

Videolaryngoskopie – immer und überall?

Wissenschaftliche Evidenz und aktueller Stellenwert der Videolaryngoskopie in der Anästhesiologie

Zusammenfassung

Im Laufe der letzten zwei Dekaden hat sich die Videolaryngoskopie zur Atemwegssicherung im Fachgebiet der Anästhesiologie etabliert. Aufgrund der unterschiedlichen Spatelkonfigurationen und der Optimierung der Videochip-Technologie ist die Sicht auf laryngeale Strukturen bei Patientinnen und Patienten sowohl mit normalen als auch mit eingeschränkten Laryngoskopiebedingungen im Vergleich zur direkten konventionellen Laryngoskopie verbessert. Weiterhin ist der Erfolg im ersten Intubationsversuch bei Nutzung eines Videolaryngoskops höher als mit der direkten konventionellen Laryngoskopie. Darüber hinaus ermöglicht die Visualisierung der Intubationsanatomie durch ein integriertes oder externes Display die Möglichkeit einer strukturierten Supervision. Trotz dieser Vielzahl an evidenzbasierten Vorteilen wird die Videolaryngoskopie national und international nicht routinemäßig (z. B. bei elektiven Patientinnen und Patienten im Operationssaal) eingesetzt. Daher stellt sich die Frage, ob die Videolaryngoskopie nicht standardisiert bei allen trachealen Intubationen verwendet werden sollte. Andererseits wird deren Anwendung im intensiv- oder notfallmedizinischen Setting mit einer erhöhten Komplikationsrate beschrieben. Viele Fragen zur Nutzung und standardisierten Anwendung der Videolaryngoskopie sind also offen. Die vorliegende Übersichtsarbeit soll das essenzielle Hintergrundwissen rund um die Videolaryngoskopie festigen.

Fortbildung

Medical Education

Video laryngoscopy – always and anywhere? Scientific evidence and current significance of video laryngoscopy in anaesthesiology

M. Kriege¹

► **Zitierweise:** Kriege M: Videolaryngoskopie – immer und überall? Wissenschaftliche Evidenz und aktueller Stellenwert der Videolaryngoskopie in der Anästhesiologie. Anästh Intensivmed 2024;65:300–314. DOI: 10.19224/ai2024.300

und beleuchtet die aktuelle Literatur kritisch bezüglich der Anwendung in den Einsatzgebieten Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin.

Summary

Over the past two decades, video laryngoscopy has become established in various fields of anaesthesiology. Due to the different blade configurations and the optimisation of video chip technology, the view of laryngeal structures in patients with both normal and restricted laryngoscopy conditions is improved compared to direct conventional laryngoscopy. Furthermore, the success in the first intubation attempt is higher when using a video laryngoscope instead of a conventional direct laryngoscope. In addition, the visualisation of the laryngeal anatomy through an integrated or external display enables structured supervision. Despite this large number of evidence-based advantages, video laryngoscopy is not routinely used nationally and internationally (e.g., for elective patients in the operating room). Therefore, the question arises as to whether video laryngoscopy should not be used for all tracheal intubations in a standardised manner. On the other hand, their use in intensive care or emergency medicine settings has been described as being associated with an increased complication rate. Many questions about the use and standardised application of video laryngoscopy therefore remain unanswered. This review intends to consolidate the essential background knowledge about

Zertifizierte Fortbildung

CME online

BDA- und DGAI-Mitglieder müssen sich mit ihren Zugangsdaten aus dem geschlossenen Bereich der BDA- und DGAI-Webseite unter der Domain www.cme-anesthesiologie.de anmelden, um auf das Kursangebot zugreifen zu können.

¹ Klinik für Anästhesiologie, Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. C. Werner)

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Videolaryngoskopie – Schwieriger Atemweg – Endotracheale Intubation – Atemwegsmanagement

Keywords

Video Laryngoscopy – Difficult Airway – Endotracheal Intubation – Airway Management

video laryngoscopy and critically examines the current literature with regard to its application in the fields of anaesthesia, intensive care medicine and emergency medicine.

Einleitung

Die **endotracheale Intubation** stellt sowohl prä- als auch innerklinisch den **Goldstandard zur Sicherung der Atemwege** dar. Ist die direkte Sicht auf die laryngealen Strukturen unzureichend oder gar unmöglich, wird in den meisten Fällen

- durch vermehrten Kraftaufwand mit dem Laryngoskopspatel auf den Zungengrund,
- durch extra-laryngeale Manipulationen (z. B. das BURP-Manöver: backward, upward and rightward pressure) oder
- durch den Einsatz eines Führungsstabes

eine verbesserte Bedingung für die Atemwegssicherung erzielt. Mehrfache Versuche, den Atemweg zu sichern, gehen mit einer **erhöhten Rate an schweren Komplikationen** (z. B. Hypoxämie) einher [1,2]. Nach Fehlschlägen dieser Maßnahmen folgen alternative Instrumente und Methoden, die zur optischen Verbesserung der Sichtverhältnisse führen oder eine zeitkritische Episode mit Hypoxämie und Hyperkapnie durch Sicherstellung der Ventilation überbrücken [3–6].

In den letzten zwei Dekaden konnten durch die Entwicklung der **Videochip-Technologie** neue Verfahren zur indirekten Laryngoskopie und flexiblen Intubationsendoskopie etabliert werden, sowie – durch optimierte Materialbeschaffenheit von supraglottischen Atemwegshilfen der zweiten Generation – die Atemwegssicherung im präklinischen und klinischen Kontext verbessert werden. Neben dem technologischen Fortschritt hat sich auch das Bewusstsein für die Bedeutung einer qualitativ hochwertigen Ausbildung im Atemwegsmanagement sowie für Algorithmen beim erwartet sowie unerwartet schwierigen Atemweg verändert [7]. Die Herausforderung, eine

geeignete Technik zur Atemwegssicherung zu finden, besteht in der Abwägung der Balance zwischen Patientensicherheit und -komfort mit Reduzierung der Atemwegsmorbidität unter Berücksichtigung von ökonomischen Aspekten [8].

Technische Besonderheiten der Videolaryngoskopie

Die Vielfalt an Videolaryngoskopen (VL) erweitert sich stetig dank des technischen Fortschritts durch eine verbesserte Kamerachip- bzw. Lichttechnologie und Miniaturisierung der dazu gehörigen Monitore.

Primär sind nicht das VL per se oder die Modelle eines bestimmten Herstellers entscheidend, sondern die Konfiguration des VL-Spatels.

Zum systematischen Verständnis sind daher Kenntnisse um die Spatarten des VL essenziell. Diese einzelnen Systeme können in

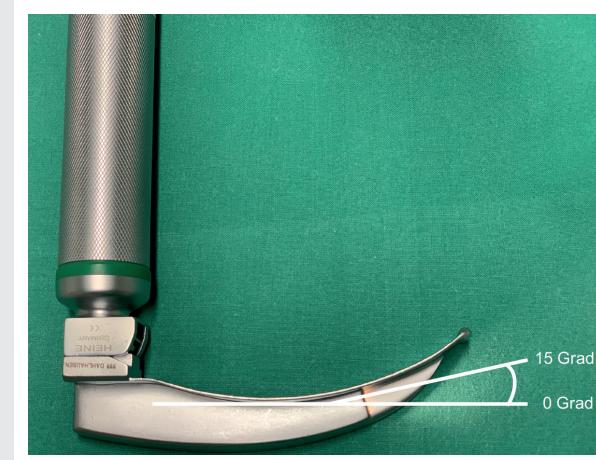
- VL mit integriertem bzw. externem Monitor,
- VL mit bzw. ohne Führungsschiene oder
- VL mit Macintosh- bzw. Miller-ähnlichem oder aber hyperanguliertem Spatel

unterteilt werden. Im Gegensatz zur konventionellen direkten Laryngoskopie

(DL) mit unmittelbarer Sicht auf die Glottis kann die Videolaryngoskopie durch eine kehlkopfnahe Positionierung, insbesondere nach ventral, den Blickwinkel auf die Glottis erweitern. Der Blickwinkel ist bei der DL mit nur 15° limitiert (Abb. 1).

Das Einführen des VL-Spatels erfolgt, im Gegensatz zur DL, über die **Mittellinie** in die Mundhöhle und ein Verschieben der Zunge nach lateral ist nicht erforderlich. Je nach Spatelart und anatomischen Gegebenheiten kann der Spatel auch von lateral, ohne die Zunge zu verdrängen, inseriert werden. Zur Orientierung dient die Identifizierung der Uvula, um sicherzustellen, dass die Führung des Spatels entlang der Mittellinie erfolgt. **Macintosh-ähnliche VL-Spatel** erlauben eine direkte Laryngoskopie unter Berücksichtigung der oro-pharyngo-laryngealen Achse sowie eine indirekte Laryngoskopie. Sie können analog der konventionellen Laryngoskopie innerhalb der Vallecula positioniert werden. Das Aufladen der Epiglottis stellt hierbei eine effizientere Maßnahme dar als bei der DL, bedingt durch die kurze optische Achse [9,10]. Dagegen erfolgt die Laryngoskopie mit **hyperangulierten oder mehr gekrümmten Spatel-Systemen** mit Positionierung der Spatelspitze in der Nähe der Vallecula ohne Ausrichtung der oro-pharyngo-laryngealen Achse (obligate indirekte Laryngoskopie). Die hyperangulierte Konfiguration des Spatels

Abbildung 1



Darstellung des Blickwinkels mit der DL (Abb. des Autors).

ermöglicht ein forciertes Anheben der Epiglottis mit verbesserter Visualisierung der Glottis. In mehreren Studien konnte bei Anwendung von hyperangulierten Spateln eine verbesserte Visualisierung der laryngealen Strukturen und eine verminderte Kraftübertragung auf Zunge und Zungengrund (9 N/9,18 kg) im Vergleich zur DL (20 N/20,4 kg) aufgezeigt werden [11,12]. Es sollte versucht werden, die Epiglottis zu identifizieren, um so die korrekte Lage der Spatelspitze außerhalb der Glottis zu gewährleisten. Die Einschränkung der Sichtverhältnisse durch die Schonung der oberen Schnei-

dezähne entfällt bei der indirekten Laryngoskopie (Abflachung der hinteren Kante am Laryngoskopspatel; Abb. 2). Hierdurch ergeben sich mögliche Vorteile bei der Atemwegssicherung von Patientinnen und Patienten mit limitierter Kopfreklination und Mikro- bzw. Retrognathie. Somit kann auch bei einer schwierigen Intubation (Cormack-Lehane(C&L)-Grad \geq III) eine bessere Visualisierung der Glottis erzielt werden [13]. Allerdings kann trotz verbesserter Sicht die endotracheale Platzierung des Endotrachealtubus (ETT) erschwert sein [14]. Möglicher Grund hierfür kann

ein erschwertes Vorschieben des ETT über die Zunge bei Platzierung des Laryngoskopspatels in der Mittellinie sein. Darüber hinaus ist durch den vergrößerten Blickwinkel auf die Glottis bzw. aufgrund der hyperangulierten Spatelform eine regelhafte Tubusführung erschwert oder nicht möglich. Daher sollte eine Modellierung des ETT analog der hyperangulierten Spatelform mit Hilfe eines Führungsstabes erfolgen (so genannte „Hockey Stick“-Form mit 90°-Biegung am distalen Ende) [15]. Dadurch wird eine verbesserte Führung des ETT zur Glottisebene gewährleistet und eine Malpositionierung dorsal der Aryknorpel verhindert (Abb. 3).

