



J. Keil¹ · P. Jung² · A. Schiele³ · B. Urban¹ · A. Parsch³ · B. Matsche³ · C. Eich^{2,4} · K. Becke⁴ · B. Landsleitner⁴ · S.G. Russo⁴ · M. Bernhard⁵ · T. Nicolai⁶ · F. Hoffmann^{1,2}

¹ Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (INM), Klinikum der Universität München, München, Deutschland

² Sektion „Pädiatrische Intensiv- und Notfallmedizin“, Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI), Berlin, Deutschland

³ Ärztlicher Leiter Rettungsdienst Bayern (ÄLRD Bayern), Bayern, Deutschland

⁴ Wissenschaftlicher Arbeitskreis Kinderanästhesie (WAKKA), Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI), Nürnberg, Deutschland

⁵ Wissenschaftlicher Arbeitskreis „Notfallmedizin“, Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI), Nürnberg, Deutschland

⁶ Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI), Frankfurt am Main, Deutschland

Interdisziplinär konsentiierte Stellungnahme zum Atemwegsmanagement mit supraglottischen Atemwegshilfen in der Kindernotfallmedizin

Larynxmaske ist State-of-the-art

Anforderungen an das Atemwegsmanagement bei kindlichen Notfällen

Das Atemwegsmanagement spielt besonders bei pädiatrischen Notfallpatienten eine herausragende Rolle. Die Hypoxietoleranz bei Kindern ist um ein Vielfaches geringer als beim Erwachsenen [25, 39]. Kardiopulmonale Reanimationen sind im Kindesalter in der Regel asphyxiebedingt. Das Erkennen einer (drohenden) Hypoxie und deren *rasche und effiziente Behandlung* sind demnach *die* entscheidenden Faktoren in der pädiatrischen Notfallversorgung.

Auch bei optimierter Beutel-Maske-Ventilation [BMV, mit adäquater Kopflagerung, Zweihandtechnik mit Esmarch-Handgriff (Unterkieferprotrusion)] kann es bei Versagen dieser Manöver oder bei protrahierten Verläufen notwendig werden, erweiterte Maßnahmen des Atemwegsmanagements anzuwenden [37].

Die endotracheale Intubation stellt un- zweifelhaft den Goldstandard der Atem- wegssicherung dar, erfordert jedoch eine große Expertise, damit sie zügig und sicher durchgeführt werden kann [2]. Die Intubation von Kindern kann selbst bei erfahrenen Notfallmedizinern mit sekundären Komplikationen oder hohen Versagerraten behaftet sein. Aus diesem Grund bleibt die endotracheale Intubation gemäß den aktuellen Leitlinien zur pädiatrischen Reanimation des European Resuscitation Council (ERC) von 2015 nur den geübten Anwendern vorbehalten [5]. Wann ein Anwender als „geübt“ in der endotrachealen Intubation gilt, ist aktuell Gegenstand vieler Diskussionen [2, 34]. Es ist jedoch unbestritten, dass aufgrund der niedrigen Fallzahl von präklinischen Säuglings- oder Kinderintubationen die notwendige Expertise nicht allein in der notfall- medizinischen Praxis erworben werden kann [1, 9]. Demnach erlangt das Thema des alternativen Atemwegsmanagements

für Rettungsdienstpersonal, Notärzte und innerklinische Erstversorger von lebens- bedrohlichen Kindernotfällen eine zu- nehmende Bedeutung [17, 20, 22].

Die Anforderungen an ein alternatives, kindertaugliches Atemwegshilfsmittel be- inhalten:

- leichte Anwendung bzw. Hand- habung,
- niedriger Trainingsbedarf,
- hohe Erfolgsrate (im 1. Insertionsver- such),
- geringe Invasivität,
- erfolgreiche Anwendbarkeit bei schwierigem Atemweg,
- Anwendbarkeit in allen Alters- gruppen (Neugeborene und Säug- linge bis Jugendliche),
- geeignete Alternative nach ge- scheiterten Intubationsversuchen.

An dieser Stelle soll noch einmal betont werden, dass bei effektiver Beutel-Maske- Ventilation (BMV) zunächst keine zwingende Notwendigkeit zur Eskalation

Tab. 1 Studien zur Anwendung des Larynxrtubus

Autor/ Quelle	Studien- design	LoE	Untersu- chung	Stichpro- bengröße	Anwen- der	Setting	Alter/Ge- wicht	Limitatio- nen	Ergebnisse
Richebe et al. [27]	Prospektive Anwen- dungsbe- obachtung	4	LT	70	Anästhe- sisten	Elektive All- gemeinnarkose	1 Monat bis 15 Jahre		Insertion erfolgreich beim 1. Ver- such 78,6%, inkl. 2. Versuch 96%, Probleme bei Kindern < 10 kgKG Effiziente Ventilation 88%. Bei 12% keine effiziente Ventilation, dabei die Hälfte < 10 kgKG 35% benötigten weitere Manöver für Ventilation Zwischenfälle (Entsättigung, Laryngospasmus ...): 4 Fazit: LT gute Alternative bei Kindern über 10 kgKG, unter 10 kgKG Insertions- und Ventilationsprobleme
Genzwür- ker et al. [13]	Prospektive Anwen- dungsbe- obachtung	4	LT	80	Anästhe- sisten	Elektive All- gemeinnarkose	2 bis 12 Jahre	Nur Kinder > 2 Jahre	Insertion primär erfolgreich 90%, im 2. Versuch bei 6% Kein Leck bis Spitzendruck 20 cm H ₂ O Probleme bei passender Größen- auswahl Wenige Zwischenfälle
Schalk et al. [28]	Fallbe- richte	5	LTS II	12	Anästhe- sisten	Elektive All- gemeinnarkose, Notfalloperationen	2 Tage bis 6 Jahre		Fallberichte, LTS II in Zu- kunft mögliche alternative extraglottische Atemwegshilfe Allgemeingültige Empfehlung kann nicht gegeben werden; dafür sind weitere Unter- suchungen zu fordern
Scheller et al. [30]	Fallbe- richte	5	LTS II	10	Anästhe- sisten	Elektive All- gemeinnarkose, teilweise schwieriger Atem- weg	4 Tage bis 6 Monate	Indikations- bezogene Benutzung des LT	Erfolgsrate beim 1. Versuch 100%, leichtes Handling, gute Ventilation Zu wenige Daten für generelle Empfehlung in Notfallsituationen

