

**Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
der Universität Würzburg**

Direktor: Professor Dr. med. Dr. h.c. Norbert Roewer

**Vergleich des C-MAC®-Videolaryngoskopes mit der konventionellen
Laryngoskopie bei der endotrachealen Intubation
im Rahmen von Rapid Sequence Inductions**

Inaugural - Dissertation

**zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

vorgelegt von

Michael Lausmann

aus Bessenbach

Würzburg, September 2016



Referent: Professor Dr. med. Markus Lange

Korreferent: Professor Dr. med. Norbert Kleinsasser

Dekan: Professor Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 29.1.2018

Der Promovend ist Arzt

Meiner Familie

| Inhaltsverzeichnis | Seite |
|--|--------------|
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Die endotracheale Intubation | 1 |
| 1.1.1 Indikationen | 1 |
| 1.1.2 Durchführung (direkte Laryngoskopie) | 2 |
| 1.1.3 Die Klassifikation nach Cormack und Lehane | 2 |
| 1.1.4 Optimierungshilfen | 3 |
| 1.1.5 Risiken und Komplikationen | 3 |
| 1.1.6 Die Intubation Difficulty Scale | 4 |
| 1.2 Die Rapid Sequence Induction | 5 |
| 1.2.1 Einsatzmöglichkeiten und Indikationen | 5 |
| 1.2.2 Durchführung und Modifikationen | 6 |
| 1.2.3 Schwierigkeiten und Komplikationen | 8 |
| 1.3 Die Entwicklung der Videolaryngoskopie (indirekte Laryngoskopie) | 8 |
| 1.4 Ziele der Arbeit – Fragestellung | 9 |
| 2 Material und Methoden | 10 |
| 2.1 Die Laryngoskope | 10 |
| 2.1.1 Das Laryngoskop mit Macintosh-Spatel | 10 |
| 2.1.2 Das C-MAC®-Videolaryngoskop | 11 |
| 2.1.2.1 Aufbau | 11 |
| 2.1.2.2 Praktische Durchführung der indirekten Laryngoskopie | 12 |
| 2.2 Ethik | 13 |
| 2.3 Dokumentation und Datenerfassung | 13 |
| 2.4 Studienort und Studiendesign | 13 |
| 2.5 Präoperative Patientenevaluation, Ein- und Ausschlusskriterien | 13 |
| 2.6 Praktischer Ablauf der Studie | 14 |
| 2.6.1 Randomisierung | 14 |
| 2.6.2 Anästhesiologische Vorbereitungen | 14 |
| 2.6.3 Durchführung der Intubation | 15 |
| 2.6.4 Postoperative Nachbefragungen | 17 |
| 2.7 Erstellung der Arbeit und statistische Auswertung | 17 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3 | Ergebnisse | 19 |
| 3.1 | Einführung | 19 |
| 3.2 | Probandendaten | 19 |
| 3.3 | Präoperative Einschätzung des schwierigen Atemweges | 20 |
| 3.4 | Klassifikation nach Cormack und Lehane | 20 |
| 3.5 | Daten bezüglich der Intubation | 22 |
| 3.5.1 | Intubationserfolg | 22 |
| 3.5.2 | Intubationsdauer | 23 |
| 3.5.3 | Optimierungshilfen | 23 |
| 3.5.4 | Komplikationen | 24 |
| 3.6 | Daten bezüglich der Intubation Difficulty Scale | 24 |
| 3.7 | Vitalparameterdaten | 25 |
| 3.7.1 | Sauerstoffsättigung | 25 |
| 3.7.2 | Herzfrequenz | 25 |
| 3.7.3 | Blutdruck | 26 |
| 3.8 | Daten der postoperativen Nachbefragungen | 28 |
| 3.8.1 | Halsschmerzen | 28 |
| 3.8.2 | Schluckbeschwerden | 29 |
| 3.8.3 | Heiserkeit | 29 |
| 3.8.4 | Sonstige Beschwerden | 30 |
| 4 | Diskussion | 31 |
| 4.1 | Überblick | 31 |
| 4.2 | Diskussion der Studienergebnisse | 32 |
| 4.2.1 | Abschätzung des schwierigen Atemweges | 32 |
| 4.2.2 | Klassifikation nach Cormack und Lehane | 33 |
| 4.2.3 | Intubation Difficulty Scale | 34 |
| 4.2.4 | Intubation | 35 |
| 4.2.4.1 | Intubationserfolg | 35 |
| 4.2.4.2 | Intubationsdauer | 36 |
| 4.2.4.3 | Optimierungshilfen | 38 |
| 4.2.4.4 | Komplikationen | 39 |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 4.2.5 Postoperative Nachbefragungen_____ | 39 |
| 4.2.5.1 Halsschmerzen_____ | 39 |
| 4.2.5.2 Schluckbeschwerden_____ | 40 |
| 4.2.5.3 Heiserkeit_____ | 40 |
| 4.3 Diskussion der Methoden_____ | 41 |
| 4.4 Schlussfolgerungen und Ausblick_____ | 41 |
| 5 Zusammenfassung_____ | 42 |
| 6 Literaturverzeichnis_____ | 44 |
| 7 Abkürzungsverzeichnis_____ | 51 |
| 8 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis_____ | 53 |
| 9 Anlagen | |
| 10 Danksagung | |
| 11 Lebenslauf | |

1 Einleitung

Eine der zentralen Aufgaben des Anästhesisten ist die Sicherung eines suffizienten pulmonalen Gasaustausches mit entsprechender Oxygenierung. Beides kann nur durch ein adäquates Atemwegsmanagement garantiert werden. Eine von vielen Möglichkeiten, dem schwierigen Atemweg gegenüberzutreten, ist der Einsatz von Videolaryngoskopen. Diese haben in den vergangenen Jahren immer mehr Einzug in das klinische, wie auch das präklinische Atemwegsmanagement gehalten. In dieser Arbeit wird das C-MAC-Videolaryngoskop mit dem aktuellen Goldstandard, nämlich der konventionellen Laryngoskopie mit dem Macintosh-Spatel, bei Blitzintubationen im Rahmen von elektiven operativen Eingriffen in der HNO- und Augenheilkunde verglichen.

1.1 Die endotracheale Intubation

Die endotracheale Intubation ist eines der am häufigsten angewandten Verfahren zur Sicherung der Atemwege^{1 2}. Es beschreibt das Einführen eines Tubus durch die Stimmritze in die Trachea. Dies geschieht über den oralen oder über den nasalen Zugang. Über den Tubus sind maschinelle Beatmung, aber auch eine eigenständige Atmung sowie Mischformen möglich. Die Intubation bietet Aspirationsschutz und erleichtert endobronchiales Absaugen³.

1.1.1 Indikationen

Operative Eingriffe, die eine Atemwegssicherung verlangen, sind die häufigste Indikation zur endotrachealen Intubation. Vor allem beim nicht nüchternen Patienten ist sie im Rahmen einer Allgemeinanästhesie angezeigt. Hier wird die Sonderform der Rapid Sequence Induction angewendet. Auch Operationen im Gesichts-, Mund- und Halsbereich, Oberbauch- und Thoraxeingriffe, Kraniotomien und Eingriffe mit Kapnoperitoneum erfordern eine endotracheale Intubation. Ungünstige Operationslagerungen, die Notwendigkeit endotrachealen Absaugens sowie lange Operationszeiten machen sie unverzichtbar⁴.

Das Fehlen der Schutzreflexe im Rahmen eines eingeschränkten Bewusstseins bis hin zum Herz-Kreislaufstillstand, Blutungen und Schwellungen der oberen Atemwege stellen weitere Indikationen dar. Zudem ist die schwere respiratorische Insuffizienz zu nennen, die ebenfalls eine endotracheale Intubation erforderlich machen kann.

1 Wasem et al. 2009

2 Schalk et al. 2012

3 Striebel 2010 S. 220 f.

4 Striebel 2010 S. 221 ff.

1.1.2 Durchführung (direkte Laryngoskopie)

Es wird hier die wohl am häufigsten genutzte, nämlich die orotracheale Intubation beim Erwachsenen unter direkter Laryngoskopie beschrieben.

Der Schädel des Patienten sollte erhöht gelagert sein. In ausreichender Narkosetiefe wird der Kopf zusätzlich im Nacken überstreckt. Hierdurch generiert man die sogenannte verbesserte Jackson- bzw. Schnüffelposition. Dadurch soll sichergestellt werden, dass sich orale, pharyngeale und laryngeale Achse maximal annähern und der optimale Blick auf die Stimmritze freigegeben wird.

Nun wird der Mund des Patienten zur Intubation, z.B. durch Anwendung des Kreuzgriffes, mit der rechten Hand geöffnet. Mit dem Laryngoskop in der linken Hand wird der Spatel in den rechten Mundwinkel eingeführt und verdrängt die Zunge nach links, bis sich das Laryngoskop in Mundmitte befindet. Der Spatel wird nun solange tiefer geführt, bis die Epiglottis visualisiert werden kann. Die Spatelspitze sollte jetzt in der Falte zwischen Zungengrund und Epiglottis, der Vallecula epiglottica, platziert werden. Durch dosierten Zug am Laryngoskop in Griffrichtung wird die Zungenbasis angehoben und die daran fixierte Epiglottis richtet sich auf. Im Optimalfall entsteht so eine freie Sicht auf die Stimmritze^{5 6 7 8}.

Vom rechten Mundwinkel aus kann nun der Tubus vorsichtig durch die Stimmbandebene vorgeschoben werden, bis die Blockermanschette etwa 3 cm hinter den Stimmbändern verschwunden ist. Es erfolgt das Blocken des Tubus und die sofortige Auskultation über beiden Lungen. Bei seitengleichem Atemgeräusch und unter positiver endexpiratorischer CO₂-Messung kann der Tubus fixiert werden. Es folgt die abschließende erneute Lagekontrolle⁹.

1.1.3 Die Klassifikation nach Cormack und Lehane

Die Klassifikation nach Cormack und Lehane ist eine Einteilung der Sichtverhältnisse auf den Kehlkopf, insbesondere auf die Glottis, nach Einstellung mit dem Laryngoskop, während der endotrachealen Intubation. Es werden vier Grade unterschieden. Je höher die Gradeinteilung, desto anspruchsvoller stellt sich die Intubation dar¹⁰ (Tabelle 1).

5 Henderson 2000

6 Macintosh 1947

7 Scott und Baker 2009

8 El-Orbany et al. 2011

9 Striebel 2010 S. 225 ff.

10 Cormack und Lehane 1984

Tabelle 1: Klassifikation nach Cormack und Lehane

| Grad nach Cormack und Lehane | Beschreibung |
|------------------------------|---|
| I | gesamte Glottis einsehbar |
| II | nur hintere Kommissur einsehbar |
| III | nur Epiglottis einsehbar |
| IV | weder Glottis noch Epiglottis einsehbar |

1.1.4 Optimierungshilfen

Um die Intubationsbedingungen zu verbessern existieren verschiedene Optimierungshilfen. Die Anwendung dieser soll zur leichteren Einstellbarkeit und damit zur freien Sicht auf die Glottis führen.

Einfache Methoden sind die Anpassung der Lage des Kopfes sowie die Wahl eines kleineren oder eines größeren Laryngoskopspatels¹¹. Auch entsprechender Druck von außen auf den Kehlkopf des Patienten in Höhe des Schildknorpels kann sinnvoll sein. Beim BURP-Manöver (backward upward and rightward pressure) versucht eine zweite Person, durch Manipulation des Kehlkopfes nach hinten oben rechts, eine freie Sicht zu gewährleisten¹². Das gleiche Ziel verfolgt das OELM-Manöver (optimal external laryngeal manipulation) lediglich mit dem Unterschied, dass hierbei der intubierende Anästhesist ohne Richtungsvorgabe die externe Manipulation am Kehlkopf vornimmt¹³. Sollten diese Maßnahmen nicht zum Erfolg führen, kann ein Führungsstab oder eine andere Tubusgröße eingesetzt werden. Letztlich bleibt auch noch der Wechsel des Laryngoskopes. Hier stehen unter anderem das Hebellaryngoskop nach McCoy, das Laryngoskop mit dem geraden Spatel nach Miller, das Intubationsfiberbronchoskop nach Bonfils, sowie diverse Videolaryngoskope zur Verfügung¹⁴. Das Vorgehen bei erschwerter Intubation wird in der S1 Leitlinie Atemwegsmanagement ausführlich beschrieben¹⁵.

1.1.5 Risiken und Komplikationen

Die Einleitung stellt den komplikationsträchtigsten Abschnitt der gesamten Narkose dar. Neben der Aspiration sind Verletzungen durch Laryngoskop und Tubus zu vermeiden. Im Detail sind Zahnschäden, Quetschungen der Lippen und Verletzungen der Nasen-, Rachen- und Trachealschleimhaut zu nennen, wobei die Trachealruptur den Extremfall darstellt. Der Kehlkopf und im Besonderen die Stimmbänder stellen weitere gefährdete Strukturen dar¹⁶.

¹¹ Striebel 2010 S. 736

¹² Takahata et al. 1997

¹³ Benumof und Cooper 1996

¹⁴ Striebel 2010 S. 736 f.

¹⁵ AWMF 2015

¹⁶ Striebel 2010 S. 234 ff.

Die Folgen können unter anderem vorübergehende Heiserkeit bis hin zur dauerhaften Stimmbandlähmung sein. Eine andere Problematik ist das Auslösen vegetativer Reflexe wie Vagusstimulation oder Sympathikusaktivierung, bei Intubationsversuchen in zu flacher Narkose. Fehlintubation, Tubusdislokation, -verlegung oder -diskonnektion können zu einer lebensbedrohlichen Hypoxie führen¹⁷.

1.1.6 Die Intubation Difficulty Scale

Diese Skala, basierend auf einem Punktesystem, wurde von Adnet et al. entwickelt, um den Schwierigkeitsgrad einer endotrachealen Intubation anhand von sieben verschiedenen Faktoren einteilen zu können (Tabelle 2 und 3). Diese Faktoren sind einzeln schon mit einer anspruchsvollen Intubation assoziiert. Es konnte nachgewiesen werden, dass diese Skala positiv mit dem Schwierigkeitsgrad einer Intubation korreliert¹⁸.

Tabelle 2: Einflussfaktoren der Intubation Difficulty Scale links und deren Punktegewichtung rechts

| Einflussfaktoren | Punktevergabe | | |
|---|---|---------------------------|-----------|
| 1. Anzahl der Intubationsversuche | 1. Versuch | = 0 Punkte, jeder weitere | = 1 Punkt |
| 2. Anzahl der intubierenden Personen | 1. Person | = 0 Punkte, jede weitere | = 1 Punkt |
| 3. Technikwechsel | 1. Technik | = 0 Punkte, jede weitere | = 1 Punkt |
| | z.B: Wechsel von oraler zu blind nasotrachealer Intubation, Spatelwechsel, usw. | | |
| 4. Cormack und Lehane Klassifikation | Grad I | = 0 Punkte | |
| | Grad II | = 1 Punkt | |
| | Grad III | = 2 Punkte | |
| | Grad IV | = 3 Punkte | |
| | erfolgreich blind nasotracheal | = 0 Punkte | |
| 5. Kraftaufwand | gering | = 0 Punkte | |
| | erhöht | = 1 Punkt | |
| 6. Externe Optimierungsmaßnahmen | keine | = 0 Punkte, sonst | = 1 Punkt |
| | z.B. BURP, OELM; Sellick-Manöver hat keinen Einfluss | | |
| 7. Position der Stimmbänder | in Abduktion | = 0 Punkte | |
| | in Abduktion, aber behindern Tubuspassage | = 1 Punkt | |
| | nicht einsehbar | = 0 Punkte | |

¹⁷ Striebel 2010 S. 234 ff.

¹⁸ Adnet et al. 1997

Tabelle 3: Detaillierte Auswertung der Intubation Difficulty Scale

| Schweregrad der Intubation | Punkte |
|--------------------------------|--------|
| leicht | 0 |
| geringfügig erschwert | 1-5 |
| mäßig bis wesentlich erschwert | > 5 |
| unmöglich | + ∞ |

1.2 Die Rapid Sequence Induction

Die RSI, im Deutschen häufig auch Ileus-, Blitz- oder Nicht-nüchtern-Einleitung genannt, ist eine Sonderform der Narkoseeinleitung bei Patienten, die ein erhöhtes Aspirationsrisiko aufweisen und bei denen dementsprechend der Übertritt von Mageninhalt in die Lunge vermieden werden soll^{19 20}. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Zeitspanne zwischen Verlust des Bewusstseins und damit der Schutzreflexe und der Sicherung des Atemweges durch Platzierung des Endotrachealtubus möglichst kurz gehalten wird²¹.

1.2.1 Einsatzmöglichkeiten und Indikationen

Bei vielen Krankheitsbildern liegt ein erhöhtes Aspirationsrisiko vor. Diese sind in Tabelle 4 zusammengefasst^{22 23 24 25 26}.

Tabelle 4: Indikationen der Rapid Sequence Induction

| | |
|--|---|
| Gastrointestinale Erkrankungen: | Ileus / obere Gastrointestinale Blutung / Magenatonie Magenentleerungsstörung / Hiatushernie Refluxösophagitis / Ösophagusdivertikel Ösophagusatresie / Pylorusstenose |
| Notfälle: | nicht nüchterne, traumatisierte Patienten Patienten mit akutem Abdomen |
| Bewusstseinsstörungen: | komatöse, intoxikierte, alkoholisierte Patienten |
| Urämische Patienten / Patienten mit erhöhtem Hirndruck / Manifeste Hypothyreose | |
| Adipositas permagna | |
| Schwangere ab dem 2. Trimenon | |

19 Hofmockel et al. 2003

20 Blobner et al. 2000

21 Striebel 2010 S. 753

22 Hübler und Koch 2012 S. 82

23 Striebel 2010 S. 750

24 Perry et al. 2008

25 Bengler und Hopkinson 2011

26 Ehrenfeld et al. 2012

1.2.2 Durchführung und Modifikationen

Die klassische Ileuseinleitung erfordert eine medikamentöse Prophylaxe, um die Acidität des Magensaftes zu verringern und das Magensaftvolumen zu verkleinern. Dies kann mit Antacida, mit Protonenpumpeninhibitoren wie auch mit H₂-Rezeptor-Antagonisten erfolgen. Auch Kombinationen sind möglich. Vor Beginn der medikamentösen Narkoseeinleitung sollte eine Magensonde gelegt, abgesaugt und wieder entfernt werden. Der Oberkörper des Patienten wird erhöht gelagert. Eine Absaugvorrichtung mit großlumigem Absaugkatheter muss eingeschaltet bereit stehen. Verschiedene Spatel- und Tubusgrößen sollten als Alternativen vorhanden sein. In den primär verwendeten Endotrachealtubus wird ein Führungsstab eingebracht. Der Patient wird fünf Minuten über eine dicht sitzende Gesichtsmaske mit 100 % Sauerstoff präoxygeniert. Es folgt die rasche Injektion eines schnell wirksamen Hypnotikums und eines schnell wirksamen Muskelrelaxans in ausreichender Dosierung. Bei adäquater Narkosetiefe und Relaxierung erfolgt die zügige endotracheale Intubation. Auf eine vorherige Maskenbeatmung wird, zur Vermeidung einer Luftinsufflation in den Magen, verzichtet. Die Oberkörperhochlagerung wird aufgehoben. Alle anderen Bestandteile der Narkoseeinleitung sind identisch mit denen bei einem nüchternen Patienten. Bei der Narkoseausleitung ist auf sicher vorhandene Schutzreflexe vor Extubation zu achten, da auch hier das Aspirationsrisiko erhöht ist²⁷.

