

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

betreut an der

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie

Direktor: Prof. Dr. Kai Zacharowski

**Eine vergleichende prospektive Untersuchung zwischen dem Storz C-MAC® Miller 0 und
Miller 1 Videolaryngoskop und dem Glidescope Videolaryngoskop bei der Intubation
von Kindern unter 10 kg mit erwartet schwierigem Atemweg**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von

Moritz Unglaube

aus Wiesbaden

Frankfurt am Main, 2021

Dekan: Prof. Dr. Stefan Zeuzem
Referent/in: PD Dr. med. Florian J. Raimann
Korreferent/in: Prof. Dr. med. Waldemar Schreiner
Tag der mündlichen Prüfung: 21.06.2022

Für **alle** meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
1. Einleitung	9
1.1. <i>Geschichte und Grundlagen der Laryngoskopie</i>	9
1.2. <i>Anatomie des pädiatrischen Atemwegs</i>	10
1.3. <i>Der schwierige Atemweg</i>	11
1.4. <i>Vorgehen beim schwierigen Atemweg im Kindesalter:</i>	12
1.4.1 <i>Algorithmen</i>	12
1.5. <i>Die Videolaryngoskopie: Geschichte, Vorteile und Probleme</i>	17
1.5.1. <i>Geschichte der Videolaryngoskopie.....</i>	18
1.5.2. <i>Vorteile der Videolaryngoskopie</i>	19
1.5.3. <i>Schwierigkeiten bei der Verwendung der Videolaryngoskopie</i>	20
1.6. <i>Craniofaciale Dismorphien.....</i>	21
1.7. <i>Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und der schwierige Atemweg.....</i>	21
2. Material und Methoden.....	23
2.1. <i>Studiendesign.....</i>	23
2.2. <i>Einschlusskriterien</i>	23
2.3. <i>Ausschlusskriterien</i>	24
2.4. <i>Zielkriterien</i>	24
2.5 <i>Verwendete Videolaryngoskope</i>	25
2.5.1. <i>C-MAC® Videolaryngoskop</i>	25
2.5.2. <i>Das GlideScope® Videolaryngoskop</i>	26
2.6. <i>Durchführung der Studie.....</i>	28
2.7 <i>Statistik</i>	32
3. Ergebnisse.....	33
3.1. <i>Epidemiologie</i>	33
3.2. <i>Unterschiede und Veränderungen der Sichtverhältnisse auf die Stimmbandebene unter Verwendung des C-MAC® Miller- Spatel Größe 1, sowie des Glidescope® GVL Größe 2</i>	33
3.3. <i>Sekundäre Zielparameter: TTbV, TTI, Sauerstoffsättigung und Anzahl der Versuche und subjektive Zufriedenheit.....</i>	35
4. Diskussion	37
5. Zusammenfassung/Summary.....	44
5.2. <i>Summary.....</i>	45

6. Literaturverzeichnis	46
7. Anhang	53
7.2. <i>Schriftliche Erklärung</i>	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Algorithmus schwierigen Beatmung/Oxygenierung ²²	14
Abbildung 2: Algorithmus „Schwierige Intubation“ ²²	16
Abbildung 4: Das C-MAC® Videolaryngoskop (Karl Storz, Tuttlingen, Germany.)	26
Abbildung 5: Schematische Darstellung des im Rachenraums befindlichen GVL60.....	27
Abbildung 6: Das GlideScope® Videolaryngoskop (Verathon medical, Bothell, USA)	28
Abbildung 7: Protokoll zur Erfassung aller studienrelevanter Daten.....	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung nach Cormack&Lehane	10
Tabelle 2: Technische Daten des GVL in verschiedenen Größen	27
Tabelle 3: Erfasste Daten beider Gruppen:	30
Tabelle 4: Deskriptive Beschreibung der eingeschlossenen Patienten.....	33
Tabelle 5: Vergleich der Visualisierung	34
Tabelle 6: Veränderungen in der modifizierten C/L-Klassifikation bei Verwendung des C-MAC® Miller-Spatels Gr. 1	34
Tabelle 7: Vergleich der Intubationsbedingungen	35
Tabelle 8: Vergleich der Intubationsbedingungen	36

Abkürzungsverzeichnis

DL	Direkte Laryngoskopie
C&L	Cormack & Lehane
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin
VL	Videolaryngoskopie
GVL	Glidescope® Videolaryngoskop
FOI	Fiberoptische Intubation
LKG	Lippen-Kiefer-Gaumen
ASA	American Society of Anaesthesiologists
TTBV	Time to best view (= Zeit bis zur besten Sicht)
TTI	Time to intubation (= Zeit bis zur Intubation)
LPO ₂	Niedrigste gemessene Sauerstoffsättigung (pulsoxymetrisch)
VAS	Visuelle Analogskala
BURP	Backward, upward, rightward, pressure
BpO ₂	Gemessene Sauerstoffsättigung zu Beginn (pulsoxymetrisch)

1. Einleitung

1.1. Geschichte und Grundlagen der Laryngoskopie

Die orotracheale Intubation ist die am häufigsten verwendete Technik zur definitiven Sicherung des Atemwegs.¹

Die Geschichte der Laryngoskopie begann 1854, als ein spanischer Stimmtrainer mit Hilfe eines Zahnarztspiegels und eines weiteren kleinen Handspiegels das erste Mal seinen eigenen Kehlkopf betrachtete, indem er das Sonnenlicht in seinen Rachen leitete.² Das alles bestimmende Problem der ersten Laryngoskopiebemühungen war das Fehlen von Licht. Czermak gilt heute als Erfinder der medizinischen Laryngoskopie. Ihm gelang es 1885 erstmalig, lebende Patienten in der Klinik mit der Hilfe von gespiegeltem Kerzenlicht zu laryngoskopieren.² In den Jahren 1865 bis 1868 entwickelte Voltolini die direkte Laryngoskopie (DL). Er verwendete erstmalig einen Spatel, um die Zunge der Patienten nach unten zu drücken. Ein direkter Blick auf den Larynx war allerdings nur bei idealer Anatomie und maximaler Kooperation des wachen Patienten bei vollständiger Reklination des Kopfes möglich. Zur damaligen Zeit wurde die Laryngoskopie in erster Linie zur optischen Untersuchung des Kehlkopfes verwandt. So beschreibt Tobold die Untersuchung einer Sängerin mit Stimmlippenpapillomen.²

Durch die Erfindung des elektrischen Lichts wurde die Grundlage für neue laryngeale Visualisierungstechniken geschaffen. Der Larynx wurde entweder unter der Verwendung von Spiegeln oder mit Hilfe kleiner Lämpchen an der Spitze der Spatel beleuchtet. Damit hielt die Laryngoskopie Einzug in die klinische Praxis, welche zur damaligen Zeit dem während der Untersuchung wachen Patienten ein hohes Maß an Kooperation abverlangte.² Macintosh und Miller stellten in den vierziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts ihre direkten Laryngoskope mit unterschiedlich geformten Spateln vor, die weitgehend unverändert noch heute für die Atemwegssicherung verwendet werden.

Die DL beruht auf dem Erzeugen einer Sichtlinie zwischen dem laryngoskopierenden Arzt und der Stimmbandebene des Patienten. Ob das Einstellen dieser Linie möglich ist, hängt von zahlreichen Faktoren, beispielhaft seien hier die Reklination des Kopfes, und die Größe der Mundöffnung genannt, ab. Je mehr dieser Faktoren von der anatomischen Norm

abweichen, desto eher kommt es zu Schwierigkeiten bei der Darstellung der Stimmbandebene. Je schlechter die Visualisierung der Glottisebene, desto schwieriger gestaltet sich die Intubation.³

Der Blick auf die Glottis während der Intubation wird in der klinischen Praxis nach der modifizierten Cormack&Lehane (C&L) Klassifikation nach Yentis eingeteilt.⁴

Tabelle 1: Einteilung nach Cormack&Lehane

Grad		Sichtbarkeit
Grad	1	Sichtbarkeit der kompletten Glottis
Grad	2a	Nur ein Teil der Stimmlippen ist sichtbar
Grad	2b	Die Stimmlippen nicht sichtbar, nur die Aryknorpel können dargestellt werden
Grad	3	Die Glottis selbst ist nicht sichtbar. Nur die Epiglottis ist darstellbar.
Grad	4	Weder Epiglottis, noch Glottis sind sichtbar

Einteilung der Sichtbarkeit der Glottis nach der modifizierten Einteilung von Cormack&Lehane. Es werden insgesamt 4 Grade unterschieden.

1.2. Anatomie des pädiatrischen Atemwegs

Der kindliche Atemweg unterscheidet sich erheblich vom adulten Atemweg und stellt für den klinisch tätigen Anästhesisten, insbesondere beim Auftreten von unerwarteten Schwierigkeiten, eine besondere Herausforderung dar.

Der für die endotracheale Intubation wichtige Teil des Atemwegs umfasst Nase, Mund sowie Naso- und Oropharynx. Der Oropharynx reicht vom weichen Gaumen bis zur Spitze der Epiglottis. Hieran schließt der Laryngopharynx an, der mit dem Krikoidknorpel endet.⁵ Der Larynx bildet die Schnittstelle zwischen Laryngopharynx und Trachea. Der Larynx liegt bei der Geburt etwa auf Höhe der Unterkante des vierten Halswirbels und damit cranialer als bei älteren Kindern. Nach Abschluss des zweiten Lebensjahres bleibt die Position des Kehlkopfes in Projektion auf die Halswirbelsäule weitgehend stabil und befindet sich etwa in Höhe des fünften Halswirbels.^{5,6} Die Epiglottis weist im Gegensatz zum Erwachsenen eine

U-Form auf und richtet sich erst im Laufe der Zeit aus ihrer horizontalen Lage in ihre endgültige Position auf. Aufgrund dessen ist der Einsatz eines geraden Spatels bei Säuglingen und Kleinkindern vorteilhaft, da so der Eingang in den Larynx besser visualisiert werden kann.⁷ Die in Bezug auf die Gesamtkörpergröße sehr große Zunge nimmt in der relativ kleinen kindlichen Mundhöhle sehr viel Raum ein und verlegt sehr leicht den oberen Atemweg.

Im Gegensatz zum adulten Atemweg befindet sich die engste Stelle subglottisch. Dadurch kann es auch nach Passage der Stimmbänder noch zu Intubationsschwierigkeiten kommen.⁸

1.3. Der schwierige Atemweg

Die Deutsche Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin (DGAI) beschreibt in ihrer S1 Leitlinie den „schwierigen Atemweg“ als Zusammenfassung von Problemen, die während der Sicherung des Atemwegs auftreten können. Der Facharztstandard wird dabei jeweils vorausgesetzt.

Hier wird im Detail zwischen der schwierigen Maskenbeatmung, der schwierigen Laryngoskopie und der schwierigen Intubation unterschieden.

Die Beatmung mittels Gesichtsmaske ist als schwierig definiert, wenn aufgrund von Undichtigkeiten, erhöhtem Atemwegswiderstand oder massiver Leckage keine suffiziente Beatmung möglich ist.

Eine erschwerte Laryngoskopie liegt vor, wenn die Strukturen der Glottis nicht oder nur teilweise visualisierbar sind. Dies ist ab Grad III der Einteilung nach C&L der Fall.

Eine schwierige Intubation liegt vor, wenn zum Platzieren des Endotrachealtubus mehrere Versuche benötigt werden.⁹

Anhand der Definitionen wird ersichtlich, dass eine schwierige Intubation nicht zwangsläufig eine schwierige Laryngoskopie voraussetzt. So kann es vorkommen, dass trotz einfacher Laryngoskopie das Platzieren des Tubus weiterhin kompliziert ist.