Die weiteren technischen Besonderheiten der VL richten sich nach individuellen Komponenten der jeweiligen Systeme. So befindet sich am Ende des VL-Handgriffes entweder eine batteriebetriebene Lichtquelle, die mehr Mobilität bietet, oder es ist eine optische Kabelverbindung zu einer externen Lichtquelle erforderlich. Die eigentlichen Kameras bestehen entweder aus einem so genannten CCD (Charged Coupled Device)- oder einem CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)-Chip. Dabei wird die Lichtenergie in Form von Photonen in elektrische Ladung umgewandelt. Die jeweiligen Chips bestehen aus einer Matrix mit sehr lichtempfindlichen Zellen (Pixel). Moderne Kamerachips erzeugen ein Weitwinkelbild und eine höhere Auflösung des übertragenen Bildes im Vergleich zu älteren Modellen, die ein engeres Sichtfeld und weniger optische Details aufweisen. Physikalische Einflüsse wie Aspirat, Sekrete oder Blut können am Kamerachip zum Beschlag führen und die Bildqualität entsprechend dem Medium (Blut vs. Aspirat) und der Temperaturdifferenz beeinträchtigen [16]. In einer Studie wurde der Einfluss des Sonnenlichtes und der Außen temperatur auf die Atemwegssicherung in einem Mannequin-basierten Versuchsaufbau untersucht [17]. Hier zeigte sich für die VL unter Einwirkung von Sonnenlicht auf das Display eine reduzierte Intubationserfolgsrate und eine verlängerte Intubationszeit im Vergleich zur DL.

Abbildung 2



ETT ohne Führungsstab (links) bei Verwendung eines hyperangulierten VL-Spatels (GlideScope® LoPro T3). Durch den modellierten ETT mit Führungsstab (rechts) ist eine physiologische Führung analog des hyperangulierten Spatels möglich (Abb. des Autors).

Abbildung 3



Modellierter ETT mit Führungsstab in „Hockey Stick“-Form mit 90°-Vorbiegung am distalen Ende (Abb. des Autors).

Die VL-Systeme unterscheiden sich nicht nur in der Spatelkonfiguration, sondern auch noch in der Spatelform. Diese beträgt beispielsweise 10,8 mm bei Modell LoPro T3® (Fa. Verathon, Inc., Bothell, WA, USA), 14 mm beim Macintosh-Spatel des C-MAC® (Fa. Karl Storz SE & Co. KG, Tuttlingen) bzw. 13 mm beim D-Blade (nach Prof. Dr. med. Volker Dörge) des letztgenannten Systems. In diesem Kontext ist die spezifische Spatelform bei eingeschränkter Mundöffnung relevant [18]. So konnte

in einer Studie gezeigt werden, dass VL mit einer breiteren Spatelform von >20 mm (APA®, Fa. Venner Medical (Deutschland) GmbH, Dänischenhagen) bei einer Mundöffnung von <30 mm eine geringere Intubationserfolgsrate aufgrund schlechterer Sichtverhältnisse auf die Glottis aufzeigten [18]. Zu allem ändert sich bei vielen VL anhand der Spatelform der Blickwinkel durch eine vermehrte ventrale Krümmung. Exemplarisch erhöht sich der Krümmungswinkel der distalen Spitze von 18° auf

30° bei den C-MAC®-Spatelgrößen #3 zu #4 (Abb. 4) und der damit verbundene Blickwinkel erhöht sich von 30° auf 42° bei der indirekten Laryngoskopie. Der hyperangulierte D-Blade-Spatel zeigt einen Krümmungswinkel von 40° und einen Blickwinkel von 80° bei obligater indirekter Laryngoskopie (Abb. 5).

Sehen heißt glauben: Welche Wege sind zum erfolgreichen Einsatz der Videolaryngoskopie notwendig?

Hintergrund

Im Jahr 2011 wurde der vielzitierte Report des 4th National Audit Project (NAP4) des britischen Royal College of Anaesthetists publiziert. Die Autoren schlussfolgerten, dass

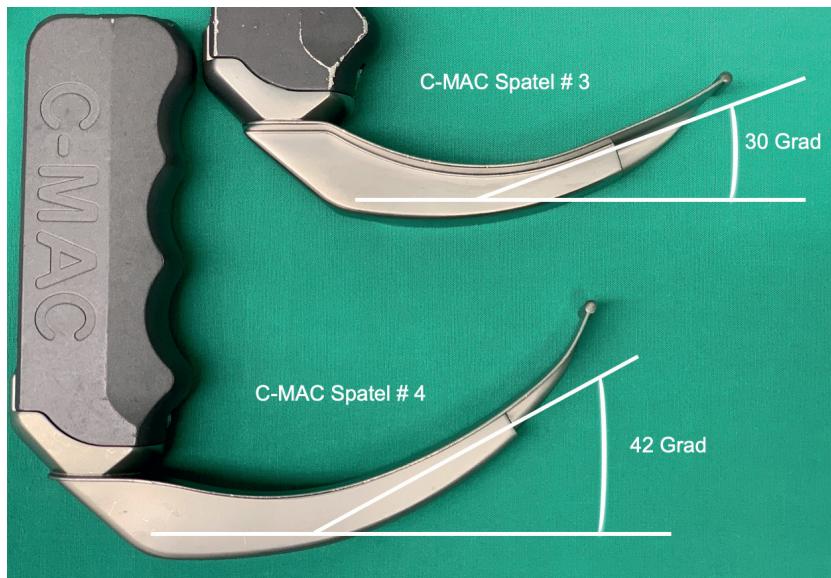
- mangelnde Vorhaltung von Instrumenten,
- eine unzureichende Evaluation der Atemwege und
- eine ungenügende Ausbildung

zu den **Hauptursachen für Komplikationen im Atemwegsmanagement** zählen [19]. Im Folgenden wird nun auf die einzelnen Komponenten näher eingegangen.

Vorhaltung

In einer Online-Umfrage aus dem Jahr 2010 wurden 629 Personen kontaktiert. 332 Personen nahmen an der Umfrage teil (Rücklaufquote 52,8 %) und gaben eine Vorhaltung der Videolaryngoskopie im klinischen Bereich von bis zu 13,3 % an [20]. Eine weitere, aktuellere Befragung ergab, dass VL in 91 % der deutschen Kliniken vorgehalten werden (10.982 kontaktierte Personen, Rücklaufquote 17 %) [21]. Hierbei halten 81 % der Befragten ein VL mit hyperangulierte Spateln vor. In diesem Zusammenhang wird die Diskussion über die Vorhaltung von VL mit **Mehrwegspateln** oder aber mit **Einmalspateln** aktuell lebhaft geführt: Mehrwegspateln sind zweifelsohne kostenintensiver in der initialen Beschaffung, müssen nach einem standardisierten Desinfektionsprotokoll (gemäß Vorgaben der lokalen

Abbildung 4



Änderung des Blickwinkels am Beispiel von unterschiedlichen C-MAC®-Spateln (Abb. des Autors).

Abbildung 5



Änderung des Blickwinkels am Beispiel des C-MAC® D-Blade-Spatels (Abb. des Autors).

Hygienebestimmung und des Robert Koch-Institutes für semikritische Medizinprodukte der Gruppe A sowie Empfehlungen des Center for Disease Control and Prevention (CDC) bzw. des Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HIPAC) des US Department of Health and Human Services) aufbereitet werden und sind dadurch in vielen Kliniken oft nicht rund um die Uhr in allen Bereichen verfügbar. Demgegenüber steht ein weltweit besorgniserregender Trend zu Einwegmaterialien. Einmalspateln haben im Vergleich zu Mehrwegspateln nicht nur deutlich negative Auswirkungen auf die Umwelt, sie erzielen zudem auch nicht die beabsichtigte Kostensenkung [22] und weisen experimentell bei einer extrem erhöhten Kraftübertragung (350 N/357 kg) Materialbrüche auf [23]. Weiterhin können in Krisensituationen (z. B. durch eine Pandemie oder durch militärische bzw. terroristische Konflikte) Lieferengpässe entstehen, die potenziell zu einem Mangel an Einmalspateln führen. Daher ist nach Meinung des Autors eine vorausschauende und individuelle Vorhaltung von VL essenziell, die den Bedarf der eigenen Klinik oder anästhesiologischen Niederlassung abbildet; insgesamt sollten jedoch Mehrwegspateln bevorzugt verwendet und VL mit Einmalspateln als Reserve berücksichtigt werden.

Atemwegsevaluation

Die Wahrscheinlichkeit, bei der präoperativen Evaluation der Atemwege eine schwierige Videolaryngoskopie vorherzusagen, steigt proportional zur Anzahl der anatomischen Prädiktoren. Derzeit gibt es jedoch nur wenige veröffentlichte Studien, die sich mit dieser Thematik befassen [24]. In der aktuellen Leitlinie der Canadian Airway Focus Group werden erstmals auch physiologische Veränderungen (z. B. respiratorische Insuffizienz, kardiovaskuläre Beeinträchtigung) und das klinische Umfeld in die Entscheidungsfindung für die Anwendung einer Atemwegstechnik mit einbezogen [4,25]. Tabelle 1 zeigt die bisher beschriebenen Prädiktoren für eine erwartet schwierige oder unmögliche Videolaryngoskopie auf.

Tabelle 1

Prädiktoren für eine erwartet schwierige Videolaryngoskopie [24,26–29].