Neben dieser klassischen Rapid Sequence Induction existieren zahlreiche, teilweise seit langer Zeit kontrovers diskutierte Modifikationen.

Abseits eines manifesten Ileus wird das Legen einer Magensonde vor Narkoseeinleitung nicht mehr als obligat angesehen und auch die Sinnhaftigkeit der Oberkörperhochlagerung steht zur Diskussion. Einige Autoren präferieren sogar eine Kopftieflage, um die Wahrscheinlichkeit zu senken, dass es im Falle einer Regurgitation zur Aspiration kommt²⁸.

Ein Hauptdiskussionspunkt ist die Frage, mit welchen Medikamenten, zu welchem Zeitpunkt, in welcher Dosierung und mit welcher Injektionsgeschwindigkeit idealerweise gearbeitet werden sollte. Unter anderem geht es um die Verwendung von Propofol als Einleitungshypnotikum, welches die positive Eigenschaft besitzt, einen gegebenenfalls ausgelösten laryngealen Reflex abzdämpfen bzw. zu unterdrücken. Es wurde auch in dieser Studie zur Narkoseeinleitung genutzt. Manche Autoren bevorzugen die Verwendung des nicht-depolarisierenden Muskelrelaxans Rocuronium aufgrund des im Vergleich zu Succinylcholin günstigeren Nebenwirkungsprofils und

27 Striebel 2010 S. 751 ff.
28 El-Orbany und Connolly 2010

ähnlicher Anschlagzeit. In dieser Arbeit wurden sowohl Succinylcholin als auch Rocuronium verwendet. Jeweils unterschiedliche Dosierungen zum Herbeiführen optimaler Intubationsbedingungen werden publiziert. Während die Mehrzahl der Autoren eine rasche Injektionsgeschwindigkeit als Einmalbolus empfiehlt, präferieren einige das Titrieren der Medikamente. Auch über den optimalen Zeitpunkt der Opioidgabe herrscht keine Einigkeit. Die Gabe vor Intubation, mit dem Argument sympathikotone Reaktionen im Verlauf zu minimieren und die Narkose zu vertiefen, steht der Ansicht gegenüber, die etwaige emetische Komponente des Opioids bei Verabreichung erst nach der Intubation zu umgehen. Der Zeitpunkt der Opioidgabe lag auch in dieser Arbeit vor der endotrachealen Intubation. Weiterhin wird über das medikamentöse Priming, also die Gabe einer nicht paralytischen Dosis des Muskelrelaxans vor Injektion des Hypnotikums, um eine schnellere Vollrelaxierung zu erreichen, diskutiert. Ebenso über das Timing-Prinzip, welches das Verabreichen der vollen Intubationsdosis des Muskelrelaxans und nachgeschalteten Injektion des Hypnotikums erst bei Zeichen der beginnenden neuromuskulären Blockade beschreibt. Des Weiteren steht bei Anwendung von Succinylcholin, das Präkurarisieren mit einer geringen Dosis eines nicht-depolarisierenden Muskelrelaxans vor Injektion der Intubationsdosis zur Debatte. Myalgien, die durch von Succinylcholin ausgelösten Muskelfaszikulationen bedingt sind, sollen durch Abmilderung dieser Faszikulationen vermieden werden^{29 30 31 32 33 34}.

Umstritten ist die Durchführung des Sellick-Handgriffes. Hierbei wird, sobald die Bewusstlosigkeit des Patienten eingetreten ist, bis zur erfolgreichen Intubation inklusive Blocken des Cuffs, auf den Ringknorpel des Kehlkopfes eine äußere manuelle Kompression ausgeübt³⁵. Dieser Krikoiddruck soll eine Regurgitation verhindern. In Untersuchungen wird inzwischen darauf verwiesen, dass der Nutzen des Sellick-Handgriffes nicht bewiesen ist. Braun et al. konstatieren, dass weder der Ösophagus komprimiert noch eine Aspiration damit verhindert werden kann. Es existieren sogar Hinweise darauf, dass dieser zu Reflux führen sowie Maskenbeatmung, Laryngoskopie und Intubation erschweren kann³⁶.

Letztlich finden sich auch einige Autoren, die eine Maskenbeatmung vor der Intubation mit dem Ziel, hypoxische Zustände zu vermeiden, für sinnvoll erachten³⁷.

29 El-Orbany und Connolly 2010

30 El-Orbany und Antapli 2009

31 El-Orbany 2007

32 Sørensen et al. 2012

33 Hofmockel et al. 2003

34 Nauheimer et al. 2012

35 El-Orbany und Connolly 2010

36 Braun und Paal 2010

37 El-Orbany und Connolly 2010

1.2.3 Schwierigkeiten und Komplikationen

Primär zu nennen ist die per definitionem vorhandene erhöhte Aspirationsgefahr. Aufgrund des Anspruches, bei einer RSI zügig intubieren zu können, spielt der Faktor Zeitdruck für den Anästhesisten eine große Rolle. Dies hat zur Folge, dass verfrühte Intubationsversuche, bei noch nicht ausreichend relaxierten Patienten, Erbrechen und Aspiration sogar begünstigen können. Auch die Befürchtung, auf erschwerte Intubationsbedingungen zu treffen, kann speziell bei Verzicht auf die Maskenbeatmung zu Stresssituationen führen. Durch die Apnoephase des Patienten drohen hypoxische Zustände. Im schlimmsten Fall sieht sich der Anästhesist mit einer „cannot-intubate-cannot-ventilate“-Situation konfrontiert³⁸.

1.3 Die Entwicklung der Videolaryngoskopie (indirekte Laryngoskopie)

Nach der Einführung der endotrachealen Blindintubation durch MacEwen im Jahr 1878 verbesserte sich diese mit der Anwendung der Laryngoskopie mit einem starren Ösophagoskop durch Kirstein 1895. Diese ermöglichte die direkte Sicht auf die Glottis. Nachfolgend etablierten sich die in den 1940er Jahren vorgestellten Laryngoskope von Miller 1941 und Macintosh 1943. Inzwischen gelten diese seit nunmehr fast 70 Jahren als Goldstandard und stellen die am häufigsten verwendeten Laryngoskope im klinischen Routinebetrieb dar. Die Anfänge der Videolaryngoskopie sind Mitte der 1990er Jahre zu finden. 1995 befestigten Henthorn et al. eine flexible Faseroptik mit Klebestreifen an einen konventionellen Laryngoskopspatel nach Miller. Levitan stellte 1996 eine Kamera vor, die an einem Kopfring befestigt war (AirwayCam®). Durch Ausgabe auf einen Monitor hatten Beobachter die gleiche Sicht auf die Glottis wie der Intubierende. Allerdings wurde die Intubation mit einem konventionellen Laryngoskop durchgeführt. Somit war eine verbesserte Darstellung der Stimmbandebene nicht zu erreichen. Durch Weiterentwicklung dieser Versuche kamen Anfang der 2000er die ersten kommerziell erhältlichen Videolaryngoskope auf den Markt. Weiss et al. stellten 2001 ein modifiziertes Macintosh-Laryngoskop vor, bei dem eine Faseroptik durch einen Führungskanal im Griff und im Spatel vorgeschoben werden konnte (Laryflex®). Mit dem Rüschi X-Lite® 2001 und dem MVL® 2002 standen Videolaryngoskope mit fest im Spatel integriertem Bildleiter und eingepasster Kamera zur Verfügung. Eine verbesserte Handhabung und eine leichtere hygienische Aufbereitung zeichneten das 2004 erschienene DCI®-Videolaryngoskop nach Berci (auch als V-MAC beschrieben) aus. Griff und Spatel waren fest miteinander verbunden, der Videokamerakopf wurde in den Handgriff eingeschoben³⁹.

38 Striebel 2010 S. 757

39 Serocki und Döriges 2012

Aktuell existieren eine Vielzahl von Videolaryngoskopen auf dem Markt. Man unterscheidet zwei Hauptgruppen: solche Videolaryngoskope, die über eine integrierte Führungsschiene für den Endotrachealtubus verfügen, und jene, die ohne eine diese ausgestattet sind⁴⁰. Zur ersten Gruppe gehören das Airtraq® (Prodol Meditec, Vizcaya, Spanien) und das Airway Scope® (Pentax Europe, Hamburg, Deutschland). Zur zweiten Gruppe gehören das C-MAC® (Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland), das Glidescope® (Verathon Medical, Bothell, WA, USA) und das McGrath® (Aircraft Medical, Edinburgh, UK)⁴¹.

Die zwei entscheidenden Vorteile der Videolaryngoskopie sind zum einen die ununterbrochene Nachvollziehbarkeit für den Intubierenden und den Beobachtenden durch freien Blick auf einen externen Monitor, zum anderen die bessere Darstellung des Kehlkopfeinganges durch die indirekte Laryngoskopie. Es muss im Vergleich zur direkten Laryngoskopie keine Übereinstimmung der oralen mit der pharyngealen und der laryngealen Achse vorliegen⁴². Somit ist keine direkte Visualisierung der Glottisebene mehr nötig. Auch scheint die Videolaryngoskopie weniger Verletzungen im Mundrachenraum zu verursachen⁴³.

1.4 Ziele der Arbeit – Fragestellung

Das C-MAC-Videolaryngoskop gehört am Universitätsklinikum Würzburg zum Equipment des Atemwegsmanagements, um die Bewältigung eines schwierigen Atemweges zu erleichtern. Die Datenlage zu diesem videooptischen Laryngoskop ist bisher überschaubar.

In dieser Arbeit wird das C-MAC Videolaryngoskop mit dem konventionellen Laryngoskop mit Macintosh-Spatel bei Blitzintubationen im Hinblick auf die Sichtverhältnisse auf die Glottis, den Intubationserfolg und die Intubationsdauer sowie notwendige Optimierungsmaßnahmen, etwaige Komplikationen, den Schwierigkeitsgrad der Intubation, die Vitalparameter und subjektive Beschwerden der Patienten verglichen.

Zusammenfassend wurde untersucht, ob das C-MAC-Videolaryngoskop dem konventionellen Laryngoskop mit Macintosh-Spatel bei Ileuseinleitungen in Bezug auf die Patientensicherheit überlegen ist.

40 Niforopoulou et al. 2010

41 Savoldelli und Schiffer 2008

42 McElwain et al. 2010a

43 Merli 2010

2 Material und Methoden

2.1 Die Laryngoskope

2.1.1 Das Laryngoskop mit Macintosh-Spatel

Das Laryngoskop (Abbildung 1) ermöglicht die direkte Sicht auf den Kehlkopf. Es besteht aus zwei Teilen: dem Griff, in dem sich Batterien oder Akkumulatoren befinden, und dem Spatel, der über ein Scharniergelenk auf den Griff arretiert wird. Aus einer Kaltlichtquelle im Griff wird das Licht zur Spatelspitze geleitet. Es existieren eine Vielzahl von verschiedenen Spateln, die sich hauptsächlich in Größe und Form unterscheiden. Die weltweit am häufigsten verwendeten Laryngoskopspatel sind die nach Macintosh. Diese sind der aktuelle Goldstandard⁴⁴. Die Besonderheit der von Sir Robert Macintosh 1943 entwickelten Spatel besteht darin, dass sie im Vergleich zu den damaligen Standardspateln kürzer und gebogen waren. Zusätzlich existiert eine Schienung, um die Zunge nach links zu verdrängen⁴⁵. Die Epiglottis sollte nicht mit der Spatelspitze aufgeladen werden, sondern diese sollte in der Vallecula epiglottica platziert werden⁴⁶. Durch Zug in Griffrichtung des Laryngoskopes und der damit verbundenen Anhebung der Zungenbasis und der daran fixierten Epiglottis, ergibt sich im Optimalfall die freie Sicht auf den Larynx und die Stimmbänder. Die Spatel existieren in den Größen 0 (76 mm Länge) bis 5 (176 mm Länge). Beim Erwachsenen wird am häufigsten die Spatelgröße 3 verwendet⁴⁷.

Abbildung 1: Das konventionelle Laryngoskop mit Macintosh-Spateln der Größe 2, 3 und 4



Abbildung: M. Lausmann

44 Scott und Baker 2009
45 Henderson 2000
46 Macintosh 1943
47 Striebel 2010 S. 225 ff.

2.1.2 Das C-MAC®-Videolaryngoskop

Das C-MAC-Videolaryngoskop (Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland; Abbildung 2) stellt die modifizierte Weiterentwicklung des DCI-Videolaryngoskopes nach Berci (ebenfalls Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland) aus dem Jahr 2004 dar⁴⁸. Das DCI-Videolaryngoskop nach Berci wird in der Literatur auch als V-MAC beschrieben⁴⁹.

Abbildung 2: Das C-MAC-Videolaryngoskop der Firma Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland



Abbildung: P. Hubmann

2.1.2.1 Aufbau

Die Spatelform des C-MAC-Videolaryngoskopes ist eine leicht modifizierte Variante des Originalspatels nach Macintosh aus dem Jahr 1943. Lediglich das Profil ist flacher und das proximale Spatelende abgeschrägt. Dies soll Verletzungen im Mundrachenraum vorbeugen und die Intubation bei eingeschränkter Mundöffnung vereinfachen⁵⁰.

Da das Elektronikmodul in den Handgriff des Spatels eingeschoben wird, ist der schnelle Wechsel verschiedener Spateltypen und Spatelgrößen möglich. Modifizierte Macintosh Spatel der Größe zwei, drei und vier sind auf dem Markt verfügbar. Zusätzlich ist für den schwierigen Atemweg ein stark gekrümmter Spatel entwickelt worden (D-BLADE®), der die Sicht auf die Glottis nochmals verbessern soll⁵¹. Auch ein Spatel, der über eine zusätzliche Schiene für einen Absaugkatheter verfügt, ist erhältlich⁵².

48 Aziz und Brambrink 2011
49 Serocki und Dörjes 2012
50 Byhahn et al. 2010
51 Cavus et al. 2011a
52 Nicholas et al. 2012b

Das optische System des C-MAC besteht aus einer Digitalkamera und einer Linse, die im distalen Drittel des Spatels integriert sind. Dadurch soll sowohl die Glottisvisualisierung als auch die Platzierung der Spatelspitze unter Sicht in die Vallecula epiglottica sichergestellt werden. Der Öffnungswinkel beträgt 80 Grad. Dieser liegt bei der konventionellen Laryngoskopie lediglich bei etwa 15 Grad⁵³. Durch automatische Vorwärmung wird ein Beschlagen des optischen Systems verhindert⁵⁴.

Auf einem LCD Monitor aus Kunststoff erfolgt die Bildausgabe. Ein manueller Weißabgleich, eine Videoaufzeichnung und Bildaufnahme werden in der Menüführung angeboten. Die Speicherung erfolgt auf handelsüblichen SD-Karten. Der Netzbetrieb ist genauso möglich wie der Betrieb mit Akkumulatoren. Hier wird durch den Hersteller eine ununterbrochene Betriebszeit von zwei Stunden angegeben. Der Ladezustand wird auf dem Monitor angezeigt. Eine Ladung der Akkumulatoren im laufenden Betrieb ist vorgesehen. Farbkodierte Steckanschlüsse für das Netz- und das Videokabel befinden sich an der Monitorrückseite⁵⁵.

2.1.2.2 Praktische Durchführung der indirekten Laryngoskopie

Die Technik der indirekten Laryngoskopie mit dem C-MAC unterscheidet sich nicht von der Technik der direkten Laryngoskopie mit dem Laryngoskop mit klassischem Macintosh-Spatel. Der Spatel wird von rechts in den Mund eingeführt und verdrängt die Zunge nach links. Die Spatelspitze wird in die Vallecula epiglottica eingebracht und so die freie Sicht auf die Glottis herbeigeführt⁵⁶. Dies geschieht über die visuelle Kontrolle durch Beobachten des Vorgehens auf dem externen Monitor des C-MAC. Nun kann der Tubus unter Sicht über die Stimmbandebene geführt werden. Bei der direkten Laryngoskopie wäre dazu ein Vereinigen der oralen, der pharyngealen und der laryngealen Achse notwendig⁵⁷. Die indirekte Laryngoskopie verlangt lediglich ein Übereinstimmen der pharyngealen und der laryngealen Achse, welche viel näher beieinander liegen⁵⁸. Somit muss der Kopf zur Intubation im Nacken nicht überstreckt (keine sogenannte „verbesserte Jackson-Position“ notwendig) und kann in Neutralposition belassen werden. Dies ist von Vorteil bei Patienten mit immobilisierter Halswirbelsäule. Nun wird das Laryngoskop aus dem Mund entfernt und die Lage des Tubus kontrolliert. Eine Besonderheit des C-MAC besteht darin, dass es zusätzlich auch zur konventionellen direkten Laryngoskopie genutzt werden kann⁵⁹.

53 Hofstetter et al. 2006

54 Cavus 2012

55 Karl Storz Endoskope

56 Aziz und Brambrink 2011

57 Butchart und Young 2010

58 McElwain et al. 2010a

59 McElwain und Laffey 2011

2.2 Ethik

Im vorliegenden Fall wurde im Jahr 2009 die Genehmigung des Studienprotokolls der klinischen Studie bei der zuständigen Ethikkommission der Julius-Maximilians-Universität Würzburg beantragt. Diesem Antrag wurde unter dem Aktenzeichen 7809 ohne Änderungen entsprochen. Alle Probanden bestätigten ihre freiwillige Teilnahme an dieser Untersuchung mündlich sowie durch eine schriftliche Einwilligung im Rahmen der anästhesiologischen Prämedikationsvisite.

2.3 Dokumentation und Datenerfassung

Die unterschriebenen Originale der Einverständniserklärungen (Anlage 2) der Probanden wurden jederzeit in der Universitätsklinik Würzburg aufbewahrt. Die erhobenen Daten wurden handschriftlich auf einem standardisierten Datenbogen (Anlage 3) erfasst. Im Anschluss erfolgte der tabellarische Übertrag in einheitliche Excel-Tabellen. Diese wurden nach Beendigung der Datenerhebung statistisch ausgewertet. Die Originale der Einverständniserklärungen und Erfassungsbögen des Studienprotokolls wurden in der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie der Universität Würzburg archiviert.