Insbesondere durch den Einsatz neu entwickelter, stärker angulierter Spatel und indirekten Visualisierungstechniken tritt die Kombination einfache Laryngoskopie aber schwierige Intubation in zunehmenden Maßen auf. Die, durch die indirekte Laryngoskopie

ermöglichten, guten Sichtbedingungen garantieren keinen Intubationserfolg.¹⁰⁻¹⁴

1.4. Vorgehen beim schwierigen Atemweg im Kindesalter:

Der schwierige Atemweg im Kindesalter ist eine Seltenheit und stellt bei Auftreten für das gesamte behandelnde anästhesiologische Team eine große Herausforderung dar. Die Inzidenz für eine schwierige Intubation beträgt in einem gemischten pädiatrischen Patientenkollektiv ca. 0,12% - 0,17%.^{15,16} Probleme während der Maskenbeatmung treten in bis zu 2,8% der Fälle auf.¹⁷

Die oftmals gefürchtete „cannot ventilate, cannot intubate“ Situation kommt im Kindesalter, bei erfahrenen Anästhesisten, nur äußerst selten vor. In dieser Situation ist die oberste Prämisse die zügige Wiederherstellung der Ventilation und Oxygenierung und nicht die endotracheale Intubation. Kinder kommen zu Schaden, weil man nicht aufhört, sie zu intubieren, nicht weil sie nicht intubiert sind.^{18,19}

1.4.1 Algorithmen

Die Notwendigkeit eines gesonderten Algorithmus für den schwierigen Atemweg bei Kindern wird auf dem Boden der zuvor beschriebenen Besonderheiten des kindlichen Atemweges ersichtlich. Zu Beginn 2021 wurde hierzu die erste deutsche Leitlinie veröffentlicht. Diese befindet sich allerdings erst im S1-Status. Weitere internationale Leitlinien sind bereits erschienen, oder befinden sich ebenfalls in der Entwicklung.^{20,21} Im Folgenden soll hier auf die Handlungsempfehlungen des wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie der DGAI, sowie der S1-Leitlinie „Management des erwarteten schwierigen Atemweges beim Kind“ eingegangen werden.^{22,23}

Wie auch beim Erwachsenen, erfolgt prinzipiell eine Unterteilung in den erwarteten und unerwarteten schwierigen Atemweg. In einem weiteren Schritt werden Beatmungsprobleme und Intubationsprobleme auf der Basis verschiedener Ursachen beschrieben. Beispielhaft seien hier anatomische Obstruktionen durch falsche Lagerung oder auch Tonsillenhyperplasien genannt. Aber auch Broncho- sowie Laryngospastiken stellen klassische Auslöser von Ventilationsproblemen dar. Beide Zustände (Intubations-

bzw. Ventilationskomplifikationen) können gemeinsam, aber auch jeweils für sich auftreten und erfordern ein striktes, an Algorithmen orientiertes Vorgehen.

Ist es im Rahmen der Beatmung über eine Gesichtsmaske nicht möglich, das Kind ausreichend zu oxygenieren, so sollten eine Reihe von Basismaßnahmen ergriffen werden um das Problem strukturiert zu beheben.

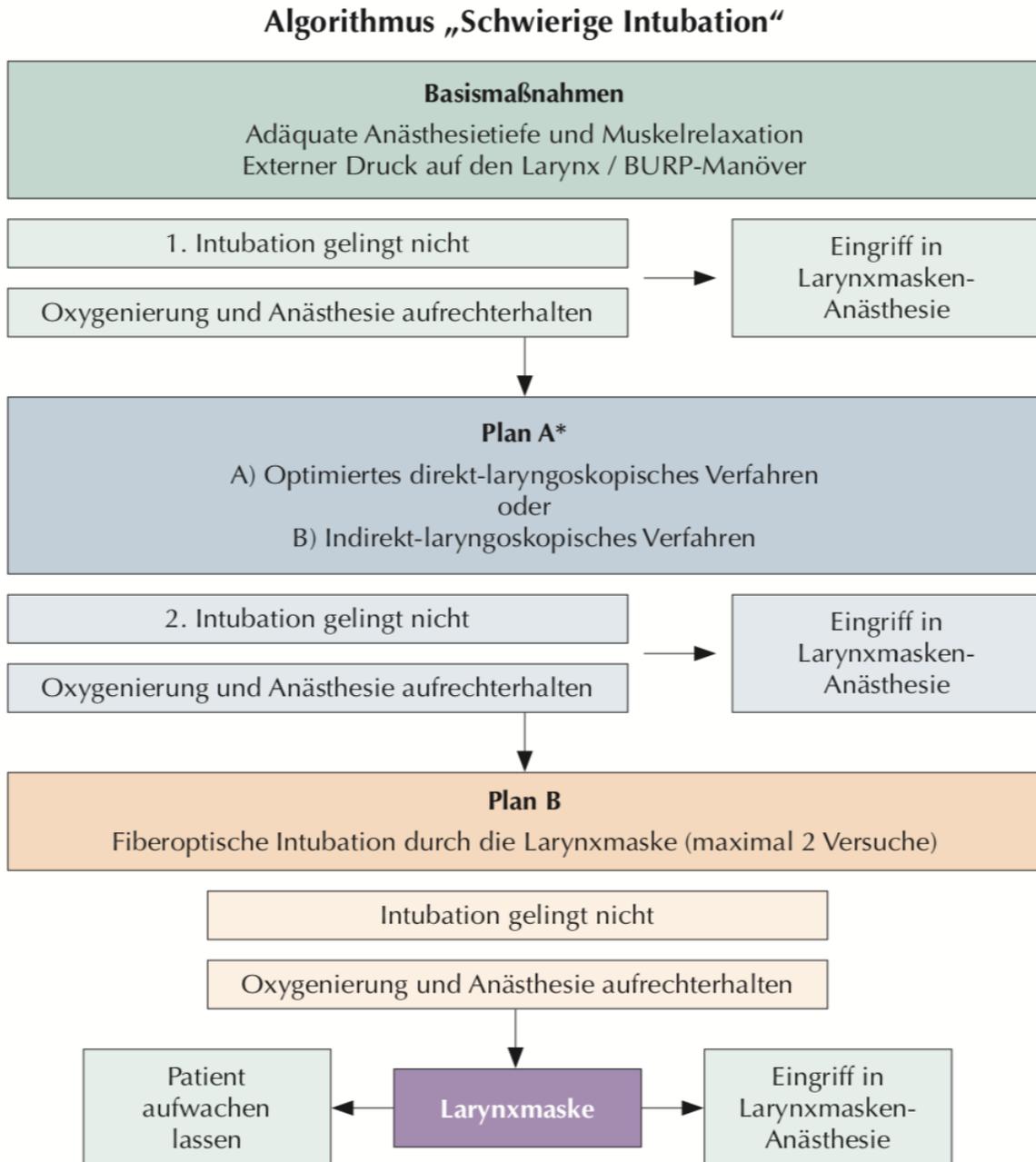
Die Verbesserung der Lagerung durch eine Schulterrolle, das Verwenden von beiden Händen für die Maskenbeatmung, sowie der Handgriff nach Eschmarch dienen dem Zweck der Beseitigung struktureller Atemwegsverlegungen. Zu den erweiterten Maßnahmen bei Ventilationsschwierigkeiten gehören das Vertiefen der Narkose, die neuromuskuläre Relaxation und das Entlasten des Magens um funktionelle Atemwegsblockaden zu beheben.²²

Alternative zur direkten, optimierten Laryngoskopie aufgeführt. Ihr Einsatz wird jedoch nicht als zwingend erachtet. Die S1- Leitlinie stellt die VL mit stark anguliertem Spatel als primär sinnvolle Alternative, insbesondere bei unerwarteten Komplikationen sowie Notfällen heraus.²³

Zur Vermeidung von Schwellungen der empfindlichen Schleimhaut im Bereich der Atemwege soll die Anzahl der Laryngoskopien, unabhängig vom Verfahren, auf zwei Versuche begrenzt werden. Bei unmöglicher Intubation wird die Verwendung einer Larynxmaske empfohlen. Im Falle einer problemlosen Maskenbeatmung stellt die Rückkehr zur Spontanatmung an der Maske eine weitere Alternative dar.²²

Im Rahmen einer Notfalloperation kann der Eingriff entweder unter Beatmung über die Larynxmaske erfolgen. Alternativ kann unter Einsatz der Fiberoptik durch die liegende Larynxmaske ein Endotrachealtubus platziert werden.²⁴

Abbildung 2: Algorithmus „Schwierige Intubation“²²



Es ist klar zu erkennen, dass eine sichergestellte Oxygenierung den Vorrang vor der endotrachealen Intubation genießt. Sollten die Sichtbedingungen trotz angewandter Basismaßnahmen nicht verbessert werden können, so soll ein optimiertes direktes Laryngoskopieverfahren oder die Videolaryngoskopie zum Einsatz kommen. In der vorliegenden Empfehlung hat beides den gleichen Stellenwert

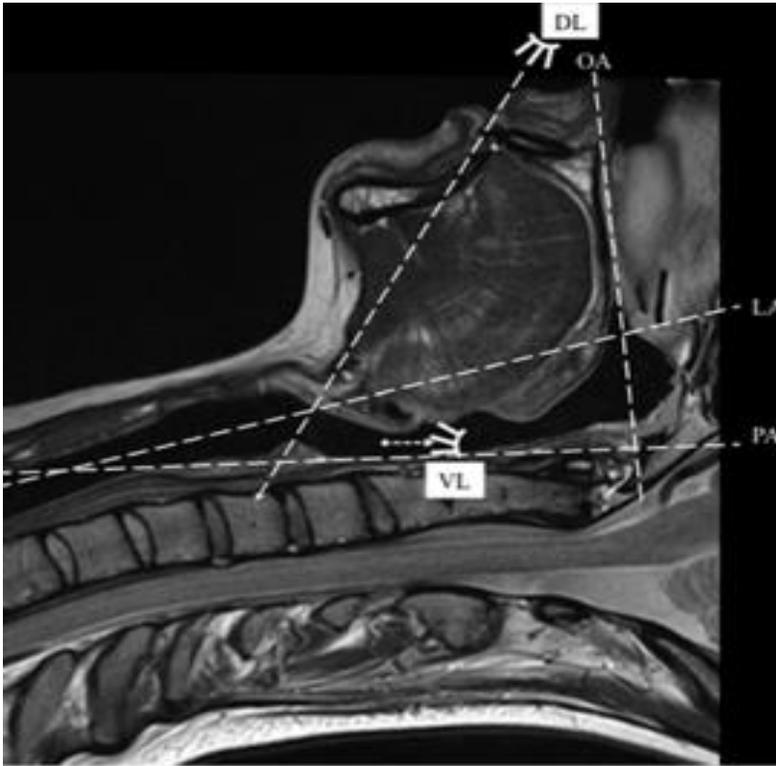
Die im Erwachsenenalter als ultimo-ratio vorgesehene Koniotomie hat bei Kindern unterhalb des Grundschulalters aufgrund der Struktur der Atemwege, des noch weichen Gewebes und den schwer zu identifizierbaren anatomischen Leitstrukturen inakzeptabel hohe Komplikationsraten.^{19,25} Selbst bei chirurgischer, offener Koniotomie ist die Platzierung eines ID 2.0 mm Tubus aufgrund der eingeschränkten Platzverhältnisse fraglich. Die Länge der membrana crico-thyreoidea liegt bei etwa 2,6mm und die Höhe beträgt im Mittel etwa 3 mm.^{25,26}

1.5. Die Videolaryngoskopie: Geschichte, Vorteile und Probleme

Um eine optimale Sicht auf die Glottisstrukturen zu erhalten, muss eine möglichst gerade Sichtachse zwischen den laryngealen/pharyngealen Strukturen und dem Betrachter hergestellt werden. Diese ist oft nur durch erweiterte Lagerungsmaßnahmen, wie die optimierte Jackson-Position und eine Reklination des Kopfes möglich.²⁷

Das Konzept der Videolaryngoskopie (VL) beruht auf der indirekten Darstellung der Glottis. Eine gerade Sichtachse zwischen dem Auge des Untersuchers und dem Kehlkopf des Patienten muss hier nicht hergestellt werden und kann beim schwierigen Atemweg die Sichtverhältnisse deutlich verbessern. Das Bild der laryngealen Strukturen wird durch eine an der Spitze des Spatels befindliche Kamera übertragen.²⁷

Abbildung 3: Blickachsen der direkten und indirekten Laryngoskopie²⁷



Darstellung der Sichtachsen während direkter Laryngoskopie (DL), der indirekten Laryngoskopie mittel Videolaryngoskop (VL). Es müssen drei Achsen, die orale Achse (OA), die laryngeale Achse (LA) und die pharyngeale Achse (PA) zur Deckung gebracht werden, um die Sicht auf die Glottis zu ermöglichen.

1.5.1. Geschichte der Videolaryngoskopie

Der Schweizer Anästhesist Bonfils war einer der Pioniere auf dem Gebiet der Videolaryngoskopie. Er entwickelte 1983 ein starres Endoskop mit einer an der Spitze befindlichen Kamera mit 110° Winkeloptik zur indirekten Laryngoskopie.²⁸ Der Hersteller empfiehlt hierbei ein retromolares Vorgehen, aber auch ein zentrales Einführen ist möglich.²⁹ Im Jahr 1989 wurde die videolaryngoskopische Technik nach Bullard beschrieben und wissenschaftlich untersucht.²⁷ Hierbei handelt es sich um ein starres, stark gewinkeltes Laryngoskop mit einem zusätzlichen Arbeitskanal. In den Spatel integriert befindet sich eine starre Fiberoptik zur Bildübertragung. Zu Intubation muss der Tubus auf einen speziellen Führungsstab aufgesetzt werden. Hier wird ein zentrales Einführen entlang des Zungengrundes empfohlen. Die zuvor genannten Verfahren ermöglichten zwar eine indirekte Sicht auf die Glottis, konnten sich aber in der klinischen Routine nicht durchsetzen.