- pathologische Halsanatomie (z. B. Radiatio, kurzer/breiter Hals)
- Mundöffnung <3 cm
- große Zunge
- Upper Lip Bite Test Grad III (limitierte mandibuläre Protrusion)
- Cormack-Lehane-Klassifikation ≥ 3 unter direkter Videolaryngoskopie
- antizipierbare Beeinträchtigung der Sichtverhältnisse durch Blutung oder Regurgitation
- thyromentaler Abstand <6 cm
- Halsreklation unter 35°
- unerfahrener Anwender
- Art des chirurgischen Eingriffs (Kardiochirurgie, Hals-Nasen-Ohrenheilkunde)
- Art der Kopfpositionierung (Schnüffelposition vs. Neutralpositionierung)

Um die laryngealen Strukturen zu quantifizieren, werden häufig die **C&L-Klassifikation** und ihre Modifikation durch Yentis und Cook sowie die **prozentuale Glottisöffnung** (Percentage Of Glottic Opening, POGO) verwendet [30–33]. Die Klassifikationen wurden jedoch für die DL durch die direkte Sicht auf die laryngealen Strukturen evaluiert und könnten daher für die Videolaryngoskopie ungeeignet sein [34,35]. Einige Autoren haben hierzu unter Einbezie-

hung verschiedener periinterventioneller Variablen Scoring-Systeme wie z. B. den **Fremantle-Score** (Tab. 2) zur Prädiktion einer erwartet schwierigen Videolaryngoskopie publiziert [36–38]. So zeigte der Fremantle-Score und die Beurteilung der POGO eine höhere Beobachterübereinstimmung gegenüber der Klassifikation nach Cormack und Lehane auf [38]. Hinzu kommt, dass der Fremantle-Score die Insertion des ETT und den verwendeten VL-Spatel mitberücksichtigt. Diese sind jedoch in größeren Studien nicht validiert. In der kürzlich publizierten Studie von Kohse et al. wurde eine detailliertere Klassifizierung der laryngealen Strukturen (Epiglottis, Glottisebene und Aryknorpel) unter Videolaryngoskopie mit Macintosh-ähnlichem und hyperanguliertem VL-Spatel beschrieben [39]. Der so genannte VIDIAC(videolaryngoscopic intubation and difficult airway classification)-Score (Abb. 6) zeigte in dieser Studie eine verbesserte Diskriminierung der Sichtverhältnisse auf die laryngealen Strukturen als die klassische C&L-Klassifikation [39]. Der so genannte VIDIAC-Score (Videolaryngoscopic Intubation and Difficult Airway Classification; Abb. 6) beinhaltet in dieser Studie eine vereinfachte Unterteilung der Sichtverhältnisse auf die laryngealen Strukturen und zeigt eine gegenüber der klassischen C&L-Klassifikation verbesserte Diskriminierung des

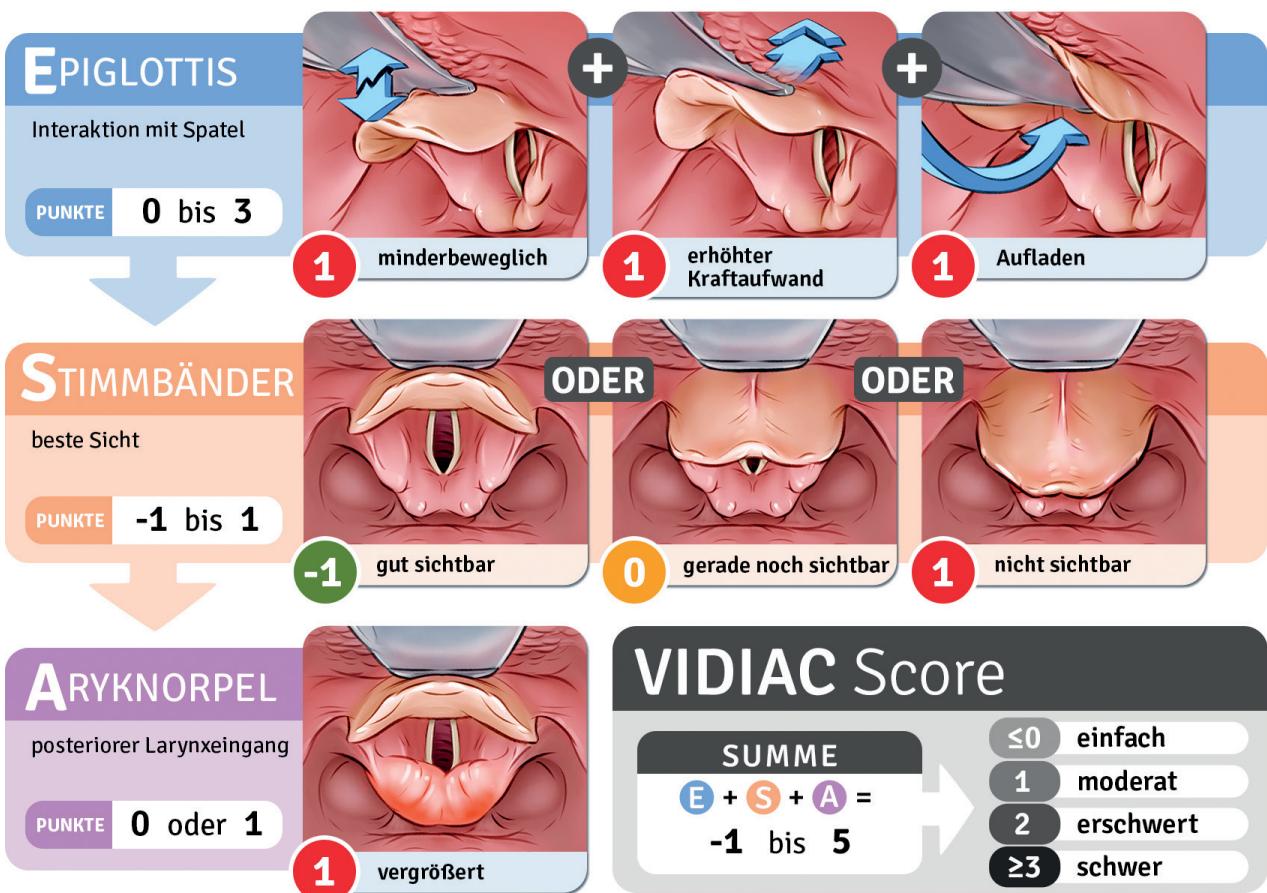
Tabelle 2

Variablen des Fremantle-Scores [38].

Variable		
Visualisierung der laryngealen Strukturen	Komplette (Full) Sicht	
	Partielle (Partial) Sicht	
	Keine (None) Sicht	
Insertion des ETT	1 – einfach 2 – erschwert 3 – nicht möglich	
Verwendetes Instrument	Typ des VL-Systems und verwendete Spatelform	



Abbildung 6



VIDIAC-Score [39]. VIDIAC-Score (Abbildung Rasmus Borkamp, mit freundlicher Genehmigung Priv.-Doz. Dr. M. Petzoldt und des Verlags John Wiley and Sons; aus [39]).

Schwierigkeitsgrades einer videolaryngoskopischen Intubation, welche eine valide Graduierung (einfach, moderat, erschwert, schwer) ermöglicht [39]. Der VIDIAC-Score besteht aus:

- E (Epiglottis) = Interaktion zwischen der Spatelspitze und der Epiglottis,
- S (Stimmbänder) = beste Sicht auf die Stimmbänder von der Kamera im VL-Spatel und
- A (Aryknorpel) = Erweiterung des hinteren Larynxeingangs.

Bei einer schwierigen Atemwegssicherung mittels Videolaryngoskopie, bedingt durch limitierte Sichtverhältnisse oder eine schwierige Insertion des ETT, ist das Wissen um eine detaillierte Beschreibung oder Dokumentation der aufgetretenen Probleme oft unzureichend.

Dies erschwert bei zukünftigen Atemwegssicherungen eine vorausschauende Planung und Durchführung. Daher sind folgende **Mindestanforderungen an eine Dokumentation nach einer Videolaryngoskopie** zu stellen:

- Angabe der bestmöglich einstellbaren Sicht auf die Glottis gemäß C&L-Klassifikation bzw. gemäß den Modifikationen nach Yentis bzw. Cook (Festlegung nach Klinikstandard)
- Art des verwendeten VL-Spatels (ggf. Größe des Macintosh-/Miller-Spatels und Hersteller)
- Angabe direkte oder indirekte Laryngoskopie bei Miller- oder Macintosh-ähnlichen Spateln (idealerweise Dokumentation der

Visualisierung der Glottis unter beiden Techniken zum Vergleich)

- Anzahl der Intubationsversuche
- Angabe zu fehlgeschlagenen Versuchen (z. B. Beschlag des Videochips, unzureichende laryngeale Visualisierung)

Ausbildung

Ein klarer Vorteil der Videolaryngoskopie stellt die **Darstellung der Sichtverhältnisse auf einem Monitor** dar, so dass eine **strukturierte Supervision** durch erfahrene Anästhesistinnen und Anästhesisten stattfinden kann oder Schwierigkeiten bei der Videolaryngoskopie frühzeitig erkannt und behoben werden können. Um diese Technik zur Sicherung des Atemwegs mit einer hohen

Erfolgsrate im ersten Intubationsversuch (first-pass intubation success, FPS) sicher anwenden und verschiedene Schwierigkeiten im Rahmen der Videolaryngoskopie (z. B. erschwerete Insertion des ETT über die Glottisebene) beherrschen zu können, ist eine strukturierte Ausbildung unabdingbar. Die neue kompetenzbasierte Musterweiterbildungsordnung für Ärztinnen und Ärzte aus dem Jahr 2018 (MWBO 2018) enthält demzufolge eine geforderte Richtzahl von 20 Videolaryngoskopien.

In mehreren Studien wurde im Vergleich zur DL eine steilere Lernkurve bei Verwendung der Videolaryngoskopie beobachtet [40,41]. So stieg bei Ärztinnen und Ärzten im dritten Weiterbildungsjahr der FPS bei Verwendung eines VL stärker an (von 74 % auf 90 %) als bei der Durchführung der DL (von 70 % auf 73 %) [42]. Limitation der Studienergebnisse waren unter anderem die fehlende zeitliche Limitierung des Intubationsversuches.

Klinische Anwendungszahlen variieren in der Literatur zwischen 20 bis 76 Intubationen mittels VL, um einen FPS von 83–93 % zu erreichen [43,44]. Somit decken sich die in der MWBO 2018 geforderten Zahlen nur zu einem Teil mit der aktuellen Literatur. Es ist hier zu bedenken, dass alleinige Übungen am Atemwegsphantom nicht ausreichend sind, um eine angemessene Expertise in der Videolaryngoskopie zu erhalten und um z. B. erschwerete laryngeale Sichtverhältnisse durch Blut oder Magensaft oder Schwierigkeiten bei der ETT-Insertion über die Glottisebene kompetent zu beherrschen. Daher sollte in jeder Klinik regelmäßig unter Supervision die Videolaryngoskopie an Patientinnen und Patienten geschult und ein strukturiertes Curriculum zum Erlernen von verschiedenen Atemwegstechniken vorgehalten werden. Unklar ist jedoch, mit welcher Laryngoskopietechnik (direkte versus indirekte Laryngoskopie) unerfahrene Weiterbildungsassistentinnen und -assistenten in der Anästhesiologie die endotracheale Intubation erlernen sollen. Hierzu werden die Daten der Teach-Intubation-Studie (Clinical Trials.gov NCT05145556) mit Spannung erwartet,

die unerfahrene anästhesiologische Weiterbildungsassistentinnen und -assistenten im Cross-over-Design bzgl. der Lernkurven in der Videolaryngoskopie und DL randomisiert untersucht.

Evidenzbasierte Anwendung der Videolaryngoskopie in Anästhesie, Intensiv- und Notfallmedizin

Welcher klinische Outcome-Parameter ist relevant?

In einem kürzlich publizierten Cochrane-Review wurden Outcome-Parameter in **klinisch relevante** und in **kritische/lebensbedrohliche** kategorisiert (45).

