzipitalgelenk < 30°

(nach ⁸)

Aus der Studie ausgeschlossen wurden ebenfalls Patienten, die an Missbildungen, Erkrankungen oder Fehlbildungen litten, die einen erheblichen Einfluss auf die Intubierbarkeit haben. Eine Auflistung dieser Erkrankungen findet sich in Tabelle 4.

Tabelle 4: Erkrankungen, die mit einer schwierigen Intubation einhergehen

Mikrogenie

Protrusion der Maxilla

Makroglossie

Angeborene Erkrankungen, die mit Missbildungen im Bereich des Gesichts und der oberen Atemwege einhergehen

Schwere Gesichtsschädelverletzungen

Zustand nach Radiatio des Gesichts

Kieferklemme verschiedener Ursachen

Tumoren im Bereich der oberen Luftwege

Struma

Mundbodenabszeß

Peritonsillarabszeß

Epiglottitis

Larynx- bzw. Trachealverletzungen

Tracheomalazie

Verletzungen der Halswirbelsäule

Morbus Bechterew

Morbus Morquio (Erbliche Mucopolysaccharidose Typ IV mit Entwicklungsstörungen der Knochen, Minderwuchs und Wirbelsäulenomalien)

Klippel-Feil-Syndrom (erbliche Entwicklungsstörung mit kurzem Hals und eingeschränkter Beweglichkeit der Halswirbelsäule)

(nach ²⁴)

Weitere in der Studie angewandte Ausschlusskriterien finden sich in Tabelle 5.

Tabelle 5: Zusätzliche Ausschlusskriterien

Alter der Patientin < 18 Jahre

Patientin nicht nüchtern

Notfalleingriff

Schwierige Intubation/Maskenbeatmung in der Vorgeschichte

Schwierige Narkose/Narkosezwischenfälle in der Vorgeschichte

2.3 Narkosevorbereitung

Am Tag der Operation wurden die Patienten auf der Station 45 Minuten vor Operationsbeginn mit 7,5 mg Midazolam per os prämediziert. Im Aufwachraum des gynäkologischen Operationsbereiches erhielten die Patienten zur Verabreichungen von Infusionen, des intravenösen Anästhetikums und weiterer notwendiger Medikamente eine Venenverweilkanüle. Nach der Einschleusung wurden im Operationssaal ein Fingerpulsoxymeter zur Messung der arteriellen Sauerstoffmessung angelegt, Hautelektroden zur Ableitung eines Elektrokardiogramms (Ableitung II) befestigt und eine automatische Blutdruckmanschette zur nicht-invasiven Blutdruckmessung nach Riva-Rocci am Oberarm angelegt.

2.4 Narkoseeinleitung

Die Narkoseeinleitung erfolgte intravenös mit Fentanyl 3µg/kg KG, Propofol 1,5-2mg/kg KG und Cis-Atracurium 0,1 mg/kg KG.

2.5 Simulation des schwierigen Atemwegs

Den bereits narkotisierten Patientinnen wurde nun ein Immobilisationskragen der Marke Stiffneck Select® (Laerdal Medical GmbH, Puchheim, Deutschland) angelegt, um einen schwierigen Atemweg zu simulieren.

Durch das Anlegen des Immobilisationskragens wurde bei allen Patientinnen ein schwieriger

Atemweg im Sinne einer reduzierten Mundöffnung und einer eingeschränkten Beweglichkeit im Atlantookzipitalgelenk hergestellt.

2.6 Zuweisung der Patientinnen zu den verschiedenen Versuchsgruppen

Es erfolgte nun die randomisierte Zuweisung der Patienten zu einer der beiden Gruppen mittels Ziehen eines Umschlags, der eine Karte mit der entsprechenden Gruppenzuweisung enthielt.

2.7 Das Bonfils Intubationsfiberskop

Es handelt sich um ein schmales, 40 cm langes Fiberskop, welches aus einem starren Rohr besteht, dessen Spitze um 40° abgewinkelt ist. Am Griff befindet sich ein bewegliches Okular, von dem aus Glasfaserbündel bis in die Spitze ziehen.

Eine Kaltlichtquelle oder ein Handgriff mit einer akkubetriebenen Xenon-Lichtquelle können am Griff angeschlossen werden (Abbildung 6).



Abbildung 6: Das Bonfils Intubationsfiberskop

Das Instrument besitzt im Gegensatz zu einem flexiblen Fiberskop weder einen Arbeits-, noch einen Absaugkanal. Der äußere Durchmesser des Körpers beträgt 5 mm. Somit eignet es sich für Endotrachealtuben mit einem Innendurchmesser von 6 mm oder größer und einer maximalen Länge von 39 cm. Das Intubationsfiberskop besitzt einen Anschluss, der mit dem

15-mm ISO-Konnektor von Endotrachealtuben kompatibel ist und so die Insufflation von Sauerstoff ermöglicht. Dies dient neben der apnoeischen Oxygenierung auch dem Schutz der distalen Linse vor Beschlagen.

Der Tubus wird vor der Intubation komplett über den Körper des Fiberskops gezogen, so dass die Sicht durch das distale Ende nicht behindert ist.

Das Instrument wird mit der führenden Hand am Griff gefasst und durch den Mund eingeführt. Nun wird es auf der rechten Seite entlang der Molaren in Richtung Pharynx vorgeschoben. Unter Sicht kann man das Instrument bis direkt vor die Stimmritze vorschieben (Abbildung 7) und mit der nicht-führenden Hand den Endotrachealtubus durch die Stimmritze in die Trachea einführen.

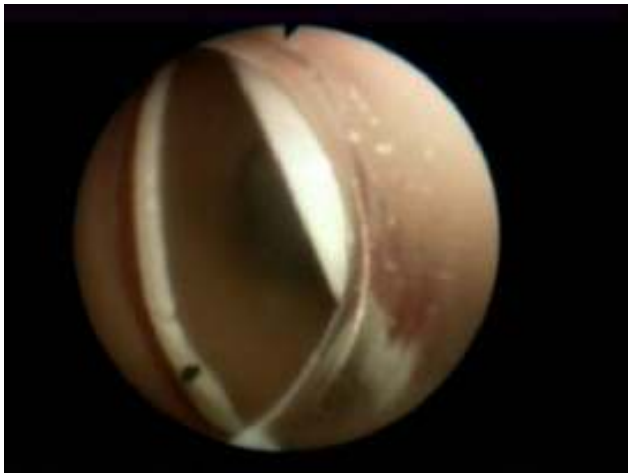


Abbildung 7: Blick auf die Stimmritze durch das Bonfils Intubationsfiberskop

Das Bonfils Intubationsfiberskop wurde 1983 vom Schweizer Anästhesisten Peter Bonfils zur Intubation von Kindern mit Pierre-Robin-Sequenz entwickelt²⁵. Seit 1991 ist es auf kommerzieller Basis erhältlich (Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland).

2.8 Das Laryngoskop mit Macintosh-Spatel

Laryngoskope sind Instrumente, mit deren Hilfe der Larynx sichtbar eingestellt werden kann. Sie bestehen aus zwei Hauptteilen, dem Spatel mit Lichtquelle und dem Griff mit Batterien. Es gibt eine große Zahl an verschiedenen Spatelformen, die weiteste Verbreitung hat der 1943 durch den britischen Anästhesisten Robert R. Macintosh entwickelte Spatel²⁶ gefunden. Er ist

leicht gebogen und besitzt eine Schienung an der rechten Seite, um die Zunge zu verdrängen und eine bessere Sicht auf die Glottis zu ermöglichen (Abbildung 8). Der Spatel ist in verschiedenen Größen verfügbar und eignet sich somit ebenso zur Intubation von Kindern als auch zur Intubation von Erwachsenen.



Abbildung 8: Laryngoskop mit Macintosh-Spatel

Das Laryngoskop mit Macintosh-Spatel ist seit mehreren Jahrzehnten das weltweit am häufigsten genutzte Hilfsmittel zur endotrachealen Intubation.

Zur endotrachealen Intubation mit dem Macintosh-Laryngoskop wird der Kopf des anästhesierten und relaxierten Patienten auf einem kleinen Kissen gelagert und durch Reklination im Atlantookzipitalgelenk in die sogenannte Schnüffelposition gebracht, die auch als verbesserte Jackson- oder Magill-Position bekannt ist. Hierdurch nähern sich die laryngeale und pharyngeale Achse größtmöglich an und bieten die beste Sicht auf die Glottis. Mit der führenden Hand wird der Mund geöffnet und mit der anderen Hand das Laryngoskop in den Mund eingeführt. Die Zunge wird auf den Spatel aufgeladen und vollständig zur linken Seite herübergedrückt. Nun wird das Laryngoskop vorsichtig weiter in den Mund vorgeschoben bis man die Stimmlippen gut einsehen kann. Die führende Hand kann so den Tubus unter Sicht in der Trachea platzieren.

2.9 Durchführung der Intubation

Nach Anlegen des Immobilisationskragens wurden die Patientinnen für 3 Minuten mit 100%

Sauerstoff über eine Gesichtsmaske beatmet. Hiernach wurden Patienten der Macintosh-Gruppe mit dem Laryngoskop, Patienten der Bonfils-Gruppe mit dem Bonfils Intubationsfiberskop intubiert.

Alle Intubationen wurden durch den gleichen Untersucher durchgeführt, der eine Erfahrung von über 50 Intubationen sowohl mit dem Bonfils Intubationsfiberskop als auch mit dem Laryngoskop mit Macintosh-Spatel besitzt. Bei allen Intubationen wurde ein Lo-Contour[®] Endotrachealtubus (Nellcor, Pleasanton, CA, USA) mit einem Innendurchmesser von 7,0 mm und einem Außendurchmesser von 9,6 mm eingesetzt.

Patienten, die der Bonfils-Gruppe zugewiesen wurden, wurden mit dem Bonfils Intubationsfiberskop wie bereits beschrieben intubiert (Abbildung 9). Zusätzlich wurde mit der linken Hand ein Laryngoskop mit einem Macintosh-Spatel der Größe 3 eingeführt um den retropharyngealen Raum zu vergrößern und somit die Intubation zu erleichtern.

Die Intubation der Patienten, die der Macintosh-Gruppe zugewiesen wurden, erfolgte nach der bereits beschriebenen Standardvorgehensweise.



Abbildung 9: Intubation einer Patientin mit dem Bonfils Intubationsfiberskop

2.10 Abbruch des Versuchs

Der Versuch wurde im Einzelfall abgebrochen, wenn die arterielle Sauerstoffsättigung während des Intubationsversuchs unter 92% fiel, wenn der Tubus beim zweiten Intubationsversuch mit dem jeweiligen Instrument nicht korrekt platziert werden konnte oder wenn nach 120 Sekunden noch keine Intubation erfolgen konnte (Tabelle 6).

Tabelle 6: Abbruchkriterien

2 erfolglose Intubationsversuche mit dem Macintosh-Laryngoskop
2 erfolglose Intubationsversuche mit dem Bonfils Intubationsfiberskop
Arterielle Sauerstoffsättigung < 92%
Keine erfolgreiche Intubation innerhalb von 2 Minuten

2.11 Zielparameter der Studie

Primärer Zielparameter der Studie war die erfolgreiche Platzierung des Endotrachealtubus mit dem jeweiligen Verfahren. Sekundäre Zielparameter, die gesammelt wurden, waren die Dauer der Intubation mit dem jeweiligen Instrument, eventuelle Verletzungen während der Intubation und die bestmögliche Sicht auf die Glottis.

Zur Bewertung der bestmöglichen Sicht auf die Glottis wurde der Score von Cormack und Lehane²⁷ in der Modifikation von Yentis und Lee²⁸ angewandt. Der Untersucher ordnet die erreichte Sicht einem der fünf Grade ein (Tabelle 7)

Tabelle 7: Das Bewertungssystem nach Yentis und Lee

Grad 1	Die gesamte Glottis einsehbar
Grad 2a	Die Glottis ist teilweise einsehbar
Grad 2b	Nur die Aryknorpel oder hinteren Anteile der Stimmlippen sind sichtbar
Grad 3	Nur die Epiglottis ist sichtbar
Grad 4	Weder Glottis noch Epiglottis sind sichtbar

Als Dauer der Intubation wurde die Zeit gemessen, die vom erstmaligen Berühren der Instrumente durch den intubierenden Anästhesisten bis zur ersten kapnographisch registrierten CO₂-Antwort des Patienten verstrich.