Der Einsatz beschränkte sich auf wenige Spezialisten.³⁰ Im Zuge der Miniaturisierung von Videoeinheiten und Displays, sowie der zunehmenden Verfügbarkeit leistungsfähiger, tragbarer Stromquellen und einer verbesserten Kameratechnik, erhielt die Videolaryngoskopie eine zunehmende Akzeptanz in der klinischen Routine. In einer nationalen Umfrage aus dem Jahr 2010 war in 4-7% der Kliniken ein Videolaryngoskopiesystem Bestandteil des Geräteparks. In Kliniken mit >15.000 Narkosen pro Jahr lag die Verfügbarkeit bereits bei > 20%.³¹

Mittlerweile existieren eine Vielzahl verschiedener Videolaryngoskopiesysteme. Man unterscheidet Systeme mit Visualisierung auf einem externen Monitor, sowie Systeme mit integriertem Monitor am Laryngoskopgriff. Daneben gab es Weiterentwicklung im Bereich der Spatelformen. Neben der Entwicklung von Spateln für den Einsatz in der Kinderanästhesie wurden auch zunehmend stärker angulierte Spatel für den Einsatz im Rahmen der schwierigen Laryngoskopie/schwierigem Atemweg konzipiert. Hierbei kommt es zu einer Divergenz der Blickachse mit der laryngealen Achse. Auf der einen Seite wird eine optimierte Visualisierung erzielt, auf der anderen Seite kann die Passage des Endotrachealtubus in die Trachea, durch die Winkelung erschwert werden. Zunehmend werden von den Herstellern entsprechende Mandrins als Führung angeboten.²⁷

1.5.2. Vorteile der Videolaryngoskopie

In einer Reihe von Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Visualisierung nach der modifizierten C&L Klassifikation durch den Einsatz der VL gegenüber der DL signifikant verbessert wird.³²⁻³⁴ Beispielhaft konnte die Überlegenheit für das Glidescope® Videolaryngoskop (GVL) als auch für das C-MAC® Videolaryngoskop beim simulierten schwierigen Atemweg am Modell gezeigt werden.¹² In einem reinen HNO-Patientengut konnte ebenfalls eine signifikante Verbesserung der Sicht unter Verwendung des C-MAC® Videolaryngoskop festgestellt werden.³³ Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2017 untersuchte 9 Studien hinsichtlich der Unterschiede beider Techniken bei Patienten mit bekanntem schwierigem Atemweg. Auch hier bestätigte sich die bessere Visualisierung unter

Verwendung der VL, sowie eine höhere Erfolgsrate beim ersten Versuch hinsichtlich der Intubation.³⁵ Dieses Ergebnis deckt sich mit einer weiteren Metaanalyse aus 2017 von insgesamt 64 Studien.¹⁰

Im Bereich der Kinderanästhesie liegen zum Einsatz der Videolaryngoskopie und erwarteten schwierigen Atemweg bislang nur unzureichende Daten vor. Weiss et al. vermuteten schon frühzeitig einen Visualisierungsvorteil für die VL auch beim schwierigen Atemweg im Kindesalter. In den von ihnen publizierten Ergebnissen wurden jedoch überwiegend Kinder mit normalem Atemweg eingeschlossen. Auch hier konnte mit Hilfe der VL eine signifikant verbesserte Visualisierung erzielt werden.^{36,37} Park et. al zeigten in einer aktuellen Studie, dass mit Hilfe der VL deutlich höhere Erfolgsraten und überlegene Sichtverhältnisse bei Kindern mit schwierigem oder erwartet schwierigem Atemweg erreicht werden.³⁸ Weitere Vorteile der VL sind die höhere Erfolgsrate der Intubation auch beim ungeübten Anwender sowie eine steilere Lernkurve.²⁸

1.5.3. Schwierigkeiten bei der Verwendung der Videolaryngoskopie

Bei der Verwendung der VL werden vermehrt Weichteilverletzungen erwähnt. Als ursächlich dafür wird eine Fokussierung auf den Monitor im Rahmen des gesamten Intubationsvorganges (Einführung des Tubus und Passage durch die Glottis) angesehen. Insbesondere bei der Verwendung angulierter Spatel und Führungshilfen sind vermehrt Weichteilverletzungen des weichen Gaumens beschrieben worden.^{39,40} Bei Verwendung der klassischen Spateltypen bzw. Geometrie treten signifikant weniger Verletzungen auf. Hier werden seltener Einführhilfen benötigt.^{11,28}

Einen weiteren Aspekt stellt die, trotz optimierter Visualisierung, schwierige Passage des Tubus durch die Glottisebene dar. Als Ursache werden veränderte optische Größenverhältnisse, sowie die fehlende Übereinstimmung der visuellen Achse mit der laryngealen und pharyngealen Achse angesehen. Eine bessere Sicht auf die Zielstruktur ist somit nicht gleichbedeutend mit einer vereinfachten oder problemlosen Intubation.^{35,41,42}

In einer neueren Cochrane Analyse konnte anhand von 7044 eingeschlossenen Patienten, an denen die DL mit der VL verglichen wurde, nachgewiesen werden, dass trotz signifikant

verbesserter Visualisierung keine signifikante Reduktion der Intubationsversuche erzielt werden konnte. Lediglich bei Patienten mit Hinweisen auf einen bestehenden oder sicher bestehenden schwierigen Atemweg konnte durch den Einsatz der VL die Anzahl der Fehlintubationen reduziert werden. Auch in Bezug auf die Dauer konnte hier kein positiver Effekt festgestellt werden.¹⁰ Dies deckt sich mit den meisten Ergebnissen vergleichbarer Studien.^{12,35,43}

Goldstandard für das Management des schwierigen Atemwegs, besonders bei vorbeschriebenen Intubationsproblemen, stellt nach wie vor die fiberoptische (Wach-) Intubation (FOI) dar.⁴⁴ Im klinischen Alltag scheint der Stellenwert der FOI zu schwinden. Dies wird durch zahlreiche positive Berichte über die Verwendung eines videogestützten Systems im Rahmen einer erwarteten schwierigen Intubation forciert.^{27,44,45}

1.6. Craniofaciale Dismorphien

Die Kraniosynostosen bilden den Hauptteil der craniofacialen Dismorphien. Auch Fehlbildungen von Ohrmuscheln, Orbitaregion, Nase und Mund sowie Spaltenbildung im Bereich des Gesichts und Entwicklungsstörungen der Kieferknochen fallen in die heterogene Gruppe der craniofacialen Fehlbildungen. Sekundäre Synostosen bezeichnen vorzeitige Verknöcherungen aufgrund von Vorerkrankungen, Stoffwechselstörungen, Operationen oder Traumata.

Eine erste Einteilung von abweichenden Schädelformen erfolgte bereits 400 v. Chr. durch Hippokrates und wurde im Laufe der Jahrhunderte weiterentwickelt.^{46,47} Die aktuelle Klassifikation der Schädelform erfolgt, aufbauend auf der Klassifikation von Virchow, nach Marchac und Renier.⁴⁸

Die Inzidenz der Kraniosynostosen ohne syndromale Verknüpfung beträgt 1 : 1.000 - 1:3000.⁴⁹

1.7. Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und der schwierige Atemweg

Lippen- und/oder Kieferspalten repräsentieren die häufigsten angeborenen craniofacialen Dismorphien bei Kindern. Die Inzidenz beträgt ca. 1:800.⁵⁰ Sowohl Kieferspalten als auch

Gaumenspalten können unilateral oder bilateral auftreten, wobei ein linksseitiges Auftreten gehäuft beobachtet wird. Dem Auftreten von Spaltendeformitäten liegt eine Störung der Verschmelzung des linken und des rechten Oberkieferwulstes in der fünften bis zwölften Woche der Embryogenese mit den bereits verschmolzenen Nasenwülsten zugrunde. Für das Auftreten werden sowohl exogene als auch endogene Faktoren verantwortlich gemacht. Zu den endogenen Faktoren zählt in erster Linie die Vererbung. In etwa 15% der Fälle kann eine Vererbung als Ursache nachgewiesen werden. Bei den exogenen Faktoren werden Alkohol und Nikotin, sowie Stress diskutiert. Eine eindeutige Noxe als Auslöser konnte aber nicht nachgewiesen werden.⁵¹

Ein Zusammenhang zwischen syndromalen Erkrankungen und Fehlbildungen von Lippen und Gaumen ist bekannt. Die prominentesten Vertreter stellen das Goldenhaar-Syndrom sowie das Collins-Syndrom und die Pierre-Robin-Sequenz dar.

Bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumen (LKG) Spalten ist eine erhöhte Rate an respiratorischen Komplikationen beschrieben. Die Laryngoskopie ist durch die anatomischen Verhältnisse überproportional häufig erschwert. Auf dem Boden rezidivierender Infekte mit kontinuierlicher Reizung der Schleimhaut kommt es zu einer erhöhten Schleimhautreagibilität im Bereich der Atemwege. Hierdurch steigt die Wahrscheinlichkeit für Obstruktionen oder gar Broncho- oder Laryngospasmen.^{50,52,53} Die Inzidenz eines schwierigen Atemweges wird in dieser Population zwischen 4,7-8,4% angegeben. Besonders jüngere Patienten weisen eine erhöhte Inzidenz auf.^{54,55} Hervorzuheben ist, dass durch die anatomischen Anomalien die Laryngoskopie erschwert sein kann. In verschiedenen Arbeiten konnte in 5-11% der Fälle eine schwierige Laryngoskopie und bei weniger als 1% eine schwierige Intubation bei Kindern mit LKG Spalte nachgewiesen werden.^{55,56}

Am häufigsten werden hier eine Retrognathie, Mikrognathie und Glossoptosis aufgeführt.⁵⁵ In einer Untersuchung von Kulkarni et al. war in 1,6% der Kinder mit LKG-Spalte mehr als ein Intubationsversuch nötig. Bei 0,3% war auch nach drei Versuchen keine endotracheale Intubation möglich.⁵⁰ In mehreren Studien konnte übereinstimmend gezeigt werden, dass

bei Patienten zur operativen Versorgung einer Gaumen-Spalte bzw. einer kombinierten Läsion mit Gaumen-Spalte öfter Atemwegskomplikationen auftreten als bei isolierten Lippen-Spalten.^{50,53,55}

Das Vorliegen einer LKG-Spalte macht eine sorgfältige Narkoseplanung und insbesondere ein strukturiertes Vorgehen im Bereich des Atemwegsmanagements notwendig.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung der Hypothese, dass durch den Einsatz der VL in einem Patientenkollektiv mit LKG Spalte eine Reduktion von schwierigen Laryngoskopien und einer verbesserten Visualisierung der Glottisebene durch den Einsatz der VL erzielt werden kann.

2. Material und Methoden

2.1. Studiendesign

Nach Zustimmung der lokalen Ethikkommission (Geschäftsnummer 31/14) und nach schriftlicher Einwilligung der Eltern oder eines gesetzlichen Vertreters wurden Kinder zur geplanten, elektiven Versorgung einer Lippen-Kiefer-Gaumenspalte in die prospektiv angelegte Untersuchung eingeschlossen. Sowohl das C-MAC[®] Videolaryngoskop mit Spatel der Größe 1 als auch das Glidescope mit dem Spatel der Größe 2 wurden jeweils für den Zeitraum von vier Monaten zur Intubation im Rahmen der elektiven Narkose bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte verwendet. Insgesamt wurden 36 Kinder (n=36) in die Studie eingeschlossen.

2.2. Einschlusskriterien

Die folgenden Einschlusskriterien mussten erfüllt sein:

- Kinder mit einem Körpergewicht ≤ 10 kgKG
- Lippen-Kiefer-Gaumenspalte
- elektiver operativer Eingriff
- Einwilligung der Eltern

2.3. Ausschlusskriterien

Die folgenden Ausschlusskriterien lagen vor:

- Ablehnung durch die Eltern oder des gesetzlichen Vertreters
- Erhöhtes Aspirationsrisiko
- ASA \geq 3
- Notfalleingriff
- Körpergewicht >10 kgKG

2.4. Zielkriterien

Hauptzielkriterium in der vorliegenden Untersuchung waren die direkten und indirekten Sichtverhältnisse auf die Glottisebene graduiert nach der modifizierten CL Klassifikation nach Yentis und Lee. Konstruktionsbedingt konnte die DL nur bei Verwendung des C-MAC® System beurteilt und erfasst werden.

Als sekundäre Parameter wurden die Zeit bis zur besten Sicht (TTBV), definiert als die Zeit von Ende der Maskenbeatmung bis zur optimalen Einstellung der Glottisebene, sowie die Zeit bis zur Intubation (TTI), definiert als die Zeit vom Ende der Maskenbeatmung bis zur ersten Detektion eines endexpiratorischen CO₂ in der Kapnographie erfasst. Weiterhin wurde die Anzahl der benötigten Laryngoskopien, die pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung am Beginn und Ende der Maskenbeatmung, die niedrigste gemessene pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung (LPO₂) erfasst.