2.4 Studienort und Studiendesign

Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine randomisiert kontrollierte klinische Studie. Die Daten wurden vom 21. Juli 2009 bis zum 13. März 2010 in der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie der Universität Würzburg, Zentrum für Operative Medizin, Oberdürrbacher Straße 6, 97080 Würzburg erhoben. Die Intubationen erfolgten durch erfahrene Anästhesisten mit Kenntnissen in der Videolaryngoskopie.

2.5 Präoperative Patientenevaluation, Ein- und Ausschlusskriterien

Im Rahmen der anästhesiologischen Prämedikationsvisite wurden geeignete Probanden anhand der Patientenakte, der Anamnese und dem körperlichen Untersuchungsbefund evaluiert. Ergab diese Evaluation ein erhöhtes Aspirationsrisiko und demzufolge die Konsequenz einer Nicht-nüchtern-Narkoseeinleitung, wurden diese Patienten als potentielle Studienteilnehmer erfasst. Des Weiteren erfolgte die Bestimmung des Mallampati-Score und die Einstufung nach ASA-Klassifikation.

Durch einen Anästhesisten der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Würzburg fand nun die mündliche Aufklärung über Bedeutung, Ablauf und Risiken der Studie statt. Zusätzlich erhielt jeder Proband die „Studieninformation für den Patienten“ (Anlage 1) gesondert ausgehändigt.

Im Falle der Einwilligung zur Studienteilnahme wurde die schriftliche Zustimmung mit Unterschrift auf der „Einverständniserklärung“ (Anlage 2) dokumentiert.

Die Daten von insgesamt 60 Patienten gingen in diese Studie ein. 30 Patienten wurden mit Hilfe des C-MAC-Videolaryngoskopes (n=30, „C-MAC“) intubiert und stellten somit die Studiengruppe dar. Die Kontrollgruppe bestand ebenfalls aus 30 Patienten, bei denen jeweils konventionelle Laryngoskope mit Macintosh-Spatel (n=30, „Macintosh“) verwendet wurden. Alle Teilnehmer erhielten aufgrund eines erhöhten Aspirationsrisikos eine Rapid Sequence Induction bei elektiven Operationen der HNO- und Augenheilkunde.

Es wurden nur volljährige Patienten zur Studie zugelassen, ebenso mussten sich alle Teilnehmer nach der Klassifikation der American Society of Anesthesiologists zur Gruppe I bis III zuordnen lassen. Ein weiteres Ausschlusskriterium war die Ablehnung der Teilnahme an der Studie.

2.6 Praktischer Ablauf der Studie

2.6.1 Randomisierung

Zur Randomisierung der Probanden wurden Zettel entweder mit „C-MAC“ oder „Macintosh“ beschriftet. Alle Zettel wurden in jeweils einen Briefumschlag gelegt, der verschlossen wurde. Somit ergab sich eine Anzahl von insgesamt 60 Umschlägen, jeweils 30 für die Studiengruppe und die Kontrollgruppe. Vor Beginn der anästhesiologischen Maßnahmen wurde jeweils ein verschlossener Briefumschlag pro Proband durch eine an der Studie nicht beteiligte Person gezogen, so dass das zu verwendende Laryngoskop bestimmt wurde.

2.6.2 Anästhesiologische Vorbereitungen

Eine halbe Stunde vor Narkosebeginn erfolgte auf Station die orale Prämedikation der Patienten mit dem Benzodiazepin Midazolam. Anschließend wurden die Probanden in den OP-Bereich gebracht. Nach dem Prüfen der Patientenidentität begannen im Einleitungsraum die anästhesiologischen Vorbereitungen, welche unter anderem das Monitoring der Vitalparameter und die Anlage einer peripheren Venenverweilkanüle einschlossen.

Ausgangsherzfrequenz und Ausgangsblutdruck sowie die Sauerstoffsättigung bei Raumluft wurden dokumentiert. Danach wurden die, bei der Prämedikationsvisite erhobenen und für die Studie relevanten, Patientendaten auf den Bogen des Studienprotokolls übertragen (unter anderem Geschlecht, Mallampati-Status, Größe und Gewicht, Alter und ASA-Einteilung).

Es folgte die Bestimmung der aktiven Mundöffnung. Dafür wurde der Patient aufgefordert, den Mund maximal weit zu öffnen. Die Distanz zwischen den oberen und unteren Schneidezähnen wurde erfasst und dokumentiert. Im Anschluss erfolgte die Messung des thyreomentalen Abstandes nach Patil. Dieser ist definiert über den Abstand zwischen Kinnspitze und Schildknorpelprominenz bei maximal überstrecktem Kopf und geschlossenem Mund⁶⁰.

Das zugeloste Laryngoskop wurde auf Funktionsfähigkeit überprüft, ebenso Tubus samt Blockermanschette. Bei Verwendung des C-MAC wurde der externe Monitor so platziert, dass er für den intubierenden Anästhesisten jederzeit optimal einsehbar war. Der Führungsstab wurde so in den Tubus eingebracht, dass dieser einen gemeinsamen Abschluss mit der Tubusspitze bildete. Verschiedene Spatel- und Tubusgrößen sowie Larynxmasken in verschiedenen Größen wurden als Alternativen bereitgelegt. Die Absaugung mit aufgestecktem Absaugkatheter wurde vorbereitet, eingeschaltet und überprüft. Danach wurde der Operationstisch zur Regurgitationsprophylaxe in Oberkörperhoch- und Fußtieflage gebracht.

2.6.3 Durchführung der Intubation

Nach fünfminütiger Präoxygenierung mit 100 % Sauerstoff über eine dicht sitzende Gesichtsmaske erfolgte die standardisierte intravenöse Narkoseeinleitung mit dem Hypnotikum Propofol [1,5-2,5 mg/kg KG], dem Opioid Fentanyl [1,5-3 µg/kg KG] und dem depolarisierenden Muskelrelaxans Succinylcholin [1-1,5 mg/kg KG] oder dem nicht depolarisierenden Muskelrelaxans Rocuronium [0,6 mg/kg KG]. Die Sauerstoffsättigung nach Präoxygenierung und die jeweils zur Einleitung verwendeten Medikamentendosen wurden vermerkt. Bei ausreichender Narkosetiefe wurde im nächsten Schritt, analog zur aktiven Mundöffnung, zügig die maximale passive Mundöffnung durch den Untersucher bestimmt. Anschließend fand die optimale Lagerung des Kopfes statt.

In der Versuchsgruppe wurde nun vom intubierenden Anästhesisten durch eine erste, direkte Laryngoskopie mit dem Laryngoskop mit einem Macintosh-Spatel der Größe 3, der Grad nach Cormack und Lehane bestimmt, das konventionelle Laryngoskop wieder entfernt und eine zweite indirekte Laryngoskopie mit dem C-MAC schloss sich an. Hier kam ein C-MAC-Spatel der Größe 3 zur Anwendung. Es wurde erneut die Einteilung nach Cormack und Lehane erhoben, anschließend intubiert und daraufhin der Führungsstab entfernt.

In der Kontrollgruppe fand die Intubation direkt nach der ersten direkten Laryngoskopie statt. Ein Laryngoskop mit Macintosh-Spatel der Größe 3 wurde dafür eingesetzt. Analog zur Versuchsgruppe erfolgte hier ebenfalls die Bestimmung der Gradeinteilung nach Cormack und Lehane und die Entfernung des Führungsstabes.

Herzfrequenz und Blutdruck während der Intubation wurden festgehalten. Die Intubationsdauer wurde mit einer Stoppuhr gemessen. Sie war definiert durch den Zeitraum zwischen Einführen der Spatelspitze des jeweiligen Laryngoskopes in den Mund bis zu dem Moment, in dem die Tubusspitze die Stimmritze passiert. Die Anzahl der Intubationsversuche wurde notiert. Insgesamt sah das Studienprotokoll maximal drei Versuche mit der gleichen Technik vor. Bei mehreren Intubationsversuchen wurde die Dauer des finalen, erfolgreichen Versuches gewertet.

Die korrekte Lage des Tubus wurde durch sofortige Auskultation der Lunge und durch die Messung der endexpiratorischen Kohlenstoffdioxidkonzentration sichergestellt. Auf eine suffiziente Beatmung wurde zu jeder Zeit geachtet. Der Operationstisch wurde wieder in eine waagerechte Position gebracht.

Im Verlauf wurde die Herzfrequenz nach einer, drei und fünf Minuten nach der Intubation notiert. Die Erfassung der Blutdruckwerte erfolgte nach einer, drei und sechs Minuten nach der Intubation. Auch die minimale Sauerstoffsättigung während der kompletten Narkoseeinleitung wurde erfasst. Es wurden aufgetretene Komplikationen, etwaig angewandte Optimierungshilfen zur Intubation wie das BURP-Manöver, und die Tubusgröße vermerkt. Vorhandene Blutspuren auf dem Laryngoskopspatel, welche als Zeichen verursachter Schleimhautblutungen im Mund- und Rachenbereich gewertet werden mussten, wurden dokumentiert. Abschließend wurde durch die gesammelten Informationen die Intubation Difficulty Scale und damit der Schwierigkeitsgrad der Intubation bestimmt.

Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgte balanciert oder totalintravenös. Auch dies wurde dokumentiert. Nun fand der jeweilige operative Eingriff statt. Nach Einsetzen suffizienter Spontanatmung und unter Vorhandensein aller Schutzreflexe wurden die Patienten nach Beendigung der chirurgischen Maßnahmen wieder extubiert und zur postoperativen Kreislaufüberwachung in den Aufwachraum verlegt.

Die Narkosedauer wurde postoperativ dem Narkoseprotokoll entnommen. Der Body-Mass-Index wurde aus Körpergröße und -gewicht berechnet und es wurde eine Aussage darüber getroffen, ob die Patienten als adipös zu werten sind. Adipositas besteht definitionsgemäß ab einem BMI von 30 kg/m²⁶¹.

2.6.4 Postoperative Nachbefragungen

Im Aufwachraum wurde 30 Minuten nach dem Anästhesieende der erste Teil der postoperativen Nachbefragungen durchgeführt. Der zweite erfolgte jeweils 24 Stunden postoperativ. Es wurde nach Halsschmerzen, Schluckbeschwerden, Heiserkeit und sonstigen Beschwerden gefragt. Halsschmerzen und Schluckbeschwerden sollten durch den Patienten auf einer standardisierten Numerischen Rating-Skala von 0 bis 10 beziffert werden. Null bedeutete Beschwerdefreiheit, zehn die stärksten vorstellbaren Beschwerden. Bezüglich der Frage, ob die Patienten über Heiserkeit klagten, sollte lediglich mit Ja oder Nein geantwortet werden. Abschließend wurde nach sonstigen Beschwerden gefragt und diese dokumentiert.

2.7 Erstellung der Arbeit und statistische Auswertung

Die Aufarbeitung der erhobenen Daten und die Erstellung der Arbeit erfolgte mit Apache Open Office 3 (Apache Software Foundation, Los Angeles, Kalifornien, USA).

Die statistische Auswertung wurde unter Betreuung der Studentischen Statistischen Beratung des Lehrstuhls für Mathematische Statistik der Universität Würzburg, vertreten durch Herrn Diplom Mathematiker Johannes Hain, durchgeführt.

Die Darstellung metrisch skalierten Daten erfolgte durch Mittelwert (\pm Standardabweichung). Bei Gruppenvergleichen mit metrischen Daten wurde zuerst die Normalverteilungsannahme mit den Shapiro-Wilk-Test überprüft und dann bei gegebener Normalverteilung in beiden Gruppen der t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Im Fall nicht-normalverteilter Daten wurde der Mann-Whitney U-Test für den Vergleich verwendet.

Kategoriale Daten werden im Text mit absoluten Häufigkeiten und relativen Anteilen in Klammern präsentiert. Je nach Design der Daten wurde für einen Gruppenvergleich mit kategorialen Daten entweder der Chi-Quadrat-Test oder der exakte Test nach Fisher verwendet.

Für die Messungen, die in zeitlichen Abständen erhoben wurden (Herzfrequenz, Blutdruck), wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen durchgeführt. Dabei wurde zuerst die Sphäritätsannahme mit dem Mauchly-Test überprüft.

War keine Sphärität gegeben, wurde eine Korrektur der Freiheitsgrade der F-Statistik nach Greenhouse-Geisser vorgenommen. Im Falle eines signifikanten Einflusses des Haupteffekts der Zeit wurden einfache lineare Kontraste berechnet. Im Vergleich der Zeitpunkte war die Referenzkategorie der Zeitpunkt „Ausgangswert“.

Die Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket IBM SPSS Statistics, Version 20 (IBM Corporation, Armonk, New York, USA).

Unterschiede innerhalb und zwischen den beiden Gruppen wurden als statistisch signifikant betrachtet, falls $p < 0,05$ war.

3 Ergebnisse

3.1 Einführung

Insgesamt willigten 66 Probanden im Alter zwischen 20 und 89 Jahren zur Teilnahme an der Studie ein. Sechs Patienten wurden gemäß den geltenden Kriterien ausgeschlossen. Zwei weitere Patienten verweigerten die Teilnahme an der Studie. Alle eingeschlossenen 60 Patienten wurden randomisiert, in dem sie zufällig entweder der Studiengruppe „C-MAC“ (n=30), beziehungsweise der Kontrollgruppe „Macintosh“ (n=30) zugeordnet wurden.

3.2 Probandendaten

Die Patienten unterscheiden sich nicht signifikant im Hinblick auf Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index, Adipositas und ASA-Status (Tabelle 5).

Tabelle 5: Die Probandendaten sind in absoluten Zahlen oder als Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| Alter (Jahre) | 58,7 (15,6) | 58,5 (14,3) | 0,952 |
| Geschlecht (w/m) | 12/18 | 10/20 | 0,789 |
| Körpergröße (cm) | 170,3 (9,6) | 172,1 (9,6) | 0,479 |
| Körpergewicht (kg) | 84,9 (23,3) | 86,5 (18,6) | 0,554 |
| BMI (kg/m²) | 29,0 (6,8) | 29,0 (5,0) | 0,778 |
| Adipositas (Ja/Nein) | 13/17 | 13/17 | 1,000 |
| ASA-Status (1/2/3) | 1/24/5 | 3/19/8 | 0,321 |

Auch hinsichtlich Narkoseform, Narkosedauer und die jeweils verwendete Tubusgröße konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 6).

Tabelle 6: Die Narkose- und Tubusdaten sind in absoluten Zahlen oder als Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|--|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| Narkoseform (Balanciert /TIVA) | 15/15 | 14/16 | 1,000 |
| Narkosedauer (min) | 114,5 (64,3) | 113,3 (97,7) | 0,366 |
| Tubusgröße (6/6,5/7/7,5/8 ID in mm) | 0/7/0/10/13 | 1/7/0/12/10 | 0,665 |

3.3 Präoperative Einschätzung des schwierigen Atemweges

Es bestanden zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Mallampati-Klassifikation.

Allerdings zeigten sich Signifikanzen bezüglich des thyreomentalen Abstandes nach Patil ebenso wie bei der aktiven und der passiven Mundöffnung zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe: Der thyreomentale Abstand nach Patil betrug in der Versuchsgruppe im Mittel 7,6 cm, in der Kontrollgruppe 9,7 cm. Die Mundöffnung in der Versuchsgruppe lag aktiv bei 57,6 mm und passiv bei 62,7 mm versus 47,1 mm aktiv und 47,9 mm passiv in der Kontrollgruppe (Tabelle 7).

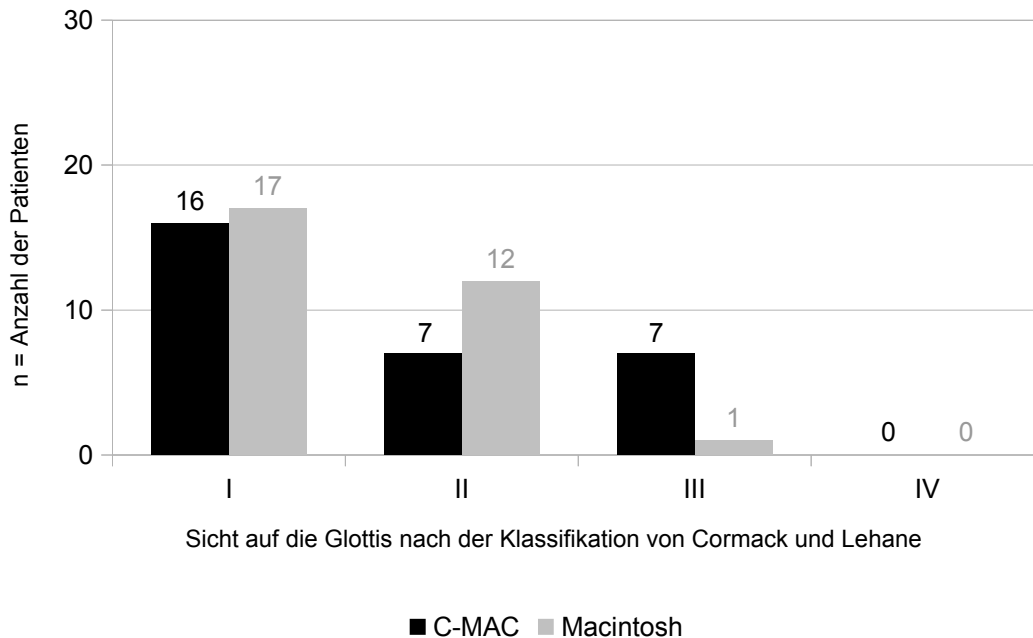
Tabelle 7: Die Daten zur Einschätzung des schwierigen Atemweges sind in absoluten Zahlen oder als Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|---|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| Thyreomentaler Abstand nach Patil (cm) | 7,6 (1,2) | 9,7 (1,5) | < 0,001 |
| Mallampati-Klassifikation (Grad 1/2/3/4) | 13/12/5/0 | 11/17/2/0 | 0,314 |
| Aktive Mundöffnung (mm) | 57,6 (10,9) | 47,1 (7,2) | < 0,001 |
| Passive Mundöffnung (mm) | 62,7 (12,5) | 47,9 (6,4) | < 0,001 |

3.4 Klassifikation nach Cormack und Lehane

Die Bewertung der Sichtverhältnisse auf die Glottis der Patienten wurde vom intubierenden Arzt nach der Klassifikation nach Cormack und Lehane vorgenommen. Die Ergebnisse der ersten direkten Laryngoskopie mit dem Macintosh-Laryngoskop ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. Der Signifikanzwert p lag bezüglich der vergleichenden Beurteilung nach den Graden der Klassifikation nach Cormack und Lehane bei 0,054. In der Versuchsgruppe C-MAC waren 53,3 % der Probanden Grad I, 23,3 % Grad II und 23,3 % Grad III zuzuordnen. In der Kontrollgruppe wurden 56,7 % nach Grad I, 40,0 % nach Grad II und 3,3 % der Patienten nach Grad III klassifiziert. Kein Patient der Studien- wie auch der Kontrollgruppe wurde Grad IV zugeordnet (Abbildung 3).