Zu den **klinisch relevanten Endpunkten** zählen:

- Intubationserfolg im ersten Versuch (FPS)
- Gesamtanzahl der Intubationsversuche
- Zeit bis zur ersten Ventilation (gesamte Intubationszeit bis zum Anstieg der endtidalen Kapnographie-Flowkurve)
- Sicht auf die Glottis (nach Cormack und Lehane bzw. POGO)
- Intubation Difficulty Score (Beschreibung des Intubationsvorganges)
- Periprozedurale Komplikationen (Zahn-/Weichteilschäden oder postoperative Heiserkeit)
- 30-Tage-Letalität

Weiterhin wurden **kritische/lebensbedrohliche** Endpunkte definiert:

- fehlgeschlagene endotracheale Intubation (≥ 3 Intubationsversuche oder Wechsel der Atemwegstechnik bzw. des Instruments)
- Hypoxämie ($\text{SpO}_2 < 94\%$)
- ösophageale Intubation

In zwei systematischen Reviews wurden Publikationen jeweils über einen Zeitraum von 10 Jahren hinsichtlich der verwendeten primären Endpunkte untersucht [46,47]. Hier zeigte sich, dass der FPS in 27,4 % und die Intubationszeit in 22,7 % der Studien als primärer Endpunkt verwendet wurde [47]. In dem 2022 veröffentlichten Cochrane-Review wurde der FPS hingegen in 62 % der

hier eingeschlossenen Studien als primärer Endpunkt verwendet [45]. Verglichen mit anderen Endpunkten (z. B. Intubationszeit oder Visualisierung der Glottis) geht der FPS mit einer **hohen Patientensicherheit** einher, zumal multiple Intubationsversuche die periprozedurale Komplikationsrate erwiesenermaßen erhöhen [1,2]. Jedoch sollte kritisch angemerkt werden, dass der FPS zeitlich limitiert (Intubationsversuch <120 Sekunden) und klar definiert sein muss [45,48]. So wurde zwar in verschiedenen Studien der FPS als primärer Endpunkt verwendet, aber der Intubationsversuch zeitlich nicht limitiert [49] oder erst bei einem Sättigungsabfall als fehlgeschlagen deklariert [45–47].

Videolaryngoskopie bei jedem elektiven Eingriff im Operationsaal?

Die Frage, ob die Videolaryngoskopie bei jedem elektiven Eingriff in Intubationsnarkose zur Anwendung kommen soll, wird schon seit Langem lebhaft diskutiert und konnte auf Basis der aktuellen Studienlage bislang nicht eindeutig beantwortet werden.

Deutschlandweit erfolgt bei elektiven Patientinnen und Patienten im Operationssaal ohne Anhalt für einen schwierigen Atemweg primär die Atemwegssicherung mittels DL. Laut Studienlage variiert der FPS in dieser Kohorte bei Anwendung der DL zwischen 44 und 87 % [45,48,50–52]. Nationale und internationale Leitlinien heben die **Limitierung der Intubationsversuche zur Reduktion der Atemwegsmorbidität** hervor [3–6]. Eine klare Empfehlung für den Einsatz der Videolaryngoskopie für elektive Patientinnen und Patienten im OP zur Reduktion multipler Intubationsversuche wurde allerdings bis Ende 2022 von keiner Leitlinie ausgesprochen. Daher bestand bis vor Kurzem Unklarheit über die routinemäßige Anwendung der Videolaryngoskopie im operativen Bereich, auch aufgrund der hohen Heterogenität der diesbezüglichen Studienresultate mit niedrig bis moderater Evidenz [50,53,54]. Eine Vielzahl der Untersuchungen zu diesem Themenkomplex zeigen methodische Schwächen (z. B.

Vergleich von verschiedenen Spatelarten oder unterschiedliche Dringlichkeiten bei der Intubation [45,50]), weisen statistische Limitationen auf (z. B. zu geringe Fallzahlen [45,48,51]) oder sind durch restriktive Einschlusskriterien charakterisiert (z. B. Einschluss von ausschließlich erfahrenen Anwenderinnen und Anwendern [52,54] oder Patientinnen bzw. Patienten mit erwartet schwierigem Atemweg [48,51,52]). All dies erschwert eine Übertragung der Studienresultate auf die anästhesiologische Praxis in Deutschland.

In der kürzlich erschienenen multizentrischen, prospektiven und randomisierten EMMA (Evaluation of the McGrath MAC and Macintosh Laryngoscope for tracheal intubation)-Studie wurde ein VL mit Macintosh-ähnlichem Spatel mit der DL bei 2092 elektiven chirurgischen Patientinnen und Patienten ohne Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg untersucht [55]. Die Autoren konnten einen **signifikant höheren FPS bei Verwendung der Videolaryngoskopie** (94 %) im Vergleich zur DL (82 %) beobachten. Zu alledem wurde ein C&L-Grad ≥ 3 bei Verwendung der DL (8 %) mehr als zehnmal häufiger dokumentiert als bei der Videolaryngoskopie (0,7 %).

Die EMMA-Studie zeigt erstmalig einen klaren Vorteil der Videolaryngoskopie im operativen Setting bei elektiven trachealen Intubationen ohne Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg auf [56].

Die **Komplikationsraten** bei Verwendung eines VL bei elektiven chirurgischen Patientinnen und Patienten sind im Vergleich zur DL im Hinblick auf Zahnschäden (0,09 % vs. 0,19 %) bzw. Verletzungen von Weichteilen wie Lippe oder Gaumenstrukturen (1,3 % vs. 2,2 %) geringer [27,55]. Es konnte in diesem Zusammenhang gezeigt werden, dass die Inzidenz an Atemwegskomplikationen ansteigt, wenn ≥ 2 Intubationsversuche erforderlich waren [27,55].

Die aktuelle **S1-Leitlinie Atemwegsmanagement** gibt als weltweit erste Leitlinie folgende Empfehlung: „Bei erwartet

schwieriger direkter Laryngoskopie und bei Notfallpatienten sollte einem Videolaryngoskop gegenüber der direkten Laryngoskopie primär der Vorzug gegeben werden. Aufgrund des hohen Intubationserfolges im ersten Versuch kann ein Videolaryngoskop mit Macintosh-Spatel in der Anästhesie primär zum Einsatz kommen [3].“

Videolaryngoskopie bei speziellen Indikationen im OP

Schildrüsenchirurgie

In einer monozentrischen Studie konnte der Einfluss der Videolaryngoskopie auf die korrekte Platzierung des so genannten EMG(Elektromyographie)-Tubus und damit die Signalqualität des intraoperativen Neuromonitorings in der Schildrüsenchirurgie belegt werden [57]. Neben einem im Vergleich zur DL höheren FPS wurden durch die Videolaryngoskopie dreimal weniger insuffiziente EMG-Signale $<500 \mu\text{V}$ (9 % vs. 27 %) beobachtet. Hierdurch war eine intraoperative Neupositionierung des Tubus zur Verbesserung des EMG-Signales seltener erforderlich. Interessanterweise war in der DL-Gruppe die Inzidenz an Intubationsgranulomen mit länger andauernder Heiserkeit signifikant höher als in der VL-Gruppe (47 % vs. 25 %).

Rapid Sequence Induction and Intubation

Der Einsatz der Videolaryngoskopie wird bei der Rapid Sequence Induction and Intubation (RSII) im operativen Bereich bisher nicht flächendeckend empfohlen. Zahlreiche Studien haben die Videolaryngoskopie in Notaufnahmen oder im Schockraum [55,56] mit der DL verglichen.

Die Technik der RSII verfolgt als Hauptziel, die Zeit nach Induktion der Anästhesie und der finalen Atemwegssicherung so kurz wie möglich zu halten, um eine pulmonale Aspiration von saurem Magensaft zu vermeiden.

Im Hinblick auf die tracheale Intubation sollten alle Maßnahmen (z. B. La-

gerung, Absaugbereitschaft, Vorhaltung von anästhesiologischer Expertise, Wahl des Laryngoskops usw.) zur Optimierung des FPS umgesetzt werden. Die Evidenz zum Stellenwert der Videolaryngoskopie bei der RSII im Operationssaal bleibt aufgrund nicht vorhandener Daten (RSII-Patientinnen und -Patienten werden von vielen Atemwegsstudien ausgeschlossen) bisher aus [45,50,53,54].

In zwei Studien konnte kein Letalitätsunterschied [59] oder höherer FPS [58] zwischen den Patientinnen und Patienten festgestellt werden, die mit einem VL (GlideScope®, Fa. Verathon, Inc., Bothell, USA, bzw. C-MAC®, Karl Storz SE & Co. KG, Tuttlingen) oder mit der DL im Schockraum intubiert wurden. Kritisch anzumerken ist, dass in einer der Studien die Atemwegssicherung nur durch erfahrene Anästhesistinnen und Anästhesisten erfolgte [59]. Dagegen wurde in einer retrospektiven Subgruppenanalyse aus den USA eine erhöhte Letalität bei Patientinnen und Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma beobachtet, die mit dem VL und nicht mittels DL intubiert wurden (30 % vs. 14 %) [60]. Die Autoren begründen diesen Unterschied mit einer prolongierten Intubationszeit (Median 56 Sekunden) und einer höheren Inzidenz von schweren Hypoxämien (definiert als SpO_2 -Abfall $<80\%$) in der VL-Gruppe [60]. Kritisch muss allerdings angemerkt werden, dass die Patientinnen und Patienten beider Gruppen bei schwerem Schädel-Hirn-Trauma mit einer Hypoxämie (SpO_2 84–86 %), bewusstseinsgetrübt (Glasgow Coma Scale <8) und ohne gesicherten Atemweg den Schockraum erreichten. Diese Daten zeigen einerseits einmal mehr die grundlegenden Unterschiede zwischen dem US-amerikanischen und dem bundesdeutschen Rettungsdienstsystem auf und unterstreichen andererseits, dass eine verlängerte Intubationszeit mit Hypoxämie bei schwerem Schädel-Hirn-Trauma die Letalität erhöht.

In einer kürzlich publizierten multizentrischen, kontrollierten Studie mit 1.000 Patientinnen und Patienten wurde erstmalig die Videolaryngoskopie (primär mit Macintosh-ähnlichem Spatel) mit

der DL zur RSII bei einem heterogenen Anwenderkollektiv im Operationssaal untersucht [61]. Hier zeigte sich ein FPS von 94 % in der VL-Gruppe, verglichen mit 71 % in der DL-Gruppe. Weiterhin kam es in der DL-Gruppe in 12,2 % zu schweren Komplikationen (z. B. Aspiration), verglichen mit 2,6 % in der VL-Gruppe (keine dokumentierte Aspiration). Die Daten zeigen eine klare Evidenz und den Vorteil des Einsatzes eines VL zur RSII im Operationssaal bei elektronen und dringenden chirurgischen Eingriffen auf. Die kürzlich erschienene PUMA-Leitlinie (Project for Universal Management of Airways) stellt in diesem Kontext ein Konsensuspapier von verschiedenen Atemwegsgesellschaften zur Vermeidung einer unerkannten ösophagealen Intubation dar [62]. Hier wird die routinemäßige Nutzung eines VL ohne Angabe einer präferierten Spatelart empfohlen.