2.12 Statistische Methoden

Nach Prüfung der Rohdaten auf Normalverteilung erfolgte die Darstellung der Ergebnisse als Mittelwert \pm Standardabweichung oder Anzahl und %. Die statistische Prüfung wurde mittels Student's t-Test sowie Fisher's Exact Test vorgenommen (GraphPad InStat Version 3.06; GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA). Statistische Signifikanz galt bei einem Fehler 1. Ordnung von weniger als 5% als erreicht ($P < 0,05$).

3. Ergebnisse

3.1 Patientendaten

In die Studie wurden 76 Patienten eingeschlossen, jeweils 38 pro Studiengruppe. Alle bis auf einen der Patienten waren weiblich, keiner der Patienten wies Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg auf. Ebenso konnte keiner der Patienten über Intubationsschwierigkeiten in der Vergangenheit berichten. Wie in Tabelle 8 ersichtlich, lassen sich hinsichtlich der demografischen Daten und der maximalen Mundöffnung keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen feststellen.

Tabelle 8: Demografische Daten und maximale Mundöffnung

	Laryngoskop mit Macintosh-Spatel	Bonfils Intubationsfiberskop	P-Wert
Weiblich/Männlich (n)	38/0	37/1	ns
Alter (Jahre)	44,2 ± 19,3	46,4 ± 20,3	ns
Körpergröße (cm)	168,2 ± 7,0	167,4 ± 5,7	ns
Gewicht (kg)	71,2 ± 9,9	69,3 ± 8,3	ns
BMI (kg/m ²)	25,2 ± 3,4	24,7 ± 2,7	ns
Max. Mundöffnung (cm)	2,6 ± 0,7	2,6 ± 0,8	ns

Daten sind Mittelwerte ± Standardabweichung oder Anzahl (n);

BMI = body mass index; ns=nicht signifikant

3.2 Intubationserfolg in beiden Gruppen

In der Gruppe, die mittels konventioneller Laryngoskopie intubiert wurde, gelang es bei 15 von 38 Patienten, den Endotrachealtubus erfolgreich zu platzieren (39,5%). In der Gruppe, die mittels des Bonfils Intubationsfiberskops intubiert wurde, war die endotracheale Intubation bei 31 von 38 Patienten erfolgreich (81,6%), es errechnet sich ein P-Wert von 0,0003. Bei vier Patienten der Macintosh-Gruppe und bei einem Patienten der Bonfils-Gruppe mussten zwei Versuche bis zur erfolgreichen Intubation unternommen werden.

Insgesamt 30 Patienten konnten nicht intubiert werden und es kam zum Abbruch der Studie. In diesen Fällen wurde der Immobilisationskragen entfernt, die Patienten wurden intermittierend für drei Minuten mit 100% Sauerstoff beatmet und daraufhin mit einem

Laryngoskop mit Macintosh-Spatel der Größe 3 intubiert.

Der Intubationserfolg in der Studie ist in Abbildung 10 dargestellt.

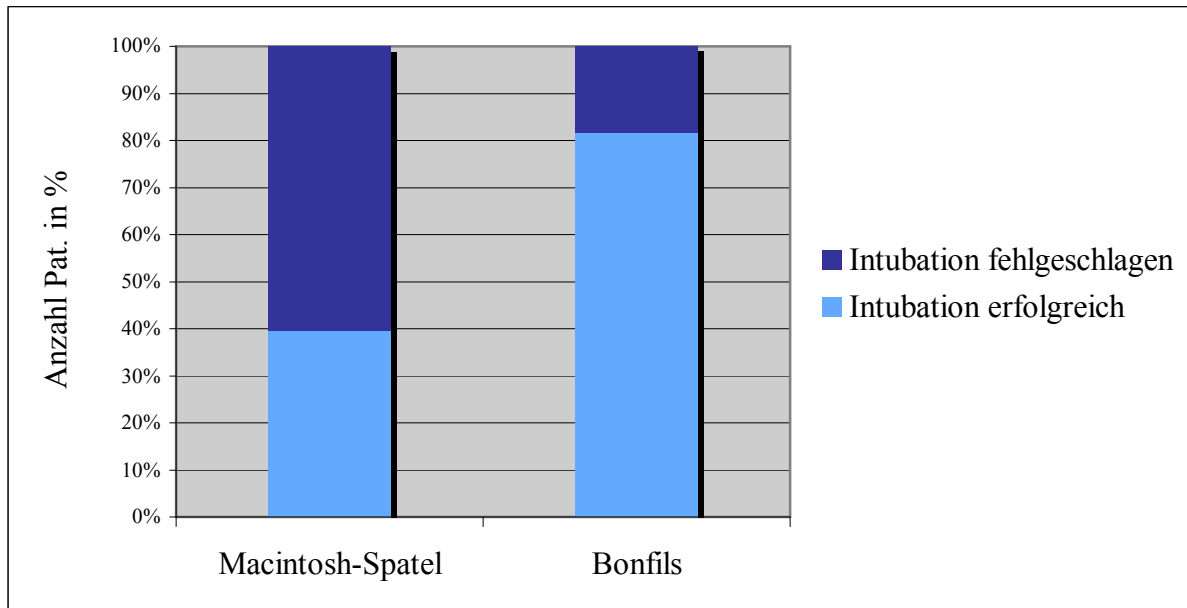


Abbildung 10: Intubationserfolg in den beiden Studiengruppen

3.3 Intubationsbedingungen hinsichtlich der Sicht auf die Glottis

Die bestmögliche Sicht auf die Glottis wurde von der intubierenden Person nach dem Scoringssystem von Cormack und Lehane in der Modifikation von Yentis und Lee bewertet. In der Macintosh-Gruppe zeigten sich hierbei sehr unterschiedliche Ergebnisse. Bei zwei Patienten wurde die bestmögliche Sicht als Grad 1 bewertet, bei drei Patienten Grad 2a, bei vierzehn Patienten als Grad 2b, bei achtzehn Patienten als Grad 3 und bei einem Patient als Grad 4. In der Bonfils-Gruppe wurde die bestmögliche Sicht bei allen 31 erfolgreich intubierten Patienten als Grad 1 bewertet. Bei fünf weiteren Patienten dieser Gruppe, die nicht intubiert werden konnten, war es nicht möglich, die Glottis so einzustellen, dass eine sichere Intubation durchgeführt werden konnte. Eine assistierende Person führte den BURP-Handgriff aus, bei dem die Hand externen Druck auf den Schildknorpel ausübt um so die Sicht auf die Glottis zu verbessern. Zusätzlich wurde das Bonfils Intubationsfiberskop tiefer in den Rachen eingeführt. In keinem dieser Fälle konnte die Sicht jedoch entscheidend verbessert werden, so dass der Versuch abgebrochen wurde. Bei zwei weiteren Patienten der Bonfils-Gruppe war die Sicht auf die Glottis als Grad 4 zu bewerten:

Im Falle eines der beiden angesprochenen Patienten beschlug die distale Linse des Fiberskops wiederholt so stark, dass es unmöglich war, unter Sicht zu intubieren. Auch hier wurde der Versuch abgebrochen. Im Falle des anderen Patienten saß der Immobilisationskragen so eng, dass eine Mundöffnung und somit auch die Einführung des Bonfils Intubationsfiberskops unmöglich waren. Der Immobilisationskragen wurde entfernt und wie in den sechs vorher beschriebenen Fällen erfolgte eine konventionelle laryngoskopische Intubation nach Entfernung des Immobilisationskragens und intermittierender O₂-Maskenbeatmung. Die bestmögliche Sicht auf die Glottis ist graphisch in Abbildung 11 dargestellt.

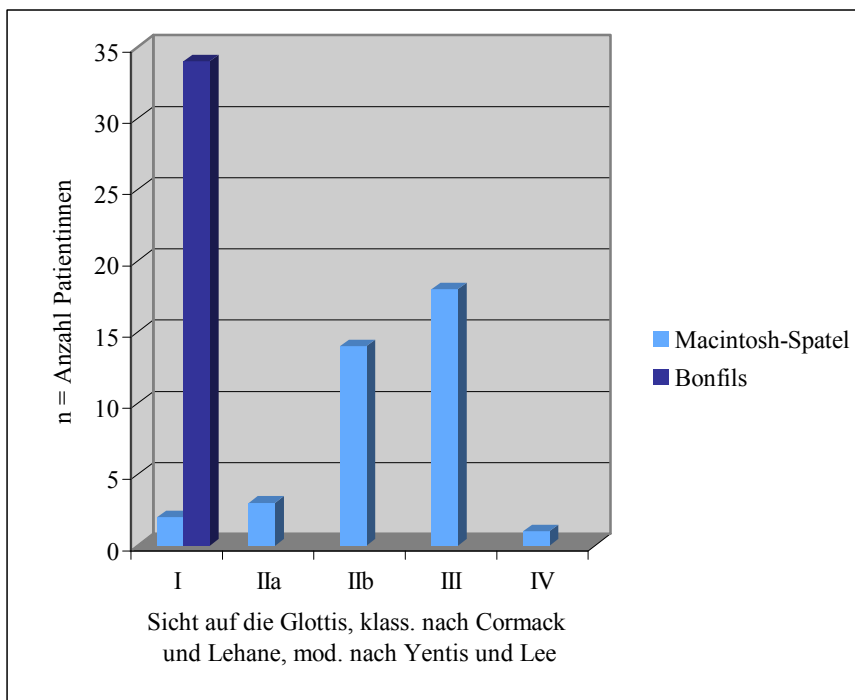


Abbildung 11: Sicht auf die Glottis in den beiden Studiengruppen

3.4 Dauer der Intubation in beiden Gruppen

Die benötigte Intubationsdauer in der Macintosh-Gruppe betrug 53 ± 22 sec. In der Bonfils-Gruppe betrug die Intubationsdauer 64 ± 24 sec, der berechnete P-Wert ist nicht signifikant. Die Intubationszeiten sind in Abbildung 12 dargestellt.

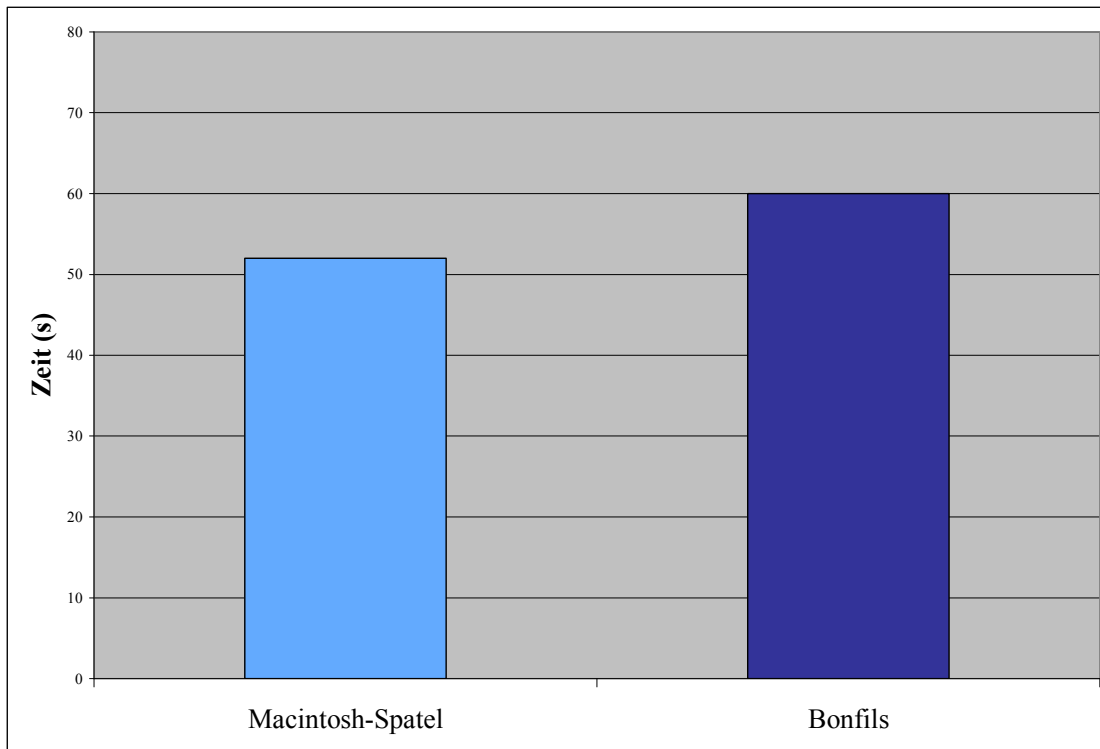


Abbildung 12: Dauer der Intubation in den beiden Studiengruppen

3.5 Zwischenfälle während der Durchführung der Studie

Bei keinem der 76 Patienten kam es zu Komplikationen, die im Rahmen einer endotrachealen Intubation auftreten können. Aspiration von Mageninhalt, Zahnschäden, Verletzungen der Lippen, versehentliche Intubation des Ösophagus, einseitige endobronchiale Intubation, Verletzungen der Atemwege oder andere Komplikationen konnten nicht beobachtet werden.

4. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass mit dem Bonfils Intubationsfiberskop am simuliert schwierigen Atemweg der Intubationserfolg signifikant höher ist, als mit einem Laryngoskop mit einem Macintosh-Spatel der Größe 3.

4.1 Hintergrund

Das Management der Atemwege und die Aufrechterhaltung eines adäquaten Gasaustauschs gehören zu den wichtigsten Zielen einer erfolgreich durchgeführten Anästhesie²⁹. In den meisten Fällen gestalten sich die Maskenbeatmung und die endotracheale Intubation problemlos, jedoch gibt es immer wieder Situationen in denen sich der Anästhesist den Herausforderungen eines schwierigen Atemwegs stellen muss. Sie kommen im anästhesiologischen Alltag zwar selten aber doch regelmäßig vor.

Aufgrund der hohen Komplexität fehlt eine einheitliche und allgemeingültige Definition des schwierigen Atemwegs bislang in der Literatur. Wann ein Atemweg schwierig ist und wann nicht, hängt von verschiedenen Faktoren wie dem Ausbildungsstand des mit dem Atemwegsmanagement betrauten Arzt, Patienteneigenschaften und der klinischen Situation ab.

Die „Task Force on Difficult Airway Management“ der American Society of Anesthesiologists beschreibt den schwierigen Atemweg als „eine klinische Situation, in der ein konventionell ausgebildeter Anästhesist Schwierigkeiten mit der Gesichtsmaskenbeatmung, der endotrachealen Intubation oder beidem erfährt“⁵.

Hier offenbart sich das Dilemma der Nomenklatur: Es wird erhebliche interindividuelle Unterschiede geben, ab wann ein Anästhesist einen Atemweg als schwierig bezeichnet. Um Schwierigkeiten im Atemwegsmanagement für Forschung und Dokumentation quantifizieren zu können, wurden bereits verschiedene Dokumentationssysteme, wie zum Beispiel die „Intubation difficulty Scale“³⁰, vorgestellt, von denen sich jedoch keines bisher etablieren konnte.

Der Begriff „schwieriger Atemweg“ ist ein Sammelbegriff für verschiedene Situationen. Hierzu zählen:

- die schwierige Maskenbeatmung
- die unmögliche Maskenbeatmung
- die schwierige Intubation
- die unmögliche Intubation
- die unmöglich Maskenbeatmung, kombiniert mit der unmöglichen Intubation, bekannt als „cannot intubate, cannot ventilate“-Situation

4.1.1 Schwierige Laryngoskopie

Um eine schwierige Laryngoskopie handelt es sich, wenn es dem Anästhesisten nach mehreren Laryngoskopieversuchen nicht gelingt, sich die Glottis so einzustellen, dass er über eine gute Sicht auf die Stimmlippen verfügt.

Objektivierbar ist die Sicht bei der Laryngoskopie anhand des Scores von Cormack und Lehane in der Modifikation nach Yentis und Lee¹². Die Sicht wird hier auf einer Skala von eins bis vier bewertet:

- Grad 1: Die gesamte Glottis ist einsehbar
- Grad 2a: Die Stimmlippen sind nur teilweise einsehbar
- Grad 2b: Lediglich die Aryknorpel oder geringe posteriore Anteile der Stimmlippen sind sichtbar
- Grad 3: Nur die Epiglottis ist sichtbar
- Grad 4: Weder die Glottis, noch die Epiglottis sind einsehbar

Yentis und Lee untersuchten 663 Patienten hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen bestmöglicher Sicht auf die Glottis und Schwierigkeiten bei der Intubation. Die in Tabelle 9 dargestellten Ergebnisse der Studie zeigen deutlich die enge Korrelation zwischen der bestmöglichen Sicht auf die Glottis und Schwierigkeiten bei der Intubation.

Tabelle 9: Häufigkeit der schwierigen Intubation und bestmögliche Sicht auf die Glottis

Bestmögliche Sicht	Anteil schwieriger Intubationen [%]
1	0,9
2a	4,3
2b	67,4
3	87,5
4	Kein Patient in der Studie

nach ¹²

Ist die bestmögliche Sicht auf die Glottis 2b oder höher, spricht man von einer schwierigen Laryngoskopie. Wie aus der Tabelle hervorgeht, muss eine schwierige Laryngoskopie nicht zwangsläufig zu einer schwierigen Intubation führen.

4.1.2 Schwierige und unmögliche Intubation

Wie bereits erwähnt, gibt es in der Literatur keine einheitliche Definition des schwierigen Atemwegs. So verhält es sich auch hinsichtlich der Definition der schwierigen Intubation. Es besteht Uneinigkeit darüber, wann man von einer schwierigen Intubation sprechen soll. Kann man bereits von einer schwierigen Intubation sprechen, wenn ein Anästhesist einen zweiten Intubationsversuch benötigt oder ist eine Intubation erst als schwierig zu bezeichnen, wenn er einen dritten Intubationsversuch benötigt? Wie verhält es sich, wenn der Anästhesist schon nach dem ersten Intubationsversuch auf eine alternative Intubationstechnik umsteigt, beispielsweise einen Führungsstab einsetzt? Da es im Intubationsvorgang und gerade bei Intubationsschwierigkeiten eine Vielzahl an alternativen Vorgehensweisen gibt, kann es keine kurze und einfache Definition der schwierigen Intubation geben.

Mit der „Intubation Difficulty Scale“, kurz IDS, haben Adnet et al. 1997 eine Skala entwickelt, welche eine globale Aussage zum Grad der schwierigen Intubation erlaubt und trotzdem der Komplexität des Themas Rechnung trägt³⁰. Der IDS ist ein numerischer Wert, der sich aus sieben verschiedenen Parametern zusammensetzt, von denen bekannt ist, dass sie mit einer schwierigen Intubation assoziiert sein können.

Diese sieben Parameter sind:

- Anzahl zusätzlicher Intubationsversuche
- Anzahl zusätzlicher Anästhesisten, die an der Intubation beteiligt waren
- Anzahl und Art zusätzlich verwendeter alternativer Techniken
- Die Sicht auf die Glottis nach Cormack und Lehane
- Subjektive Beschreibung des Kraftaufwands während der Laryngoskopie
- Externe Manipulation des Larynx
- Die Beweglichkeit oder Position der Stimm lippen

Einer „idealen“ Intubation, die von einem einzelnen Anästhesisten mit einem einzigen Versuch durchgeführt wird, der dabei optimale Sichtverhältnisse auf die Glottis hat, wird dabei der Wert Null zugeteilt. Jedes Abweichen von dieser „idealen“ Intubation erhöht den IDS. Je höher der IDS, desto schwieriger die Intubation. Ein IDS >5 repräsentiert per definitionem eine schwierige Intubation³⁰.

Gelingt trotz mehrfacher Intubationsversuche die endotracheale Intubation nicht, so spricht man von einer unmöglichen endotrachealen Intubation. Ist in diesem Fall auch die Beatmung mit einer Gesichtsmaske unmöglich, so spricht man von der akut lebensbedrohlichen und gefürchteten „cannot ventilate, cannot intubate“-Situation, die mit einer Inzidenz von 0,02%-0,0001% jedoch sehr selten auftritt¹³.

4.1.3 Erwartet und unerwartet schwieriger Atemweg

Zur vorherigen Identifikation eines schwierigen Atemwegs ist eine gründliche Anamnese und körperliche Untersuchung obligat³¹. Wird ein Atemweg in der präoperativen Patientenevaluation als schwierig klassifiziert und gestaltet sich das Atemwegsmanagement daraufhin tatsächlich schwierig, spricht man von einem „truly difficult airway“. Hiervon abzugrenzen ist der „falsly difficult airway“: ein als schwierig klassifizierter Atemweg, der während des Atemwegsmanagement keine Schwierigkeiten bereitet.

Trotz gründlicher präoperativer Befunderhebung verbleibt immer eine gewisse Zahl von Patienten mit unauffälligen Befunden, bei denen ein schwieriger Atemweg auftritt.

In diesem Fall spricht man von einem unerwartet schwierigen Atemweg.

Je genauer die präoperative Patientenevaluation erfolgt und je mehr klinische Tests in diesem Zusammenhang durchgeführt werden, desto mehr schwierige Atemwege können vor dem Atemwegsmanagement identifiziert werden. Bedauerlicherweise steigt hierbei aber in hohem Maße die Zahl der „falsly difficult airways“. Die Atemwegsevaluation besteht aus der Anamnese und der körperlichen Untersuchung unter Zuhilfenahme einfacher klinischer Tests.

4.1.4 Anamnese

Anamnestisch sind Krankheiten von Interesse, die einen schwierigen Atemweg bedingen können. Relevant sind einerseits die Gruppe der eher seltenen kongenitalen Erkrankungen und die Gruppe der eher häufigeren erworbenen Erkrankungen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Erkrankungen, die mit einem schwierigen Atemweg assoziiert sind (Auswahl)

Kongenitale Erkrankungen	Erworbene Erkrankungen
Morbus Morquio	Morbus Bechterew
Klippel-Feil-Syndrom	Tumoren im Bereich der oberen Luftwege
Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte	Struma
Franceschetti-Syndrom	Langjähriger Diabetes mellitus
Nager-Syndrom	Rheumatoide Arthritis
Crouzon-Syndrom	
Goldenhar-Syndrom	
Tracheomalazie	

Zur präoperativen Anamnese gehört des Weiteren die Frage nach eventuellen Atemwegsproblemen bei bereits stattgefundenen Anästhesien. Wenn die Möglichkeit dazu besteht, sollte Einsicht in alte Narkoseprotokolle genommen werden.

4.1.5 Körperliche Untersuchung

Durch die Inspektion des Patienten vermag der Untersucher anatomische Besonderheiten registrieren, welche eine schwierige Maskenbeatmung oder Intubation bedingen können.

Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg sind unter anderem:

- vorstehende Oberkieferschneidezähne
- ein fliehendes Kinn
- ein kurzer Hals

Einen besonderen Stellenwert bei der körperlichen Untersuchung nehmen die sogenannten bedside tests ein. Hiermit sind schnelle und einfach durchzuführende Untersuchungen gemeint, welche bei der Identifikation des schwierigen Atemwegs eine große Hilfe darstellen.

4.1.6 Mallampati-Klassifikation

Bei der Laryngoskopie wird die Zunge, um die Sicht auf die Glottis freizugeben, mithilfe des Laryngoskopspatels zwischen die Äste des Unterkiefers gedrängt. Hierbei kann eine Zunge, die im Verhältnis zu den anderen regionalen anatomischen Strukturen besonders groß ist, die Sichtverhältnisse erheblich verschlechtern. Mallampati versuchte 1985 diesen Zusammenhang zu quantifizieren, indem er in einer prospektiven Studie 210 Patienten danach klassifizierte, welche oropharyngealen Strukturen bei geöffnetem Mund sichtbar sind³².