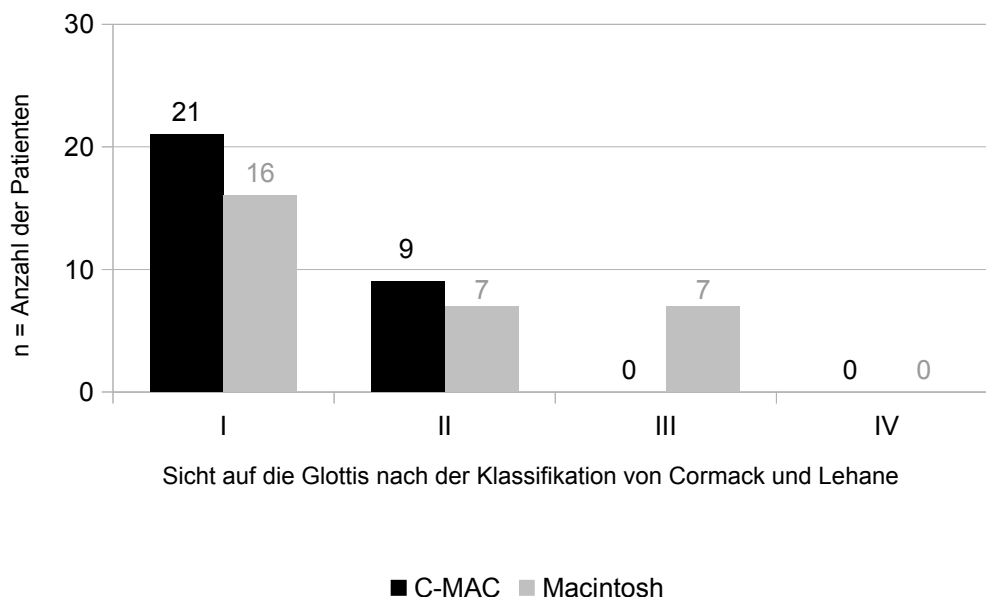
Abbildung 3: Ergebnisse zwischen der ersten direkten Laryngoskopie mit dem Macintosh-Laryngoskop zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe



Der Vergleich innerhalb der Versuchsgruppe zwischen der ersten direkten Laryngoskopie mit dem Macintosh-Laryngoskop und der zweiten indirekten Laryngoskopie mit dem C-MAC erbrachte folgende Ergebnisse: In keinem Fall verschlechterte sich der Grad nach Cormack und Lehane. In 20 Fällen veränderte sich die Gradeinteilung nicht, wobei von diesen 20 Patienten schon 16 bei der direkten Laryngoskopie als Grad I klassifiziert wurden und demzufolge definitionsgemäß keine Verbesserung möglich war. In 33,3 %, also 10 Fällen wurde eine bessere Cormack und Lehane Gradeinteilung erreicht. Bei 14 Probanden, die in der direkten Laryngoskopie größer Grad I nach Cormack und Lehane eingeteilt wurden, verbesserte sich in 10 Fällen (71,4 %) die Gradeinteilung, lediglich in 4 Fällen (28,6 %) blieb sie gleich. Von den 10 Fällen, bei denen eine Verbesserung der Gradeinteilung stattfand, veränderte sich selbige bei 8 Patienten um ein Stadium, bei 2 Patienten um 2 Stadien. Insgesamt wurden bei der indirekten Videolaryngoskopie 21 Patienten (70 %) Grad I und 9 Patienten (30 %) Grad II klassifiziert. Hierbei wurde kein Patient Grad III oder IV zugeordnet (Abbildung 4).

Diese Ergebnisse konnten aufgrund des Studiendesigns und der statistischen Testanordnung nicht auf Signifikanz geprüft und mussten deshalb rein deskriptiv behandelt werden.

Abbildung 4: Ergebnisse innerhalb der Versuchsgruppe der zweiten nun indirekten Videolaryngoskopie mit dem C-MAC im Vergleich zur ersten direkten Laryngoskopie mit dem Macintosh-Laryngoskop



3.5 Daten bezüglich der Intubation

Tabelle 8: Die Daten bezüglich der Intubation sind in absoluten Zahlen mit prozentualer Verteilung oder als Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|-------------------------------------|--------------|------------------|-------------------|
| Intubationserfolg 1. Versuch | 29 (96,7 %) | 29 (96,7 %) | 1,000 |
| 2. Versuch | 1 (3,3 %) | 1 (3,3 %) | 1,000 |
| Intubationsdauer (s) | 33,2 (27,8) | 17,9 (6,7) | 0,064 |
| Optimierungshilfen (BURP) | 7 (23,3 %) | 16 (53,3 %) | 0,033 |
| Schleimhautblutungen | 1 (3,3 %) | 3 (10 %) | 0,612 |

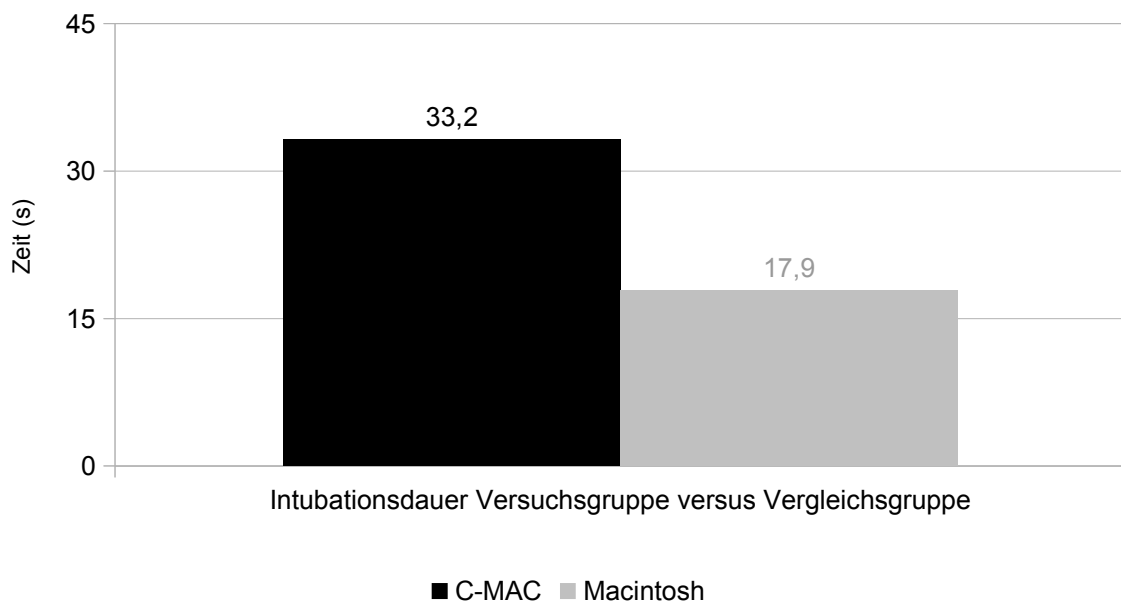
3.5.1 Intubationserfolg

Alle 60 endotrachealen Intubationen beider Gruppen waren erfolgreich, davon jeweils 29 (96,7 %) im ersten Versuch. Bei einer Intubation der Studien- und einer der Kontrollgruppe wurde ein zweiter Versuch benötigt (3,3 %). Dieser war dann in beiden Gruppen erfolgreich. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Intubationserfolges bei $p = 1,000$.

3.5.2 Intubationsdauer

Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,064$). In der Studiengruppe betrug die Dauer der Intubation im Mittel 33,2 Sekunden und war damit um 15,3 Sekunden höher als in der Kontrollgruppe. Hier nahm die erfolgreiche Intubation durchschnittlich 17,9 Sekunden in Anspruch (Abbildung 5). Unter Verwendung des C-MAC wurde ein Minimum von 8 und ein Maximum von 117 Sekunden erreicht. Die Standardabweichung betrug 27,8 Sekunden. In der Macintosh-Gruppe lag das Minimum bei 7 Sekunden und streute bis zu einem Maximum von 33 Sekunden bei einer Standardabweichung von 6,7 Sekunden.

Abbildung 5: Mittelwerte der Intubationsdauer im Vergleich zwischen Studien- und Kontrollgruppe



3.5.3 Optimierungshilfen

Vorrangige Optimierungshilfe war das BURP-Manöver zur Verbesserung der Sichtverhältnisse auf die Glottis. Aber auch die Anwendung der verbesserten Jackson-Position oder des OELM-Manövers bzw. die Hoch- und Tieflagerung des Kopfes in der Vertikalen mit Änderung des jeweiligen HWS-Reklinationswinkels wurden zugeordnet.

Statistisch ausgewertet wurde, wie oft das BURP-Manöver in den beiden Gruppen jeweils zur Anwendung kam. Dieses war bei 7 Patienten der Versuchsgruppe vonnöten, was 23,3 % von 30 Probanden entspricht. In der Kontrollgruppe musste dies bei 16 Probanden (53,3 %) erfolgen. Somit lag in der C-MAC-Versuchsgruppe eine signifikant seltenere Anwendungshäufigkeit bei $p = 0,033$ vor.

3.5.4 Komplikationen

Die häufigste Komplikation während der Intubation stellten Schleimhautblutungen im Mund-, Rachen- und Kehlkopfbereich dar. Blutspuren auf dem Laryngoskopspatel wurden als Indikatoren gedeutet. In der Versuchsgruppe konnte lediglich eine Schleimhautblutung nachgewiesen werden. Dies entsprach 3,3 %. In der Kontrollgruppe lag diese Zahl bei drei, was 10 % der Patienten betraf. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen ($p = 0,612$).

In der Versuchsgruppe kam es zweimal zu einem relevanten Abfall der Sauerstoffsättigung. Einmal auf 83 % aufgrund fehlender Sauerstoffreserven, bei einer Intubationsdauer von 52 Sekunden nach fünfminütiger Präoxygenierung mit 100 % Sauerstoff. Im anderen Fall betrug die Sauerstoffsättigung 84 %. Es waren zwei Intubationsversuche von 48 und 29 Sekunden nötig. Beim ersten Versuch war die Glottis zwar komplett einzusehen (Cormack und Lehane Grad I), allerdings befanden sich die Stimmbänder in Adduktionsstellung und behinderten so die Tubuspassage. Auch hier wurde wie im zuletzt beschriebenen Fall leitliniengerecht präoxygeniert. Beide Patienten waren zu jeder Zeit kreislaufstabil.

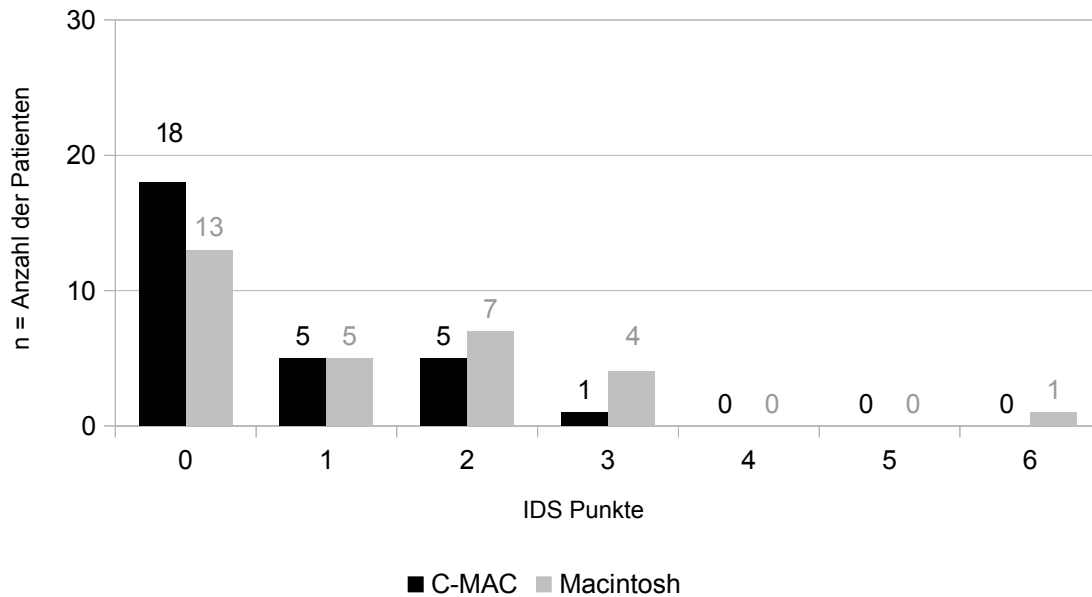
In keiner der Gruppen kam es zu Zahnschäden, Aspiration von Mageninhalt, ösophagealen oder einseitig endobronchialen Fehllagen des Tubus.

3.6 Daten bezüglich der Intubation Difficulty Scale

Die Auswertung ergab, dass in der C-MAC-Gruppe 18 Intubationen (60 %) als leicht (IDS = 0 Punkte) eingestuft wurden. In der Macintosh-Gruppe waren dies 13 (43,3 %). Als geringfügig erschwerte (IDS 1 bis 5 Punkte) Intubationen erwiesen sich 12 (40 %) in der Studiengruppe und 16 (53,3 %) in der Kontrollgruppe. Mäßig bis wesentlich erschwert (IDS ab 6 Punkte) war lediglich eine (3,3 %) der Macintosh-Gruppe, keine in der C-MAC-Gruppe (Abbildung 6).

Bei Addition der beiden Gruppen ergaben sich 31 (51,7 %) leichte, 28 (46,7 %) geringfügig erschwerte und eine (1,7 %) mäßig bis wesentlich erschwerte Intubation. Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen bei $p = 0,591$.

Abbildung 6: Intubation Difficulty Scale der C-MAC- und der Macintosh-Gruppe



3.7 Vitalparameterdaten

3.7.1 Sauerstoffsättigung

Die gemessene Ausgangssauerstoffsättigung bei Raumluft wies einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen auf ($p = 0,040$). Sie lag in der Studiengruppe bei 96,9 % versus 97,5 % in der Kontrollgruppe. Dagegen gab es bei den Werten nach der Präoxygenierung und hinsichtlich des Minimums während der gesamten Narkoseeinleitung keine relevanten Unterschiede (Tabelle 9).

Tabelle 9: Die Sauerstoffsättigung ist als Mittelwert mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|--------------------------------|--------------|------------------|-------------------|
| SpO2 in % bei Raumluft | 96,9 (1,7) | 97,5 (2,2) | 0,040 |
| SpO2 in % nach Präoxygenierung | 100 (0,0) | 100 (0,0) | 1,000 |
| SpO2 in % Minimum | 97,2 (7,2) | 98,3 (3,0) | 0,862 |

3.7.2 Herzfrequenz

Es wurden Ausgangswert, Herzfrequenz während der Intubation sowie die Werte eine, drei und fünf Minuten nach der Intubation dokumentiert. Weder einzeln zu den verschiedenen Messzeitpunkten gegeneinander im Vergleich (Tabelle 10), noch in der Gesamtheit ($p = 0,934$) dieser Daten bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Patientengruppen.

Weiterhin wurden auch signifikante Unterschiede in Bezug auf Wechselwirkungen innerhalb der Patientengruppen und dem jeweiligen Messzeitpunkt mit $p = 0,111$ ausgeschlossen.

Tabelle 10: Die mittlere Herzfrequenz pro Minute beider Gruppen zu den verschiedenen Zeitpunkten ist in absoluten Zahlen mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|---|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| Herzfrequenz Ausgangswert | 71,2 (11,4) | 75,6 (12,0) | 0,258 |
| Herzfrequenz während Intubation | 74,1 (14,1) | 75,8 (12,8) | 0,784 |
| Herzfrequenz 1 min nach Intubation | 73,3 (12,1) | 71,5 (13,3) | 0,510 |
| Herzfrequenz 3 min nach Intubation | 71,8 (13,2) | 68,7 (14,2) | 0,201 |
| Herzfrequenz 5 min nach Intubation | 66,2 (12,2) | 66,2 (14,5) | 0,610 |

Nachdem zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede bestehen, wurde im Anschluss nach Signifikanzen beider Gruppen in Bezug auf die Entwicklung der Herzfrequenz verglichen mit dem Ausgangswert gesucht. Da nachgewiesen wurde, dass zwischen den beiden Gruppen keine Unterschiede bestehen, konnten sie an dieser Stelle zusammen betrachtet werden (Tabelle 11). Im Vergleich zwischen Ausgangswert und dem Wert fünf Minuten nach Intubation stellte sich in dieser Gesamtgruppe eine signifikant gesunkene Herzfrequenz heraus ($p < 0,001$).

Tabelle 11: Abgebildet sind die Signifikanzwerte der Ausgangsherzfrequenz beider Gruppen verglichen mit den Herzfrequenzen zu den anderen Messzeitpunkten.

| | Signifikanzwert p |
|--|--------------------------|
| Herzfrequenz Ausgangswert beider Gruppen versus | |
| Herzfrequenz bei Intubation | 0,282 |
| Herzfrequenz 1 min nach Intubation | 0,558 |
| Herzfrequenz 3 min nach Intubation | 0,057 |
| Herzfrequenz 5 min nach Intubation | < 0,001 |

3.7.3 Blutdruck

Es wurden Ausgangswert, Blutdruck während der Intubation sowie die Werte eine, drei und sechs Minuten nach der Intubation dokumentiert.

Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bei $p = 0,280$ für die gesamten systolischen (Tabelle 12) und $p = 0,869$ für die gesamten diastolischen Blutdruckwerte (Tabelle 13).

Betrachtet man die Werte der jeweiligen Gruppen einzeln zu den verschiedenen Messzeitpunkten im Vergleich, ergibt sich ein signifikant höherer systolischer Blutdruck in der Vergleichsgruppe während der Intubation (Tabelle 12).

Die Einzelgegenüberstellung der diastolischen Werte zu den verschiedenen Messzeitpunkten ergibt in der Vergleichsgruppe einen signifikant höheren Ausgangswert und einen signifikant höheren Wert während der Intubation. Der diastolische Wert drei Minuten nach der Intubation ist dagegen signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe (Tabelle 13).