Die subjektiven Intubationsbedingungen bei der Verwendung der verschiedenen Videolaryngoskopiesysteme konnte der jeweilige Untersucher anhand einer visuellen Analogskala (VAS) von 0-10 bewerten. Ein Wert von 0 war gleichbedeutend mit einer sehr schwierigen Handhabung und ein Wert von 10 mit einer sehr einfachen Handhabung.

2.5 Verwendete Videolaryngoskope

2.5.1. C-MAC® Videolaryngoskop

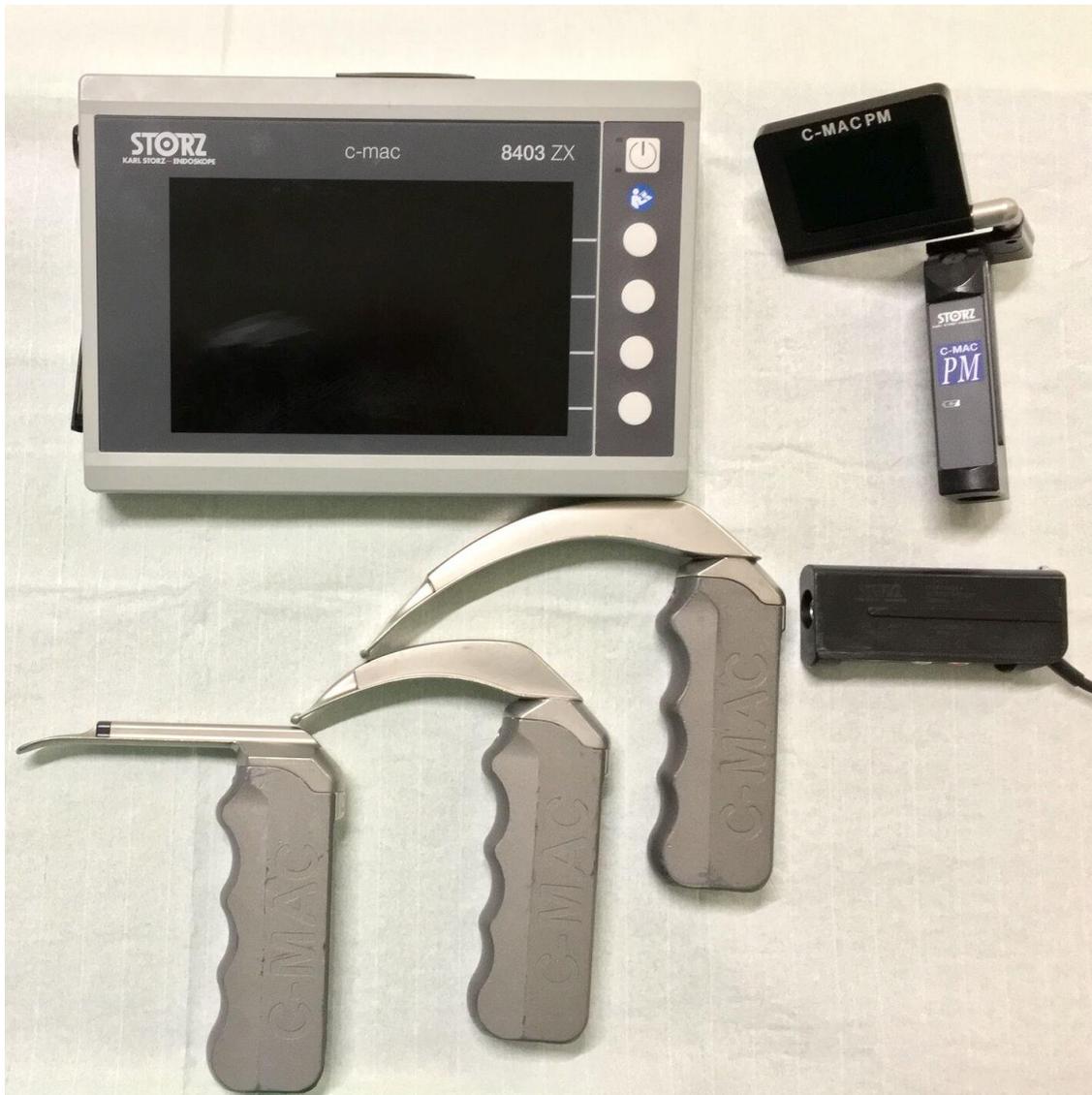
Das C-MAC® ist ein portables Videolaryngoskop, das von der Firma Karl Storz (Karl Storz GmbH & Co.KG, Tuttlingen) hergestellt wird. Es kombiniert das Handling eines klassischen Laryngoskops mit Miller oder Macintosh Spatel mit den Vorteilen eines VL. Ein Vorteil ist, dass nicht zwangsläufig indirekt laryngoskopiert werden muss, da durch die Konstruktion eine klassische direkte Laryngoskopie weiterhin möglich ist. Die Optik als auch die Lichtquelle befinden sich in der Spitze des Spatels.

Die Fiberoptik überträgt das Bild, welches vorher in der im Griff befindlichen Elektronik prozessiert wurde, auf einen externen Monitor. Hier existieren verschiedene Ausführungen, wie z.B. ein externer 7“ Monitor, der mittels Kabel (DCI- direct coupled Interface, Karl Storz) verbunden wird. Alternativ kann auf ein 2,4“ Display, das fest mit dem Laryngoskopgriff verbunden ist, projiziert werden. Dieser sogenannte Pocket Monitor ermöglicht eine höhere Mobilität und Flexibilität im klinischen Einsatz.

Für das C-MAC® sind Macintosh-Spatel in den Größen 0 bis 4, als auch Miller- Spatel in den Größen 0 bis 2 verfügbar. Letztere wurde in der vorliegenden Studie bei Verwendung des C-MAC® System verwandt.

Im Vergleich zum konventionellen Millerspatel weisen die VL Spatel eine um 2 Grad größerer Krümmung auf (12 Grad vs. 10 Grad). Durch die optische Linse am distalen Ende des Spatels wird eine Rundumsicht von 80 Grad sowie einen Blick nach anterior von 20 Grad ermöglicht.⁵⁷ Die angebotenen Miller Spatel sind speziell für den Einsatz in der Pädiatrie entwickelt worden und werden daher in der pädiatrischen Anästhesie vermehrt eingesetzt. Es konnte jedoch bislang keine Überlegenheit eines Spateltypen gegenüber eines anderen nachgewiesen werden.^{58,59}

Abbildung 3: Das C-MAC® Videolaryngoskop (Karl Storz, Tuttlingen, Germany.)



Links oben im Bild der externe 7" Monitor, rechts daneben die tragbare Variante mit integriertem Display. Im unteren Teil des Bildes von links nach rechts sind ein Miller Spatel der Größe 2, sowie zwei klassische Macintosh Spatel in den Größen 2 und 4 und die Videoeinheit zu sehen.

2.5.2. Das GlideScope® Videolaryngoskop

Das GlideScope® Videolaryngoskop (Verathon medical, Bothell, USA) wurde 2001 als erstes kommerziell verfügbares Videolaryngoskop auf den Markt gebracht und seitdem kontinuierlich weiter modifiziert sowie dem aktuellen Stand der Technik angepasst.

Der größte Unterschied zum C-MAC® besteht in der Form der Spatel. Das GVL verwendet eine völlig neue Spatelgeometrie und orientiert sich nicht, wie das C-MAC®, an den

klassischen Formen nach Macintosh oder Miller. Die Krümmung des Spatels ist mit 60 Grad Angulation den Krümmungen des Mund- Rachenraumes nachempfunden und soll dadurch die Sicht auf die Stimmbänder vereinfachen. Somit ist die Einstellung einer direkten Sichtlinie im Rahmen der Intubation nicht möglich. Der Intubationsvorgang mit dem GVL erfolgt daher indirekt. Es existieren für den Bereich der Kinderanästhesie Spatel in 4 unterschiedlichen Größen (0, 1, 2, 2,5), die einen Einsatz bei Kindern mit einem Körpergewicht von < 1,5KG bis 28 KG ermöglichen. Weitere Spatel stehen für den Einsatz bei Erwachsenen in den Größen 3 und 4 zur Verfügung.

Abbildung 4: Schematische Darstellung des im Rachenraums befindlichen GVL⁶⁰

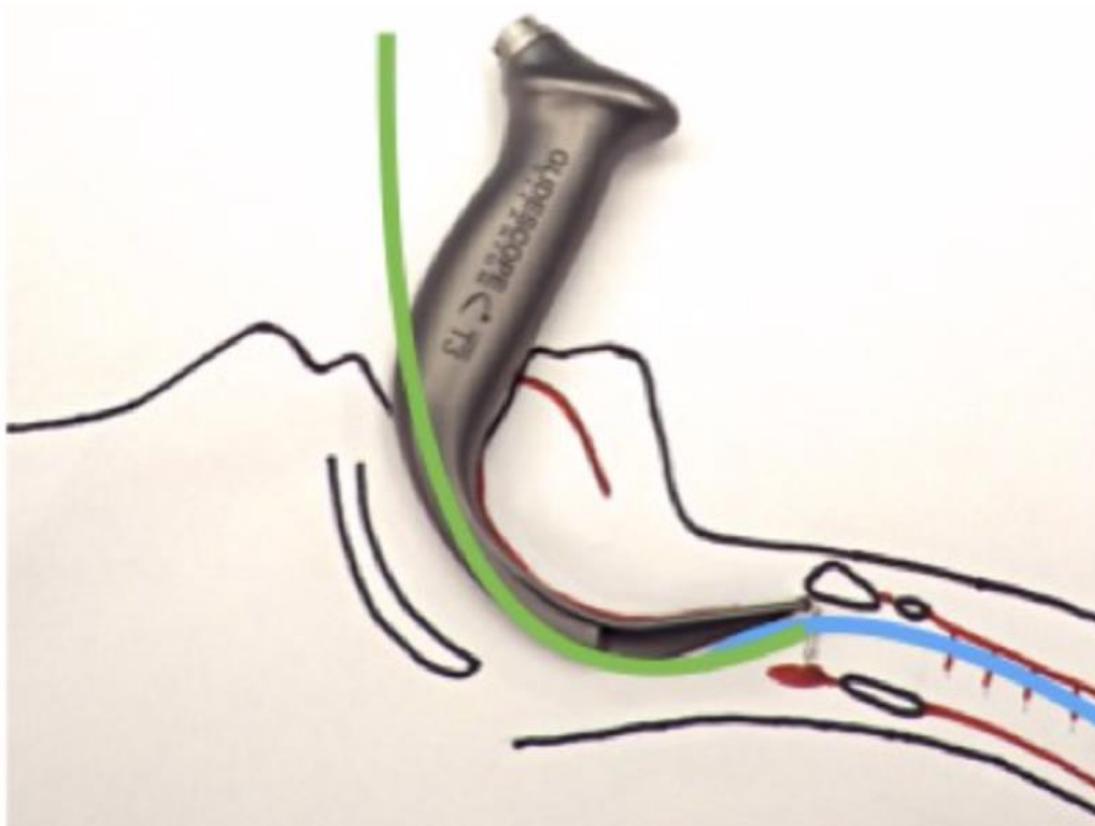


Tabelle 2: Technische Daten des GVL in verschiedenen Größen

Spatelgröße	GVL 0	GVL 1	GVL 2	GVL 2,5
Körpergewicht	< 1,5 Kg	1,5- 3,6 Kg	1,8- 10 Kg	10- 28 Kg
Spatellänge (Spitze bis Griff)	36 mm	44 mm	56 mm	63 mm
Spatelhöhe an der Kamera	9 mm	9 mm	9 mm	9 mm
Spatelbreite an der der Kamera	9 mm	10 mm	11 mm	13 mm

Der Spatel wird mittels eines ca. 1 m langen Kabels mit einem dazugehörigen 6,4“ Zoll Farbmonitor zur Bilddarstellung verbunden. Analog zum C-MAC® System existiert eine mobile Variante, bei der sich das Display am Ende des Griffes befindet. Es können sowohl Einweg wie auch Mehrwegspatel verwendet werden.

Die in der Studie verwendeten Einwegspatel werden mit der unten gezeigten (Abbildung 4) Kameraeinheit durch Einschieben verbunden. Durch Erwärmung der Spatelspitze wird das Beschlagen beim Mehrwegspatel als auch beim Einwegspatel verhindert.

Abbildung 5: Das GlideScope® Videolaryngoskop (Verathon medical, Bothell, USA)



Die Abbildung zeigt die für die Kinderanästhesie erhältlichen Einwegspatel in den Größen 0, 1 und 2, sowie die Technik tragende Kameraeinheit, welche in die jeweilige Spatelhülse eingeschoben wird.