Er teilte die Patienten in 3 Klassen ein:

- Klasse 1: Tonsillenbögen, weicher Gaumen und Uvula sind sichtbar
- Klasse 2: Die Uvula wird von der Zungenbasis verdeckt
- Klasse 3: Nur der weiche Gaumen ist einsehbar

Mallampati entdeckte eine sehr hohe Korrelation zwischen seiner Klassifikation und der ein Jahr zuvor publizierten Klassifikation von Cormack und Lehane. Bei allen Patienten der Klasse 1 konnte der Kehlkopf gut visualisiert werden, was einer Klassifikation 1 oder 2 nach Cormack und Lehane entspricht. Bei den Patienten der Mallampati-Klasse 2 konnte der Kehlkopf in 65% gut visualisiert werden (Cormack 1 oder 2) und in 35% schlecht visualisiert werden (Cormack 3 oder 4). Bei den Patienten, die der Klasse 3 nach Mallampati zugeordnet wurden, konnte der Kehlkopf in 99% schlecht eingestellt werden. Lediglich bei einem dieser

Patienten konnte eine problemlose Laryngoskopie durchgeführt werden.

Mallampati gab eine Sensitivität von fast 100% und eine Spezifität von 80% an. In weiteren Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen konnten die guten Ergebnisse leider nicht bestätigt werden, die Sensitivität wird mit 42-81% und die Spezifität mit 66-84% deutlich geringer angegeben^{33,34,35,36}.

1987 erweiterten Samssoon und Young die Klassifikation, indem sie die Klasse 3 zusätzlich danach unterteilten, ob der weiche Gaumen sichtbar ist oder nicht³⁷.

Dass die endotracheale Intubation trotz günstiger Mallampati-Klassifikation erschwert sein kann, zeigt auch eine prospektive Untersuchung von Combes und Kollegen an 11 257 Patienten. Es traten 100 unerwartet schwierige Intubationen auf, obwohl alle dieser 100 Patienten auf der modifizierten Mallampati-Klassifikation entweder der Klasse 1 oder der Klasse 2 zugeordnet wurden³⁸.

4.1.7 Beweglichkeit des Atlantookzipitalgelenks nach Bellhouse und Doré

Die Sicht bei der Laryngoskopie wird erleichtert, wenn die orale, pharyngeale und laryngeale Achsen übereinander liegen²⁹. Man erreicht dies, indem man den Patienten in die sogenannte verbesserte Jackson-, Magill- oder Schnüffelposition bringt. Hierbei wird die Halswirbelsäule um 25-35° flektiert und das Atlantookzipitalgelenk stark extendiert^{39, 40, 41}. Ist die Beweglichkeit der Halswirbelsäule eingeschränkt, kann dies dazu führen, dass der Patient die Schüffelposition nicht korrekt einnehmen kann. Schwierige Laryngoskopie und Intubation sind mögliche Folgen.

Bellhouse und Doré unterteilten Patienten nach der Beweglichkeit ihres Atlantookzipitalgelenks in der Flexions-/Extensionsebene während eines 18 Monate andauernden Evaluationszeitraums in vier Klassen:⁴²

Klasse I: Beweglichkeit $\geq 35^\circ$

Klasse II: Beweglichkeit zwischen 22° und 34°

Klasse III: Beweglichkeit zwischen 12° und 21°

Klasse IV: Beweglichkeit $< 12^\circ$

Es konnte gezeigt werden, dass die Beweglichkeit im Atlantookzipitalgelenk direkten Hinweis darauf geben kann, ob sich die Glottis mit dem Laryngoskop gut einstellen lässt oder nicht. Alleinige Anwendung dieses Tests weist jedoch eine unzureichende Spezifität und Sensivität auf.

4.1.8 Thyreomentaler Abstand nach Frerk

Der Patient wird gebeten, den Kopf so weit wie möglich zu überstrecken. In diesem Zustand wird die Distanz zwischen Mandibula und Prominentia laryngica gemessen. Ist der ermittelte Abstand kleiner als 7 cm, ist damit zu rechnen, dass der Kehlkopf laryngoskopisch schlecht einzustellen ist. Eine schlechte laryngoskopische Sicht der Glottis lässt sich so mit einer Sensitivität von 91% voraussagen³⁴.

Die besprochenen Bedside Tests stehen exemplarisch für eine Vielzahl an bereits publizierten Verfahren um einen schwierigen Atemweg vorzusagen. Dem Großteil dieser Tests ist gemein, dass sie über eine relativ hohe Sensitivität verfügen, die Spezifität im Gegensatz dazu jedoch nicht zufrieden stellend ist. Diese niedrige Spezifität erklärt die hohe Zahl an „falsly difficult airways“ bei sorgfältiger präoperativer Patientenevaluation.

4.2 Der schwierige Atemweg in verschiedenen Patientenkollektiven

Verschiedene Patientenkollektive weisen unterschiedliche Inzidenzen des schwierigen Atemwegs auf. Eine erhöhte Inzidenz des schwierigen Atemwegs findet sich bei schwangeren Patientinnen, bei adipösen Patienten und bei Patienten, die im Rahmen eines notärztlichen Einsatzes intubiert werden müssen.

4.2.1 Der schwierige Atemweg in der Geburtshilfe

In der geburtshilflichen Anästhesie findet sich eine deutlich höhere Inzidenz des schwierigen Atemwegs als bei Patienten, die hinsichtlich der Atemwege keine Besonderheiten aufweisen.

Für dieses Phänomen wurden verschiedene mögliche Ursachen identifiziert.

a) Ödemneigung

Durch eine erhöhte Progesteronkonzentration neigen Schwangere zu generalisierten Ödemen, die sich auch als Ödeme im Larynx-Pharynx-Bereich manifestieren können.

Diese Ödeme können sowohl die Sicht bei der endotrachealen Intubation als auch das Verschieben des Endotrachealtubus erschweren⁴³.

b) Größenzunahme der Mammae

Die schwangerschaftsbedingt vergrößerten Mammae können die Einführung des Laryngoskops in den Oropharynx behindern und somit die Intubation erschweren⁴³.

c) Abnahme der funktionellen Residualkapazität

Gewichtszunahme, erhöhter intraabdomineller Druck und weitere Faktoren führen zu einer um 20% verminderten funktionellen Residualkapazität und einer damit verbundenen Tendenz zur schnelleren Ausbildung einer Hypoxämie während der Narkoseinduktion⁴⁴.

d) erhöhte Aspirationsgefahr

Der Mageninhalt Schwangerer weist einen höheren Säuregehalt und einen erniedrigten pH-Wert auf. Zusätzlich ist die Funktion des gastroösophagealen Sphinkters aufgrund mechanischer und hormoneller Schwangerschaftseffekte herabgesetzt. Diese Effekte

bewirken, dass Schwangere einem erhöhten Aspirationsrisiko ausgesetzt sind und generell als nicht nüchtern betrachtet werden sollten.

In der Literatur wird eine Vielzahl weiterer Faktoren beschrieben, die Risiken für das Atemwegsmanagement in der Geburtshilfe verursachen können.

Tabelle 11 gibt einen Überblick über die Inzidenz des schwierigen Atemwegs in der geburtshilflichen Anästhesie.

Tabelle 11: Inzidenz des schwierigen Atemwegs in der geburtshilflichen Anästhesie

Studie	Gemessener Parameter	Inzidenz [%]
Yeo et al. ⁴⁵	schwierige Laryngoskopie, Grad 3-4	2,1
Lyons ⁴⁶	Fehlgeschlagene Intubation	0,33
Samsoon und Young ³⁷	Fehlgeschlagene Intubation	0,35
Rocke et al. ⁴⁷	Fehlgeschlagene Intubation	0,13

4.2.2 Der schwierige Atemweg bei adipösen Patienten

Die Frage, ob Adipositas einen Risikofaktor für einen schwierigen Atemweg im Sinne einer erschwerten Intubation darstellt, ist Gegenstand kontroverser Diskussionen.

Fakt ist, dass ein pathologisch erhöhter BMI als Einzelparameter keinen Hinweis auf eine schwierige Intubation gibt⁴⁸. Als Einzelparameter mit der höchsten prädiktiven Kraft wurde der Halsumfang des Patienten identifiziert⁴⁹. Weitere Risikofaktoren für eine schwierige Intubation an adipösen Patienten, jedoch mit einem geringeren prädiktiven Wert sind Einteilung in Mallampati Klasse 3 oder 4 und das Vorhandensein des obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms⁵⁰.

Brodsky et al. haben an Patienten mit einem BMI $>40 \text{ kg/m}^2$ eine Inzidenz von 12% an problematischen Intubationen festgestellt⁵¹. Als problematische Intubationen definierten sie in ihrer Veröffentlichung solche Intubationen, die das Potential aufwiesen, zu einer schwierigen Intubation zu werden, ohne dass Intubationsschwierigkeiten tatsächlich auftraten. Juvin et al. hingegen geben an Patienten mit einem BMI $\geq 35 \text{ kg/m}^2$ eine Inzidenz von 15,5% an schwierigen Intubationen an, als Kriterium für eine schwierige Intubation galt hier ein IDS >5 ⁵².

Die Identifikation von Prädiktoren mit hohem prädiktivem Wert und das Erstellen von predictive scores mit hoher Sensivität und Spezifität für Patienten mit Adipositas sind Gegenstand der aktuellen Forschung.

4.2.3 Der schwierige Atemweg in der Notfallmedizin

Die Bedingungen der endotrachealen Intubation in der Notfallmedizin lassen sich nicht mit den bisher besprochenen Intubationsbedingungen im klinischen Bereich vergleichen. Der Hauptunterschied besteht darin, dass Notfallpatienten immer als nicht nüchtern gelten und unter erhöhter Aspirationsgefahr stehen. Zusätzlich kann der Zugang zum Patienten eingeschränkt sein, was die Intubation erschwert. Des Weiteren können Witterungs- und Lichtverhältnisse eine gewichtige Rolle spielen und die Intubation erheblich erschweren.

Der Umfang der Ausrüstung ist, im Gegensatz zur innerklinischen Situation, aus logistischen Gründen eingeschränkt, Notfalleinsatzfahrzeuge führen beispielsweise nicht standardmäßig flexible Endoskope zur fiberoptischen Intubation mit. Zusätzlich hat das Personal im Rettungsdienst hinsichtlich des Atemwegsmanagements in der Regel geringere Qualifikationen als das Personal im klinischen Bereich⁵³. Diese Faktoren tragen dazu bei, dass die endotracheale Intubation in der präklinischen Situation für den Notarzt eine besondere Herausforderung darstellt.

Im Gegensatz zu der Fülle an Studien über das Atemwegsmanagement im innerklinischen Bereich existieren vergleichsweise wenige Studien, die sich mit der präklinischen Sicherung der Atemwege beschäftigen. Hinzu kommt, dass Daten zur präklinischen Rettungswesen aus Nordamerika aufgrund unterschiedlicher Rettungsdienstsysteme nur eingeschränkt mit der Situation in Deutschland vergleichbar sind.

Zwei französische Studien, die als Definition einer schwierigen Intubation einen IDS >5 festlegten, zeigten hohe Inzidenzen schwieriger Intubationen von 7,4%⁵⁴ und 16,1%⁵⁵ im präklinischen Bereich. Als Hauptkomplikation weist die Literatur mehrfache Intubationsversuche auf.

Tabelle 12 gibt einen Überblick über die Inzidenz multipler Intubationsversuche.

Tabelle 12: Erfolgsraten der endotrachealen Intubation durch Notärzte

	Adnet et al. ⁵⁶	Orliaguet et al. ⁵⁷	Thierbach et al. ⁵⁸
Versuch 1	67,4	74,5	85,4
Versuch 2	20,4	14,8	10,4
Versuch 3	11,3	8,1	1,5
Alternatives Verfahren	0,9	2,6	1,5

Weitere Komplikationen, die während der präklinischen Intubation gehäuft auftreten, sind Aspiration(5,0-5,6%), akzidentielle ösophageale Intubation (3,2-6,4%) und endobronchiale Intubation in den rechten Hauptbronchus(0,8-2,8%).