Tabelle 12: Der mittlere systolische Blutdruck in mmHg beider Gruppen zu den verschiedenen Zeitpunkten ist in absoluten Zahlen mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|--|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| Blutdruck Ausgangswert | 140,5 (24,1) | 143,4 (20,3) | 0,584 |
| Blutdruck während Intubation | 125,0 (30,2) | 144,6 (19,5) | 0,006 |
| Blutdruck 1 min nach Intubation | 113,5 (33,6) | 124,4 (22,4) | 0,093 |
| Blutdruck 3 min nach Intubation | 119,1 (24,1) | 110,2 (22,7) | 0,214 |
| Blutdruck 6 min nach Intubation | 108,5 (20,1) | 106,4 (22,1) | 0,865 |

Tabelle 13: Der mittlere diastolische Blutdruck in mmHg beider Gruppen zu den verschiedenen Zeitpunkten ist in absoluten Zahlen mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|--|---------------------|-------------------------|--------------------------|
| Blutdruck Ausgangswert | 76,7 (12,9) | 83,7 (13,6) | 0,033 |
| Blutdruck während Intubation | 71,8 (15,8) | 83,5 (14,3) | 0,009 |
| Blutdruck 1 min nach Intubation | 70,6 (19,3) | 70,8 (14,3) | 0,871 |
| Blutdruck 3 min nach Intubation | 72,8 (15,9) | 62,2 (12,4) | 0,007 |
| Blutdruck 6 min nach Intubation | 67,2 (15,4) | 61,1 (11,1) | 0,201 |

Nachdem zwischen den Gruppen in ihrer Gesamtheit keine signifikanten Unterschiede bestehen, wurde im Anschluss nach Signifikanzen beider Gruppen in Bezug auf die Entwicklung des Blutdruckes, verglichen mit dem Ausgangswert, gesucht. Da nachgewiesen wurde, dass zwischen den beiden Gruppen keine Unterschiede bestehen, konnten sie an dieser Stelle zusammen betrachtet werden. Der systolische (Tabelle 14) wie auch der diastolische Blutdruck (Tabelle 15) sanken im Verlauf signifikant.

Tabelle 14: Signifikanzwerte des systolischen Ausgangsblutdruckes beider Gruppen verglichen mit den systolischen Blutdruckwerten zu den anderen Messzeitpunkten

| | Signifikanzwert p |
|---|-------------------|
| Blutdruck Ausgangswert beider Gruppen versus | |
| Blutdruck bei Intubation | 0,021 |
| Blutdruck 1 min nach Intubation | < 0,001 |
| Blutdruck 3 min nach Intubation | < 0,001 |
| Blutdruck 6 min nach Intubation | < 0,001 |

Tabelle 15: Signifikanzwerte des diastolischen Ausgangsblutdruckes beider Gruppen verglichen mit den diastolischen Blutdruckwerten zu den anderen Messzeitpunkten

| | Signifikanzwert p |
|---|-------------------|
| Blutdruck Ausgangswert beider Gruppen versus | |
| Blutdruck bei Intubation | 0,074 |
| Blutdruck 1 min nach Intubation | < 0,001 |
| Blutdruck 3 min nach Intubation | < 0,001 |
| Blutdruck 6 min nach Intubation | < 0,001 |

3.8 Daten der postoperativen Nachbefragungen

Für die Auswertung wurden die Angaben der Patienten zur Numerischen Rating-Skala bezüglich Halsschmerzen und Schluckbeschwerden detaillierter aufgeschlüsselt (Tabelle 16).

Tabelle 16: Detaillierte Einteilung der angewandten Numerischen Rating-Skala

| Beschwerden | NRS |
|-----------------|-----|
| Keine | 0 |
| Leichte | 1-3 |
| Mittlere | 4-6 |
| Starke | > 7 |

3.8.1 Halsschmerzen

Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich des Vorkommens von Halsschmerzen, weder 30 Minuten noch 24 Stunden postoperativ (Tabelle 17).

Tabelle 17: Dargestellt sind die Ergebnisse der beiden Gruppen bezüglich der postoperativen Nachbefragung nach Halsschmerzen. Es sind absolute Zahlen mit prozentualer Verteilung angegeben. In der rechten Spalte finden sich die Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 30 Minuten postoperativ | | | |
| Ja/Nein | 9 (30 %) / 21 (70 %) | 16 (53,3 %) / 14 (46,7 %) | 0,115 |
| keine/leicht/mittel/stark | 21/5/3/1 | 14/10/6/0 | |
| 24 Stunden postoperativ | | | |
| Ja/Nein | 11 (36,7 %) / 19 (63,3 %) | 17 (56,7 %) / 13 (43,3 %) | 0,195 |
| keine/leicht/mittel/stark | 19/6/5/0 | 13/14/3/0 | |

3.8.2 Schluckbeschwerden

Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich des Auftretens von Schluckbeschwerden, weder 30 Minuten noch 24 Stunden postoperativ (Tabelle 18).

Tabelle 18: Dargestellt sind die Ergebnisse der beiden Gruppen bezüglich der postoperativen Nachbefragung nach Schluckbeschwerden. Es sind absolute Zahlen mit prozentualer Verteilung angegeben. In der rechten Spalte finden sich die Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| 30 Minuten postoperativ | | | |
| Ja/Nein | 10 (33,3 %) / 20 (66,6 %) | 16 (53,3 %) / 14 (46,7 %) | 0,192 |
| keine/leicht/mittel/stark | 20/4/5/1 | 14/10/6/0 | |
| 24 Stunden postoperativ | | | |
| Ja/Nein | 8 (26,7 %) / 22 (73,3 %) | 13 (43,3 %) / 17 (56,7 %) | 0,279 |
| keine/leicht/mittel/stark | 22/2/5/1 | 17/10/3/0 | |

3.8.3 Heiserkeit

Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich des Auftretens von Heiserkeit, weder 30 Minuten noch 24 Stunden postoperativ (Tabelle 19).

Tabelle 19: Dargestellt sind die Ergebnisse der beiden Gruppen bezüglich der postoperativen Nachbefragung nach Heiserkeit. Es sind absolute Zahlen mit prozentualer Verteilung angegeben. In der rechten Spalte finden sich die Signifikanzwerte.

| | C-MAC (n=30) | Macintosh (n=30) | Signifikanzwert p |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|
| 30 Minuten postoperativ | | | |
| Ja/Nein | 9 (30 %) / 21 (70 %) | 9 (30 %) / 21 (70 %) | 1,000 |
| 24 Stunden postoperativ | | | |
| Ja/Nein | 11 (36,7 %) / 19 (63,3 %) | 9 (30 %) / 21 (70 %) | 0,785 |

3.8.4 Sonstige Beschwerden

In der C-MAC-Gruppe litt ein Patient unter postoperativer Übelkeit, einem Taubheitsgefühl im Rachen und Geschmacksempfindungsstörungen. Ein weiterer gab ein Taubheitsgefühl der Zunge an. Ein Patient berichtete über ausgeprägte Mundtrockenheit. Insgesamt schilderten drei Patienten eine starke postoperative Schleimbildung. Bei einem Patienten kam es am Abend nach der Operation zu Refluxbeschwerden.

In der Macintosh-Gruppe berichtete ein Patient ebenfalls von starker Hypersalivation. Ein weiterer über ein Hämatom im Mundschleimhautbereich, einer über ein Druckgefühl an der linken Halsseite. Bei allen Patienten waren die beschriebenen Beschwerden innerhalb des stationären Aufenthaltes komplett reversibel.

4 Diskussion

4.1 Überblick

Gegenstand dieser Studie ist der Vergleich der indirekten Laryngoskopie mittels des C-MAC Videolaryngoskopes und der direkten Laryngoskopie mittels des konventionellen Laryngoskopes mit dem Macintosh-Spatel bei Rapid Sequence Narkoseeinleitungen. Die Narkoseeinleitung des nicht-nüchternen Patienten gehört zu den risikoreichen Interventionen in der Anästhesie⁶². Um die Patientensicherheit zu erhöhen, gewinnt die Videolaryngoskopie im klinischen Alltag immer mehr an Bedeutung. Goldmann et al kommen zum Schluss, dass die Videolaryngoskopie zwar nicht zur einer Verkürzung der Intubationsdauer, wohl aber zu einer Verbesserung der Sichtverhältnisse auf die Glottis führt, die sich in einem besseren Grad nach Cormack und Lehane widerspiegelt⁶³. Die Verbesserung der Sichtverhältnisse^{64 65} und die damit verbundene Erleichterung der Intubation^{66 67} sind entscheidende Vorteile, die für den Einsatz der Videolaryngoskopie, vor allem beim schwierigen Atemweg, sprechen^{68 69 70 71 72 73 74 75}.

Aufgrund der Datenlage sollte in dieser klinischen Studie überprüft werden, ob das C-MAC-Videolaryngoskop bei Blitzintubationen der konventionellen Laryngoskopie überlegen ist. Primärer Endpunkt der Studie war der Intubationserfolg. Bezüglich dieses Endpunktes zeigte sich keine Überlegenheit des C-MAC-Videolaryngoskopes im Vergleich zur konventionellen Laryngoskopie. Der Intubationserfolg war in beiden Gruppen gleich. Hinsichtlich der Intubationsdauer bestand keine Überlegenheit durch die Anwendung des Videolaryngoskopes. Allerdings zeigten sich Vorteile bei der Klassifikation nach Cormack und Lehane, also eine Verbesserung der Visualisierbarkeit der Glottis und in Bezug auf die IDS. Auch hinsichtlich benötigter Optimierungshilfen schnitt die indirekte Laryngoskopie signifikant besser ab. Bei durch die Intubation verursachten Schleimhautblutungen und postoperativen Beschwerden bestanden keine signifikanten Unterschiede. Auf die hämodynamischen Parameter hatten beide Laryngoskopiearten keinen unterschiedlichen Einfluss. Insgesamt sollten beide Methoden als gleichwertig betrachtet werden, allerdings mit Präferenz der Videolaryngoskopie bei schwierigen Atemwegssituationen.

62 Goldmann et al. 2006
63 Goldmann et al. 2006
64 Hofstetter et al. 2006
65 Lange et al. 2009
66 Maassen und van Zundert 2010
67 Kaki et al. 2011
68 McElwain und Laffey 2011
69 McElwain et al. 2010b
70 Meininger et al. 2010
71 van Zundert et al. 2012
72 Teoh et al. 2010
73 Stroumpoulis et al. 2009
74 Aziz et al. 2012
75 Wasem et al. 2009

4.2 Diskussion der Studienergebnisse

4.2.1 Abschätzung des schwierigen Atemweges

In Bezug auf die Ergebnisse zur präanarkotischen Abschätzung eines zu erwartenden schwierigen Atemweges, ergab die Auswertung hinsichtlich der Mallampati-Klassifikation, keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,314$). Dieses Ergebnis konnte durchaus erwartet werden, da keinerlei vorherige Selektion diesbezüglich stattgefunden hatte. Allgemein sollte aber die Aussagekraft der Mallampati-Klassifikation als limitiert betrachtet werden, sofern sie als einzige Methode zur Abschätzung eines schwierigen Atemweges verwendet wird^{76 77}.

Allerdings zeigten sich Signifikanzen ($p < 0,05$) bezüglich des thyreomentalen Abstandes nach Patil wie auch bei der aktiven und der passiven Mundöffnung zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe. Der thyreomentale Abstand nach Patil betrug in der Versuchsgruppe im Mittel 7,6 cm, in der Kontrollgruppe 9,7 cm ($p < 0,001$). Dieses Ergebnis war so nicht zu erwarten und beruht auf Zufall. Allerdings ist auch hier zu konstatieren, dass die Vorhersagekraft dieses Tests, wiederum bei alleiniger Anwendung zur Abschätzung des schwierigen Atemweges, schnell an ihre Grenzen stößt^{78 79}. Außerdem lag der mittlere thyreomentale Abstand der Versuchsgruppe über 6 cm, so dass keine Auswirkungen auf die Komplexität der Intubation gezogen werden können^{80 81 82}.

Die Mundöffnung in der Versuchsgruppe lag aktiv bei 57,6 mm und passiv bei 62,7 mm versus 47,1 mm aktiv ($p < 0,001$) und 47,9 mm passiv ($p < 0,001$) in der Kontrollgruppe. Dieses Resultat beruht ebenfalls auf Zufall. Erst eine Mundöffnung geringer als 3 cm kann Hinweise auf eine erschwerte Intubation geben⁸³. Auch hier gilt: Die Messung der Mundöffnung allein ist, wie auch der thyreomentale Abstand und die Mallampati-Klassifikation, nicht aussagekräftig genug⁸⁴.

Nur die Kombination der beschriebenen Screeningverfahren führt zu einer verlässlichen Vorhersage eines schwierigen Atemweges⁸⁵. Da zwar der thyreomentale Abstand in der Versuchsgruppe signifikant geringer, aber die aktive und passive Mundöffnung signifikant größer war, könnte angenommen werden, dass sich diese beiden Faktoren, falls sie überhaupt Auswirkungen haben, egalieren und keine weiteren unterschiedlichen Einflüsse auf die Studienergebnisse bestehen.

76 Langenstein und Cunitz 1996

77 Adamus et al. 2010

78 Levitan et al. 2004

79 Savva 1994

80 Braun 2004

81 Frerk 1991

82 Patil et al. 1983

83 Braun 2004

84 Shiga et al. 2005

85 Tse et al. 1995

4.2.2 Klassifikation nach Cormack und Lehane

Bei der ersten direkten Laryngoskopie bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.

Der Vergleich der ersten mit der zweiten Laryngoskopie innerhalb der Versuchsgruppe hingegen ergab eine Verbesserung der Sichtverhältnisse durch die Videolaryngoskopie. In keinem Fall fand eine Verschlechterung der Sicht auf die Glottis statt. In 20 Fällen veränderte sich die Gradeinteilung nicht, wobei von diesen 20 Patienten schon 16 bei der direkten Laryngoskopie als Grad I klassifiziert wurden und demzufolge definitionsgemäß keine Verbesserung möglich war. Zu einem Drittel aber verbesserte sich die Gradeinteilung nach Cormack und Lehane. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich das C-MAC besonders für den schwierigen Atemweg eignet. Dies wird durch die Tatsache unterstrichen, dass sich bei 71,4 % der Probanden, bei denen eine Verbesserung überhaupt möglich war, die also nicht dem Grad I nach Cormack und Lehane zugeordnet werden konnten, die Sicht auf die Glottis durch die Videolaryngoskopie auch tatsächlich positiv entwickelte. Ebenfalls für die These spricht, dass kein Patient der Studiengruppe bei der Videolaryngoskopie Grad III oder Grad IV zugeordnet werden musste.

Allerdings wurde von den Intubierenden zwar die Sichtverbesserung durch die Anwendung des C-MAC positiv bewertet, jedoch in einigen Fällen von Problemen bei der Tubuspassage berichtet. Dies könnte darauf beruhen, dass bei Benutzung des C-MAC die orale Achse nicht mit der pharyngealen und laryngealen Achse übereinstimmen muss, um die Glottis zu visualisieren. Nun könnte es aber sein, dass dadurch die Passage des Tubus durch den Mund und Rachen bis zum Durchgleiten der Stimmritze erschwert wird. Auch Meininger et al. beschreiben diese Problematik⁸⁶. Dies könnte erwähnte ösophageale Fehllagen provoziert haben⁸⁷.

Auch in der aktuellen Literatur wird in unterschiedlich aufgebauten klinischen Studien, besonders bei schwierigen Atemwegsverhältnissen, die Verbesserung der Sichtverhältnisse übereinstimmend beschrieben. So stellten Aziz et al. 2012 in einer Studie an 300 Patienten mit Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg⁸⁸, wie auch Byhahn et al. bei 43 Patienten mit schwierigem Atemweg⁸⁹ eine signifikante Verbesserung der Sichtverhältnisse auf die Glottis fest. Dies bestätigte sich durch Aziz und Brambrink bei 17 Patienten⁹⁰ und durch McElwain und Laffey bei 90 Patienten mit

⁸⁶ Meininger et al. 2010

⁸⁷ Sakles et al. 2012

⁸⁸ Aziz et al. 2012

⁸⁹ Byhahn et al. 2010

⁹⁰ Aziz und Brambrink 2011

immobilisierter Halswirbelsäule⁹¹. Meininger et al. berichten von einer signifikanten Verbesserung in einer Studie an 94 Patienten bei Intubationen in der HNO-Heilkunde⁹². Sakles et al.⁹³ und Noppens et al.⁹⁴ bestätigten 2012 dieses Ergebnis in ihren Studien bei 750 bzw. 274 Intubationen in der Notaufnahme. Auch Teoh et al.⁹⁵ bei 400 Patienten, sowie Cavus et al.⁹⁶ bei 150 Probanden berichten über eine bessere Sicht auf die Glottis durch die Anwendung des Videolaryngoskopes bei Intubationen vor Elektiveingriffen.

Man kann konstatieren, dass durch das C-MAC, besonders beim schwierigen Atemweg eine Sichtverbesserung auf die Glottis erreicht wird, dies jedoch nicht als alleiniges Kriterium uneingeschränkt aussagekräftig ist. Es müssen auch etwaige Nachteile, wie die aufgetretene erschwerte Tubuspassage, in der Gesamtschau bewertet werden.

4.2.3 Intubation Difficulty Scale

In der C-MAC-Gruppe wurden 18 Intubationen (60 %) als leicht eingestuft. In der Macintosh-Gruppe waren dies lediglich 13 (43,3 %). Geringfügig erschwert waren nur 12 (40 %) Intubationen in der Studiengruppe, aber 16 (53,3 %) in der Kontrollgruppe. Als mäßig bis wesentlich erschwert erwies sich lediglich eine (3,3 %) Intubation und diese stammte aus der Macintosh-Gruppe. Bei Addition der beiden Gruppen ergaben sich 31 (51,7 %) leichte Intubationen, 28 (46,7 %) geringfügig erschwerte und eine (1,7 %) mäßig bis wesentlich erschwerte Intubation. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden.

Durch die Anwendung der Videolaryngoskopie ergab sich in der Studiengruppe allerdings eine deutliche Verbesserung der Sichtverhältnisse auf die Glottis, welche sich in einer niedrigeren Gradeinteilung nach der Cormack/Lehane-Klassifikation widerspiegelte. Zusätzlich wurde das BURP-Manöver in der C-MAC-Gruppe signifikant seltener angewendet. Beide Faktoren bewirken einen geringeren Punktwert bezüglich der IDS und damit eine einfachere Intubation.

In einer Untersuchung von McElwain et al. zeigten sich hinsichtlich dieser Skala, wie in dieser Studie, keine signifikanten Unterschiede zwischen dem C-MAC und dem konventionellen Laryngoskop. Allerdings lagen auch hier die Werte bei Verwendung des Videolaryngoskopes tendenziell niedriger⁹⁷.