2.6. Durchführung der Studie

Die durchführenden Anästhesisten waren Fachärzte und in der direkten und indirekten Laryngoskopie mittels C-MAC® Videolaryngoskop und Glidescope®-System erfahren. Die Aufklärung der Eltern erfolgte routinemäßig im Rahmen des Prämedikationsgesprächs.

Die Überwachung erfolgte nach Standard durch EKG, periphere Sauerstoffsättigung und engmaschige, nichtinvasive Kontrolle des Blutdruckes. Nach Intubation erfolgte zusätzlich die Messung der inspiratorischen Sauerstoff- sowie Narkosegasfraktionen, als auch die Messung des endexpiratorischen CO₂.

Es erfolgten die inhalative Einleitung der Narkose mit 4- 8% Sevoflurane. Nach Anlage eines sicheren intravenösen Zugangs folgte die Muskelrelaxation durch Mivacron (Aspen Germany GmbH, München, Deutschland) (0,2 mg/kg/KG), sowie die Gabe von Propofol 1% (Fresenius Kabi, Bad Homburg, Deutschland) (1mg/kg/KG) und Fentanyl (Janssen- Cliag Pharma GmbH, Wien, Österreich) (1 µg/kg/KG).

Nach Erreichen einer ausreichenden Narkosetiefe und vollständiger Muskelrelaxation erfolgte die Laryngoskopie und Intubation mit dem, der Randomisierung entsprechenden, Device. Bei Verwendung des C-MAC[®] kam ein Spatel nach Miller in der Größe 1 zum Einsatz, beim GVL ein Spatel der Größe 2.

In der C-MAC[®] Gruppe erfolgte die Graduierung nach modifizierter CL- Klassifikation in der direkten Laryngoskopie durch den intubierenden Anästhesisten selbst. Zeitgleich wurde die Einteilung für die indirekte Laryngoskopie durch einen zweiten Anästhesisten anhand des Videobildes durchgeführt. Das Einführen des Endotrachealtubus erfolgte schlussendlich bei allen Probanden der C-MAC[®] Gruppe unter indirekter videolaryngoskopischer Sicht.

In der GVL-Gruppe konnte aufgrund der technischen Voraussetzungen nur indirekt laryngoskopiert werden. Eine direkte Laryngoskopie ist mit dem GVL aufgrund seiner Konstruktion nicht möglich und auch in der Anwendung nicht vorgesehen.

Die Auswahl des Endotrachealtubus richtete sich nach den üblichen Kriterien für diese Altersgruppe. Die korrekte endotracheale Lage wurde durch das endtidale CO₂ mittels Kapnographie, als auch auskultatorisch durch ein vorhandenes Atemgeräusch über beiden Lungen verifiziert.

Im Anschluss an die Intubation wurde das dem Narkoseprotokoll beiliegende Studienprotokoll (Abbildung 7) durch den intubierenden Anästhesisten ausgefüllt. Neben der Erfassung epidemiologischer Daten wurden folgende, in der untenstehenden Tabelle 3 aufgeführten Parameter erfasst:

Tabelle 3: Erfasste Daten beider Gruppen:

	C.MAC®	Glidescope®
CL direkt	X	
CL indirekt	X	X
Intubationsbedingungen	X	X
TTBV	X	X
TTI	X	X
Anzahl der Intubationsversuche	X	X
SpO ₂ zu 3 Zeitpunkten	X	X

Die Zeiten hinsichtlich der TTBV sowie der TTI wurden durch den zusätzlich anwesenden ärztlichen Kollegen des Studienteams erfasst.

Bei der Erfassung der allgemeinen Intubationsbedingungen wurden vier verschiedene Grade unterschieden. Bei Grad eins war eine völlig problemlose Platzierung des Tubus unter Zuhilfenahme eines Führungsstabes möglich. Grad zwei wurde als anspruchsvoll, mit eventueller Nachjustierung und BURP Manöver klassifiziert. Wurden weitere Hilfsmittel zur endotrachealen Intubation wie Eschmann-Stäbe, Magill-Zangen oder Fiberoptiken verwendet, handelte es sich um Grad drei. War der Tubus trotz aller Maßnahmen nicht loco typico zu platzieren und musste auf alternative Verfahren zur Sicherung des Atemweges zurückgegriffen werden, handelte es sich um Grad vier. Supraglottische Atemwegshilfen, wie Larynxmasken und Larynxtuben, waren hier die Mittel der Wahl gewesen.

Alle erfassten Daten wurden auf dem Case Report Form (CRF) festgehalten und anschließend in eine Microsoft Excel Tabelle übertragen.

Abbildung 6: Protokoll zur Erfassung aller studienrelevanter Daten

cMAC-Miller 0/1 vs. Glidescope GVL 1/2 bei Kindern bis 10 Kg KG und erwartet schwierigem Atemweg

Arzt: _____ Datum: _____.____.2014

Alter: _____(Jahre) _____(Monate)

Größe (cm): _____ Gewicht (kg): _____

Anatomische Besonderheiten / Syndrom: _____

cMAC	1	2a	2b	3	4
Bester Cormack & Lehane direkt	<input type="radio"/>				
Bester Cormack & Lehane indirekt	<input type="radio"/>				
Glidescope					
Bester Cormack & Lehane indirekt	<input type="radio"/>				

Intubationsbedingungen:

- Grad 1 Problemlos mit Führungsstab
- Grad 2 Anspruchsvoll; Nachjustierung; BURP
- Grad 3 Hilfsmittel notwendig _____
- Grad 4 Tubusplatzierung nicht möglich

Weiteres Procedere: _____

SpO₂ Ausgang: ____% nach Präoxygenierung ____% niedrigster Wert: ____%

Time to best view: ____ sek.

Dauer Ende Maskenbeatmung bis erfolgreiche Intubation: ____ sek.

Anzahl der Intubationsversuche bzw. Laryngoskopien: _____

Besonderheiten: _____

Subjektive Evaluation des Intubationsvorgangs: _____

(0=max unzufrieden ☹; 10=max zufrieden ☺)

2.7 Statistik

Unter der Annahme einer erschwerten Einstellung der Glottisebene (CL III-IV) bei 11% der Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte bei Verwendung der direkten Laryngoskopie⁵⁵ mit dem Miller-Spatel, wurde eine relative Reduktion von 65% bei der erschwerten Einstellung der Glottisebene als klinisch relevant erachtet. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit <5% für den Fehler 1. Ordnung und einer Power von 0,8 wurden insgesamt 35 Patienten benötigt.

Die Untersuchung auf Normalverteilung erfolgte anhand des D'Agostino-Pearson-Omnibus-Test. Nach Ausschluss einer Normalverteilung wurde ein Mann-Whitney-Rangsummentest zur Detektion von Unterschieden zwischen den Studiengruppen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden als Median und 25./75. Perzentile angegeben. Die Ergebnisse wurden als statistisch signifikant erachtet, wenn die Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 1. Ordnung weniger als 5% betrug ($p < 0,05$). Zur Erfassung statistischer Unterschiede bei der Verwendung verschiedenen Spatel und Techniken wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt und die Ergebnisse entsprechend der Anzahl der Vergleiche korrigiert. Zur statistischen Auswertung wurde das Softwarepaket GraphPad Prism Version 6 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA) verwendet.

3. Ergebnisse

3.1. Epidemiologie

In der vorliegenden Studie wurden 36 Kinder mit einem Körpergewicht von unter 10 Kilogramm in die Untersuchung eingeschlossen. Bei 18 Kindern erfolgte die Laryngoskopie mit dem C-MAC® Miller- Spatel Größe 1, während die anderen 18 Kinder mit dem Glidescope® GVL Größe 2 laryngoskopiert wurden.

Hinsichtlich Alter und Größe ergaben sich innerhalb der beiden Gruppen keine Unterschiede, jedoch wiesen die eingeschlossenen Patienten der Glidescope® Gruppe ein signifikant niedrigeres Körpergewicht auf (Tabelle 4).

Bei 25 der Kinder bestand eine unilaterale Spaltbildung und bei den restlichen 11 eine bilaterale Spaltung. Bei den Kindern mit unilateraler Spalte bestand in acht Fällen eine einseitige Gaumenspalte und in 15 Fällen eine unilaterale Lippen-Gaumenspalte, sowie bei zwei Patienten eine isolierte Lippenspalte. Bilaterale Lippen-Gaumenspalten traten ebenso wie bilaterale Gaumenspalten jeweils 4-mal auf.

Tabelle 4: Deskriptive Beschreibung der eingeschlossenen Patienten.

	Miller- Spatel Gr. 1 (n=18)	Glidescope® GVL 2 (n=18)	
Alter (Monate)	4,3 (4,0/7,3)	4,0 (4,0/5,3)	ns
Gewicht (kg)	7,7 (6,0/8,1)	6,3 (5,5/7,4)	0,05
Größe (cm)	65 (62,0/68,0)	64 (60,0/67,0)	ns

Die Daten sind als Median, 25. und 75. Perzentile angegeben. Nicht signifikante Ergebnisse sind als ns gekennzeichnet.

3.2. Unterschiede und Veränderungen der Sichtverhältnisse auf die Stimmbandebene unter Verwendung des C-MAC® Miller- Spatel Größe 1, sowie des Glidescope® GVL Größe 2

Die Sichtbedingungen auf die Stimmbandebene, eingeteilt nach modifizierter CL Klassifikation, waren mit beiden verwendeten Devices durchweg gut (CL I und CL IIa). Alle höheren Graduierungen (C&L IIb und höher) wurden als schlechte Sichtbedingungen

definiert. Bei der direkten Visualisierung der Glottisebene zeigt sich jedoch ein Trend zu einer eingeschränkteren Sicht, die jedoch noch als gut zu bewerten ist (Tabelle 2).

Beim Einsatz des C-MAC® Miller-Spatel Größe 1 zeigte sich eine Verbesserung der Intubationsbedingungen gegenüber der direkten Laryngoskopie. Durch den Einsatz des C-MAC® Miller-Spatel Größe 1 gelang es bei schlechter Sichtbarkeit der Glottisebene im Rahmen der direkten Laryngoskopie (C&L2b, 3 und 4) die Visualisierung zu verbessern (C&L2a und 1; Tabelle 3). Bei der Verwendung des Glidescope® Videolaryngoskop ergab sich nur in einem Fall eine schlechte Darstellbarkeit der Glottis. Hier gelang nach BURP- Manöver und unter Zuhilfenahme eines Eschmann- Stabes die erfolgreiche Intubation.

Die restlichen 17 Kinder konnten bei durchweg guten Sichtbedingungen komplikationslos intubiert werden.

Tabelle 5: Vergleich der Visualisierung

C/L Grad	C.MAC® Miller direkt	C- MAC® Miller indirekt	Glidescope® GVL 2
1	8	13	16
2a	2	1	1
2b	3	4	0
3	4	0	1
4	1	0	0

Verwendung des C-MAC® Miller-Spatels Gr. 1 unter direkter, indirekter Sicht und dem Glidescope® GVL 2 unter indirekter Sicht.

Tabelle 6: Veränderungen in der modifizierten C/L-Klassifikation bei Verwendung des C-MAC® Miller-Spatels Gr. 1

C-MAC® Miller 1 direkte - indirekte Sicht	n (%)
CL2b - CL2a/1	2 (11%)
CL3 - CL2a/1	1 (5,5%)
CL4 - CL2a/1	1 (5,5%)
Gesamt	4 (22%)

Bei der Laryngoskopie der Kinder mit bilateraler Spaltenbildung konnte in drei von fünf Fällen die Sicht auf die Glottis durch Verwendung der indirekten Laryngoskopie mittels C-MAC® Miller- Spatel Größe 1, gegenüber der direkten Darstellung, verbessert werden. Bei Verwendung des Glidescope® Videolaryngoskops war bei allen sechs Kindern die indirekte Visualisierung mit einem CL1 sehr gut (Tabelle 7).

Tabelle 7: Vergleich der Intubationsbedingungen

C/L Grad	C.MAC® Miller direkt	C- MAC® Miller indirekt	Glidescope® GVL 2
1	2	3	6
2a	0	1	0
2b	0	1	0
3	2	0	0
4	1	0	0

Nach modifizierter CL-Klassifikation bei Kindern mit bilateraler Spaltbildung bei Verwendung des C-MAC® Miller-Spatels Gr. 1 unter direkter, indirekter Sicht und dem Glidescope® GVL 2 unter indirekter Sicht.

3.3. Sekundäre Zielparameter: TTBV, TTI, Sauerstoffsättigung und Anzahl der Versuche und subjektive Zufriedenheit.

Beim Vergleich beider Laryngoskope ergaben sich in Bezug auf die TTBV, die TTI, die initialen Sättigungswerte (BpO₂), als auch bei der niedrigsten gemessenen Sauerstoffsättigung (LpO₂) während des Intubationsvorgangs keine signifikanten Unterschiede. Auch die subjektive Handhabung und die individuelle Einschätzung des Intubationsvorganges waren gleichwertig. Bei genauerer Betrachtung konnte allerdings ein Trend zu einer leicht verlängerten Intubationsdauer bei Verwendung des Glidescope® Videolaryngoskops festgestellt werden (Tabelle 8).