Videolaryngoskopie bei erwartet schwierigem Atemweg

Die Inzidenz der schwierigen trachealen Intubation wird aktuell im operativen Setting mit 1,9–10 % angegeben [63–65]. Die Letalitätsrate während des Atemwegsmanagements wird zwischen 0,002 und 0,07 % (1:50.000–1:400) beschrieben [66,67]. Die **tracheale Intubation bei wachen und spontan atmenden Patientinnen und Patienten** erlaubt eine weitgehend sichere Atemwegssicherung vor der Narkoseinduktion. Dadurch können potenzielle Risiken (z. B. Hypoxämie) bei erwartet schwierigem Atemweg vermieden werden [67]. Da unter Spontanatmung der Muskeltonus der Atemwege erhalten bleibt, sind Folgen einer mangelnden Atemwegskontrolle mit Verlegung der Atemwege bis hin zur Apnoe vermeidbar [68–71]. Historisch stellt die **fiberoptische Intubation (FOI)** seit ihrer ersten klinischen Anwendung 1967 mit einer beschriebenen Erfolgsrate von 88 bis 100 % weltweit eine etablierte Technik zur Atemwegssicherung in der Anästhesiologie dar [72]. Jedoch hat die Implementierung alternativer Instrumente zur Atemwegssicherung – wie supraglottische Atemwegshilfen und die indirekte Videolaryngoskopie –

das Atemwegsmanagement verändert und zum Rückgang der FOI-Anwendungen geführt [72]. Klinische Anwendungszahlen variieren in der Literatur zwischen 68 und 76 % bei im Vorfeld identifiziertem erwartet schwierigen Atemweg [19,20,73]. Hierzu wurde in einer retrospektiven Studie über 12 Jahre ein Rückgang der FOI-Anwendungen beim erwartet schwierigen Atemweg von 5 % auf 2 %, gemessen an 317.509 Atemwegssicherungen, beschrieben [72,73].

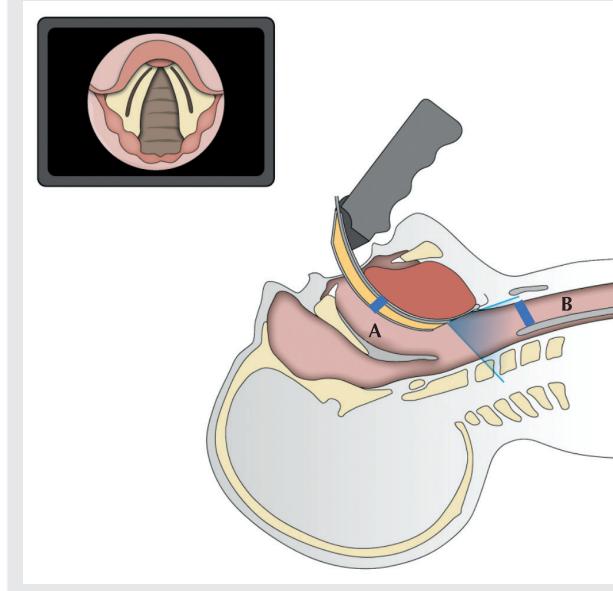
Die wache Videolaryngoskopie mit einer ausreichenden topischen Anästhesie der Leitstrukturen (Zungengrund – Glottis – Trachea) stellt eine geeignete Alternative zur FOI dar.

Sie zeigt bei einer sorgfältigen Auswahl des Patientenkollektives eine vergleichbare Erfolgsrate sowie eine vergleichbare Zeit bis zur ersten Ventilation bei einer hohen Akzeptanz durch die Patientinnen und Patienten [74–77]. Methodisch wird zum Einführen des VL (bedingt durch die Spatelhöhe) mit einem hyperangulierten Spatel eine Mundöffnung von mindestens 15–20 mm benötigt [14,74]. Neben der erschwerten Insertion des VL-Spatels kann auch die Manipulation der Spa-

tel spitze in der Vallecula problematisch sein (Abb. 7). Letztendlich zeigten sich **enorale Raumforderungen** (z. B. Neoplasien am Zungengrund) und **pathologische Veränderungen der Halsweichteile** (z. B. Struma permagna oder Vernarbungen durch eine Radiatio) als unabhängige Risikofaktoren für eine schwierige Videolaryngoskopie [14]. Rationale hierfür sind der limitierte oropharyngeale Raum und rigide Gewebestrukturen. Weiterhin können **subglottische Pathologien** unzureichend von der Videolaryngoskopie erfasst werden [14] und die primäre tracheale Intubation erschweren oder sogar unmöglich machen (Abb. 5). Verglichen mit der DL weist die Videolaryngoskopie (primär mit hyperanguliertem VL-Spatel) durch erfahrene Anästhesistinnen und Anästhesisten bei erwartet schwierigem Atemweg eine signifikant geringere Rate an Zahnschäden und Weichteilverletzungen auf [54].

Nach Ansicht des Autors sollte die wache Videolaryngoskopie nach Erreichen einer ausreichenden FOI-Lernkurve unter Supervision an Patientinnen und Patienten erlernt werden. Die aktuelle S1-Leitlinie gibt zwar eine Empfehlung zur wachen trachealen Intubation unter Spontanatmung bei einem erwartet schwierigen Atemweg, hebt jedoch den

Abbildung 7



Limitierung der Videolaryngoskopie.

A) relevante Spatelhöhe (12,8 mm) bei der Videolaryngoskopie und einer Mundöffnung >30 mm;

B) nicht einsehbarer subglottischer Bereich (Abb. nach Kriege).

Stellenwert der flexiblen endoskopischen Intubation hervor [3]. Aufgrund der o. g. Limitationen stellt die wache Videolaryngoskopie daher derzeit die **Methode der zweiten Wahl** zur Atemwegssicherung bei einem erwartet schwierigen Atemweg dar.

Geburtshilfliche Anästhesie

Patientinnen in der Geburtshilfe zeichnen sich aus durch

- eine erhöhte Inzidenz an schwierigen Atemwegen,
- eine schwangerschaftsbedingt geringere respiratorische Reserve und
- ein erhöhtes Aspirationsrisiko [80,81].

In einer Studie konnte eine **erhöhte mütterliche Sterblichkeit durch eine fehlgeschlagene Atemwegssicherung** bei 1 pro 90 Frauen unter Sectio caesarea bzw. 2,3 pro 100.000 geburtshilflichen Allgemeinanästhesien dokumentiert werden [81]. Hauptgründe hierfür sind eine Aspiration oder Hypoxämie unter der trachealen Intubation. Weiterhin stellte eine fehlgeschlagene Intubation im Rahmen einer geburtshilflichen Allgemeinanästhesie einen unabhängigen Risikofaktor für eine postpartale Intensivaufnahme des Neonaten dar [81]. Die aktuelle **S1-Leitlinie Geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie** empfiehlt bei Vorliegen eines schwierigen Atemweges die Nutzung von Intubationshilfsmitteln (z. B. VL ohne Angabe der Spatelart) [82]. Die britische Difficult Airway Society gibt eine ähnliche Empfehlung zum Einsatz der Videolaryngoskopie bei der trachealen Intubation von Patientinnen in der Geburtshilfe [83].

Kinderanästhesie

Auch in der Kinderanästhesie findet sich aufgrund verschiedener Studienresultate und Methodiken kein einheitlicher Konsens, die Videolaryngoskopie primär bei jeder trachealen Intubation anzuwenden [84–86]. In einem kürzlich publizierten systematischen Review [87] konnte durch die Verwendung eines VL das **Risiko an fehlgeschlagenen FPS** bei Kindern <1 Jahr signifikant reduziert werden (RR = 0,43; 95 %-CI 0,31–0,61; p = 0,001; RR: Relative Risk; CI: Con-

fidence Interval). Weiterhin konnten **schwerwiegende Komplikationen während der Intubation** bei Kindern <1 Jahr (RR = 0,33; 95 %-CI 0,12–0,96; p = 0,04) und 1–18 Jahre (RR = 0,40; 95 %-CI 0,25–0,65; p = 0,002) durch die Videolaryngoskopie reduziert werden. In diesem Review konnte kein zeitlicher Unterschied bis zur ersten Ventilation mit Anstieg des endtidalen CO₂ zwischen der Videolaryngoskopie und der DL gefunden werden. Aktuell wird in der Kinderanästhesie die Videolaryngoskopie mit alters- bzw. größengerechten Spateln bei der Inspektion des Hypopharynx im Rahmen einer Fremdkörperaspiration [88] empfohlen. Bei einem **unerwartet schwierigen Atemweg** kann die Videolaryngoskopie ohne Angabe der Spatelart primär als Methode der Wahl verwendet werden [89]. Hingegen wird bei einem **erwartet schwierigen Atemweg** – unter anderem durch methodisch bedingte Einschränkungen (z. B. kleine Mundöffnung) – die Videolaryngoskopie nicht regelhaft empfohlen [90].

Aufgrund der unterschiedlichen Spatellkonfigurationen und individuellen Herstellerbesonderheiten sind weitere gut konzipierte, große klinische Studien erforderlich, um zu klären, welcher VL-Spatel in einem bestimmten klinischen Szenario mögliche Vorteile bietet. Demnach ist aktuell aufgrund der sehr geringen Evidenz zum routinemäßigen Einsatz der VL im Kindesalter Vorsicht geboten [87,91].

Videolaryngoskopie in der Intensivmedizin

Kritisch kranke Patientinnen und Patienten stellen bei der Notwendigkeit einer invasiven Atemwegssicherung ein **Hochrisikokollektiv für eine Vielzahl an periprozeduralen Komplikationen** dar (z. B. Hypotensionen, Hypoxämien und Herz-Kreislauf-Stillstände) mit einer Häufigkeit von 20–50 % [92–95]. Zum einen erschwert ein bereits vorbestehender schwieriger oder durch die Erkrankung an sich veränderter Atemweg die Intubation. Zum anderen erhöhen pathologische Veränderungen der pulmonalen und hämodynamischen Situation die

Komplexität der Atemwegssicherung [96]. Lange Zeit war die Rolle der Videolaryngoskopie zur trachealen Intubation bei kritisch Kranken unklar. In einer Meta-Analyse aus 9 inkludierten randomisierten Studien konnte in diesem Kollektiv kein Effekt auf den FPS oder eine verkürzte Intubationszeit mittels Videolaryngoskopie im Vergleich zur DL, unabhängig von der Anwenderfahrung, aufgezeigt werden [97]. Hierauf basierend wurde in einer multizentrischen Studie die Videolaryngoskopie primär in 503 von 2.964 Fällen (17 %) zur Atemwegssicherung verwendet, was mit einem erhöhten FPS einherging [93]. Eine weitere multizentrische Untersuchung konnte im randomisierten Studiendesign (Videolaryngoskopie mit einem Macintosh-ähnlichen Spatel vs. DL) den klaren Nutzen der Videolaryngoskopie mit einem im Vergleich zur DL erhöhten FPS (85 % vs. 70,8 %) aufzeigen [98]. Die britische Difficult Airway Society empfiehlt den Einsatz der Videolaryngoskopie bei kritisch kranken Patienten bei einem **Macocha-Score ≥ 3** (Tab. 3) oder nach drei gescheiterten Intubationsversuchen mit der DL [96]. Die Expertenleitlinie der French Society of Anaesthesia and Intensive Care Me-

Tabelle 3

Macocha-Score [100]. Punktewerte zum Schwierigkeitsgrad der Atemwegssicherung von 0 (einfach) bis 12 (sehr schwierig).