Als Risikofaktoren für eine schwierige Intubation im präklinischen Bereich finden sich in der Literatur zusätzlich zu den Faktoren, welche auch im innerklinischen Bereich Gültigkeit besitzen, Faktoren, welche charakteristisch für den präklinischen Bereich sind. Hierzu zählen hauptsächlich unfallbedingte Traumen im Gesichtsbereich, die Position des Notarztes während der Intubation (sitzend, stehend, knieend, liegend), eine Immobilisation der Halswirbelsäule mit einem Immobilisationskragen und Qualifikation des Notarztes hinsichtlich des Atemwegsmanagement⁵⁴.

Bei Patienten, denen wegen des Verdachtes einer Halswirbelsäulenverletzung ein Immobilisationskragen angelegt wird, verschlechtert sich die laryngoskopische Sicht dramatisch. 64% dieser Patienten weisen eine schlechte Sicht auf die Glottis (Cormack und Lehane Grad 3 und 4) auf⁵⁹. Verantwortlich für die schlechte Einstellbarkeit mit dem Laryngoskop sind die geringe Mundöffnung und die schlechte Beweglichkeit in der Halswirbelsäule.

Patienten mit einer durch einen Immobilisationskragen immobilisierten Halswirbelsäule, weisen also zwei starke Prädiktoren für eine schwierige Intubation auf. Werden solche Patienten intubationspflichtig, ist die Anwendung alternativer Techniken zu erwägen, da aufgrund der schwierigen Laryngoskopieverhältnisse, eine hohe Rate an Fehlintubationen und unmöglichen Intubationen zu erwarten ist.

4.3 Alternativen zur konventionellen Laryngoskopie

Die 1983 erstmals vorgestellte Larynxmaske fand innerhalb weniger Jahre weltweite Verbreitung, sowohl im Einsatz am schwierigen Atemweg als auch im Routineeinsatz. Inzwischen werden 30-60% aller Allgemeinanästhesien mithilfe einer Larynxmaske durchgeführt⁶⁰. Bedingt durch den großen Erfolg der Larynxmaske wurde in den letzten 20 Jahren eine große Anzahl an Instrumenten entwickelt, die eine Alternative zur Intubation mit dem Laryngoskop bieten. Diese Instrumente lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen:

Auf der einen Seite steht die Gruppe der supraglottischen Atemwegshilfen, die einen Atemweg ohne einen endotracheal liegenden Tubus etabliert, auf der anderen Seite steht die Gruppe der Instrumente zur endotrachealen Intubation ohne Laryngoskop.

Supraglottische Atemwegshilfen wie die Larynxmaske oder der COPA (cuffed oropharyngeal airway) zeichnen sich vor allem durch folgende Eigenschaften aus:

- sie sind intuitiv zu bedienen und ihre Handhabung ist einfach zu erlernen
- mit ihnen lässt sich auch im Notfall innerhalb kürzester Zeit ein Atemweg etablieren

Den größtmöglichen Aspirationsschutz bietet jedoch weiterhin nur ein Endotrachealtubus, dessen geblockte Manschette die Trachea abdichtet. Da im Notfall Patienten prinzipiell als nicht nüchtern gelten und somit einer höheren Aspirationsgefahr ausgesetzt sind, ist hier sowohl prä- als auch innerklinisch die endotracheale Intubation supraglottischen Atemwegshilfen vorzuziehen.

Instrumente, die Anwendung in der notfallmäßigen Atemwegssicherung finden sollen, müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Einfache Handhabung
- Schnelle Etablierung eines Atemwegs
- Schnelle Verfügbarkeit und Einsetzbarkeit des Instruments
- Steile Lernkurve

4.3.1 Das flexible Endoskop

Im innerklinischen Bereich ist bei einem erwartet schwierigen Atemweg die fiberoptische Intubation mit dem flexiblen Endoskop seit Jahren Methode der Wahl⁶¹. Die flexible fiberoptische Intubation erfolgt vorzugsweise transnasal in Analgosedierung am spontan atmenden Patienten. Für den präklinischen Bereich ist das flexible Endoskop jedoch weitaus schlechter geeignet.

Die Handhabung des flexiblen Endoskops ist technisch anspruchsvoll und ein effektiver Einsatz setzt regelmäßiges Üben voraus. Zusätzlich ist dieses Verfahren recht zeitaufwendig und somit bei einem unerwartet schwierigen Atemweg von Nachteil, wenn innerhalb kurzer Zeit eine kritische Hypoxie droht. Ein hoher logistischer Aufwand und die Abhängigkeit dieses Verfahrens von einer Stromquelle sprechen zusätzlich gegen seinen Einsatz im präklinischen Bereich⁶².

4.3.2 Intubation mit Transillumination

Die endotracheale Intubation mit Transillumination ist ein blindes Verfahren, bei dem der Tubus mittels eines leuchtenden Führungsstabs in die Trachea vorgeschoben wird. Das Verfahren beruht auf der Beobachtung eines durch die Halsweichteile nach außen durchscheinenden Lichtscheins, der die Passage des Führungsstabs bzw. des Tubus durch den Larynx in die Trachea anzeigt⁶³. Bei einer Fehllage des Führungsstabs im oberen Ösophagus ist kein Lichtschein erkennbar, lediglich bei schlanken Patienten und dunklen Lichtverhältnissen kann ein diffuser, schwacher Lichtschein erkennbar sein.

Eine große Zahl an Studien hat seither den Einsatz der Instrumente verschiedener Hersteller in unterschiedlichen Situationen untersucht. Der Intubationserfolg an erwachsenen Elektivpatienten im OP liegt hierbei durchweg über 90%, im präklinischen Bereich weist die Intubation mit Transillumination jedoch geringere Erfolgsraten auf^{64,65,66} und ist nicht zu empfehlen.

4.3.3 Die Intubationslarynxmaske (ILMA)

Die 1997 vorgestellte Intubationslarynxmaske ist ein Intubationshilfsmittel, das bei erwarteten und unerwarteten Intubationsproblemen zum Einsatz kommen kann. Die Intubationslarynxmaske ist eine Weiterentwicklung der Larynxmaske, die zur blinden endotrachealen Intubation entwickelt wurde.

Im ersten Schritt wird die Intubationslarynxmaske, genau wie die Larynxmaske, transoral in den Rachen eingeführt und über Kehlkopf und oberem Ösophagussphinkter platziert. Nach erfolgtem Blocken des Cuffs ist nun eine supraglottische Beatmung möglich. Im zweiten Schritt kann ein spezieller Woodbridge-Tubus durch die Intubationslarynxmaske in die Trachea vorgeschoben werden. Nachdem die Manschette des Tubus geblockt wurde, kann die Intubationslarynxmaske entfernt werden. Die Eignung der ILMA für den Einsatz am schwierigen Atemweg wurde mehrfach bestätigt^{67,68,69}. Letztendlich bleiben jedoch den blinden Verfahren immanenten Probleme, wie die Verhinderung der erfolgreichen Ventilation durch unbemerkte Atemwegspathologie⁷⁰ oder der Schädigung der Atemwege durch das blinde Einführen von Larynxmaske und Tubus⁷¹.

4.3.4 Das Bullard-Laryngoskop

Das Bullard-Laryngoskop besteht aus einem Spatel und einem Griff, in die eine Fiberoptik und eine Kaltlichtquelle eingearbeitet sind. Durch das Okular, welches im Spatel integriert ist, kann der Anästhesist direkt die Glottis visualisieren. Aufgrund der starken Krümmung des Spatels muss der Tubus auf einen speziellen, ebenfalls gekrümmten Mandrin aufgezogen werden. Der Mandrin ist nötig, um zu gewährleisten, dass die Spitze des Tubus sich auf Höhe der Spatelspitze befindet.

Das Bullard-Laryngoskop hat sich ebenfalls im Einsatz am schwierigen Atemweg bewährt. Insbesondere eignet es sich zur Intubation von Patienten mit Verdacht auf Halswirbelsäulenverletzung, da die Bewegungsgrade in der Halswirbelsäule gering sind^{72,73}. Das Bullard-Laryngoskop eignet sich, wie auch das Bonfils Intubationsfiberskop zur Anwendung an Patienten mit geringer Mundöffnung, da der Spatel des Instruments schmaler ist als der Endotrachealtubus und somit die Limitierung des Verfahrens darin besteht, ob der

Tubus die Mundhöhle passieren kann⁷⁴. Schlechte Ergebnisse erzielt das Bullard-Laryngoskop, auch ähnlich dem Bonfils Intubationsfiberskop, wenn starke Schleimsekretionen die Sicht auf die Glottis einschränken⁷⁵.

4.4 Intubationserfolg mit dem Bonfils Intubationsfiberskop

Obwohl das Bonfils Intubationsfiberskop bereits seit 1991 käuflich erworben werden kann, ist die Zahl der wissenschaftlichen Publikationen über das Instrument gering.

Nachdem Bonfils das Instrument 1983 in einem Artikel im Anästhesisten vorstellte, waren die Leipziger Anästhesisten Rudolph und Schlender 1996 die ersten Autoren nach Bonfils, die mit einem Erfahrungsbericht einen wissenschaftlichen Artikel über das Bonfils Intubationsfiberskop publizierten⁷⁶.

2003 berichteten Halligan und Charters über ihre klinische Erfahrung mit dem Instrument. Von 60 Patienten, die sich einem elektiven operativen Eingriff unterzogen und in der präoperativen Patientenevaluation keine Hinweise auf einen schwierigen Atemweg zeigten, ließen sich 59 Patienten (98,3%) problemlos intubieren. Die einzige fehlgeschlagene Intubation wurde von den Autoren auf mangelnde Erfahrung im Umgang mit dem Gerät zurückgeführt, da sie das Bonfils Intubationsfiberskop im Rahmen der Studie erstmalig einsetzten und die fehlgeschlagene Intubation einer der ersten Intubationsversuche P. Charters' mit dem Instrument darstellte⁷⁷. Sowohl die Studie von Rudolph und Schlender, als auch die Studie von Halligan und Charters zeigen, dass das Bonfils Intubationsfiberskop sich sehr gut für den Einsatz am nicht-schwierigen Atemweg eignet.

4.5 Intubationserfolg am schwierigen Atemweg

2004 veröffentlichte die Kieler Arbeitsgruppe um Bein Ergebnisse einer Studie über den Einsatz des Bonfils Intubationsfiberskop nach zwei fehlgeschlagenen laryngoskopischen Intubationsversuchen. Während des eineinhalbjährigen Studienzeitraumes konnten von 1.430 Patienten, an denen eine koronare Bypass-Operation durchgeführt wurde, 25 Patienten nicht mittels direkter Laryngoskopie intubiert werden.

An diesen Patienten wurde die endotracheale Intubation mit dem Bonfils Intubationsfiberskop versucht, an 22 Patienten (88%) gelang die Intubation im ersten Versuch und an 24 Patienten (96%) im zweiten Versuch. Ein Patient konnte weder mittels konventioneller Laryngoskopie noch mit dem Bonfils Intubationsfiberskop intubiert werden, da trotz mehrmaligem Absaugen große Schleimmengen die Sicht zu stark behinderten. Dieser Patient wurde letztendlich transnasal mit einem flexiblen Endoskop intubiert²¹.

In einer weiteren, 2004 publizierten Studie, berichtet die gleiche Arbeitsgruppe über ihre Erfahrungen mit dem primären Einsatz des Bonfils Intubationsfiberskop am schwierigen Atemweg. Für die Durchführung dieser Studie wurden 80 Patienten ausgewählt, welche sich einem elektiven Eingriff in Intubationsnarkose unterzogen und Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg aufwiesen. Welche Prädiktoren in der Studie zur Anwendung kamen, listet Tabelle 13 auf.

Tabelle 13: In der Studie von Bein et al. angewendete Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg

Mallampati ≥ 3 (nach Samssoon und Young)

Thyreomentaler Abstand < 6 cm (nach Frerk)

Beweglichkeit im Atlanto-Okzipitalgelenk $< 15^\circ$ (nach Bellhouse und Doré)

Vierzig der Patienten wurden mithilfe der Intubationslarynxmaske intubiert, die anderen Patienten wurden mit dem Bonfils Intubationsfiberskop intubiert. Mit dem Bonfils Intubationsfiberskop konnten 39 der 40 Patienten (97,5%) bereits während des ersten Intubationsversuchs und alle 40 Patienten (100%) mit dem zweiten Versuch erfolgreich intubiert werden²².