91 McElwain und Laffey 2011

92 Meininger et al. 2010

93 Sakles et al. 2012

94 Noppens et al. 2012

95 Teoh et al. 2010

96 Cavus et al. 2011c

97 McElwain und Laffey 2011

Die bisherigen Ergebnisse dieser Studie geben klare Hinweise darauf, dass die Videolaryngoskopie, besonders beim schwierigen Atemweg, die Intubation erleichtert. Dies macht sich auch in einem geringeren Punktwert bezüglich der IDS bemerkbar. Wenn auch nicht statistisch signifikant, kann man trotzdem davon ausgehen, dass es durch die indirekte Laryngoskopie gelingt, die IDS-Werte zu senken.

4.2.4 Intubation

4.2.4.1 Intubationserfolg

Jeweils 96,7 % der Intubationen waren im ersten Versuch erfolgreich. Bei 3,3 % der Patienten der Studien- und der Kontrollgruppe wurde ein zweiter Intubationsversuch benötigt. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Auch Healy et al. konnten 2012 in ihrer Vergleichsstudie am Modell keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Intubationserfolges feststellen⁹⁸. In einer klinischen Studie aus dem Jahr 2011 bestätigten Aziz et al. dieses Ergebnis⁹⁹.

Allerdings kamen Jungbauer et al. in einer Untersuchung aus dem Jahr 2009 zu dem Schluss, dass der Intubationserfolg des C-MAC mit 99 % höher war als mit dem konventionellen Laryngoskop mit dem Macintosh-Spatel. Hier lag die Erfolgsrate nur bei 92 %. Es muss aber erwähnt werden, dass hier nur Patienten mit einer Mallampati-Klassifikation von 3 oder 4 eingeschlossen wurden¹⁰⁰. Auch Aziz et al. beschrieben 2012 die höhere primäre Intubationsrate. Es lag ebenfalls bei jedem Patienten mindestens ein Anzeichen auf eine erschwerte Intubation vor¹⁰¹. Dies kann wiederum als Hinweis darauf gedeutet werden, dass die Überlegenheit des C-MAC besonders bei schwierigen Atemwegsverhältnissen zum Tragen kommt. Auch bei ungeübtem Personal scheint sich diese Überlegenheit zu bestätigen¹⁰².

Somit könnte dieser Aspekt an den besseren Visualisierungsmöglichkeiten des C-MAC in Bezug auf die Glottis liegen und damit zu einer Vereinfachung der Intubation führen. Da in dieser Studie die Intubationen allerdings nur von erfahrenen Anästhesisten mit Kenntnissen in der Videolaryngoskopie durchgeführt wurden, könnte sich diese Vereinfachung nicht so gravierend ausgewirkt haben, wie bei unerfahrenem Personal. Somit sollte sich die Gleichwertigkeit der Laryngoskope in diesem Punkt erklären und gleichzeitig verdeutlichen, welches Gewicht der Faktor

98 Healy et al. 2012

99 Aziz und Brambrink 2011

100 Wasem et al. 2009

101 Aziz et al. 2012

102 Herbstreit et al. 2011

Erfahrung im klinischen Alltag, vor allem bei anspruchsvollen Maßnahmen wie der endotrachealen Intubation hat.

Letztlich sind sogar vereinzelt nachteilhafte Ergebnisse des C-MAC hinsichtlich der Erfolgsraten der Intubation beschrieben worden¹⁰³. Dies ließe sich damit erklären, dass es gerade im Umgang mit Videolaryngoskopen trotzdem einer gewissen Routine bedarf. Darüber hinaus beschreiben Byhahn et al., dass trotz guter Glottisvisualisierung die Tubusplatzierung bei 11 % ihrer Studienpatienten aufgrund einer ungünstigen anatomischen Achse misslang¹⁰⁴. Auch Teoh et al. berichteten von diesem Phänomen¹⁰⁵. Dieses Problem könnte durch zu unflexible Tuben oder bei Versteifung und unvorteilhafter Vorformung der Tuben durch Einbringen eines Führungsstabes entstanden sein. Da aber, wie schon besprochen, bei der Videolaryngoskopie nicht zwangsläufig alle optischen Achsen übereinstimmen müssen, ist bei einer starken Abweichung voneinander eine gewisse Flexibilität in der Formgebung des Tubus unabdingbar, um erfolgreich zu intubieren. In der hier vorliegenden Studie wurden Führungsstäbe eingebracht und exakt solche Schwierigkeiten bei der Tubuspassage beobachtet.

Aufgrund der unterschiedlichsten Ergebnisse lässt sich konstatieren, dass keine eindeutige Aussage hinsichtlich des Intubationserfolges getroffen werden darf und weitere Studien zur Verifizierung nötig sind.

4.2.4.2 Intubationsdauer

In der Studiengruppe betrug die Intubationsdauer im Mittel 33,2 Sekunden, in der Kontrollgruppe 17,9 Sekunden. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Auch bei Cavus et al.¹⁰⁶, McElwain et al.¹⁰⁷, Herbstreit et al.¹⁰⁸, Teoh et al.¹⁰⁹ und McElwain und Laffey¹¹⁰ fanden sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Intubationsdauer. Es liegen allerdings auch mehrere Studien vor, bei denen eine signifikant längere Dauer unter Verwendung des C-MAC beschrieben wird^{111 112 113 114}.

103 Cavus et al. 2011c

104 Byhahn et al. 2010

105 Teoh et al. 2010

106 Cavus et al. 2011c

107 McElwain et al. 2010b

108 Herbstreit et al. 2011

109 Teoh et al. 2010

110 McElwain und Laffey 2011

111 Wetsch et al. 2011

112 Wetsch et al. 2012

113 Aziz et al. 2012

114 Kaki et al. 2011

Auffällig ist eine Spannweite der Mittelwerte von 16 Sekunden bei McElwain et al.¹¹⁵ bis zu 123,6 Sekunden bei Wetsch et al.¹¹⁶. Man muss gleichzeitig feststellen, dass das jeweilige Studiendesign nicht mit dem hier vorliegenden übereinstimmt und die Ergebnisse deshalb auch nur eingeschränkt vergleichbar sind. Die Unterschiede betreffen den Ausbildungsstand, die Berufserfahrung, die Kenntnisse in der Videolaryngoskopie, im Speziellen die Erfahrung mit dem C-MAC, das Vorliegen eines normalen oder schwierigen Atemweges, das Durchführen am Modell oder am realen Patienten und letztlich auch das örtliche Umfeld, wie beispielsweise der Operationstrakt, den Schulungsraum, die Notaufnahme, die Intensivstation oder die präklinische Notfallmedizin.

Ein weiterer Aspekt, der die Vergleichbarkeit der Intubationsdauer einschränkt, sind die verschiedenen Definitionen des Anfangs- und des Endpunktes. Manche Autoren starten die Zeit, sobald das Laryngoskop vom Anästhesisten in die Hand genommen wird¹¹⁷, andere erst bei Einführen der Spatelspitze in den Mund¹¹⁸. Auch der Endpunkt ist unterschiedlich definiert. Es zählen entweder Glottispassage¹¹⁹, Blocken des Tubuscuffs¹²⁰, erste Ventilation¹²¹ oder die erste endexpiratorische Kohlenstoffdioxiddetektion¹²².

Es finden sich auch Untersuchungen, in denen eine signifikant kürzere Intubationsdauer mit dem C-MAC erreicht wird^{123 124}. Auffällig hierbei ist, dass in diesen Studien entweder ein schwieriger Atemweg oder ein intensives vorausgegangenes Training mit dem C-MAC vorlag. Dies würde die These stützen, dass die Videolaryngoskopie vor allem dem Erfahrenen bei schwierigen Atemwegsverhältnissen nützlich ist.

Da dieser Studie allerdings ein unselektiertes Patientengut hinsichtlich des Vorliegens eines etwaigen schwierigen Atemweges zugrunde lag, kann es sein, dass die Vorteile weniger deutlich zum Tragen kommen. Trotz der Erfahrung der Anästhesisten, könnte die komplexere Handhabung des Videolaryngoskopes einen Einfluss haben. Zumindest lässt sich feststellen, dass die konventionelle Laryngoskopie im klinischen Alltag deutlich häufiger verwendet wird und somit auch die am besten beherrschte Art der Laryngoskopie darstellt. Auch das Problem der schwierigen Tubuspassage bei zwar guter Glottisvisualisierung, kann zu verlängerten Intubationszeiten und der vorliegenden Streubreite der Intubationsdauer geführt haben.

115 McElwain et al. 2010b

116 Wetsch et al. 2011

117 Cavus et al. 2011c

118 Ng et al. 2012

119 Kaki et al. 2011

120 Aziz et al. 2012

121 Wetsch et al. 2012

122 Herbstreit et al. 2011

123 Herbstreit et al. 2011

124 McElwain et al. 2010b

Abschließend lässt sich für diese Studie feststellen, dass die Intubationsdauer durch die Verwendung des C-MAC nicht verkürzt wird. Allerdings muss dies im Kontext mit den Vorteilen der Videolaryngoskopie, besonders beim schwierigen Atemweg gesehen werden.

4.2.4.3 Optimierungshilfen

Das BURP-Manöver war bei 23,3 % der Patienten in der Versuchsgruppe erforderlich. Signifikant häufiger musste es in der Kontrollgruppe mit 53,3 % angewendet werden.

Bei der direkten Laryngoskopie unterstrichen Takahata et al. in ihrer Arbeit deutlich die Wirksamkeit des „backward upward and rightward pressure“-Manövers zur besseren Visualisierung der laryngealen Strukturen. Diese hatte sich in einer signifikanten Verbesserung der Zuordnung der Probanden in Bezug auf die Klassifikation nach Cormack und Lehane ausgewirkt¹²⁵. Byhahn et al. bestätigten dies auch für die Videolaryngoskopie unter Verwendung des C-MAC¹²⁶. Eine Arbeit von Aziz et al. führte bezüglich der Anwendung von Optimierungsmaßnahmen zu den gleichen Ergebnissen, wie in dieser Studie¹²⁷.

Man kann zu dem Schluss kommen, dass die Nutzungshäufigkeit in der Versuchsgruppe vor allem deshalb geringer ausfällt, weil durch die Videolaryngoskopie schon vorher eine bessere Visualisierung gelingt. Somit wird der Gebrauch des BURP-Manövers in vielen Fällen überflüssig. Sollte es bei der indirekten Laryngoskopie aber dennoch nötig sein, ist sein Stellenwert immer noch als hoch einzuordnen¹²⁸.

Auch aufgrund der eindeutigen Aussagen in der gängigen Literatur bezüglich der besseren Visualisierung der Glottis durch die Videolaryngoskopie muss man konstatieren, dass das BURP-Manöver dadurch deutlich seltener angewendet werden muss, als in der konventionellen Laryngoskopie.

Andere Optimierungsmaßnahmen in beiden Gruppen, wie etwa die Lageverbesserung des Patientenkopfes während der Laryngoskopie, wurden nicht statistisch erfasst. Dem zufolge können auch keine konsistenten Aussagen dahingehend getroffen werden.

125 Takahata et al. 1997

126 Byhahn et al. 2010

127 Aziz et al. 2012

128 Byhahn et al. 2010

4.2.4.4 Komplikationen

Schleimhautblutungen in der Versuchsgruppe konnten bei 3,3 % der Probanden, in der Kontrollgruppe bei 10 % der Patienten nachgewiesen werden. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede.

In einer Studie mit 400 Patienten von Teoh et al. konnte ebenfalls keine signifikante Überlegenheit der Videolaryngoskopie hinsichtlich Schleimhautverletzungen festgestellt werden¹²⁹. Auch Noppens et al., Aziz et al. und McElwain et al. kamen zu diesem Ergebnis^{130 131 132}. Man kann konstatieren, dass beide Arten der Laryngoskopie vorsichtiges Vorgehen erfordern. Die jeweilige Technik muss lege artis erfolgen, sodass diese Verletzungen in gleichem Umfang vermieden werden.

Andere vereinzelt aufgetretene Komplikationen wurden nicht in der Statistik erfasst und jegliche Deutung wäre aufgrund ihrer Singularität rein spekulativ.

4.2.5 Postoperative Nachbefragungen

4.2.5.1 Halsschmerzen

Das Vorkommen postoperativer Halsschmerzen ist ein nicht seltenes Problem nach Allgemeinanästhesien¹³³, das unter anderem durch die effektive Anwendung von Lokalanästhetika wirkungsvoll reduziert werden kann^{134 135}.

Es bestanden weder 30 Minuten noch 24 Stunden postoperativ signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich des Auftretens von Halsschmerzen. In der Versuchsgruppe gaben 30 % der Patienten 30 Minuten postoperativ Halsschmerzen an, einen Tag später 36,7 %. Im Vergleich dazu hatten 53,3 % der Operierten der Kontrollgruppe 30 Minuten nach dem Anästhesieende Halsschmerzen, 24 Stunden später 56,7 %.

Diese Ergebnisse beruhen auf subjektiven Angaben der Patienten und können nicht objektiviert werden. Auch der Kausalzusammenhang zwischen jeweils verwendetem Laryngoskop und dem Auftreten von Halsschmerzen ist zweifelhaft, da weitere Faktoren einen Einfluss haben. Zu nennen ist hier die Tubusgröße¹³⁶ und die Narkosedauer. Die Differenzierung, welche Beschwerden durch

129 Teoh et al. 2010
130 Noppens et al. 2012
131 Aziz et al. 2012
132 McElwain und Laffey 2011
133 Biro et al. 2005
134 Huang et al. 2010
135 Hung et al. 2010
136 Stout et al. 1987

das Laryngoskop bzw. durch den Tubus ausgelöst wurden, gestaltet sich als schwierig. Gerade bei Eingriffen im oropharyngealen bzw. laryngealen Bereich müssen auch die chirurgischen Maßnahmen als Verursacher in Betracht gezogen werden. Sicherlich spielen außerdem Vorerkrankungen oder Verletzungen im Kopf- und Halsbereich und intra- sowie postoperative analgetische Maßnahmen eine Rolle.

Bei Aziz et al. zeigte sich ebenfalls keine Überlegenheit des C-MAC hinsichtlich postoperativer Halsschmerzen. Bei Teoh et al. schnitt das Videolaryngoskop gegenüber der konventionellen Laryngoskopie sogar schlechter ab¹³⁷. Dies bestätigt die Vermutung der multifaktoriellen Einflüsse.

4.2.5.2 Schluckbeschwerden

Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich dieser Beschwerden, weder 30 Minuten noch 24 Stunden postoperativ. Eine halbe Stunde postoperativ hatten 33,3 % der Probanden versus 53,3 % in der Kontrollgruppe Schluckbeschwerden. Am nächsten Tag litten in der Studiengruppe noch 26,7 % unter dieser Komplikation versus 56,7 % in der Kontrollgruppe.

Auch bezüglich der Häufigkeit des Auftretens von Schluckbeschwerden muss eine multifaktorielle Genese angenommen werden. Wiederum sind die chirurgischen Maßnahmen, die Subjektivität der Angaben, Vorerkrankungen und präoperativ bestehende Verletzungen als mögliche Einflussfaktoren zu nennen. Insgesamt ergibt sich kein Vorteil durch die indirekte Laryngoskopie.

4.2.5.3 Heiserkeit

Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich des Auftretens von Heiserkeit, weder 30 Minuten noch 24 Stunden postoperativ. In Versuchs- und Kontrollgruppe gaben jeweils 30 % der Patienten eine halbe Stunde nach der Operation Heiserkeit an. Am darauffolgenden Tag stieg dieser Wert in der C-MAC-Gruppe auf 36,7 %, in der Macintosh-Gruppe war er mit 30 % konstant.

Wie auch zuvor müssen die bereits angesprochenen weiteren Einflussfaktoren, wie die Subjektivität der Angaben oder die Auswirkung der chirurgischen Maßnahmen und bestehende Vorerkrankungen bzw. Verletzungen, berücksichtigt werden. Dieses Ergebnis lässt sich hinreichend durch die

Multifaktorialität der postoperativen Beschwerden erklären. Abschließend muss man konstatieren, dass in puncto Vermeidung postoperativer Heiserkeit kein Vorteil der indirekten Laryngoskopie in dieser Studie festzustellen ist.

4.3 Diskussion der Methoden

Es war es nicht möglich, die Untersuchung doppelblind zu gestalten, denn der jeweilige Anästhesist wusste während der Intubation, welches Laryngoskop er anwendet.

Des Weiteren wurden die Gradeinteilung nach Cormack und Lehane oder Kriterien der IDS nicht von unabhängigen Untersuchern beurteilt, sondern subjektiv vom intubierenden Anästhesisten. Dieses Problem betrifft alle untersucherabhängigen Daten, wie unter anderem die Mallampati-Einteilung, die Messung des thyreomentalen Abstandes oder der Mundöffnung.

4.4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Insgesamt kann man beide Methoden als gleichwertig betrachten, allerdings mit besonderer Präferenz der Videolaryngoskopie bei schwierigen Atemwegssituationen, deren Auftreten bei Anästhesien in der HNO-Heilkunde laut Meininger et al. um 20 % erhöht ist¹³⁸. Das C-MAC stellt somit eine geeignete Alternative bei der RSI dar, welche in weiteren Studien und im klinischen Alltag bestätigt werden muss. Im Allgemeinen kann man davon ausgehen, dass die Videolaryngoskopie aufgrund ihrer Vorteile beim schwierigen Atemweg weiteren Einzug in die klinische Praxis halten wird.

5 Zusammenfassung

Die suffiziente Atemwegssicherung ist eine der wichtigsten Aufgaben des Anästhesisten. Die endotracheale Intubation mit dem konventionellen Laryngoskop nach Macintosh stellt aktuell den Goldstandard dar. Gerade bei aspirationsgefährdeten Patienten sollte die Intubation zügig, aber dennoch schonend und sicher erfolgen. Die Rapid Sequence Induction als Sonderform der Narkoseeinleitung ist hier das Mittel der Wahl. Bei Vorliegen eines schwierigen Atemweges kann diese aber massiv erschwert sein. Eine relativ neue Alternative abseits der konventionellen Laryngoskopie bietet hier die Anwendung der Videolaryngoskopie. Das C-MAC der Firma Karl Storz ist ein Vertreter dieser Videolaryngoskope und erst seit wenigen Jahren auf dem Markt erhältlich. Basierend auf bisherigen Studien sollte nun im Rahmen der klinischen Anwendung des C-MAC bei Blitzintubationen eine etwaige Überlegenheit im Vergleich mit der direkten Laryngoskopie evaluiert werden.