Faktoren	Punkte
Patientenseitige Faktoren	
Mallampati-Klassifikation ≥ 3	5
obstruktives Schlafapnoesyndrom	2
reduzierte Kopfbeweglichkeit	1
limitierte Mundöffnung < 3 cm	1
Pathologieassoziierte Faktoren	
Koma	1
schwere Hypoxämie (SpO ₂ 80 %)	1
Anwenderfaktor	
Nichtanästhesist/-in oder geringe anästhesiologische Kenntnisse	1

Macocha: Mallampati Classification; Apnoe-Syndrome (obstruktiv); Cervical spine limitation; Opening mouth < 3 cm; Coma; Hypoxia; Anaesthesiologist non trained.

edicine empfiehlt die Verwendung der Videolaryngoskopie ebenfalls bei einem Macocha-Score ≥ 3 oder mehreren erfolglosen Intubationsversuchen mit der DL [99]. Für den Einsatz der Videolaryngoskopie bei pädiatrischen Intensivpatienten wird eine starke Empfehlung ausgesprochen [99]. Die aktuelle S1-Leitlinie Atemwegsmanagement empfiehlt den Einsatz der Videolaryngoskopie mit einem Macintosh-ähnlichen Spatel primär zur Atemwegssicherung. Weiterhin sollte ein hyperangulierter Spatel für schwierige Atemwege verfügbar sein [3].

Bei Vorliegen eines anatomisch schwierigen Atemweges und bei physiologischen Risikofaktoren kann bei vorhandener Expertise auch eine wache Intubation mittels Videolaryngoskopie unter Spontanatmung erfolgen. In einer kürzlich erschienenen Untersuchung an 135 kritisch kranken Patientinnen und Patienten wurde für die wache Videolaryngoskopie (Ramsay Sedation Score 1–3; hyperangulierter Videolaryngoskopspatel) ein FPS von 100 % und eine Komplikationsrate von 2,2 % beschrieben. In derselben Studie lagen bei Videolaryngoskopie bzw. DL unter Allgemeinanästhesie der FPS bei 89 % bzw. 69 % und die Komplikationsraten bei 22 % bzw. 47 % [94].

Videolaryngoskopie in der Notfallmedizin

Die Atemwegssicherung in der Notfallmedizin stellt aufgrund verschiedener Faktoren (z. B. nicht nüchterne Patientinnen und Patienten, erschwerter Patientenzugang, wenig trainiertes Team, nicht anästhesiologische Notärztinnen und Notärzte) einen Hochrisiko-Eingriff dar [101]. In der aktuellen S1-Leitlinie **Prähospitales Atemwegsmanagement** wird die Videolaryngoskopie primär mit einem Macintosh-ähnlichen Spatel aufgrund des hohen FPS verglichen mit der DL empfohlen [102]. Weiterhin sollten hyperangulierte Spatelformen nur von geübten Anwenderinnen und Anwendern in besonderen schwierigen Situationen zur Anwendung kommen. Der FPS bei Verwendung der Videolaryngoskopie in der Notfallmedizin variiert zwischen 75 und 95 % [60,103–106]. Die Erfahrung

der Anwenderinnen und Anwender [103,105], technische Probleme wie Beschlag des Videochips oder Lichtreflexion an der Einsatzstelle [17,104,109] oder die Anwendung während einer kardiopulmonalen Reanimation [106,107] können den FPS beeinflussen. In einer präklinischen Studie aus der Luftrettung wurde ein FPS zwischen 87 und 89 % bei Vorliegen eines schwierigen Atemweges (z. B. bedingt durch Gesichtsverletzungen oder Verbrennungen) dokumentiert. Interessanterweise hat sich der Ort der Atemwegssicherung (in der Wohnung oder im Rettungswagen vs. auf der Straße) signifikant auf den FPS (91,1 % vs. 80,7 %) ausgewirkt [109]. Nach Angaben der Autoren waren hier die Sonneneinstrahlung oder Beschlag der Kameralinse ursächlich.

Die European Resuscitation Council Guideline 2021 empfiehlt die Anwendung eines Videolaryngoskopes zur Atemwegssicherung unter kardiopulmonaler Reanimation nach lokalen Gegebenheiten und ausreichender Anwendererfahrung [107]. Zur Anwendererfahrung konnten Walker et al. in einer Studie mit 120 Patientinnen und Patienten ohne Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg und mit vier Anästhesistinnen und Anästhesisten mit 6–12 Monaten Praxiserfahrung (inklusive 10 erfolgreicher Intubationen mit dem Videolaryngoskop vor Studienbeginn) eine verlängerte Intubationsdauer bei Verwendung der Videolaryngoskopie verglichen mit der DL aufzeigen [108]. In einer prospektiven Observationsstudie wurden in der Luftrettung tätige Notärztinnen und Notärzte mit einer anästhesiologischen Vorerfahrung zwischen 1 und 10 Jahren und einer medianen VL-Erfahrung von 35 Anwendungen vor Studienbeginn evaluiert. Hier zeigte sich bei 428 Patientinnen und Patienten ein FPS von 87,6 % (VL mit Macintosh-ähnlichem Spatel) und eine mediale Intubationszeit von 36 Sekunden. In 21,5 % der Fälle zeigte sich eine Aspiration unter der Laryngoskopie sowie in 3 Fällen eine ösophageale Intubation [109].

Die Videolaryngoskopie ist bei Säuglingen (<10 kg) in der Prälklinik möglicherweise nicht so effektiv wie bei älteren

Kindern oder Erwachsenen. Eine Studie konnte aufzeigen, dass bei Säuglingen (<10 kg) der FPS viel niedriger war (30 %) als bei großen Kindern (70 %) [110]. Der Grund hierfür könnte in der Vorhaltung von nicht großen- oder anatomiegerechten VL-Spateln liegen. Darüber hinaus kann die Platzierung des ETT trotz ausreichender Visualisierung der Glottis erschwert sein. Diese Ergebnisse konnten in einer weiteren Studie bestätigt werden [111]. Hier zeigte sich ein signifikant geringerer FPS bei der Verwendung eines VL im Vergleich zur flexiblen endoskopischen Intubation über eine liegende Larynxmaske bei Neugeborenen und Säuglingen mit schwierigem Atemweg in der Notaufnahme oder auf einer Intensivstation. Bei älteren Kindern wurde hingegen kein solcher Unterschied beobachtet [111].

Schlussfolgerung

Die Videolaryngoskopie stellt seit ihrer ersten klinischen Anwendung in verschiedenen anästhesiologischen Bereichen eine Erweiterung des Atemwegsmanagement-Portfolios dar. Die Vorteile der Videolaryngoskopie konnten bereits durch zahlreiche Studien belegt werden, doch deren Vorhaltung oder Anwendung wird noch zu restriktiv gehalten. Die Frage, ob die Videolaryngoskopie standardisiert im OP für elektive chirurgische Patientinnen und Patienten angewendet werden soll, kann durch die EMMA-Studie klar bejaht werden. Auch bei Patientinnen und Patienten mit einer Indikation zur RSII sollte die Videolaryngoskopie gegenüber der DL bevorzugt werden. In der Intensiv- und Notfallmedizin sollte die Videolaryngoskopie unter Supervision oder nach Erreichen einer definierten Lernkurve unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten gegenüber der direkten Laryngoskopie bevorzugt werden.

Wesentlich für die erfolgreiche Atemwegssicherung mit einem Videolaryngoskop ist die ausreichende Expertise der Anwenderin bzw. des Anwenders. Diese muss im gesamten anästhesiologischen, intensiv- bzw. notfallmedizinischen Team hoch sein, um eine adäquate Patienten-

sicherheit rund um die Uhr sowohl bei elektiven Patientinnen und Patienten als auch im Notfall zu gewährleisten. Dies ist aber nur dann gegeben, wenn Anwenderinnen und Anwender in einem strukturierten Lernprozess die Technik der Videolaryngoskopie klinisch erlernt haben.

Literatur

1. Mort TC: Complications of emergency tracheal intubation: hemodynamic alterations – part I. *J Intensive Care Med* 2007;22:157–165
2. Hasegawa K, Shigemitsu K, Hagiwara Y, Chiba T, Watase H, Brown CA 3rd, et al: Association between repeated intubation attempts and adverse events in emergency departments: an analysis of a multicenter prospective observational study. *Ann Emerg Med* 2012;60:749–754
3. Piepho T, Kriege M, Byhahn C, Cavus E, Dörge V, Ilper H et al: S1-Leitlinie Atemwegsmanagement 2023. *Anästh Intensivmed* 2024;65:69–96. DOI: 10.19224/ai2024.069
4. Law JA, Duggan LV, Asselin M, Baker P, Crosby E, Downey A, et al: Canadian Airway Focus Group updated consensus-based recommendations for management of the difficult airway: part 2. Planning and implementing safe management of the patient with an anticipated difficult airway. *Can J Anesth* 2021;68:1405–1436
5. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT, Nickinovich DG, et al: Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 2013;118:251–270
6. Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, Mendonca C, Bhagrath R, Patel A, et al: Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth* 2015;115:827–848
7. Ott T, Stracke J, Sellin S, Kriege M, Toenges G, Lott C, et al: Impact of cardiopulmonary resuscitation on a cannot intubate, cannot oxygenate condition: a randomised crossover simulation research study of the interaction between two algorithms. *BMJ Open* 2019;9:e030430
8. Cook TM: Strategies for the prevention of airway complications – a narrative review. *Anesthesia* 2018;73:93–111
9. Russo SG, Weiss M, Eich C: Videolaryngoskopie oder! Direkte und flexible Intubationsverfahren ade? *Anaesthesist* 2012;61:1017–1026
10. Noppens RR, Werner C, Piepho T: Indirekte Laryngoskopie: Alternativen zur Atemwegssicherung. *Anaesthesia* 2010;59:149–161
11. Russell T, Khan S, Elman J, Katzenelson R, Cooper RM: Measurement of forces applied during Macintosh direct laryngoscopy compared with GlideScope videolaryngoscopy. *Anesthesia* 2012;67:626–631
12. Carassiti M, Zanzonico R, Cecchini S, Silvestri S, Cataldo R, Agrò FE: Force and pressure distribution using Macintosh and GlideScope laryngoscopes in normal and difficult airways: a manikin study. *Br J Anaesth* 2012;108:146–151
13. Noppens RR, Möbus S, Heid F, Schmidtmann I, Werner C, Piepho T: Evaluation of the McGrath Series 5 videolaryngoscope after failed direct laryngoscopy. *Anesthesia* 2010;65:716–720
14. Xue FS, Zhang GH, Liu J, Li XY, Yang QY, Xu YC, et al: The clinical assessment of Glidescope in orotracheal intubation under general anesthesia. *Minerva Anestesiologica* 2007;73:451–457
15. Jones PM, Turkstra TP, Armstrong KP, Armstrong PM, Cherra RA, Hoogstra J, et al: Effect of stylet angulation and endotracheal tube camber on time to intubation with the GlideScope. *Can J Anaesth* 2007;54:21–27
16. Kriege M, Piepho T, Buggenhagen H, Noppens RR: Vergleich der Videolaryngoskope GlideScope® Cobalt und McGrath® Series 5 mit konventioneller Laryngoskopie bei simulierter Regurgitation/Aspirations. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2015;110:218–224
17. Nabecker S, Greif R, Kotarlic M, Kleine-Burueggene M, Riggensbach C, Theiler L: Outdoor performance of different videolaryngoscopes on a glacier: a manikin study. *Emergencias* 2016;28:216–222
18. Kleine-Brueggene M, Greif R, Schoettker P, Savoldelli GL, Nabecker S, Theiler LG: Evaluation of six videolaryngoscopes in 720 patients with a simulated difficult airway: a multicentre randomized controlled trial. *Br J Anesth* 2016;116:670–679
19. Cook TM, Woodall NM, Frerk CM: Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: anaesthesia. *Br J Anaesth* 2011;106:617–631
20. 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;27:526–533
21. Pirlich N, Dutz M, Wittenmeier E, Kriege M, Didion N, Ott T, et al: Current practice of German anesthesiologists in airway management: Results of a national online survey. *Anaesthesiologie* 2022;71:190–197
22. Sherman JD, Raibley LA 4th, Eckelman MJ: Life Cycle Assessment and Costing Methods for Device Procurement: Comparing Reusable and Single-Use Disposable Laryngoscopes. *Anesth Analg* 2018;127:434–443
23. Choi J, Song Y, Lee H, Cho Y, Han TH, Lim TH: Comparison of the strength of various disposable videolaryngoscope blades. *Can J Anaesth* 2021;68:1651–1658
24. Aziz MF, Bayman EO, Van Tienderen MM, Todd MM, StAGE Investigator Group, Brambrink AM: Predictors of difficult videolaryngoscopy with GlideScope® or C-MAC® with D-blade: secondary analysis from a large comparative videolaryngoscopy trial. *Br J Anaesth* 2016;117:118–123
25. Schäuble JC, Heidegger T: Management des schwierigen Atemwegs – Die aktualisierten Handlungsempfehlungen der Canadian Airway Focus Group. *Anästh Intensivmed* 2022;63:255–263
26. Ono K, Goto T, Nakai D, Ueki S, Takenaka S, Moriya T: Incidence and predictors of difficult nasotracheal intubation with airway scope. *J Anesth* 2014;28:650–654
27. 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;114:34–41
28. Díaz-Gómez JL, Satyapriya A, Satyapriya SV, Mascha EJ, Yang D, Krakovitz P, et al: Standard clinical risk factors for difficult laryngoscopy are not independent predictors of intubation success with the GlideScope. *J Clin Anesth* 2011;23:603–610
29. Tremblay MH, Williams S, Robitaille A, Drolet P: Poor visualization during direct laryngoscopy and high upper lip bite test score are predictors of difficult intubation with the GlideScope videolaryngoscope. *Anesth Analg* 2008;106:1495–1500