In Tabelle 14 werden die Erfolgsraten der Intubation mit dem Bonfils Intubationsfiberskop aus der Literatur mit den Ergebnissen der eigenen Arbeitsgruppe verglichen.

Tabelle 14: Erfolgsraten der Intubation mit dem Bonfils Intubationsfiberskop in verschiedenen Studien

Studie	Intubationserfolg [%]	Patientenzahl [n]	Besonderheiten
Halligan und Charters	98,3	60	Patienten ohne Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg
Bein et al.	96,0	25	Patienten mit einem unerwartet schwierigen Atemweg
Bein et al.	100	40	Patienten mit Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg
Eigene Arbeitsgruppe	81,6	38	Patienten mit simuliertem schwierigen Atemweg

Wie in Tabelle 14 zu erkennen, ist der Intubationserfolg der eigenen Arbeitsgruppe signifikant niedriger als der Intubationserfolg in den bisher veröffentlichten Arbeiten. Hauptursache für die fehlgeschlagene Intubation mit dem Bonfils Intubationsfiberskop in unserer Arbeitsgruppe war, trotz der Anwendung von externem Druck auf die Glottis, die Unmöglichkeit, mit dem starren Gerät unter die Epiglottis zu gelangen und so die Stimmlippen zu visualisieren. Die Köpfe der Patienten waren in der Neutralstellung fixiert und ließen keine Beweglichkeit im Atlantookzipitalgelenk zu. Eine größere Beweglichkeit im Atlantookzipitalgelenk hätte möglicherweise zu einer höheren Erfolgsrate bei der endotrachealen Intubation geführt, aufgrund des Studiendesigns konnten wir diese Annahme jedoch nicht überprüfen. Eine stärker gebogene Spitze des Instruments könnte die Passage des Instrumentes unter einer „herabhängenden“, prominenten Epiglottis möglicherweise verbessern.

Beschlagen der Linse war die Ursache für das Fehlschlagen der Intubation bei einem weiteren Patienten unserer Studie. Obwohl sich die Spitze des Bonfils Fiberskop relativ weit innerhalb des Tubus befindet und somit eher vor Beschlagen oder Verschmutzung der Linse geschützt ist, als dies beim flexiblen Endoskop der Fall ist, benötigt das Bonfils Intubationsfiberskop ebenso wie das flexible Endoskop einen relativ „trockenen“ Atemweg. Es hat sich bewährt, die Spitze des Instruments für 15 Sekunden in der Handinnenfläche zu wärmen, falls das Instrument an einem Ort aufbewahrt wurde, der kühler ist als der Ort an dem es eingesetzt wird. Hierdurch lässt sich das Risiko des Beschlagens minimieren.

4.6 Intubation von Patienten mit immobilisierter Halswirbelsäule

Traumapatienten, bei denen der Verdacht auf eine Verletzung der Halswirbelsäule besteht, benötigen eine konsequente und kontinuierliche Stabilisierung der Halswirbelsäule. Gemäß dem Advanced Trauma Life Support-Algorithmus (ATLS) des American College of Surgeons ist dem Patienten zum Schutze der Halswirbelsäule ein Immobilisationskragen anzulegen⁷⁸. Der Immobilisationskragen muss in seiner Position verbleiben, bis durch innerklinische Diagnostik Verletzungen der Halswirbelsäule ausgeschlossen worden sind. Besteht bei solchen Patienten die Notwendigkeit der endotrachealen Intubation, wird üblicherweise für die Dauer des Intubationsvorgangs der Immobilisationskragen geöffnet und die Halswirbelsäule manuell stabilisiert.

Obwohl bei manueller Stabilisierung der Halswirbelsäule und gleichzeitiger Intubation mit dem Macintosh-Laryngoskop Intubationserfolge von über 90% erzielt werden^{79,80}, resultiert diese Methode in einer hohen Bewegung der Halswirbelsäule während des Intubationsvorgangs⁸¹. Die Suche nach Alternativen zur Schonung der Halswirbelsäule ist daher seit längerem Gegenstand klinischer Forschung.

In vielen Publikationen konnte gezeigt werden, dass sich die Bewegung in der Halswirbelsäule signifikant reduzieren lässt, wenn bei manueller Stabilisation der Halswirbelsäule fiberoptische Instrumente, die Intubationslarynxmaske oder Videolaryngoskope zum Einsatz kommen. Da aber aktuellere Daten darauf hinweisen, dass die manuelle Stabilisierung der Halswirbelsäule ineffektiv ist und verletzte Segmente der Halswirbelsäule unter Umständen nicht zu stabilisieren vermag⁸², ist die Suche nach effektiveren Alternativen notwendig.

Eine mögliche Alternative zur Intubation unter manueller Stabilisierung der Halswirbelsäule stellt die endotracheale Intubation mit angelegtem Immobilisationskragen dar. In der vorliegenden Studie konnte mit dem Bonfils Intubationsfiberskop trotz Immobilisationskragen in 81,6% der Fälle erfolgreich intubiert werden. Mit dem Bullard-Laryngoskop werden vergleichbare Erfolgsraten erzielt, so berichten MacQuarrie et al. von Erfolgsraten zwischen 83% und 88%⁸³ an Patienten mit einer durch einen Immobilisationskragen fixierte Halswirbelsäule.

Wie die Erfolgsquote des Bonfils Intubationsfiberskop im Vergleich zur Erfolgsquote der Intubationslarynxmaske zu bewerten ist, ist zurzeit noch unklar. Während die Arbeitsgruppe um Komatsu eine Erfolgsquote von 96% mit der Intubationslarynxmaske an Patienten mit angelegtem Immobilisationskragen vermeldet⁸⁴, berichten Wakeling und Nightingale, dass sie bei Patienten mit angelegtem Immobilisationskragen über die Intubationslarynxmaske lediglich 30% der Patienten erfolgreich intubieren konnten⁸⁵.

In der Studie von Komatsu et al. war die maximale Mundöffnung der Patienten in der Studiengruppe geringer (4,1 cm ± 0,8 cm) als in der Kontrollgruppe (4,6 cm ± 0,7 cm). Ob dieser kleine, statistisch jedoch signifikante Unterschied einen klinischen Einfluss hat, bleibt spekulativ.

In der vorliegenden Studie war die Mundöffnung der Patienten deutlich geringer, nämlich 2,6 cm ± 0,8 cm in der Bonfils-Gruppe und 2,6 cm ± 0,7 cm in der Macintosh-Gruppe. Aufgrund der gekrümmten Form und des geringen Außendurchmesser des Bonfils Intubationsfiberskops ist die zum Intubieren nötige Mundöffnung nur geringfügig größer als der Außendurchmesser des verwendeten Tubus. Diese Eigenschaft bedingt wahrscheinlich die gute Erfolgsrate an Intubationen bei Patienten mit eingeschränkter Mundöffnung.

Die relativ neue Gruppe der Videolaryngoskope wurde hinsichtlich der Wertigkeit im Einsatz an Patienten mit Immobilisationskragen erst in einer Studie evaluiert. Die im Januar 2009 publizierte Studie zeigt gute Ergebnisse: Mit dem Airway Scope wurde eine Erfolgsrate von 98% erzielt⁸⁶.

In einer weiteren, im November 2009 publizierten Studie, konnte gezeigt werden, dass sich das C-MAC-Videolaryngoskop sowohl für den Einsatz am normalen Atemweg, als auch für den Einsatz am schwierigen Atemweg eignet. Cavus et al. berichten hier sowohl von einem

erfolgreichen Einsatz des Geräts an 60 Patienten ohne schwierigen Atemweg, als auch von drei Fällen, in denen die konventionelle Intubation mit dem Macintosh-Laryngoskop fehlgeschlagen war. In allen drei Fällen konnten die Patienten mit dem C-MAC erfolgreich intubiert werden⁸⁷.

Die Gruppe der Videolaryngoskope zeigt also vielversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Intubation am schwierigen Atemweg. Um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Instrumenten wie dem Bonfils Intubationsfiberskop herzustellen, ist jedoch eine weitere Evaluation dieser Gerätegruppe unter standardisierten Bedingungen notwendig.

Aufgrund der guten Erfolgsrate ist das Bonfils Intubationsfiberskop für die Intubation von Patienten mit angelegtem Immobilisationskragen und für Patienten, die aus anderen Gründen über eine geringe Mundöffnung und Beweglichkeit im Atlantookzipitalgelenk verfügen, sehr gut geeignet.

Die Erfahrungen der eigenen Arbeitsgruppe zeigen, dass das Bonfils Intubationsfiberskop kein Instrument ist, welches sich sofort intuitiv bedienen lässt. Bevor der Einsatz am schwierigen Atemweg durch einen Arzt erfolgt, sollte dieser nach unserer Einschätzung mit dem Bonfils Intubationsfiberskop daher mindestens 20 Intubationen unter Standardsituationen an unkomplizierten Atemwegsverhältnissen durchgeführt haben.

Das Bonfils Intubationsfiberskop ist ein äußerst hilfreiches Gerät sowohl bei erwartet, als auch bei unerwartet schwierigem Atemweg und eine Implementierung des Geräts in Algorithmen zur Atemwegssicherung ist bei entsprechender Einübung der Handhabung sowohl im klinischen als auch im präklinischen Bereich sehr sinnvoll.

5. Zusammenfassung

Die Sicherung der Atemwege ist eine der wichtigsten Aufgaben des mit dem Atemwegsmanagement beauftragten Arztes, da eine fehlgeschlagene Intubation und sich über längere Zeit erstreckende Intubationsversuche schnell zu einer kritischen Hypoxie führen können. Gelingt eine endotracheale Intubation mittels konventioneller Laryngoskopie mit dem Macintosh-Spatel unerwartet nicht, stehen verschiedene supraglottische Atemwegshilfen wie z.B. die Larynxmaske zur Atemwegssicherung zur Verfügung. Falls sich jedoch aus verschiedenen Gründen der Einsatz eines supraglottischen Atemwegs verbietet und die Notwendigkeit einer endotrachealen Intubation besteht, muss eine andere Intubationsmethode als die konventionelle Laryngoskopie gewählt werden.

Das Standardverfahren für den erwarteten schwierigen Atemweg, die Intubation mit dem flexiblen Endoskop am spontan atmenden Patienten, eignet sich nicht für den unerwarteten schwierigen Atemweg. Hierfür werden die Intubationslarynxmaske, Videolaryngoskope, Führungsstäbe mit Transillumination und verschiedene starre Fiberoptiken wie das Bonfils Intubationsfiberskop oder das Laryngoskop nach Bullard eingesetzt.

Der Erfolg des Bonfils Intubationsfiberskops am unerwarteten schwierigen Atemweg und am erwarteten schwierigen Atemweg, basierend auf einer Reihe klinischer Faktoren, wurde bereits bewiesen. Es ist jedoch nicht bekannt, ob sich das Instrument für einen klar definierten schwierigen Atemweg im Sinne einer eingeschränkten Mundöffnung und eingeschränkten Beweglichkeit in der Halswirbelsäule eignet. Ziel der vorliegenden Studie war es zu untersuchen, ob sich das Bonfils Intubationsfiberskop für den Einsatz am schwierigen Atemweg, simuliert durch einen Immobilisationskragen, eignet.

Nach Einwilligung der Ethikkommission wurde die Studie an 76 Patienten durchgeführt, die sich einem elektiven gynäkologischen Eingriff unterzogen. Nach der Simulation des schwierigen Atemwegs durch Anlegen eines Immobilisationskragens wurden jeweils 38 Patienten randomisiert entweder mittels direkter Laryngoskopie oder dem Bonfils Intubationsfiberskop intubiert. Die erfolgreiche Platzierung des Endotrachealtubus mit dem jeweiligen Instrument war der primäre Zielparameter der Studie.