Um diese Frage weiter zu klären, wurden in dieser Studie Daten von 60 Patienten erhoben, die vor Elektivoperationen in der Augen- und HNO-Heilkunde eine RSI benötigten. Jeweils 30 Patienten wurden randomisiert, entweder mit Hilfe des C-MAC-Videolaryngoskopes oder des konventionellen Laryngoskopes nach Macintosh, intubiert. Der Intubation mit dem Videolaryngoskop vorgeschaltet war immer eine direkte Laryngoskopie. Primärer Endpunkt der Studie war der Intubationserfolg.

Bezüglich dieses Endpunktes zeigte sich keine Überlegenheit des C-MAC, da der Intubationserfolg in beiden Gruppen exakt gleich war. Es gelangen 96,7 % der Intubationen jeweils im ersten Versuch. Hinsichtlich der Intubationsdauer bestanden keine Vorteile durch die Verwendung der Videolaryngoskopie. In der Versuchsgruppe benötigten die Intubationen im Mittel 33,2 Sekunden und damit 15,3 Sekunden länger als in der Kontrollgruppe, in der die Intubationen im Durchschnitt 17,9 Sekunden in Anspruch nahmen.

Es zeigte sich eine klinisch relevante Überlegenheit des C-MAC bezüglich der Klassifikation nach Cormack und Lehane, also eine Verbesserung der Glottisvisualisierung. Aufgrund der primär besseren Visualisierung der Stimmbandebene wurden signifikant weniger Optimierungshilfen benötigt. Einschränkend ist hierbei zu erwähnen, dass die Tubuspassage trotz optimaler Sichtverhältnisse massiv erschwert sein kann, da in der Videolaryngoskopie die orale nicht mit der pharyngealen und der laryngealen Achse übereinstimmen muss und somit eine starke Divergenz zwischen der visuellen und der anatomischen Achse zu Intubationsproblemen führen kann.

Der Schwierigkeitsgrad der Intubationen war bei Anwendung des C-MAC geringer als in der Kontrollgruppe, was sich somit in niedrigeren Werten bezüglich der Intubation Difficulty Scale widerspiegelte. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Vermeidung von, durch die Intubation verursachten, Schleimhautblutungen und postoperativen Beschwerden. Die beiden Laryngoskopietechniken hatten keinen unterschiedlichen Einfluss auf die hämodynamischen Parameter der Probanden.

Insgesamt sollten beide Methoden als gleichwertig betrachtet werden. Das C-MAC stellt somit eine nützliche Alternative bei der RSI dar. Aufgrund der besseren Visualisierungsmöglichkeiten eignet sich die Videolaryngoskopie besonders beim schwierigen Atemweg.

6 Literaturverzeichnis

1. Adamus, Milan; Fritscherova, Sarka; Hrabalek, Lumir; Gabrhelik, Tomas; Zapletalova, Jana; Janout, Vladimir (2010): Mallampati test as a predictor of laryngoscopic view. In: *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 154 (4), S. 339–343.
2. Adnet, F.; Borron, S. W.; Racine, S. X.; Clemessy, J. L.; Fournier, J. L.; Plaisance, P.; Lapandry, C. (1997): The intubation difficulty scale (IDS): proposal and evaluation of a new score characterizing the complexity of endotracheal intubation. In: *Anesthesiology* 87 (6), S. 1290–1297.
3. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). S1 - Leitlinie: Atemwegsmanagement 12.03.2015 Verfügbar: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001-028l_S1_Atemwegsmanagement_2015-04_01.pdf (Zugriff am 23.06.2015)
4. Aziz, Michael F.; Dillman, Dawn; Fu, Rongwei; Brambrink, Ansgar M. (2012): Comparative effectiveness of the C-MAC video laryngoscope versus direct laryngoscopy in the setting of the predicted difficult airway. In: *Anesthesiology* 116 (3), S. 629–636.
5. Aziz, Michael; Brambrink, Ansgar (2011): The Storz C-MAC video laryngoscope: description of a new device, case report, and brief case series. In: *J Clin Anesth* 23 (2), S. 149–152.
6. Benger, Jonathan; Hopkinson, Sarah (2011): Rapid sequence induction of anaesthesia in UK emergency departments: a national census. In: *Emerg Med J* 28 (3), S. 217–220.
7. Benumof, J. L.; Cooper, S. D. (1996): Quantitative improvement in laryngoscopic view by optimal external laryngeal manipulation. In: *J Clin Anesth* 8 (2), S. 136–140.
8. Biro, P.; Seifert, B.; Pasch, T. (2005): Complaints of sore throat after tracheal intubation: a prospective evaluation. In: *Eur J Anaesthesiol* 22 (4), S. 307–311.
9. Blobner, M.; Busley, R.; Kochs, E. (2000): Ileuseinleitung mit Succinylcholin: Möglichkeiten die Nebenwirkungen zu reduzieren. In: *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 35 (2), S. 108–110.
10. Braun, Patrick; Paal, Peter (2010): Beware of etomidate and cricoid pressure during rapid sequence induction. In: *Intensive Care Med* 36 (12), S. 2160.

11. Braun, U. Goldmann K. Hempel V. & Krier C. (2004): Airway Management. Leitlinien der deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. In: *A&I* 45, S. 302–306.
12. Butchart, A. G.; Young, P. (2010): The learning curve for videolaryngoscopy. In: *Anaesthesia* 65 (11), S. 1145-6; author reply 1146-7.
13. Byhahn, C.; Iber, T.; Zacharowski, K.; Weber, C. F.; Ruessler, M.; Schalk, R.; Meininger, D. (2010): Tracheal intubation using the mobile C-MAC video laryngoscope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway. In: *Minerva Anesthesiol* 76 (8), S. 577–583.
14. Cavus, Erol (2012): Systembeschreibung des C-MAC Videolaryngoskops.
15. Cavus, Erol; Callies, Andreas; Doerges, Volker; Heller, Gilbert; Merz, Sabine; Rösch, Peter et al. (2011a): The C-MAC videolaryngoscope for prehospital emergency intubation: a prospective, multicentre, observational study. In: *Emerg Med J* 28 (8), S. 650–653.
16. Cavus, Erol; Thee, Carsten; Moeller, Thora; Kieckhaefer, Joerg; Doerges, Volker; Wagner, Klaus (2011c): A randomised, controlled crossover comparison of the C-MAC videolaryngoscope with direct laryngoscopy in 150 patients during routine induction of anaesthesia. In: *BMC Anesthesiol* 11, S. 6.
17. Cormack, R. S.; Lehane, J. (1984): Difficult tracheal intubation in obstetrics. In: *Anaesthesia* 39 (11), S. 1105–1111.
18. Ehrenfeld, Jesse M.; Cassedy, Eva A.; Forbes, Victoria E.; Mercaldo, Nathaniel D.; Sandberg, Warren S. (2012): Modified rapid sequence induction and intubation: a survey of United States current practice. In: *Anesth. Analg.* 115 (1), S. 95–101.
19. El-Orbany, M. (2007): Opioids and rapid-sequence induction. In: *Br J Anaesth* 99 (4), S. 598; author reply 598.
20. El-Orbany, Mohammad; Antapli, Mursel (2009): The optimal dose of rocuronium for rapid sequence induction. In: *Can J Anaesth* 56 (11), S. 871.
21. El-Orbany, Mohammad; Connolly, Lois A. (2010): Rapid sequence induction and intubation: current controversy. In: *Anesth. Analg.* 110 (5), S. 1318–1325.
22. El-Orbany, Mohammad; Woehlck, Harvey; Salem, M. Ramez (2011): Head and neck position for direct laryngoscopy. In: *Anesth. Analg.* 113 (1), S. 103–109.
23. Frerk, C. M. (1991): Predicting difficult intubation. In: *Anaesthesia* 46 (12), S. 1005–1008.

24. Frerk, C. M.; Till, C. B.; Bradley, A. J. (1996): Difficult intubation: thyromental distance and the atlanto-occipital gap. In: *Anaesthesia* 51 (8), S. 738–740.
25. Goldmann, K.; Kalmus, G.; Steinfeldt, T.; Friedrich, I.; Wulf, H. (2006): Videolaryngoskopie zur modifizierten "Rapid-sequence-Narkoseeinleitung". Sellick-Manöver mit und ohne videolaryngoskopische Kontrolle. In: *Anaesthesist* 55 (4), S. 407–413.
26. Healy, David W.; Picton, Paul; Morris, Michelle; Turner, Christopher (2012): Comparison of the glidescope, CMAC, storz DCI with the Macintosh laryngoscope during simulated difficult laryngoscopy: a manikin study. In: *BMC anesthesiology* 12 (1), S. 11.
27. Henderson, J. J. (2000): Questions about the macintosh laryngoscope and technique of laryngoscopy. In: *Eur J Anaesthesiol* 17 (1), S. 2–5.
28. Herbstreit, Frank; Fassbender, Philipp; Haberl, Helge; Kehren, Clemens; Peters, Jürgen (2011): Learning endotracheal intubation using a novel videolaryngoscope improves intubation skills of medical students. In: *Anesth. Analg.* 113 (3), S. 586–590.
29. Hofmockel, R.; Geldner, G.; Diefenbach, C.; Fuchs-Buder, T.; Ulm, K.; Blobner, M. (2003): Die Anwendung von Muskelrelaxanzien zur Blitzintubation in Deutschland. In: *Anaesthesist* 52 (6), S. 516–521.
30. Hofstetter, C.; Scheller, B.; Flondor, M.; Gerig, H. J.; Heidegger, T.; Brambrink, A. et al. (2006): Videolaryngoskopie versus direkte Laryngoskopie zur elektiven endotrachealen Intubation. In: *Anaesthesist* 55 (5), S. 535–540.
31. Huang, Yuan-Shiou; Hung, Nan-Kai; Lee, Meei-Shyuan; Kuo, Chang-Po; Yu, Jyh-Cherng; Huang, Go-Shine et al. (2010): The effectiveness of benzydamine hydrochloride spraying on the endotracheal tube cuff or oral mucosa for postoperative sore throat. In: *Anesth. Analg.* 111 (4), S. 887–891.
32. Hübler, M.; Koch, T. (2012): *Komplikationen in der Anästhesie*. 2. Auflage. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
33. Hung, Nan-Kai; Wu, Ching-Tang; Chan, Shun-Ming; Lu, Chueng-He; Huang, Yuan-Shiou; Yeh, Chun-Chang et al. (2010): Effect on postoperative sore throat of spraying the endotracheal tube cuff with benzydamine hydrochloride, 10% lidocaine, and 2% lidocaine. In: *Anesth. Analg.* 111 (4), S. 882–886.

34. Kaki, Abdullah M.; Almarakbi, Waleed A.; Fawzi, Hazem M.; Boker, Abdulaziz M. (2011): Use of Airtraq, C-Mac, and Glidescope laryngoscope is better than Macintosh in novice medical students' hands: A manikin study. In: *Saudi J Anaesth* 5 (4), S. 376–381.
35. Karl Storz Endoskope: C-MAC Videolaryngoskop Gebrauchsanweisung. Tuttlingen.
36. Lange, M.; Frommer, M.; Redel, A.; Trautner, H.; Hampel, J.; Kranke, P. et al. (2009): Comparison of the Glidescope and Airtraq optical laryngoscopes in patients undergoing direct microlaryngoscopy. In: *Anaesthesia* 64 (3), S. 323–328.
37. Langenstein, H.; Cunitz, G. (1996): Die schwierige Intubation beim Erwachsenen. In: *Der Anaesthetist* 45 (4), S. 372–383.
38. Levitan, Richard M.; Everett, Worth W.; Ochroch, E. Andrew (2004): Limitations of difficult airway prediction in patients intubated in the emergency department. In: *Ann Emerg Med* 44 (4), S. 307–313.
39. Maassen, R.; van Zundert, A. (2010): Comparison of the C-MAC videolaryngoscope with the Macintosh, Glidescope and Airtraq laryngoscopes in easy and difficult laryngoscopy scenarios in manikins. In: *Anaesthesia* 65 (9), S. 955; author reply 955-6.
40. Macintosh, R.R (1943): A new laryngoscope. In: *Lancet* (6233), S. 205.
41. Macintosh, R.R (1947): Technique of laryngeal anaesthesia. In: *Lancet* 2 (6463), S. 54.
42. McElwain, J.; Laffey, J. G. (2011): Comparison of the C-MAC®, Airtraq®, and Macintosh laryngoscopes in patients undergoing tracheal intubation with cervical spine immobilization. In: *Br J Anaesth* 107 (2), S. 258–264.
43. McElwain, J.; Malik, M. A.; Harte, B. H.; Flynn, N. H.; Laffey, J. G. (2010a): Determination of the optimal stylet strategy for the C-MAC videolaryngoscope. In: *Anaesthesia* 65 (4), S. 369–378.
44. McElwain, J.; Malik, M. A.; Harte, B. H.; Flynn, N. M.; Laffey, J. G. (2010b): Comparison of the C-MAC videolaryngoscope with the Macintosh, Glidescope, and Airtraq laryngoscopes in easy and difficult laryngoscopy scenarios in manikins. In: *Anaesthesia* 65 (5), S. 483–489.
45. Meininger, D.; Strouhal, U.; Weber, C. F.; Fogl, D.; Holzer, L.; Zacharowski, K.; Byhahn, C. (2010): Direkte Laryngoskopie oder C-MAC-Videolaryngoskopie? Routineintubation von Patienten in der HNO-Heilkunde. In: *Anaesthetist* 59 (9), S. 806–811.

46. Meißner, A. (2008): Änästhesie bei Patienten mit Adipositas - Besonderheiten des perioperativen Managements. In: *AINS* (4), S. 270–278.
47. Merli, G. (2010): Videolaryngoscopy: is it only a change of view? In: *Minerva Anestesiol* 76 (8), S. 569–571.
48. Nauheimer, D.; Kollath, C.; Geldner, G. (2012): Modifizierte Blitzintubation im Kreißsaal. Fallserie zum Einsatz von Rocuronium und Sugammadex. In: *Anaesthesist* 61 (8), S. 691–695.
49. Ng, I.; Hill, A. L.; Williams, D. L.; Lee, K.; Segal, R. (2012): Randomized controlled trial comparing the McGrath videolaryngoscope with the C-MAC videolaryngoscope in intubating adult patients with potential difficult airways. In: *Br J Anaesth* 109 (3), S. 439–443.
50. Nicholas, Thomas A.; Pang, Huiling; Bernhagen, Mary A.; Boedeker, Ben H. (2012b):
51. Niforopoulou, P.; Pantazopoulos, I.; Demestiha, T.; Koudouna, E.; Xanthos, T. (2010): Video-laryngoscopes in the adult airway management: a topical review of the literature. In: *Acta Anaesthesiol Scand* 54 (9), S. 1050–1061.
52. Noppens, Ruediger R.; Geimer, Stephanie; Eisel, Nicole; David, Matthias; Piepho, Tim (2012): Endotracheal intubation using the C-MAC® video laryngoscope or the Macintosh laryngoscope: A prospective, comparative study in the ICU. In: *Critical care (London, England)* 16 (3), S. R103.
53. Patil, V.; Stehling, L.; Zauder, H. (1983): *Fiberoptic endoscopy in anesthesia*. inc. Chicago, London.
54. Perry, Jeffrey J.; Lee, Jacques S.; Sillberg, Victoria A. H.; Wells, George A. (2008): Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction intubation. In: *Cochrane Database Syst Rev* (2), S. CD002788.
55. Sakles, John C.; Mosier, Jarrod; Chiu, Stephen; Cosentino, Mari; Kalin, Leah (2012): A Comparison of the C-MAC Video Laryngoscope to the Macintosh Direct Laryngoscope for Intubation in the Emergency Department. In: *Annals of emergency medicine*.
56. Savoldelli, Georges L.; Schiffer, Eduardo (2008): Videolaryngoscopy for tracheal intubation: the guide channel or steering techniques for endotracheal tube placement? In: *Can J Anaesth* 55 (1), S. 59–60.

57. Savva, D. (1994): Prediction of difficult tracheal intubation. In: *Br J Anaesth* 73 (2), S. 149–153.
58. Schalk, R.; Weber, C. F.; Byhahn, C.; Reyher, C.; Stay, D.; Zacharowski, K.; Meininger, D. (2012): Umintubation mithilfe des C-MAC-Videolaryngoskops. Durchführung bei Patienten mit schwierigem Atemweg und einliegendem Larynx-tubus. In: *Anaesthesist*.
59. Scott, Jeanette; Baker, Paul A. (2009): How did the Macintosh laryngoscope become so popular? In: *Paediatr Anaesth* 19 Suppl 1, S. 24–29.
60. Serocki, Goetz; Döriges, Volker (2012): Geschichte der Videolaryngoskopie.
61. Shiga, Toshiya; Wajima, Zen'ichiro; Inoue, Tetsuo; Sakamoto, Atsuhiko (2005): Predicting difficult intubation in apparently normal patients: a meta-analysis of bedside screening test performance. In: *Anesthesiology* 103 (2), S. 429–437.
62. Sørensen, M. K.; Bretlau, C.; Gätke, M. R.; Sørensen, A. M.; Rasmussen, L. S. (2012): Rapid sequence induction and intubation with rocuronium-sugammadex compared with succinylcholine: a randomized trial. In: *Br J Anaesth* 108 (4), S. 682–689.
63. Stout, D. M.; Bishop, M. J.; Dwersteg, J. F.; Cullen, B. F. (1987): Correlation of endotracheal tube size with sore throat and hoarseness following general anesthesia. In: *Anesthesiology* 67 (3), S. 419–421.
64. Striebel, Hans Walter (2010): Die Anästhesie. Grundlagen und Praxis. 2. Aufl. s.l.: Schattauer GmbH Verlag für Medizin und Naturwissenschaften. Online verfügbar unter http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/44580.
65. Stroumpoulis, Konstantinos; Pagoulatou, Alexandra; Violari, Magda; Ikonomou, Irini; Kalantzi, Nausika; Kastrinaki, Kalliopi et al. (2009): Videolaryngoscopy in the management of the difficult airway: a comparison with the Macintosh blade. In: *Eur J Anaesthesiol* 26 (3), S. 218–222.
66. Takahata, O.; Kubota, M.; Mamiya, K.; Akama, Y.; Nozaka, T.; Matsumoto, H.; Ogawa, H. (1997): The efficacy of the "BURP" maneuver during a difficult laryngoscopy. In: *Anesth. Analg.* 84 (2), S. 419–421.
67. Teoh, W. H. L.; Saxena, S.; Shah, M. K.; Sia, A. T. H. (2010): Comparison of three videolaryngoscopes: Pentax Airway Scope, C-MAC, Glidescope vs the Macintosh laryngoscope for tracheal intubation. In: *Anaesthesia* 65 (11), S. 1126–1132.