30. Cormack RS, Lehane J: Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 1984;39:1105–1111
31. Levitan RM, Ochroch EA, Kush S, Shofer FS, Hollander JE: Assessment of airway visualization: validation of the percentage of glottic opening (POGO) scale. *Acad Emerg Med* 1998;5:919–923
32. Cook TM: A new practical classification of laryngeal view. *Anaesthesia* 2000;55: 274–279
33. Yentis SM, Lee DJ: Evaluation of an improved scoring system for the grading of direct laryngoscopy. *Anaesthesia* 1998;53:1041–1044
34. Pearce AC, Duggan LV, El-Boghdadly K: Making the grade: has Cormack and Lehane grading stood the test of time? *Anaesthesia* 2021;76:705–709
35. Angadi SP, Frerk C: Videolaryngoscopy and Cormack and Lehane grading. *Anaesthesia* 2011;66:628–629
36. O'Loughlin EJ, Swann AD, English JD, Ramadas R: Accuracy, intra- and inter-rater reliability of three scoring systems for the glottic view at videolaryngoscopy. *Anaesthesia* 2017;72:835–839
37. Mines R, Ahmad I: Can you compare the views of videolaryngoscopes to the Macintosh laryngoscope? *Anaesthesia* 2011;66:315–316
38. Swann AD, English JD, O'Loughlin EJ: The development and preliminary evaluation of a proposed new scoring system for videolaryngoscopy. *Anaesth Intensive Care* 2012;40:697–701
39. Kohse EK, Siebert HK, Sasu PB, Loock K, Dohrmann T, Breitfeld P, et al: A model to predict difficult airway alerts after videolaryngoscopy in adults with anticipated difficult airways – the VIDIACT score. *Anaesthesia* 2022;77:1089–1096
40. Amalric M, Larcher R, Brunot V, Garnier F, De Jong A, Moulaire Rigollet V, et al: Impact of Videolaryngoscopy Expertise on First-Attempt Intubation Success in Critically Ill Patients. *Crit Care Med* 2020;48:e889–e896
41. Savoldelli G, Schiffer E, Abegg C, Baeriswyl V, Clergue F, Waeber J-L: Learning curves of the Glidescope, the McGrath and the Airtraq laryngoscopes: a manikin study. *Eur J Anesthesiol* 2009;26:554–558
42. Sakles JC, Mosier J, Patanwala AE, Dicken J: Learning curves for direct laryngoscopy and GlideScope® video laryngoscopy in an emergency medicine residency. *West J Emerg Med* 2014;15:930–937
43. Siu LW, Mathieson E, Naik VN, Chandra D, Joo HS: Patient- and operator-related factors associated with successful Glidescope intubations: a prospective observational study in 742 patients. *Anaesth Intensive Care* 2010;38:70–75
44. Cortellazzi P, Caldiroli D, Byrne A, Sommariva A, Orena EF, Tramacere I: Defining and developing expertise in tracheal intubation using a GlideScope® for anaesthetists with expertise in Macintosh direct laryngoscopy: an in-vivo longitudinal study. *Anaesthesia* 2015;70:290–295
45. Hansel J, Rogers AM, Lewis SR, Cook TM, Smith AF: Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adults undergoing tracheal intubation. *Cochrane Database Sys Rev* 2022;4:CD011136
46. Ahmad I, Onwochei DN, Muldoon S, Keane O, El-Boghdadly K: Airway management research: a systematic review. *Anaesthesia* 2019;74:225–236
47. Hinkelbein J, Iovino I, De Robertis E, Kranke P: Outcomes in video laryngoscopy studies from 2007 to 2017: systematic review and analysis of primary and secondary endpoints for a core set of outcomes in video laryngoscopy research. *BMC Anesthesiol* 2019;19:47
48. Lee RA, van Zundert AAJ, Maassen RLJG, Wieringa PA: Forces applied to the maxillary incisors by video laryngoscopes and the Macintosh laryngoscope. *Acta Anaesth Scand* 2012;56:224–229
49. Pacheco GS, Hurst NB, Patanwala AE, Hypes C, Mosier JM, Sakles JC: First Pass Success Without Adverse Events Is Reduced Equally with Anatomically Difficult Airways and Physiologically Difficult Airways. *West J Emerg Med* 2021;22:360–368
50. Downey AW, Duggan LV, Adam Law J: A systematic review of meta-analyses comparing direct laryngoscopy with video laryngoscopy. *Can J Anesth* 2021;68:706–714
51. Kaur G, Gupta S, Mehta N, Dhingra JS: Comparative Evaluation of McGrath MAC, Truvue Video Laryngoscopes and Macintosh Laryngoscope for Endotracheal Intubation in Patients Undergoing Surgery under General Anaesthesia. *Anest Essays Res* 2020;14:20–24
52. Kleine-Brueggeney M, Buttenberg M, Greif R, Nabecker S, Theiler L: Evaluation of three unchannelled videolaryngoscopes and the Macintosh laryngoscope in patients with a simulated difficult airway: a randomised, controlled trial. *Anaesthesia* 2017;72:370–378
53. Lewis SR, Butler AR, Parker J, Cook TM, Smith AF: Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adult patients requiring tracheal intubation. *Cochrane Database Sys Rev* 2016;11:CD011136
54. Pieters BMA, Maas EHA, Knape JTA, van Zundert AAJ: Videolaryngoscopy vs. direct laryngoscopy use by experienced anaesthetists in patients with known difficult airways: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia* 2017;72: 1532–1541
55. Krieger M, Noppens RR, Turkstra T, Payne S, Kunitz O, Tzanova I, et al: A multi-centre randomised controlled trial of the McGrath™ Mac videolaryngoscope versus conventional laryngoscopy. *Anaesthesia* 2023;78:722–729
56. Krieger M, Turkstra T, Noppens R: A major step towards both default and habitual videolaryngoscopy: a reply. *Anaesthesia* 2023;78:1421
57. Krieger M, Hilt JA, Dette F, Wittenmeier E, Meuser R, Staibitz JI, et al: Impact of direct laryngoscopy vs. videolaryngoscopy on signal quality of recurrent laryngeal nerve monitoring in thyroid surgery: a randomised parallel group trial. *Anaesthesia* 2023;78:55–63
58. Sakles JC, Mosier J, Chiu S, Cosentino M, Kalin L: A comparison of the C-MAC video laryngoscope to the Macintosh direct laryngoscope for intubation in the emergency department. *Ann Emerg Med* 2012;60:739–748
59. Sulser S, Ubbmann D, Schlaepfer M, Brueesch M, Goliasch G, Seifert B, et al: C-MAC videolaryngoscope compared with direct laryngoscopy for rapid sequence intubation in an emergency department: A randomised clinical trial. *Eur J Anaesthesiol* 2016;33:943–948
60. Yeatts DJ, Dutton RP, Hu PF, Chang Y-W W, Brown CH, Chen H, et al: Effect of video laryngoscopy on trauma patient survival: a randomized controlled trial. *J Trauma Acute Care Surg* 2013; 75:212–219
61. Krieger M, Lang P, Lang C, Schmidtmann I, Kunitz O, Roth M, et al: A comparison of the McGrath videolaryngoscope with direct laryngoscopy for rapid sequence intubation in the operating room: a multicentre randomised controlled trial. *Anaesthesia* 2024;DOI:10.1111/anae.16250
62. Chrimes N, Higgs A, Hagberg CA, Baker PA, Cooper RM, Greif R, et al: Preventing unrecognised oesophageal intubation: a consensus guideline from the Project for Universal Management of Airways and international airway societies. *Anaesthesia* 2022;77:1395–1415
63. Shiga T, Wajima Z, Inoue T, Sakamoto A: Predicting difficult intubation