Nach Immobilisierung der Halswirbelsäule betrug die maximale Mundöffnung $2,6 \text{ cm} \pm 0,7 \text{ cm}$ in der Macintosh-Gruppe und $2,6 \text{ cm} \pm 0,8 \text{ cm}$ in der Bonfils-Gruppe. Mit dem Laryngoskop mit Macintosh-Spatel konnten 15/38 Patienten (39,5%) erfolgreich intubiert werden, mit dem Bonfils Intubationsfiberskop konnten 31/38 Patienten (81,6%) erfolgreich intubiert werden ($P < 0,05$). Die benötigte Zeit bis zur erfolgreichen Platzierung des Endotrachealtubus war mit dem Laryngoskop geringer ($53 \pm 22 \text{ s}$) als mit dem Bonfils Intubationsfiberskop ($64 \pm 24 \text{ s}$), dieser Zeitunterschied besitzt jedoch weder statistische, noch klinische Relevanz.

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass das Bonfils Intubationsfiberskop der direkten Laryngoskopie mit Macintosh-Spatel an Patienten mit eingeschränkter Mundöffnung und immobilisierter Halswirbelsäule überlegen ist.

6. Summary

Airway management is one of the major tasks for anesthesiologists and emergency physicians. Failed endotracheal intubation and prolonged attempts to intubate can rapidly lead to critical hypoxia resulting in permanent brain damage and even death. If endotracheal intubation facilitated by direct laryngoscopy and use of a Macintosh blade fails, several supraglottic airway devices such as the laryngeal mask airway can be used. If, however, supraglottic airway devices are contraindicated and endotracheal intubation is mandatory, another intubation technique than conventional laryngoscopy must be chosen.

Nasal fiberoptic intubation in the awake and spontaneously breathing patient is the standard procedure for the expected difficult airway, but it is usually unsuitable for the unexpected difficult airway. For these cases, different devices, such as the intubating laryngeal mask airway, video laryngoscopes, lighted stylets and rigid fiberoptic devices such as the Bullard-laryngoscope and the Bonfils intubation fiberscope can be used.

The efficacy of the Bonfils intubation fiberscope has been well demonstrated on patients with unexpected difficult airway and expected difficult airways based on several predictors, but yet it is not known, whether the instrument is suitable for application on a difficult airway, clearly defined by limited mouth opening and reduced cervical spine clearance.

We tested the hypothesis that the rate of failed endotracheal intubation with direct laryngoscopy could be reduced with the Bonfils intubation fiberscope in patients with simulated difficult airway, created by means of a rigid cervical immobilization collar.

After review board approval and with informed, written consent, 76 adults undergoing elective gynecological surgery under general anesthesia were included in the study. After simulation of a difficult airway by application of a rigid cervical immobilization collar, patients were randomized to undergo endotracheal intubation either by direct laryngoscopy with a Macintosh blade or with the Bonfils intubation fiberscope. Successful placement of the endotracheal tube was the primary outcome variable.

After neck immobilization, the inter-incisor distance was 2.6 ± 0.7 cm in the Macintosh-group and 2.6 ± 0.8 cm in the Bonfils-group. Placement of the endotracheal tube was successful in

15/38 Patients (39.5%) in the Macintosh-group and in 31/38 Patients (81.6%) in the Bonfils-group ($P < 0.05$). Endotracheal tube placement time was longer with the Bonfils intubation fiberscope (64 ± 24 s) than with the Macintosh laryngoscope (53 ± 22 s), though this difference did not reach statistical significance.

In summary, the Bonfils intubation fiberscope proved superior to conventional direct laryngoscopy with a Macintosh blade in patients with restricted mouth opening and limited cervical spine clearance. .

7. Literatur

¹ Benumof JL, Scheller MS. The Importance of Transtracheal Jet Ventilation in the Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 1990; **72**: 828-833

² Bellhouse CP, Doré C. Criteria for Estimating Likelihood of Difficulty of Endotracheal Intubation with Macintosh Laryngoscope. *Anaesthesia and Intensive Care* 1988; **16**: 329-337

³ Caplan RA, Posner KL, Ward RJ, Cheney FW. Adverse Respiratory Events in Anesthesia: A Closed Claim Analysis. *Anesthesiology* 1990; **72**: 828-833

⁴ Cheney FW. Anesthesia Patient Safety and Professional Liability continue to improve. *ASA Newsletter* 1997; **61**: XXX

⁵ American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 1993; **78**: 597-602

⁶ Langeron O, Masso E, Huraux C, Guggiari M, Bianchi A, Coriat P, Riou B. Prediction of Difficult Mask Ventilation. *Anesthesiology* 2000; **92**: 1229-1236

⁷ Kheterpal S, Han R, Tremper K, Shanks A, Tait AR, O'Reilly M, Ludwig TA. Incidence and Predictors of Difficult and Impossible Mask Ventilation. *Anesthesiology* 2006; **105**: 885-891

⁸ Rose KD, Cohen MM. The Airway: Problems and Predictions in 18,500 patients. *Canadian Journal of Anesthesia* 1994; **41**: 372-383

⁹ Asai T, Koga K, Vaughan RS. Respiratory Complications associated with Tracheal Intubation and Extubation. *British Journal of Anaesthesia* 1998; **80**: 767-775

¹⁰ Crosby ET, Cooper RM et al. The Unanticipated Difficult Airway with Recommendations for Management. *Canadian Journal of Anesthesia* 1998; **45**: 757-776

- ¹¹ Rose KD, Cohen MM. The Incidence of Airway Problems depends on the Definition used. *Canadian Journal of Anesthesia* 1996; **43**: 30-34
- ¹² Yentis SM, Lee DJH. Evaluation of an Improved Scoring System for the Grading of Direct Laryngoscopy. *Anaesthesia* 1998; **53**: 1041-1044
- ¹³ Langenstein H, Cunitz G. Die schwierige Intubation beim Erwachsenen. *Der Anaesthesist* 1996; **45**: 372-383
- ¹⁴ Brain AI. The Laryngeal Mask – A new Concept in Airway Management. *British Journal of Anaesthesia* 1983; **55**: 801-805
- ¹⁵ Brain AI, Verghese C, Strube PJ. The LMA ‚ProSeal‘ – A Laryngeal Mask with an Oesophageal Vent. *British Journal of Anaesthesia* 2000; **84**: 650-654
- ¹⁶ Frass M, Frenzer R, Zahler J, Ilias W, Leithner C. Ventilation via the Esophageal Tracheal Combitube in a Case of Difficult Ventilation. *Journal of Cardiothoracic Anesthesia* 1987; **6**: 565-568
- ¹⁷ Döriges V, Ocker H, Wenzel V, Schmucker P. The Laryngeal Tube: A new simple Airway Device. *Anesthesia and Analgesia* 2002; **95**: 770-776
- ¹⁸ Döriges V, Ocker H, Wenzel V, Steinfath M, Gerlach K. The Laryngeal Tube S: A modified simple Airway Device. *Anesthesia & Analgesia* 2003; **96**: 618-621
- ¹⁹ Thierbach AR, Piepho T, Maybauer M. A new Device for Emergency Airway Management: The EasyTube. *Resuscitation* 2004; **60**: 347
- ²⁰ Greenberg RS, Toung T. The Cuffed Oro-Pharyngeal Airway – A Pilot Study. *Anesthesiology* 1992; **77**: A 558

- ²¹ Bein B, Yan M, Tonner PH, Scholz J, Steinfath M, Döriges V. Tracheal Intubation using the Bonfils Intubation Fibrescope after failed Direct Laryngoscopy. *Anaesthesia* 2004; **59**: 1207-1209
- ²² Bein B, Worthmann F, Scholz J, Brinkmann F, Tonner PH, Steinfath M, Döriges V. A Comparison of the Intubating Laryngeal Mask Airway and the Bonfils Intubation Fibrescope in Patients with Predicted Difficult Airways. *Anaesthesia* 2004; **59**: 668-674
- ²³ Byhahn C, Meininger D, Walcher F, Hofstetter C, Zwissler B. Prehospital Emergency Endotracheal Intubation using the Bonfils Intubation Fibrescope *European Journal of Emergency Medicine* 2007; **14**: 43-46
- ²⁴ Hans Joachim Hartung, Peter M. Osswald, Georg Petroianu. Die Atemwege, Grundlagen, Sicherung der Luftwege, Notfallmanagement, Intubationsprobleme. 1. Auflage, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft: 2001, S. 64f
- ²⁵ Bonfils P. Schwierige Intubation bei Pierre-Robin-Kindern, eine neue Methode: Der retromolare Weg. *Der Anaesthesist* 1983; **32**: 363-367
- ²⁶ Macintosh RR. A new Laryngoscope *Lancet* 1943; **1**: 205
- ²⁷ Cormack RS, Lehane J. Difficult Tracheal Intubation in Obstetrics. *Anaesthesia* 1984; **39**: 1105-1111
- ²⁸ Yentis SM, Lee DJH. Evaluation of an Improved Scoring System for the Grading of Direct Laryngoscopy. *Anaesthesia* 1998; **53**: 1041-1044
- ²⁹ Benumof JL. Management of the Difficult Adult Airway with Special Emphasis on Awake Tracheal Intubation. *Anesthesiology* 1991; **75**: 1087-1110
- ³⁰ Adnet F, Borron SW, Racine SX, Clemessy J, Fournier J, Plaisance P, Lapandry C. The Intubation Difficulty Scale (IDS): Proposal and Evaluation of a new Score characterizing the Complexity of Endotracheal Intubation. *Anesthesiology* 1997; **87**: 1290-1297

³¹ Hans Joachim Hartung, Peter M. Osswald, Georg Petroianu. Die Atemwege, Grundlagen, Sicherung der Luftwege, Notfallmanagement, Intubationsprobleme. 1. Auflage, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft: 2001, S. 65

³² Mallampati SR, Gatt SP, Gugino LD, Desai SP, Waraksa B, Freiburger D, Liu PL. A Clinical Sign for Predicting Difficult Intubation: A Prospective Study. *Canadian Anaesthetists' Society Journal* 1985; **32**: 429-434

³³ Savva D. Prediction of Difficult Tracheal Intubation. *British Journal of Anaesthesiology* 1995; **73**: 149-153

³⁴ Frerk CM. Predicting Difficult Intubation. *Anaesthesia* 1991; **46**: 1005-1008

³⁵ Butler PJ, Dhara SS. Prediction of Difficult Laryngoscopy: An Assessment of the Thyromental Distance and Mallampati Predictive Tests. *Anaesthesia and intensive care* 1992; **20**: 139-142

³⁶ Oates JD, Macleod AD, Oates PD, Pearsall FJ, Howie JC, Murray GD. Comparison of two Methods Predicting Difficult Intubation. *British Journal of Anaesthesiology* 1991; **66**: 305-309

³⁷ Samsoon GL, Young JR. Difficult Tracheal Intubation: A Retrospective Study. *Anaesthesia* 1987; **42**: 487-490

³⁸ Combes X, Le Roux B, Suen P, Dumerat M, Motamed C, Sauvat S, Duvaldestin P, Dhonneur G. Unanticipated Difficult Airway in Anesthetized Patients: Prospective validation of a Management Algorithm. *Anesthesiology* 2004; **100**: 1146-1150

³⁹ Salem MR, Methrubhutham M, Bennett EJ. Difficult Intubation. *New England Journal of Medicine* 1976; **295**: 879-881

⁴⁰ Horton WA, Fahy L, Charters P. Defining a Standard Intubation Position using "Angle Finder". *British Journal of Anaesthesiology* 1989; **62**: 6-12