Mit beiden Devices konnten die Patienten erfolgreich intubiert werden. Verletzungen oder andere Komplikationen traten im Rahmen der Untersuchung nicht auf.

Tabelle 8: Vergleich der Intubationsbedingungen

	Miller- Spatel Gr. 1 (n=18)	Glidescope® GVL 2 (n=18)	p- Wert
TTBV (sec.)	10,0 (8,0/18,0)	12,0 (11,0/22,0)	ns
TTI (sec.)	25,0 (20,0/40,0)	32,0 (25,0/68,0)	ns
BpO2 (%)	100,0 (100,0/100,0)	100,0 (99,0/100,0)	ns
LpO2 (%)	100,0 (97,0/100,0)	99,0 (98,0/100,0)	ns
Intubationsversuche	1,0 (1,0/1,8)	1,0 (1,0/1,8)	ns
VAS (cm)	10 (8,0/10,0)	9,5 (7,3/10,0)	ns

Vergleich zwischen dem C-MAC® Miller Gr. 1 und dem Glidescope® GVL-2-Spatel. Zeit bis zur optimalen Sicht (TTBV), Intubationsdauer (TTI), Ausgangssauerstoffsättigung (BpO2), niedrigste gemessene Sauerstoffsättigung (LpO2), Visuelle Analogskala (VAS). Die Daten sind als Median, 25. und 75. Perzentile angegeben.

4. Diskussion

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Evaluation der VL in einem pädiatrischen Patientenkollektiv, welches durch anatomische Besonderheiten eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine schwierige Laryngoskopie und einen schwierigen Atemweg mitbringt. Hierbei wurden Kinder unter 10 Kilogramm Körpergewicht mit unterschiedlichen Ausprägungen einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte hinsichtlich der Intubationsbedingungen untersucht. Als primären Endpunkt wurden die Sichtbedingungen auf die Glottisebene sowie die Verbesserung dieser definiert.

Als sekundäre Endpunkte wurde die Zeit bis zur „besten Sicht“ und die Zeit bis zur erfolgreichen Intubation sowie die Anzahl der Intubationsversuche und die niedrigste gemessene Sauerstoffsättigung evaluiert. Ebenso wurde die subjektive Zufriedenheit des Anästhesisten bezüglich der Intubation erhoben.

In zahlreichen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Verwendung der Videolaryngoskopie zu einer Verbesserung der Visualisierung der Glottisebene und damit unter Umständen zu einer leichteren Intubation führt.^{11,32,33,60}

Sowohl beim nicht-schwierigen als auch beim unerwartet schwierigen Atemweg verbessert der Einsatz der Videolaryngoskopie die Sichtbedingungen mitunter signifikant. Dies gilt sowohl für ein pädiatrisches Patientenkollektiv mit einer Altersspanne von 0-17 Jahren als auch für Erwachsene.^{61, 43,62,63}

Sun et. al verglichen in einer Metanalyse aus dem Jahr 2014 insgesamt 14 Studien in Hinblick auf die Laryngoskopiebedingungen bei Kindern mit den unterschiedlichsten Videolaryngoskopen mit der direkten Laryngoskopie. Auch hier bestätigte sich die verbesserte Visualisierung der Glottis bei Verwendung eines VL. Die TTI, welche als primärer Endpunkt festgelegt wurde, ließ sich allerdings gegenüber der DL auch hier über alle Studien hinweg nicht verbessern.

Es wird allerdings betont, dass für eine valide Aussage über den Nutzen der Videolaryngoskopie im Falle eines erwarteten oder auch unerwarteten Atemwegs zu wenige Studien existieren.⁶⁴

Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse ist die Verwendung eines Videolaryngoskops inzwischen fester Bestandteil zahlreicher innerklinischen Algorithmen. Dieses findet aber auch in nationalen und internationalen Leitlinien zur Atemwegssicherung, insbesondere beim unerwarteten schwierigen Atemweg beim Erwachsenen explizit Erwähnung. Exemplarisch sei an dieser Stelle die S1 Leitlinie-Atemwegsmanagement der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie genannt.⁶⁵

In einem pädiatrischen Patientenkollektiv ist der schwierige Atemweg eine Seltenheit. Das Auftreten liegt hier bei lediglich 0,12% - 0,17%.^{15,16} Demgegenüber steht die schwierige Laryngoskopie beim Erwachsenen. Hier werden in der Literatur 1,5% bis 8% angegeben.^{66,67} Dennoch steigt der Einsatz der Videolaryngoskopie im pädiatrischen Patientenkollektiv deutlich. Analog zu den Ergebnissen aus dem Erwachsenenbereich konnte in verschiedenen Untersuchungen gezeigt werden, dass sich die Sichtbedingungen durch den Einsatz eines Videolaryngoskops auch in der pädiatrischen Anästhesie zum Teil signifikant verbessern lassen.⁶⁸⁻⁷¹

Der größte Anteil der Publikationen zum Einsatz der Videolaryngoskopie in der pädiatrischen Anästhesie basieren auf Untersuchungen an Kindern mit einem „normalen“ Atemweg. Für eine Aussage bezüglich des „(unerwartet) schwierigen“ Atemwegs ist die Studienlage somit momentan nicht ausreichend.^{64,72}

Park et al. zeigten sich in den Erfolgsraten in einem „Hochrisiko-Patientenkollektiv“ enttäuscht, da insbesondere unter 10 Kilogramm die Erfolgsraten bei Verwendung des GVL deutlich geringer waren, als in einer adulten Patientengruppe. Die erfolgreiche Intubation gelang hier im ersten Versuch nur bei etwa 50% der Patienten.³⁸

Wirkliche Vorteile der Videolaryngoskopie bei schwierigem Atemweg bei Kindern sind bislang nur in einzelnen Fallberichten beschrieben.^{73,74} Große prospektive Studien zu dieser Fragestellung existieren bis dato nicht.

In einer Reihe von Untersuchungen konnte eine höhere Inzidenz für das Auftreten eines schwierigen Atemwegs in einem ähnlichen Patientenkollektiv, wie in der vorliegenden Arbeit, nachgewiesen werden. Es zeigten sich in den beiden Untersuchungen deutliche Unterschiede in Bezug auf die Laryngoskopiebedingungen in Abhängigkeit von Alter, Lokalisation und der Ausprägung der Deformität.^{55,73}

Die ungünstigsten Laryngoskopiebedingungen traten bei Xue et al., als auch bei Gunawardana et al. in der Altersgruppe bis sechs Monate, bei gleichzeitigem Vorliegen einer bilateralen Spaltbildung auf. In der Altersgruppe unter sechs Monaten lag die Inzidenz der schwierigen Laryngoskopie bei 7,1% bzw. bei 11,4%. Bei Kindern mit bilateraler Spaltbildung lag die Wahrscheinlichkeit für schwierige Laryngoskopiebedingungen bei 16,5% und in der älteren Studie sogar bei über 45%.

In beiden Untersuchungen fällt auf, dass auch bei als schwierig klassifizierten Laryngoskopiebedingungen (CL > II) die Intubation nur in etwa 1% der Fälle als schwierig klassifiziert wird.

Hauptzielparameter der vorliegenden Untersuchung war deshalb die Evaluation der Sichtbedingungen auf die Glottisebene im Rahmen der direkten als auch indirekten Laryngoskopie. Bauartbedingt war mit dem GVL lediglich eine indirekte Laryngoskopie durchführbar.

Insgesamt wurden 23 Patienten mit dem C-MAC® intubiert. Beim Vergleich zwischen der direkten und der indirekten Laryngoskopie zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Glottisvisualisierung. Ausgehend von einer Dichotomisierung in „schlechten Sicht“ (CL2b, 3 oder 4) oder „gute Sicht“ (CL 2a,1), konnte die Sicht hin zu CL1 oder 2a in 22 % der Fälle verbessert werden.

Am deutlichsten zeigte sich der Effekt der verbesserten Sichtbedingungen bei Kindern mit bilateraler Lippen-Kiefer-Gaumenspalte. In diesem speziellen Klientel konnte die Sicht bei 50% der untersuchten Kinder verbessert werden. Bereits Xue et al. beschrieben in diesem besonderen Fall das Auftreten einer schwierigen Laryngoskopie unter DL mit ca. 45%.⁵⁶

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung decken sich mit Teilergebnissen einer Arbeit von Lee et al.⁷² Sowohl bei Xue et al. als auch Lee et al. ließen sich die Sichtbedingungen unter Verwendung der VL am deutlichsten verbessern, je höher der C&L Grad in der DL war. In der Untersuchung von Lee wurde bei insgesamt 23 Kindern, die in der direkten Laryngoskopie einen C&L Grad 3 und höher aufwiesen im Anschluss eine indirekte Laryngoskopie mittels dem Glidescope GVL durchgeführt.

Zur Intubation wurde der Laryngoskopspatel bewusst eine Nummer kleiner, als vom Hersteller empfohlen, verwendet. Dies geschah unter der Annahme einer Mikrognathie als Ursache und infolgedessen einem nach kranial verlagertem Kehlkopf, mit einer vermeintlichen Einschränkung der Extension im Bereich der Halswirbelsäule, für den schwierigen Atemweg.

Auch hier zeigte sich, dass durch den Einsatz der VL die Sichtbedingungen auf die Glottis, bei vorliegender Einschränkung im Rahmen der direkten Laryngoskopie signifikant verbessern ließen. Im Gegensatz zu den hier dargestellten Ergebnissen wurde die Untersuchung allerdings an älteren Kindern mit entsprechend höherem Körpergewicht und Körpergröße durchgeführt.

In Hinblick auf die sekundären Zielparameter (TTBV, TTI) decken sich unsere Ergebnisse mit denen vorangegangener Studien in Bezug auf einen identischen Trend, wenngleich nicht immer das Signifikanzniveau erreicht wurde. Der in anderen Untersuchungen bereits aufgefallene Trend zu einer längeren Intubationsdauer bei Verwendung der VL zeigte sich auch in den Ergebnissen der vorliegenden Studie.^{62,64,74}

Kim et al. konnten zeigen, dass sich die TTI zwischen Verwendung von DL und GVL von 22,3s auf 36s verlängerte. Insbesondere, bei in der DL guten Sichtbedingungen, verlängerte sich die TTI signifikant bei Verwendung des GLV. Auch die bereits schon erwähnte Metaanalyse von Sun et al. sowie die Analyse von Abdelgadir et al. zeigten, dass sich trotz oft schnellerer

und besserer Darstellung der Glottis die TTI nicht ändert und sich sogar gegenüber der DL verlängert.

Bei Sun et al. verlängerte sich die TTI bei Verwendung des GVL über alle 14 untersuchten Studien hinweg im Mittel um 5,2 Sekunden. Bei Verwendung anderer VL lag die Änderung der TTI zwischen 4,9 und 37,5 Sekunden.

Im Median lag die TTBV mit dem C-MAC® bei 10 Sekunden und die TTI bei 25 Sekunden. Im Vergleich dazu betrug die Zeiten (TTBV und TTI) bei Verwendung des GVL bei 12 Sekunden, respektive 31 Sekunden, ohne das Signifikanzniveau zu erreichen.

Da in dem vorliegenden Studiendesign keine Intubation bei DL vorgesehen war, kann über den Unterschied in der TTI zwischen der VL und der DL keine Aussage gemacht werden. Die TTI war bei Verwendung des C-MAC® VL mit 25 Sekunden etwas kürzer als mit 31 Sekunden bei Verwendung des GVL. Auch hier wurde das Signifikanzniveau nicht erreicht. Dieser Unterschied erscheint unserer Meinung nach am ehesten Bauart bedingt. Das C-MAC® Videolaryngoskop mit Miller- Spatel ist dem klassischen Laryngoskop mit Miller- Spatel sehr ähnlich, während das GVL deutliche Unterschiede diesbezüglich aufweisen.

Alle eingeschlossenen Patienten konnten erfolgreich endotracheal intubiert werden.

Im Median wurde mit dem C-MAC® Videolaryngoskop als auch mit dem GVL nur eine Laryngoskopie benötigt, um den Tubus sicher zu platzieren.

Dies zeigt erneut die große Sicherheit, die beide Systeme bieten. Gerade vor dem Hintergrund, dass die Wahrscheinlichkeit für ernsthafte Komplikationen ab den dritten Intubationsversuch sprunghaft ansteigt.⁷⁵

Fünf Patienten (21,7%) in der C-MAC® Gruppe benötigten zwei Laryngoskopien zur Sicherung des Atemwegs.