- in apparently normal patients: a meta-analysis of bedside screening test performance. *Anesthesiology* 2005;103:429–437
64. Lundstrøm LH, Møller AM, Rosenstock C, Astrup G, Gätke MR, Wetterslev J: Danish Anaesthesia Database. A documented previous difficult tracheal intubation as a prognostic test for a subsequent difficult tracheal intubation in adults. *Anesthesia* 2009;64:1081–1088
65. Detsky ME, Jivraj N, Adhikari NK, Friedrich JO, Pinto R, Simel DL, et al: Will this patient be difficult to intubate? the rational clinical examination systematic review. *JAMA* 2019;321:493–503
66. Rosenstock CV, Nørskov AK, Wetterslev J, Lundstrøm LH: Emergency surgical airway management in Denmark: a cohort study of 452 461 patients registered in the Danish Anaesthesia Database. *Br J Anaesth* 2016;117:i75–i82
67. Huitink JM, Lie PP, Heideman I, Jansma EP, Greif R, van Schagen N, et al: A prospective, cohort evaluation of major and minor airway management complications during routine anaesthetic care at an academic medical centre. *Anesthesia* 2017;72:42–48
68. Alhomary M, Ramadan E, Curran E, Walsh SR: Videolaryngoscopy vs. fiberoptic bronchoscopy for awake tracheal intubation: a systematic review and meta-analysis. *Anesthesia* 2018;73:1151–1161
69. Ajay S, Singhania A, Akkara AG, Shah A, Adalja M: A study of flexible fiberoptic bronchoscopy aided tracheal intubation for patients undergoing elective surgery under general anesthesia. *Indian J Otolaryng Head Neck Surg* 2013;65:116–119
70. El-Boghdadly K, Onwochei DN, Cuddihy J, Ahmad I: A prospective cohort study of awake fibreoptic intubation practice at a tertiary centre. *Anesthesia* 2017;72:694–703
71. Law JA, Morris IR, Brousseau PA, de la Ronde S, Milne AD: The incidence, success rate, and complications of awake tracheal intubation in 1,554 patients over 12 years: an historical cohort study. *Can J Anesth* 2015;62:736–744
72. Joseph TT, Gal JS, DeMaria SJ, Lin HM, Levine AI, Hyman JB: A Retrospective Study of Success, Failure, and Time Needed to Perform Awake Intubation. *Anesthesiology* 2016;125:105–114
73. Wanderer JP, Ehrenfeld JM, Sandberg WS, Epstein RH: The changing scope of difficult airway management. *Can J Anaesth* 2013;60:1022–1024
74. Norris A, Heidegger T: Limitations of videolaryngoscopy. *Br J Anaesth* 2016;117:148–150
75. Doyle DJ: Awake intubation using the GlideScope video laryngoscope: initial experience in four cases. *Can J Anaesth* 2004;51:520–521
76. Moore AR, Schircker T, Court O: Awake videolaryngoscopy-assisted tracheal intubation of the morbidly obese. *Anesthesia* 2012;67:232–235
77. Aziz MF, Healy D, Kheterpal S, Rongwei FF, Dillman D, Brambring 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;114:34–41
78. Rosenstock CV, Thøgersen B, Afshari A, Christensen A-L, Eriksen CI, Gätke MR: Awake fiberoptic or awake video laryngoscopic tracheal intubation in patients with anticipated difficult airway management: a randomized clinical trial. *Anesthesiology* 2012;116:1210–1216
79. Kramer A, Müller D, Pförtner R, Groben H: Fibroscopic vs videolaryngoscopic (C-MAC D-BLADE) nasal awake intubation under local anaesthesia. *Anesthesia* 2015;70:400–406
80. Tan EK, Tan EL: Alterations in physiology and anatomy during pregnancy. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2013;27:791–802
81. Kinsella SM, Winton AL, Mushambi MC, Ramaswamy K, Swales H, Quinn AC, et al: Failed tracheal intubation during obstetric general anaesthesia: a literature review. *Int J Obstet Anesth* 2015;24:356–374
82. Bremerich D, Annecke T, Chappell D, Hanß R, Kaufner L, Kehl F, et al: S1-Leitlinie: Die geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie. *Anästh Intensivmed* 2020;61:S300–S339
83. Mushambi MC, Kinsella SM, Popat M, Swales H, Ramaswamy KK, Winton AL, et al: Obstetric Anaesthetists' Association and Difficult Airway Society guidelines for the management of difficult and failed tracheal intubation in obstetrics. *Anesthesia* 2015;70:1286–1306
84. Krieger M, Pirlisch N, Ott T, Wittenmeier E, Dette F: A comparison of two hyper-angled video laryngoscope blades to direct laryngoscopy in a simulated infant airway: a bicentric, comparative, randomized manikin study. *BMC Anesthesiol* 2018;18:119
85. Fiadroe JE, Nishisaki A, Jagannathan N, Hunyady AG, Greenberg RS, Reynolds PI, et al: Airway management complications in children with difficult tracheal intubation from the pediatric difficult intubation (PeDI) registry: a prospective cohort analysis. *Lancet Respir Med* 2016;4:37–48
86. Capone CA, Emerson B, Sweberg T, Polikoff L, Turner DA, Adu-Darko, et al: Intubation practice and outcomes among pediatric emergency departments: A report from National Emergency Airway Registry for Children (NEAR4KIDS). *Acad Emerg Med* 2022;29:406–414
87. de Carvalho CC, Regueira SLPA, Souza ABS, Medeiros LMLF, Manoel MBS, da Silva DM, et al: Videolaryngoscopes versus direct laryngoscopes in children: Ranking systematic review with network meta-analyses of randomized clinical trials. *Paediatr Anaesth* 2022;32:1000–1014
88. Eich CB, Deitmer T: Einführung zur S2k-Leitlinie interdisziplinäre Versorgung von Kindern nach Fremdkörperaspiration und Fremdkörperingestion. *Laryngorhinootologie* 2016;95:320
89. Weiss M, Schmidt J, Eich C, Stelzner U, Trieschmann U, Müller-Lobeck L, et al: Handlungsempfehlung zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemwegs in der Kinderanästhesie. *Anästh Intensivmed* 2011;52:54–63
90. Russo S, Eich C, Höhne C, Stelzner J, Weiss M, Becke-Jakob K: S1-Leitlinie Management des erwartet schwierigen Atemwegs beim Kind. AWMF-Registernummer: 001/036
91. Gupta A, Sharma R, Gupta N: Evolution of videolaryngoscopy in pediatric population. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2021;37:14–27
92. Lascarrou JB, Boisrame-Helms J, Bailly A, Le Thaut A, Kamel T, Mercier E, et al: Video Laryngoscopy vs Direct Laryngoscopy on Successful First-Pass Oro-tracheal Intubation Among ICU Patients: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2017;317:483–493
93. Russotto V, Myatra SN, Laffey JG, Tassistro E, Antolini L, Bauer P, et al: Intubation Practices and Adverse Peri-intubation Events in Critically Ill Patients From 29 Countries. *JAMA* 2021;325:1164–1172
94. Krieger M, Rissel R, El Beyrouti H, Hotz E: Awake Tracheal Intubation Is Associated with Fewer Adverse Events in Critical Care Patients than Anaesthetised Tracheal Intubation. *J Clin Med* 2023;12:6060
95. Perbet S, De Jong A, Delmas J, Futier E, Pereira B, Jaber S, et al: Incidence of and risk factors for severe cardiovascular

- collapse after endotracheal intubation in the ICU: a multicenter observational study. *Crit Care* 2015;19:257
96. Higgs A, McGrath BA, Goddard C, Rangasami J, Suntharalingam G, Gale R, et al: Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. *Br J Anaesth* 2018;120:323–352
97. Cabrini L, Landoni G, Baiardo Redaelli M, Saleh O, Votta CD, Fominskij E, et al: Tracheal intubation in critically ill patients: a comprehensive systematic review of randomized trials. *Crit Care* 2018;22:6
98. Prekker ME, Driver BE, Trent SA, Restnick-Ault D, Seitz KP, Russell DW, et al: Video versus Direct Laryngoscopy for Tracheal Intubation of Critically Ill Adults. *N Engl J Med* 2023;389:418–429
99. Quintard H, l'Her E, Pottecher J, Adnet F, Constantin J-M, De Jong A, et al: Intubation and extubation of the ICU patient. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2017;36:327–341
100. De Jong A, Molinari N, Terzi N, Mongardon N, Arnal J-M, Guitton C, et al: Early identification of patients at risk for difficult intubation in the intensive care unit: development and validation of the MACOCHA score in a multicenter cohort study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013;187:832–839
101. Piepho T: Atemwegssicherung in der prähospitalen Notfallmedizin. *Anästh Intensivmed* 2020;61:385–393
102. Timmermann A, Böttiger BW, Byhahn C, Dörge V, Eich C, Gräsner JT, et al: S1 Leitlinie Prähospitales Atemwegsmanagement. *Anästh Intensivmed* 2019;60:316–336
103. Huebinger RM, Stilgenbauer H, Jarvis JL, Ostermayer DG, Schulz K, Wang HE: Video laryngoscopy for out of hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2021;162:143–148
104. Kreutziger J, Hornung S, Harrer C, Urschl W, Doppler R, Voelckel WG, et al: Comparing the McGrath Mac Video Laryngoscope and Direct Laryngoscopy for Prehospital Emergency Intubation in Air Rescue Patients: A Multicenter, Randomized, Controlled Trial. *Crit Care Med* 2019;47:1362–1370
105. Macke C, Gralla F, Winkelmann M, Clausen J-D, Haertle M, Krettek C, Omar M: Increased First Pass Success with C-MAC Videolaryngoscopy in Prehospital Endotracheal Intubation – A Randomized Controlled Trial. *J Clin Med* 2020;9:2719
106. Hossfeld B, Thierbach S, Algoewer A, Gaessler H, Helm M: First pass success of tracheal intubation using the C-MAC PM videolaryngoscope as first-line device in prehospital cardiac arrest compared with other emergencies: An observational study. *Eur J Anaesthesiol* 2021;38:806–812
107. Soar J, Böttiger BW, Carli P, Couper K, Deakin CD, Djärv T, et al: European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation* 2021;161:115–151
108. Walker L, Brampton W, Halai M, Hoy C, Lee E, Scott I, et al: Randomized controlled trial of intubation with the McGrath Series 5 videolaryngoscope by inexperienced anaesthetists. *Br J Anaesth* 2009;103:440–445
109. Knapp J, Eberle B, Bernhard M, Theiler L, Pietsch U, Albrecht R: Analysis of tracheal intubation in out-of-hospital helicopter emergency medicine recorded by video laryngoscopy. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2021;29:49
110. Park R, Peyton JM, Fiadjoe JE, Hunyady AI, Kimball T, Zurakowski D, et al: The efficacy of GlideScope® video-laryngoscopy compared with direct laryngoscopy in children who are difficult to intubate: an analysis from the paediatric difficult intubation registry. *Br J Anaesth* 2017;119:984–992
111. Burjek NE, Nishisaki A, Fiadjoe JE, Adams HD, Peeples KN, Raman VT, et al: Videolaryngoscopy versus Fiberoptic Intubation through a Supraglottic Airway in Children with a Difficult Airway: An Analysis from the Multi-center Pediatric Difficult Intubation Registry. *Anesthesiology* 2017;127:432–440.

Korrespondenzadresse

**Priv.-Doz. Dr. med.
Marc Kriege**



Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Langenbeckstraße 1
55131 Mainz, Deutschland
Tel.: 06131 172519
E-Mail: makriege@uni-mainz.de
ORCID-ID: 0000-0002-7350-7908