- ⁴¹ McGill IW. Technique in Endotracheal Anaesthesia. *British Medical Journal* 1930; **2**: 817-820
- ⁴² Bellhouse CP, Doré C. Criteria for Estimating Likelihood of Difficulty of Endotracheal Intubation with the Macintosh Laryngoscope. *Anaesthesia and Intensive Care* 1988; **16**: 329-337
- ⁴³ Kuczkowski KM, Reisner LS, Benumof JL. Airway Problems and New Solutions for the Obstetric Patient. *Journal of Clinical Anesthesiology* 2003; **15**: 552-561
- ⁴⁴ Vasdev GM, Harrison BA, Keegan MT, Burkle CM. Management of the Difficult and Failed Airway in Obstetric Anesthesia. *Journal of Anesthesia* 2008; **22**: 38-48
- ⁴⁵ Yeo SW, Chong JL, Thomas E. Difficult Intubation: A Prospective Study. *Singapore Medical Journal* 1992; **33**: 362-364
- ⁴⁶ Lyons G. Failed intubation. Six Years' Experience in a Teaching Maternity Unit. *Anaesthesia* 1985; **40**: 759-762
- ⁴⁷ Rocke DA, Murray WB, Rout CC, Gouws EW. Relative Risk Analysis of Factors associated with Difficult Intubation in Obstetric Anesthesia. *Anesthesiology* 1992; **77**: 67-73
- ⁴⁸ Brodsky JB, Lemmens HJ, Brock Utne JG, Vierra M, Saidmann LJ. Morbid Obesity and Tracheal Intubation. *Anesthesia & Analgesia* 2002; **94**: 732-736
- ⁴⁹ Meisner A. Anästhesie bei Patienten mit Adipositas. Besonderheiten des Perioperativen Managements. *Anästhesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie* 2008; **4**: 270-277
- ⁵⁰ Gonzales H, Minville V, Delanoue K, Mazerolles M, Concina D, Fourcade O. The Importance of Increased Neck Circumference to Intubation Difficulties in Obese Patients. *Anesthesia & Analgesia* 2008; **106**: 1132-1136

- ⁵¹ Brodsky JB, Lemmens HJ, Brock Utne JG, Vierra M, Saidmann LJ. Morbid Obesity and Tracheal Intubation. *Anesthesia & Analgesia* 2002; **94**: 732-736
- ⁵² Juvin P, Lavaut E, Dupont H, Lefevre P, Demetriou M, Dumoulin J, Desmonts J. Difficult Tracheal Intubation Is More Common in Obese Than in Lean Patients. *Anesthesia & Analgesia* 2003; **97**: 595-600
- ⁵³ Thierbach A, Piepho T, Wolcke B, Küster S, Dick W. Präklinische Sicherung der Atemwege. Erfolgsraten und Komplikationen. *Der Anaesthetist* 2004; **53**: 543-550
- ⁵⁴ Combes X, Jabre P, Jbeili C, Leroux B, Bastuji-Garin S, Margenet A, Adnet F, Dhonneur G. Prehospital Standardization of Medical Airway Management: Incidence and Risk Factors of Difficult Airway Management. *Academic Emergency Medicine* 2006; **13**: 828-834
- ⁵⁵ Adnet F, Borron SW, Racine SX, Clemessy J, Fournier J, Plaisance P, Lapandry C. The Intubation Difficulty Scale (IDS): Proposal and Evaluation of a New Score Characterizing the Complexity of Endotracheal Intubation. *Anesthesiology* 1997; **87**: 1290-1297
- ⁵⁶ Adnet F, Jouriles NJ, Le Toumelin P, Hennequin B, Taillandier C, Rayeh F, Couvreur J, Nougère B, Nadiras P, Ladka A, Fleury M. Survey of Out of-hospital Emergency Intubations in the French Prehospital Medical System: A Multicenter Study. *Annals of Emergency Medicine* 1998; **32**: 454-460
- ⁵⁷ Orliaguet G, Tartière S, Lejay M, Carli A. A Prospective In-Field Evaluation of Endotracheal Intubation by Emergency Medical Service Physicians. *European Journal of Emergencies* 1997; **1**: 27-32
- ⁵⁸ Thierbach A, Piepho T, Wolcke B, Küster S, Dick W. Präklinische Sicherung der Atemwege. Erfolgsraten und Komplikationen. *Der Anaesthetist* 2004; **53**: 543-550
- ⁵⁹ Heath KJ. The Effect of Laryngoscopy on Different Cervical Spine Immobilisation Techniques. *Anaesthesia* 1994; **50**: 843-845

- ⁶⁰ Vergheese C, Brimacombe J. Survey of Laryngeal Mask Usage in 11 910 Patients – Safety and Efficacy for Conventional and Nonconventional Usage. *Anesthesia & Analgesia* 1996; **82**: 129-133
- ⁶¹ Gerlach K, Dörge V, Uhlig T. Der schwierige Atemweg. *Anästhesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie* 2006; **41**: 93-118
- ⁶² Peter Paul Kleemann (Hrsg.) Fiberoptische Intubation. 1. Auflage, Stuttgart, Georg Thieme Verlag, 1996
- ⁶³ Hans Joachim Hartung, Peter M. Osswald, Georg Petroianu. Die Atemwege, Grundlagen, Sicherung der Luftwege, Notfallmanagement, Intubationsprobleme. 1. Auflage, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft: 2001, S. 134
- ⁶⁴ Murray BH, Jones JS, Krohmer JK. Light-Guided Intubation for Emergency Airway Management. *Academic Emergency Medicine* 1995; **2**: 403
- ⁶⁵ Vollmer TP, Steward RD, Paris PM, Ellis D, Berkebile PE. Use of a Lighted Stylet for Guided Orotracheal Intubation in the Prehospital Setting. *Annals of Emergency Medicine* 1985; **14**: 324
- ⁶⁶ Schmidbauer S, di Micoli M, Lackner C, Schneider K, Schweiberer L. Prospektive Anwendungsbeobachtung zum Einsatz des alternativen Intubationsinstrumentariums Trachlight im präklinischen Notfall. *Intensivmedizin* 1997; **34**: S73
- ⁶⁷ Agrò FE, Cataldo R, Mattei A. New Devices and Techniques for Airway Management. *Minerva Anestesiologica* 2009; **75**: 141-149
- ⁶⁸ Ramachandran K, Kannan S. Laryngeal Mask Airway and the Difficult Airway. *Current Opinion in Anaesthesiology* 2004; **17**: 491-493

- ⁶⁹ Timmermann A, Russo SG, Rosenblatt WH, Eich C, Barwing J, Roessler J, Graf BM. Intubating Laryngeal Mask Airway for Difficult Out-Of-Hospital Airway Management: A Prospective Evaluation. *British Journal of Anaesthesia* 2007; **99**: 286-291
- ⁷⁰ Karya N, Nishi S, Minami W, Funao T, Mori M, Nishikawa K, Asada A. Airway Problems related to Laryngeal Mask Airway Use associated with an Undiagnosed Epiglottic Cyst. *Anaesthesia and Intensive Care* 2004; **32**: 268-270
- ⁷¹ Takenaka I, Aoyama K, Nagaoka E, Seto A, Nijima K, Kadoya T. Malposition of the Epiglottis after Tracheal Intubation via the Intubating Laryngeal Mask. *British Journal of Anaesthesia* 1999; **83**: 962-963
- ⁷² Wahlen BM, Gerecek E. Three-Dimensional Cervical Spine Movement during Intubation using the Macintosh and Bullard Laryngoscopes, the Bonfils Fibrescope and the Intubating Laryngeal Mask Airway. *European Journal of Anaesthesiology* 2004; **21**: 907-913
- ⁷³ Watts AD, Gelb AW, Bach DB, Pelz DM. Comparison of the Bullard and Macintosh Laryngoscopes for Endotracheal Intubation of Patients with a Potential Cervical Spine Injury. *Anesthesiology* 1997; **87**: 1335-1342
- ⁷⁴ Henn-Beilharz A. Laryngoskopmodifikationen für die schwierige Intubation. *Anästhesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie* 1995; **30**: 174-177
- ⁷⁵ Borland LM, Casselbrant M. The Bullard Laryngoscope: A new indirect Oral Laryngoscope (Pediatric Version). *Anesthesia and Analgesia* 1990; **70**: 105-108
- ⁷⁶ Rudolph C, Schlender M. Klinische Erfahrungen mit der fiberoptischen Intubation mit dem Intubationsfiberskop nach Bonfils. *Anaesthesiologie und Reanimation* 1996; **21**: 127-130
- ⁷⁷ Halligan M, Charters P. A Clinical Evaluation of the Bonfils Intubation Fibrescope. *Anaesthesia* 2003; **58**: 1087-1091

⁷⁸ Advanced Trauma Life Support. Student Manual. Chicago: American College of Surgeons Committee on Trauma, 1997; 228

⁷⁹ Smith CE, Pinchak AB, Sidhu TS, Radesic BP, Pinchak AC, Hagen JF. Evaluation of Tracheal Intubation in Patients with Cervical Spine Immobilization. *Anesthesiology* 1999; **91**: 1253-1259

⁸⁰ Malik MA, Maharaj CH, Harte BH, Laffey JG. Comparison of Macintosh, Truview EVO2, Glidescope, and Airwayscope Laryngoscope Use in Patients with Cervical Spine Immobilization. *British Journal of Anaesthesia* 2008; **101**: 723-730

⁸¹ Gercek E, Wahlen BM, Rommens PM. In Vivo Ultrasound Real-Time Motion of the Cervical Spine During Intubation under Manual In-Line Stabilization: a Comparison of Intubation Methods. *European Journal of Anaesthesiology* 2008; **25**: 29-36

⁸² Manoach S, Paladino L. Manual In-Line Stabilization for Acute Airway Management of Suspected Cervical Spine Injury: Historical Review and Current Questions. *Annals of Emergency Medicine* 2007; **50**: 236-245

⁸³ MacQuarrie K, OR Hung, JA Law. Tracheal Intubation using Bullard Laryngoscope for Patients with a Simulated Difficult Airway. *Canadian Journal of Anesthesia* 1999 **46**: 760-765

⁸⁴ Komatsu R, Nagata O, Kamaha K, Yamagata K, Sessler DI, Ozaki M. Intubating Laryngeal Mask Airway allows Tracheal Intubation when the Cervical Spine is Immobilized by a Rigid Collar. *British Journal of Anaesthesia* 2004; **93**: 655-659

⁸⁵ Wakeling HG, Nightingale J. The Intubating Laryngeal Mask Airway does not Facilitate Tracheal Intubation in the Presence of a Neck Collar in Simulated Trauma. *British Journal of Anaesthesia* 2000; **84**: 254-256

⁸⁶ Komatsu R, Kamata K, Hamada K, Sessler D, Ozaki M. Airway Scope and StyletScope for Tracheal Intubation in a Simulated Difficult Airway. *Anesthesia & Analgesia* 2009; **108**: 273-279

⁸⁷ Cavus E, Kieckhaefer J, Doerges V, Moeller T, Thee C, Wagner K. The C-MAC Videolaryngoscope: First Experiences with a New Device for Videolaryngoscopy - Guided Intubation. *Anesthesia & Analgesia* 2010: im Druck

8. Danksagung

Auf diesem Wege möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Doktorvater, Herrn PD Dr. med. Christian Byhahn bedanken. Ohne die vielen Hinweise und Tipps sowohl zu inhaltlichen Fragestellungen als auch zu formalen Sachverhalten wäre mir die Anfertigung dieser Arbeit gewiss noch weitaus schwerer gefallen. Ebenfalls möchte ich mich für seine stets hilfsbereite und freundliche Art bedanken.

Dank möchte ich auch Herrn Prof. Dr. med. Klaus Westphal und Frau Lisa Schumacher für die unter gänzlich unterschiedlichen Aspekten hilfreiche Durchsicht dieser Arbeit aussprechen.

9. Ehrenwörtliche Erklärung


Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Dissertation mit dem Titel „Das Bonfils Intubationsfiberskop im Vergleich mit der direkten Laryngoskopie zur endotrachealen Intubation am simulierten schwierigen Atemweg“ an der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie unter Betreuung von Herrn PD Dr. med. Christian Byhahn ohne sonstige Hilfen selbst durchgeführt habe und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe. Darüber hinaus versichere ich, nicht die Hilfe einer kommerziellen Promotionsvermittlung in Anspruch genommen zu haben.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht.

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden in folgender Publikation veröffentlicht:

Byhahn C, Nemetz S, Breitzkreutz R, Zwissler B, Kaufmann M, Meininger D. Tracheal intubation using the Bonfils intubation fibrescope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway. *Canadian Journal of Anaesthesia* 2008; **55**: 232-237

Frankfurt am Main, 05.01.2010

A handwritten signature in black ink on a light yellow background. The signature is stylized and appears to read 'S. Nemetz'.

Sebastian Nemetz