In der GVL Gruppe wurden dreimal (13,6%) zwei Versuche und einmal (4,5%) drei Versuche zur Platzierung des Tubus gebraucht.

Die subjektive Beurteilung beider Verfahren erreichte in beiden Fällen hohe Zufriedenheit.

Die Untersucher gaben für beide Devices hohe Bewertungen ab, wobei das C-MAC® mit

einem Median von zehn Punkten etwas besser bewertet wurde als das GVL mit neun Punkten.

Die geringe Fallzahl, als auch die Möglichkeit beide Systeme im direkten Vergleich zu untersuchen, stellen die Hauptlimitationen dar. Die Laryngoskopie mit beiden Devices bei einem Patienten wurde durch die Ethikkommission nicht gestattet. So konnte lediglich bei Verwendung des C-MAC® ein Vergleich zwischen der DL und der VL gezogen werden. Hierbei muss erwähnt werden, dass die Einteilung des CL- Grades durch zwei verschiedene Untersucher vorgenommen worden ist, um eine weitere Laryngoskopie zu verhindern.

Uns ist gegenwärtig keine Studie bekannt, die ein so großes Patientenkollektiv unter 10 Kilogramm mit einer nachgewiesenen anatomischen Deformität, welche ein Hinweis auf einen schwierigen Atemweg bzw. eine anspruchsvollere Laryngoskopie geben, unter diesen Fragestellungen untersucht hat.

Es werden auch in diesem Bereich in Zukunft umfassende prospektiv angelegte Studien nötig sein, um die noch offenen Fragen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der VL zu beantworten. Die Frage, ob die nachgewiesene Verbesserung der Visualisierung einen wirklichen Vorteil im Rahmen der Intubation bietet, ist weiterhin offen. Ob die Verwendung der VL in Notfallsituationen, in der Hand des möglicherweise unerfahrenen Anwenders und insbesondere beim unerwartet schwierigen Atemweg, einen wirklichen Vorteil gegenüber der DL hinsichtlich der definitiven Sicherung des Atemwegs bietet, muss untersucht werden.

Weiterhin bleibt auch die Frage unbeantwortet, ob die Verwendung der VL einen wirklichen Intubationsvorteil bei Kindern mit schwierigem Atemweg bietet oder ob auch hier lediglich die Visualisierung verbessert wird.

Wie gezeigt werden konnte, gelingt mit modernen videogestützten Systemen die Intubation bei Kindern auch bei erwartet schwierigem Atemweg in den meisten Fällen sicher und mühelos.

Trotz der positiven Daten sei dringend davon abgeraten, sich in falscher Sicherheit zu wiegen und sich zunehmend, auch in kritischen Situationen, auf die scheinbare Effektivität der VL zu verlassen. Da die Verwendung eines VL keine 100%igen Intubationserfolg

garantiert, sind die positiven Ergebnisse dieser Studie dennoch mit Vorsicht zu interpretieren.²⁷

Für den gesichert antizipierten schwierigen Atemweg bleibt die fiberoptische Wachintubation nach wie vor der Goldstandard.^{27,65}

5. Zusammenfassung/Summary

5.1. Zusammenfassung

Lippen-Kiefer-Gaumenspalten sind häufige, angeborene Fehlbildungen beim Menschen und werden zumeist schon innerhalb des ersten Lebensjahres operativ korrigiert. In 5-11% der Fälle ist das Vorliegen einer solchen Anomalie mit einer schwierigen Laryngoskopie assoziiert und kann ein modifiziertes Vorgehen bei der Sicherung des Atemweges erfordern. Videolaryngoskopische Techniken kommen hierbei vermehrt zum Einsatz und können auch im Kindesalter zu einer Verbesserung der Intubationsbedingungen beitragen.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Intubationsbedingungen zwischen der indirekten Laryngoskopie mittels Glidescope® GVL Spatel Gr. 2 und der indirekten sowie direkten Laryngoskopie mittels C-MAC® Miller-Spatel Gr. 1 bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte miteinander verglichen.

Über einen Zeitraum von acht Monaten wurden Kinder mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte prospektiv abwechselnd entweder indirekt mit dem Glidescope® oder direkt und indirekt mit dem C-MAC® laryngoskopierte. Die Visualisierung der Glottisebene nach der modifizierten Cormack und Lehane Klassifikation war das Hauptzielkriterium. Sekundäre Zielparameter waren unter anderem die Zeit bis zur optimalen Sicht und die Zeit bis zur Intubation.

36 Kinder, die sich einer elektiven Korrektur einer Lippen-Kiefer-Gaumenspalte unterzogen, wurden eingeschlossen und erfolgreich intubiert. Jeweils 18 Kinder wurden mit dem C-MAC® Miller-Spatel Gr. 1 und mit dem Glidescope® GVL-Spatel Gr. 2 laryngoskopierte. Im Vergleich zwischen direkter und indirekter Laryngoskopie mit dem C-MAC® zeigte sich bei vier (22%) Kindern eine deutliche Verbesserung der Visualisierung der Glottisebene von einer schlechten Visualisierung (CL2b, 3 und 4) hin zu einer guten Visualisierung (CL2a und 1) der Glottisebene. Bei Verwendung des Glidescope® lag lediglich in einem Fall eine schlechte Visualisierung der Glottisebene vor.

Der Einsatz indirekter videolaryngoskopischer Techniken kann die Visualisierung der Glottisebene verbessern und reduziert die Anzahl an schwierigen Laryngoskopien bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte.

5.2. Summary

Cleft lip and palate is a common congenital deformity which requires surgical repair, often during infancy, and is associated with difficult laryngoscopy in 5-11% of all patients treated? Modified laryngoscopy techniques represent alternatives in case of difficult standard laryngoscopy. Videolaryngoscopy represents an increasingly popular and successful method to facilitate endotracheal intubation in infants.

The present study was designed to compare the intubating conditions in infants undergoing cleft lip and palate repair. Laryngoscopic views of the glottis structure obtained with a C-MAC® videolaryngoscope with size 1 Miller blade and a Glidescope® GVL size 2 blade were compared.

A prospective trial over an eight month period was performed. Infants were alternately intubated using Miller 1 blade for direct and indirect laryngoscopy and Glidescope® for indirect laryngoscopic view. The Cormack-Lehane score was used for graduation, and secondary parameters like time to best view and time to intubation were recorded.

Thirty-six infants undergoing elective cleft palate repair were included. Eighteen patients each were intubated either with a C-MAC® or a Glidescope®. Upon comparing indirect views with direct views obtained with a C-MAC®, we were able to improve the visualisation of glottic structures from poor (CL2b, 3 and 4) to good (CL2a and 1) in four (22%) infants. There were no significant differences among the secondary outcome parameters. Conclusion: Videolaryngoscopy using the C-MAC® and the Glidescope® in infants with cleft lip and palate significantly improved viewing of the glottis and reduced the rate of difficult laryngoscopy.

6. Literaturverzeichnis

1. Kulkarni AP, Tirmanwar AS. Comparison of glottic visualisation and ease of intubation with different laryngoscope blades. *Indian J Anaesth.* 2013;57(2):170-174. doi:10.4103/0019-5049.111846.
2. Jahn A, Blitzer A. A short history of laryngoscopy. *Logoped Phoniatr Vocol.* 1996;21(3-4):181-185. doi:10.3109/14015439609098887.
3. Cormack RS, Lehane J. Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia.* 1984;39(11):1105-1111.
4. Yentis SM, Lee DJ. Evaluation of an improved scoring system for the grading of direct laryngoscopy. *Anaesthesia.* 1998;53(11):1041-1044.
5. Adewale L. Anatomy and assessment of the pediatric airway. *Paediatric anaesthesia.* 2009;19 Suppl 1:1-8. doi:10.1111/j.1460-9592.2009.03012.x.
6. Pohunek P. Development, structure and function of the upper airways. *Paediatr Respir Rev.* 2004;5(1):2-8. doi:10.1016/j.prrv.2003.09.002.
7. Doherty JS, Froom SR, Gildersleve CD. Pediatric laryngoscopes and intubation aids old and new. *Paediatric anaesthesia.* 2009;19 Suppl 1(s1):30-37. doi:10.1111/j.1460-9592.2009.03001.x.
8. Weiss M, Gerber AC. [Safe use of cuffed tracheal tubes in children]. *Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie : AINS.* 2012;47(4):232-237. doi:10.1055/s-0032-1310411.
9. Ulrike. Microsoft Word - DGAI Leitlinie Atemwegsmanagement Version 15.04.2015.docx. April 2015:1-42.
10. Lewis SR, Butler AR, Parker J, Cook TM, Schofield-Robinson OJ, Smith AF. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adult patients requiring tracheal intubation: a Cochrane Systematic Review. *Br J Anaesth.* 2017;119(3):369-383. doi:10.1093/bja/aex228.
11. van Zundert A, Maassen R, Lee R, et al. A Macintosh laryngoscope blade for videolaryngoscopy reduces stylet use in patients with normal airways. *Anesthesia and analgesia.* 2009;109(3):825-831. doi:10.1213/ane.0b013e3181ae39db.
12. Ruetzler K, Imach S, Weiss M, Haas T, Schmidt AR. Comparison of five video laryngoscopes and conventional direct laryngoscopy. *Anaesthesist.* 2015;64(7):513-519. doi:10.1007/s00101-015-0051-5.

13. Byhahn C, Iber T, Zacharowski K, et al. Tracheal intubation using the mobile C-MAC video laryngoscope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway. *Minerva Anesthesiol.* 2010;76(8):577-583.
14. Su Y-C, Chen C-C, Lee Y-K, Lee J-Y, Lin KJ. Comparison of video laryngoscopes with direct laryngoscopy for tracheal intubation: a meta-analysis of randomised trials. *Eur J Anaesthesiol.* 2011;28(11):788-795. doi:10.1097/EJA.0b013e32834a34f3.
15. Murat I, Constant I, Maud'huy H. Perioperative anaesthetic morbidity in children: a database of 24,165 anaesthetics over a 30-month period. *Paediatric anaesthesia.* 2004;14(2):158-166.
16. Isada T, Miwa T, Hiroki K, Fukuda S. [The management of the difficult pediatric airway]. *Masui.* 2005;54(5):490-495.
17. Tait AR, Voepel-Lewis T, Burke C, Kostrzewa A, Lewis I. Incidence and risk factors for perioperative adverse respiratory events in children who are obese. *Anesthesiology.* 2008;108(3):375-380. doi:10.1097/ALN.0b013e318164ca9b.
18. Engelhardt T, Weiss M. A child with a difficult airway: what do I do next? *Curr Opin Anaesthesiol.* 2012;25(3):326-332. doi:10.1097/ACO.0b013e3283532ac4.
19. Sunder RA, Haile DT, Farrell PT, Sharma A. Pediatric airway management: current practices and future directions. Davidson A, ed. *Paediatric anaesthesia.* 2012;22(10):1008-1015. doi:10.1111/pan.12013.
20. Pawar DK, Doctor JR, Raveendra US, et al. All India Difficult Airway Association 2016 guidelines for the management of unanticipated difficult tracheal intubation in Paediatrics. *Indian J Anaesth.* 2016;60(12):906-914. doi:10.4103/0019-5049.195483.
21. Black AE, Flynn PER, Smith HL, Thomas ML, Wilkinson KA, Association of Pediatric Anaesthetists of Great Britain and Ireland. Development of a guideline for the management of the unanticipated difficult airway in pediatric practice. Cote C, ed. *Paediatric anaesthesia.* 2015;25(4):346-362. doi:10.1111/pan.12615.
22. 2011 AI, 52:S54-S63 Aktiv Druck & Verlag GmbH. Handlungsempfehlung zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemwegs in der Kinderanästhesie. *March* 2011:1-10.
23. Russo S. S1-Leitlinie Erwartet schwieriger Atemweg bei Kindern. *May* 2021:1-34.
24. Jöhr M, Berger TM. Fiberoptic intubation through the laryngeal mask airway (LMA) as a standardized procedure. *Paediatric anaesthesia.* 2004;14(7):614-614. doi:10.1111/j.1460-9592.2004.01357.x.