68. Tse, J. C.; Rimm, E. B.; Hussain, A. (1995): Predicting difficult endotracheal intubation in surgical patients scheduled for general anesthesia: a prospective blind study. In: *Anesth. Analg.* 81 (2), S. 254–258.
69. van Zundert, André; Pieters, Barbe; Hoogbergen, Maarten (2012): Videolaryngoscopy offers advantages over classic laryngoscopy in a patient with seriously limited lip opening. In: *J Anesth* 26 (3), S. 468–469.
70. Wasem, Simone; Roewer, Norbert; Lange, Markus (2009): Videolaryngoskope für die endotracheale Intubation - Neue Entwicklungen für das Management des schwierigen Atemweges. In: *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 44 (7-8), S. 502–508.
71. Wetsch, Wolfgang A.; Carlitscheck, Martin; Spelten, Oliver; Teschendorf, Peter; Hellmich, Martin; Genzwürker, Harald V.; Hinkelbein, Jochen (2011): Success rates and endotracheal tube insertion times of experienced emergency physicians using five video laryngoscopes: a randomised trial in a simulated trapped car accident victim. In: *Eur J Anaesthesiol* 28 (12), S. 849–858.
72. Wetsch, Wolfgang A.; Spelten, Oliver; Hellmich, Martin; Carlitscheck, Martin; Padosch, Stephan A.; Lier, Heiko et al. (2012): Comparison of different video laryngoscopes for emergency intubation in a standardized airway manikin with immobilized cervical spine by experienced anaesthetists. A randomized, controlled crossover trial. In: *Resuscitation* 83 (6), S. 740–745.

7 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------------|---|
| µg | Mikrogramm |
| % | Prozent |
| ® | Registered Trademark |
| ∞ | Unendlichkeit |
| ASA | American Society of Anesthesiologists |
| BMI | Body-Mass-Index |
| BURP | backward upward and rightward pressure |
| bzw. | beziehungsweise |
| cm | Zentimeter |
| CO ₂ | Kohlenstoffdioxid |
| EKG | Elektrokardiogramm |
| et al. | und andere |
| H | Histamin |
| HNO | Hals-Nasen-Ohren |
| HWS | Halswirbelsäule |
| ID | Innendurchmesser |
| IDS | Intubation Difficulty Scale |
| kg | Kilogramm |
| KG | Körpergewicht |
| m | Meter |
| m ² | Quadratmeter |
| mg | Milligramm |
| min | Minute |
| mm | Millimeter |
| mmHg | Millimeter Quecksilbersäule |
| n | Anzahl |
| NRS | Numerische Rating-Skala |
| OELM | optimal external laryngeal manipulation |
| OP | Operation |
| RR | Blutdruck nach Riva-Rocci |
| RSI | Rapid Sequence Induction |
| s | Sekunde |

7 Abkürzungsverzeichnis - Seite 52

| | |
|------------------|------------------------------|
| SD | Standardabweichung |
| SpO ₂ | Sauerstoffsättigung |
| TIVA | Total intravenöse Anästhesie |
| usw. | und so weiter |
| z.B. | zum Beispiel |

8 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

| Abbildungen: | Seite |
|---|--------------|
| Abbildung 1: _____ Das konventionelle Laryngoskop mit Macintosh-Spateln der Größe 2, 3 und 4 | 10 |
| Abbildung 2: _____ Das C-MAC-Videolaryngoskop der Firma Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland | 11 |
| Abbildung 3: _____ Ergebnisse zwischen der ersten direkten Laryngoskopie mit dem Macintosh-Laryngoskop zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe | 21 |
| Abbildung 4: _____ Ergebnisse innerhalb der Versuchsgruppe der zweiten nun indirekten Videolaryngoskopie mit dem C-MAC im Vergleich zur ersten direkten Laryngoskopie mit dem Macintosh-Laryngoskop | 22 |
| Abbildung 5: _____ Mittelwerte der Intubationsdauer im Vergleich zwischen Studien- und Kontrollgruppe | 23 |
| Abbildung 6: _____ Intubation Difficulty Scale der C-MAC- und der Macintosh-Gruppe | 25 |

| Tabellen: | Seite |
|---|--------------|
| Tabelle 1: _____ Klassifikation nach Cormack und Lehane | 3 |
| Tabelle 2: _____ Einflussfaktoren der Intubation Difficulty Scale links und deren Punktegewichtung rechts | 4 |
| Tabelle 3: _____ Detaillierte Auswertung der Intubation Difficulty Scale | 5 |
| Tabelle 4: _____ Indikationen der Rapid Sequence Induction | 5 |
| Tabelle 5: _____ Die Probandendaten sind in absoluten Zahlen oder als Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte. | 19 |
| Tabelle 6: _____ Die Narkose- und Tubusdaten sind in absoluten Zahlen oder als Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte. | 19 |
| Tabelle 7: _____ Die Daten zur Einschätzung des schwierigen Atemweges sind in absoluten Zahlen oder als Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte. | 20 |
| Tabelle 8: _____ Die Daten bezüglich der Intubation sind in absoluten Zahlen mit prozentualer Verteilung oder als Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte. | 22 |
| Tabelle 9: _____ Die Sauerstoffsättigung ist als Mittelwert mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte. | 25 |
| Tabelle 10: _____ Die mittlere Herzfrequenz pro Minute beider Gruppen zu den verschiedenen Zeitpunkten ist in absoluten Zahlen mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte. | 26 |

| | |
|--|----|
| Tabelle 11: _____ | 26 |
| Abgebildet sind die Signifikanzwerte der Ausgangsherzfrequenz beider Gruppen verglichen mit den Herzfrequenzen zu den anderen Messzeitpunkten. | |
| Tabelle 12: _____ | 27 |
| Der mittlere systolische Blutdruck in mmHg beider Gruppen zu den verschiedenen Zeitpunkten ist in absoluten Zahlen mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte. | |
| Tabelle 13: _____ | 27 |
| Der mittlere diastolische Blutdruck in mmHg beider Gruppen zu den verschiedenen Zeitpunkten ist in absoluten Zahlen mit dazugehöriger Standardabweichung dargestellt. In der rechten Spalte befinden sich die entsprechenden Signifikanzwerte. | |
| Tabelle 14: _____ | 28 |
| Signifikanzwerte des systolischen Ausgangsblutdruckes beider Gruppen verglichen mit den systolischen Blutdruckwerten zu den anderen Messzeitpunkten | |
| Tabelle 15: _____ | 28 |
| Signifikanzwerte des diastolischen Ausgangsblutdruckes beider Gruppen verglichen mit den diastolischen Blutdruckwerten zu den anderen Messzeitpunkten | |
| Tabelle 16: _____ | 28 |
| Detaillierte Einteilung der angewandten Numerischen Rating-Skala | |
| Tabelle 17: _____ | 29 |
| Dargestellt sind die Ergebnisse der beiden Gruppen bezüglich der postoperativen Nachbefragung nach Halsschmerzen. Es sind absolute Zahlen mit prozentualer Verteilung angegeben. In der rechten Spalte finden sich die Signifikanzwerte. | |
| Tabelle 18: _____ | 29 |
| Dargestellt sind die Ergebnisse der beiden Gruppen bezüglich der postoperativen Nachbefragung nach Schluckbeschwerden. Es sind absolute Zahlen mit prozentualer Verteilung angegeben. In der rechten Spalte finden sich die Signifikanzwerte. | |
| Tabelle 19: _____ | 29 |
| Dargestellt sind die Ergebnisse der beiden Gruppen bezüglich der postoperativen Nachbefragung nach Heiserkeit. Es sind absolute Zahlen mit prozentualer Verteilung angegeben. In der rechten Spalte finden sich die Signifikanzwerte. | |

9 Anlagen

Universitätsklinikum Würzburg

Klinikum der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität

Zentrum Operative Medizin

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie

Direktor: Prof. Dr. N. Roewer



Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie - Oberdürrbacher Str. 6 - 97080 Würzburg

1 / 2

Studieninformation für den Patienten

„Vergleich verschiedener Videolaryngoskope (Airtraq®, Airway Scope®, GlideScope®, McGrath®) zur Intubation bei Nicht-nüchtern Narkoseeinleitungen.“

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

für Ihre Operation ist die Durchführung einer Vollnarkose notwendig. Die Klinik für Anästhesiologie der Universität Würzburg ist für die Durchführung aller Narkosen am Klinikum zuständig. Wir sind bemüht, die Sicherheit und den Komfort der Patienten während der Operation kontinuierlich weiter zu verbessern. Wir möchten Sie daher zur Teilnahme an einer klinischen Studie einladen, durch die die Patientensicherheit während der Narkose noch weiter verbessert werden soll.

Von Ausnahmen abgesehen, wird die normale Spontanatmung des Menschen während einer Vollnarkose medikamentös unterbrochen. Stattdessen wird der Patient maschinell beatmet. Dies erlaubt dem Narkosearzt, dem Patienten Sauerstoff und Luft in der richtigen Zusammensetzung und Menge zuzuführen. Um die Beatmung sicher durchführen zu können, wird ein sogenannter Endotrachealtubus durch den Mund in die Luftröhre des Patienten eingeführt. Da Sie aufgrund bestimmter Vorbedingungen ein erhöhtes Risiko haben nach der Narkoseeinleitung Mageninhalt zu aspirieren, ist es wichtig den Endotrachealtubus möglichst rasch zu platzieren. Deshalb wird bei Ihnen eine sogenannte „Nicht-Nüchtern-Narkoseeinleitung“ durchgeführt werden. Um den Endotrachealtubus korrekt in die Luftröhre plazieren zu können, wird ein so genanntes Laryngoskop eingesetzt. Hierbei handelt es sich üblicherweise um einen gebogenen Metallspatel, der unter Vollnarkose in den Mund eingesetzt wird. Das Laryngoskop ermöglicht es dem Anästhesisten, die Stimmbänder des Patienten direkt einzusehen. Neuere, sog. Videoaryngoskope, sind zusätzlich mit einer Videoeinheit ausgestattet, die die Einsehbarkeit der Stimmbänder verbessern, und dadurch die Patientensicherheit weiter erhöhen soll. In der Studie, für die wir Sie um Ihre Mitwirkung bitten, sollen 4 verschiedene ein Videolaryngoskope (Airway Scope, Airtraq, Glidescope, McGrath) verglichen werden. Wir versprechen uns hiervon eine Antwort auf die Frage, ob alle gleich gut geeignet sind, oder ob das eine oder andere spezifische Vorteile hat. Alle verwendeten Videolaryngoskope sind in Deutschland zugelassen und werden im klinischen Routinebetrieb eingesetzt.

Klinik und Poliklinik für
Anästhesiologie
Oberdürrbacher Str. 6
97080 Würzburg

Tel.: (09 31) 2 01 – 3 00 12
Fax: (09 31) 2 01 – 3 00 19
sek.anaesth@klinik.uni-wuerzburg.de
www.anaesthesie.uni-wuerzburg.de
www.klinik.uni-wuerzburg.de

Das Zentrum Operative Medizin ist mit Straßenbahn, Linie 1 und 5 (Grombühl), Haltestelle Pestalozzistr. (Uniklinikum A) und Shuttlebus zu erreichen.

Wie wird die Studie durchgeführt?

Die Narkose wird üblicherweise durch Medikamente, die in eine Vene gespritzt werden, eingeleitet und dann durch kontinuierliche Zufuhr von Gasen aufrechterhalten. Wenn Sie tief genug schlafen, wird eine Laryngoskopie (Visualisierung des Kehlkopfes) mit einem herkömmlichen Laryngoskop durchgeführt und anschließend der Endotrachealtubus mit Hilfe des jeweiligen Videolaryngoskopes eingeführt. Die Beendigung der Narkose erfolgt noch im Operationstrakt und der Endotrachealtubus wird entfernt, bevor Sie wieder vollständig bei Bewusstsein sind. Sie werden anschließend im Aufwachraum überwacht, bis Sie auf Ihre Station zurück können. Die Durchführung Ihrer Narkose und die Überwachung Ihrer Werte, wie Blutdruck und Herzfrequenz, obliegen einem erfahrenen Arzt der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie. Während Ihres Aufenthaltes im Aufwachraum und am folgenden Tag werden Sie von einem Mitarbeiter der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie befragt werden, ob Sie Halsschmerzen oder Schluckbeschwerden haben und wie ausgeprägt diese sind.

Welche Gefahren sind mit der Untersuchung verbunden?

Die Risiken der Studie unterscheiden sich prinzipiell nicht von denen jeder anderen Vollnarkose. Zusätzliche Risiken oder Gefahren entstehen durch die Studie nicht. Über allgemeine Narkoserisiken werden Sie gesondert von einem Narkosearzt aufgeklärt.

Damit wir die Studie durchführen können, benötigen wir Ihr Einverständnis. Sie können dieses Einverständnis zu jeder Zeit ohne Angabe von Gründen widerrufen. Sie scheiden dann aus der Studie aus. Sollten Sie sich gegen die Teilnahme an der Studie entscheiden, so hat dies selbstverständlich für Sie keine Nachteile.

Die Namen, sowie sonstige personenbezogene Daten, die von Ihnen erhoben werden, unterliegen dem Datenschutz. Die bestehenden Vorschriften zum Datenschutz werden eingehalten. Die wissenschaftliche Auswertung dieser Daten erfolgt anonym.

Wir bitten Sie nun, durch Ihre Unterschrift zu bestätigen, dass Sie an der Untersuchung teilnehmen wollen. Unterzeichnen Sie in diesem Fall das beiliegende Formular, nachdem Sie sich sorgfältig alles durchgelesen und alle offenen Fragen mit dem behandelnden Arzt durchgesprochen haben.



EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG (Studie: „Vergleich verschiedener Videolaryngoskope (Aitraq®, Airway Scope®, GlideScope®, McGrath®) zur Intubation bei Nicht-nüchtern Narkoseeinleitungen“)

Patient:

Fallnummer:

Geburtsdatum:

Hiermit erkläre ich, dass ich durch den behandelnden Arzt oder einen von Ihm benannten Vertreter über Ziele, Wesen, Bedeutung und Tragweite der o.g. klinischen Studie informiert und über die Risiken aufgeklärt worden bin. Dabei hatte ich Gelegenheit, so lange Fragen zu stellen, bis ich alle Punkte verstanden hatte. Den Informationstext „Studieninformation für den Patienten“ habe ich ausserdem in schriftlicher Form erhalten. Ich hatte ausreichend Zeit, meine Entscheidung über die Teilnahme an der Studie unbeeinflusst zu treffen. Eine Rücknahme der Einwilligung hat für mich keinerlei negative Konsequenzen. Meine Patientendaten werden anonymisiert verwertet.

Ich bin mit der Teilnahme an der Studie einverstanden und weiss, dass ich diese Einwilligung jeder Zeit ohne Angabe von Gründen zurückziehen kann.

Ich bin mit der Teilnahme an der Studie nicht einverstanden.

Aufklärender Arzt:.....

Würzburg,2009

Unterschrift Patient:.....

Unterschrift aufklärender Arzt:.....

Patientenangaben:

Datenblatt Nr.: _____

Station: _____

Geb.Datum: _____

Fallnr.:

Pat. Initialen:

Geschlecht: m / w

Größe:

Gewicht:

Intubation:

ASA:

Diagnose:

Mallampati Score:

Thyreomentaler Abstand:

Intubation Difficulty Scale:

Mundöffnung aktiv:

passiv:

Klassifikation nach Cormack und Lehane:

Macintosh Laryngoskop:

optisches Laryngoskop:

Versuche:

1

2

3

(A / G)

4

Parameter:

Zeit: _____ (Versuch 2: _____) (Versuch 3: _____)

SpO₂: bei Raumluft: _____% nach Präoxyge.: _____% minimal: _____%

Vor

während

1 min.

3 min.

5 min. post Int.

HF: _____

RR: ____/____

Propofol – Dosis/ Einleitungsmedis:

Komplikationen:

Optimierungshilfen:

Laryngosk. blutig: Ja / Nein

Postop:

30 min.

24 h

Halsschmerzen: _____

Schluckbeschwerden: _____

Heiserkeit: Ja / Nein

Ja / Nein

Sonstiges:

10 Danksagung

Zuerst möchte ich mich herzlich bei meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. med. Markus Lange für die Überlassung des Promotionsthemas bedanken. Seine hilfsbereite und freundliche Art, Probleme zu besprechen und Lösungen dafür zu finden, war während der gesamten Arbeitsdauer immer ein motivierender Faktor.

Auch jedem einzelnen Studienpatienten ein herzliches Dankeschön für die Teilnahme an dieser Untersuchung. Ohne deren Bereitschaft wäre das Zustandekommen von solch klinisch geprägten Arbeiten nicht möglich.

Ein weiterer Dank geht an Frau Dr. med. Simone Wasem, die sich für die praktische Durchführung der Studie verantwortlich zeichnete.

Ich danke auch meinem Sportkameraden Dipl.-Math. Johannes Hain, der mir in seiner Funktion als Leiter der *Studentischen Statistischen Beratung* der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, jederzeit mit großem Rat und noch größerer Tat für alle statistischen Belange zur Seite stand.

Herrn Oberarzt Dr. med. Bernhard Steinhübel und dem gesamtem anästhesiologischen Team der „Kopfklinik“ der Universitätsklinik Würzburg danke ich für die praxisnahe Hilfestellung und organisatorische Unterstützung bei der Datenerhebung.

Dominik Knobloch danke ich für die Hilfe bei der Gestaltung der Arbeit, Stephanie Kämmerer für das Korrekturlesen in Bezug auf die Rechtschreibung.

Mein größter Dank geht an meine gesamte Familie, ohne die das Absolvieren des Studiums und das Erstellen dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Insbesondere Stephanie, meiner Ehefrau, danke ich für die von ihr aufgebrachte Geduld und ihre Hilfe.

11 LEBENSLAUF

Persönliche Informationen

Name: Michael Lausmann
Geburtsdatum: 19. Mai 1982
Geburtsort: Frankfurt am Main
Familienstand: verheiratet, 2 Kinder

Ausbildung und Berufserfahrung

1992-2001 Hanns-Seidel-Gymnasium Hösbach, Abitur
2001-2002 Zivildienst Klinikum Aschaffenburg
2002-2003 Ausbildung zum Rettungssanitäter
2003-2005 Angestellter im Rettungsdienst beim BRK KV Aschaffenburg
2005-2012 Studium der Humanmedizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg,
Staatsexamen
seit 07/2012 Arzt in Weiterbildung an der Klinik für Anästhesiologie und operative
Intensivmedizin, Klinikum Aschaffenburg-Alzenau

Ehrenamtliche Tätigkeiten

seit 2004: Jugendtrainer als ausgebildeter Übungsleiter in einem Sportverein
2004-2013: Mitglied des erweiterten Vorstandes eines Sportvereins mit über 1000 Mitgliedern
2005-2010: BRK KV Aschaffenburg Rettungsdienst

Bessenbach, den 10.09.2016

Michael Lausmann