25. Smith RB, Myers EN, Sherman H. Transtracheal ventilation in paediatric patients; case reports. *Br J Anaesth.* 1974;46(4):313-314.
26. Navsa N, Tossel G, Boon JM. Dimensions of the neonatal cricothyroid membrane - how feasible is a surgical cricothyroidotomy? *Paediatric anaesthesia.* 2005;15(5):402-406. doi:10.1111/j.1460-9592.2005.01470.x.
27. Russo SG, Weiss M, Eich C. Video laryngoscopy olé! *Anaesthesist.* 2013;61(12):1017-1026. doi:10.1007/s00101-012-2110-5.
28. Noppens RR, Werner C, Piepho T. [Indirect laryngoscopy : Alternatives to securing the airway]. *Anaesthesist.* 2010;59(2):149-161. doi:10.1007/s00101-009-1656-3.
29. Thong S-Y, Wong TG-L. Clinical uses of the Bonfils Retromolar Intubation Fiberscope: a review. *Anesthesia and analgesia.* 2012;115(4):855-866. doi:10.1213/ANE.0b013e318265bae2.
30. Wahlen BM, Roewer N, Kranke P. A survey assessing the procurement, storage and preferences of airway management devices by anaesthesia departments in German hospitals. *Eur J Anaesthesiol.* April 2010;1. doi:10.1097/EJA.0b013e32833724f0.
31. Wahlen BM, Roewer N, Kranke P. A survey assessing the procurement, storage and preferences of airway management devices by anaesthesia departments in German hospitals. *Eur J Anaesthesiol.* 2010;27(6):526-533. doi:10.1097/EJA.0b013e32833724f0.
32. Kaplan MB, Hagberg CA, Ward DS, et al. Comparison of direct and video-assisted views of the larynx during routine intubation. *J Clin Anesth.* 2006;18(5):357-362. doi:10.1016/j.jclinane.2006.01.002.
33. Meininger D, Strouhal U, Weber CF, et al. Direct laryngoscopy or C-MAC video laryngoscopy? *Anaesthesist.* 2010;59(9):806-811. doi:10.1007/s00101-010-1753-3.
34. Griesdale DEG, Liu D, McKinney J, Choi PT. Glidescope® video-laryngoscopy versus direct laryngoscopy for endotracheal intubation: a systematic review and meta-analysis. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie.* 2012;59(1):41-52. doi:10.1007/s12630-011-9620-5.
35. Pieters BMA, Wilbers NER, Huijzer M, Winkens B, van Zundert AAJ. Comparison of seven videolaryngoscopes with the Macintosh laryngoscope in manikins by experienced and novice personnel. *Anaesthesia.* 2016;71(5):556-564. doi:10.1111/anae.13413.
36. Weiss M, Hartmann K, Fischer JE, Gerber AC. Use of angulated video-intubation laryngoscope in children undergoing manual in-line neck stabilization. *Br J Anaesth.* 2001;87(3):453-458.

37. Weiss M, Schwarz U, Dillier CM, Gerber AC. Video-intuboscopic monitoring of tracheal intubation in pediatric patients. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthesie*. 2000;47(12):1202-1206. doi:10.1007/BF03019869.
38. Park R, Peyton JM, Fiadjoe JE, et al. The efficacy of GlideScope® videolaryngoscopy compared with direct laryngoscopy in children who are difficult to intubate: an analysis from the paediatric difficult intubation registry. *Br J Anaesth*. 2017;119(5):984-992. doi:10.1093/bja/aex344.
39. Vincent RD, Wimberly MP, Brockwell RC, Magnuson JS. Soft palate perforation during orotracheal intubation facilitated by the GlideScope videolaryngoscope. *J Clin Anesth*. 2007;19(8):619-621. doi:10.1016/j.jclinane.2007.03.010.
40. Russell T, Lee C, Firat M, Cooper RM. A comparison of the forces applied to a manikin during laryngoscopy with the GlideScope and Macintosh laryngoscopes. *Anaesth Intensive Care*. 2011;39(6):1098-1102.
41. Sakles JC, Chiu S, Mosier J, Walker C, Stolz U. The importance of first pass success when performing orotracheal intubation in the emergency department. Reardon RF, ed. *Acad Emerg Med*. 2013;20(1):71-78. doi:10.1111/acem.12055.
42. Ng I, Sim XLJ, Williams D, Segal R. A randomised controlled trial comparing the McGrath(®) videolaryngoscope with the straight blade laryngoscope when used in adult patients with potential difficult airways. *Anaesthesia*. 2011;66(8):709-714. doi:10.1111/j.1365-2044.2011.06767.x.
43. Kim JE, Kwak HJ, Jung WS, Chang MY, Lee SY, Kim JY. A comparison between McGrath MAC videolaryngoscopy and Macintosh laryngoscopy in children. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2018;62(3):312-318. doi:10.1111/aas.13043.
44. Aziz MF, Healy D, Kheterpal S, Fu RF, Dillman D, Brambrink AM. Routine clinical practice effectiveness of the Glidescope in difficult airway management: an analysis of 2,004 Glidescope intubations, complications, and failures from two institutions. *Anesthesiology*. 2011;114(1):34-41. doi:10.1097/ALN.0b013e3182023eb7.
45. Asai T, Liu EH, Matsumoto S, et al. Use of the Pentax-AWS in 293 patients with difficult airways. *Anesthesiology*. 2009;110(4):898-904. doi:10.1097/ALN.0b013e31819c45e5.
46. B L. *Entwicklung Und Ergebnisse Der Kraniofazialen Chirurgie*. Heidelberg; 1997.
47. Tischer W. [The problem of craniosynostosis and craniostenosis]. *Padiatr Grenzgeb*. 1979;18(5):335-348.
48. D M, D R. *Craniofacial Surgery Craniosynostosis*. Vol 1. Boston: Little Brown; 1982.

49. Patriquin HB, Kaplan P, Kind HP, Giedion A. Neonatal mucopolidosis II (I-cell disease): clinical and radiologic features in three cases. *AJR Am J Roentgenol.* 1977;129(1):37-43. doi:10.2214/ajr.129.1.37.
50. Kulkarni KR, Patil MR, Shirke AM, Jadhav SB. Perioperative respiratory complications in cleft lip and palate repairs: An audit of 1000 cases under 'Smile Train Project'. *Indian J Anaesth.* 2013;57(6):562-568. doi:10.4103/0019-5049.123328.
51. Sader R. Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten. *Pädiatrie up2date.* 2009;4(02):183-205. doi:10.1055/s-0029-1214683.
52. Rajan S, Gotluru P, Andrews S, Paul J. Evaluation of endotracheal intubating conditions without the use of muscle relaxants following induction with propofol and sevoflurane in pediatric cleft lip and palate surgeries. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2014;30(3):360-365. doi:10.4103/0970-9185.137268.
53. Desalu I, Adeyemo W, Akintimoye M, Adepoju A. Airway and respiratory complications in children undergoing cleft lip and palate repair. *Ghana Med J.* 2010;44(1):16-20.
54. Xue FS, Zhang GH, Li P, et al. The clinical observation of difficult laryngoscopy and difficult intubation in infants with cleft lip and palate. *Paediatric anaesthesia.* 2006;16(3):283-289. doi:10.1111/j.1460-9592.2005.01762.x.
55. Gunawardana RH. Difficult laryngoscopy in cleft lip and palate surgery. *Br J Anaesth.* 1996;76(6):757-759.
56. Xue FS, Zhang GH, Li P, et al. The clinical observation of difficult laryngoscopy and difficult intubation in infants with cleft lip and palate. *Paediatric anaesthesia.* 2006;16(3):283-289. doi:10.1111/j.1460-9592.2005.01762.x.
57. Donoghue AJ, Ades AM, Nishisaki A, Deutsch ES. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy in simulated pediatric intubation. *Ann Emerg Med.* 2013;61(3):271-277. doi:10.1016/j.annemergmed.2012.09.008.
58. Iohom G, Franklin R, Casey W, Lyons B. The McCoy straight blade does not improve laryngoscopy and intubation in normal infants. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthesie.* 2004;51(2):155-159. doi:10.1007/BF03018775.
59. McCoy E. The McCoy laryngoscope in infants and children. *Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthesie.* 2004;51(2):101-105. doi:10.1007/BF03018765.
60. lights camera action: redirecting videolaryngoscopy.

61. Serocki G, Neumann T, Scharf E, Döriges V, Cavus E. Indirect videolaryngoscopy with C-MAC D-Blade and GlideScope: a randomized, controlled comparison in patients with suspected difficult airways. *Minerva Anesthesiol.* 2013;79(2):121-129.
62. Kim J-T, Na H-S, Bae J-Y, et al. GlideScope video laryngoscope: a randomized clinical trial in 203 paediatric patients. *Br J Anaesth.* 2008;101(4):531-534. doi:10.1093/bja/aen234.
63. Lee J-H, Park Y-H, Byon H-J, et al. A comparative trial of the GlideScope(R) video laryngoscope to direct laryngoscope in children with difficult direct laryngoscopy and an evaluation of the effect of blade size. *Anesthesia and analgesia.* 2013;117(1):176-181. doi:10.1213/ANE.0b013e318292f0bf.
64. Sun Y, Lu Y, Huang Y, Jiang H. Pediatric video laryngoscope versus direct laryngoscope: a meta-analysis of randomized controlled trials. Cote C, ed. *Paediatric anaesthesia.* 2014;24(10):1056-1065. doi:10.1111/pan.12458.
65. Piepho T, Cavus E, Noppens R, et al. S1 guidelines on airway management : Guideline of the German Society of Anesthesiology and Intensive Care Medicine. *Anaesthesist.* 2015;64(Suppl 1):27-40. doi:10.1007/s00101-015-0109-4.
66. Lavery GG, McCloskey BV. The difficult airway in adult critical care. *Crit Care Med.* 2008;36(7):2163-2173. doi:10.1097/CCM.0b013e31817d7ae1.
67. Adnet F, Racine SX, Borron SW, et al. A survey of tracheal intubation difficulty in the operating room: a prospective observational study. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2001;45(3):327-332.
68. Fiadjoe JE, Gurnaney H, Dalesio N, et al. A prospective randomized equivalence trial of the GlideScope Cobalt® video laryngoscope to traditional direct laryngoscopy in neonates and infants. *Anesthesiology.* 2012;116(3):622-628. doi:10.1097/ALN.0b013e318246ea4d.
69. Mutlak H, Rolle U, Rosskopf W, et al. Comparison of the TruView infant EVO2 PCD™ and C-MAC video laryngoscopes with direct Macintosh laryngoscopy for routine tracheal intubation in infants with normal airways. *Clinics (Sao Paulo).* 2014;69(1):23-27. doi:10.6061/clinics/2014(01)04.
70. Singh R, Singh P, Vajifdar H. A comparison of Truview infant EVO2 laryngoscope with the Miller blade in neonates and infants. *Paediatric anaesthesia.* 2009;19(4):338-342. doi:10.1111/j.1460-9592.2009.02929.x.
71. Vlatten A, Aucoin S, Litz S, Macmanus B, Soder C. A comparison of the STORZ video laryngoscope and standard direct laryngoscopy for intubation in the Pediatric airway--a randomized clinical trial. *Paediatric anaesthesia.* 2009;19(11):1102-1107. doi:10.1111/j.1460-9592.2009.03127.x.

72. Lee J-H, Park Y-H, Byon H-J, et al. A comparative trial of the GlideScope(R) video laryngoscope to direct laryngoscope in children with difficult direct laryngoscopy and an evaluation of the effect of blade size. *Anesthesia and analgesia*. 2013;117(1):176-181. doi:10.1213/ANE.0b013e318292f0bf.
73. Xue FS, Zhang GH, Li P, et al. The clinical observation of difficult laryngoscopy and difficult intubation in infants with cleft lip and palate. *Paediatric anaesthesia*. 2006;16(3):283-289. doi:10.1111/j.1460-9592.2005.01762.x.
74. Abdelgadir IS, Phillips RS, Singh D, Moncreiff MP, Lumsden JL. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for tracheal intubation in children (excluding neonates). *Cochrane Anaesthesia, Critical and Emergency Care Group, ed. Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017;79(12):1366-1367. doi:10.1002/14651858.CD011413.pub2.
75. Mort TC. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesthesia and analgesia*. 2004;99(2):607–13–tableofcontents. doi:10.1213/01.ANE.0000122825.04923.15.

7. Anhang

7.2. Schriftliche Erklärung

Schriftliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Dissertation mit dem Titel

Eine vergleichende prospektive Untersuchung zwischen dem Storz C-MAC[®] Miller 0 und Miller 1 Videolaryngoskop und dem Glidescope Videolaryngoskop bei der Intubation von Kindern unter 10 kg mit erwartet schwierigem Atemweg

in der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie des Klinikums der Goethe – Universität Frankfurt am Main unter Betreuung und Anleitung durch PD Dr. med. Florian Raimann ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe. Darüber hinaus versichere ich, nicht die Hilfe einer kommerziellen Promotionsvermittlung in Anspruch genommen zu haben.

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

Vorliegende Ergebnisse der Arbeit wurden (oder werden) in folgendem Publikationsorgan veröffentlicht:

H. Mutlak, M. Unglaube, M. Klages, W. Rosskopf, C.F. Weber, K. Zacharowski, C. Byhahn
Videolaryngoskopische Intubationsbedingungen bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte – Ein Vergleich zwischen Glidescope[®] GVL und C-MAC[®] mit Miller-Spatel
Anästh Intensivmed 2017;58:132-137

(Ort, Datum)

(Unterschrift)

*) im Falle des Nichtzutreffens entfernen