LT Larynxrtubus™, LoE Level of Evidence (nach CEBM, Centre for Evidence-based Medicine).

des Atemwegsmanagements besteht. Ziele sind die effektive Oxygenierung und Ventilation des Notfallpatienten. Bei problematischer BMV kann bei Säuglingen als nächster Eskalationsschritt der „Rachentubus“ eingesetzt werden (ein nasal eingeführter nichtgeblockter Tubus; Einführtiefe (Wendl-Position) entspricht der Distanz von Nasenspitze zum Ohrläppchen; zum Beatmen hierüber werden Mund und anderes Nasenloch verschlossen). Sollte eine BMV nicht suffizient gelingen, eine längerfristige Atemwegsunterstützung notwendig sein oder ein Transport im Rettungswagen oder Rettungshubschrauber anstehen, kommen supraglottische Atemwegshilfen (SGA) zur Anwendung.

Aktuell verfügbare SGA (alternativ auch extraglottische Atemwegshilfen, EGA genannt) für das Kindesalter umfassen 2 Konzepte: zum einen die von unterschiedlichen Herstellern produzierte Larynxmaske (LM) und zum anderen den Larynxrtubus (LT). Für beide Konzepte gilt, dass die Stimmritze bei korrekter Lage nicht passiert wird. Die Einlage erfolgt ohne Laryngoskopie. Beide, LM und LT, sind derzeit in verschiedenen Varianten und Entwicklungsstufen erhältlich und im Einsatz. Zahlreiche SGA sind sowohl als wiederverwendbare als auch als Einmalprodukte erhältlich. In der Notfallmedizin spielen in der Regel nur die jeweiligen Einmalprodukte eine Rolle.

Im Folgenden sollen diese beiden SGA-Systeme unter besonderer Berück-

sichtigung der oben genannten Anforderungen und v. a. vor dem Hintergrund bisher vorliegender wissenschaftlicher Studien evaluiert werden. Hierbei wurden Studiendaten zur Anwendung der LM und des LT, die in reinen Simulationssettings an Phantompuppen generiert wurden, nicht mit in die Auswertung eingeschlossen.

Initiiert wurde dieses Positionspapier von den Ärztlichen Leitern Rettungsdienst Bayern (ÄLRD Bayern), die in Kooperation mit dem Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (INM) des Klinikums der LMU eine Literaturrecherche der derzeit verfügbaren Studien zur Anwendung von SGA bei Kindern durchführten, um eine Empfehlung zur Vorhaltung von SGA bei Kindernotfällen auszusprechen (<http://www.aelrd-bayern>).

de/images/stories/pdf/Empfehlung_SGA_P%C3%A4diatrie.pdf). Die Angaben des Evidenzniveaus erfolgten analog den Kriterien des Oxford Centre for Evidence-based Medicine – Levels of Evidence (March 2009, <http://www.cebm.net/oxford-centre-evidence-based-medicine-levels-evidence-march-2009/>).

Anschließend erfolgte eine konzertierte Abstimmung mit der Sektion „Pädiatrische Intensiv- und Notfallmedizin“ der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI), der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI) und dem Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie (WAKKA) und Notfallmedizin (WAKN) der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI).

Larynxtube

Der Larynxtube (LT) ist ein am distalen Ende verschlossener oder mit einem getrennten Drainagekanal versehener Tubus mit 2 miteinander in Verbindung stehenden Cuffs. Der untere Cuff kommt im Ösophaguseingang zu liegen und verschließt diesen. Der obere, volumengrößere Cuff dichtet den Pharynx am Zungengrund nach kranial ab. Das zwischen beiden Cuffs endende Tubuslumen soll vor der Glottis zu liegen kommen, um eine Ventilation der Patienten zu ermöglichen. Der LT ist zusätzlich in einer Version mit Ösophagus-Drainagelumen erhältlich („LTS II“ und „LTS-D“). Beim LTS-II handelt sich um eine wiederverwertbare Version des LT, der in den Größen für Neugeborene und Kinder erhältlich ist. Zur Benutzung des Drainagekanals können je nach LT-Größe 10-Charr- oder 16-Charr-Magensonden verwendet werden. Der LTS-D ist ein gleichartiges Einmalprodukt, das ebenfalls in allen Kindergrößen erhältlich ist.

Wissenschaftliche Studien zur Effektivität des LT im Kindesalter sind rar. Die Mehrheit der bestehenden Daten bezieht sich auf Anwendungsbeobachtungen oder einzelne Fallberichte (Tab. 1).

Eine prospektive Anwendungsbeobachtung von Genzwürker et al.

Anaesthesist 2016 · 65:57–66 DOI 10.1007/s00101-015-0107-6
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

J. Keil · P. Jung · A. Schiele · B. Urban · A. Parsch · B. Matsche · C. Eich · K. Becke · B. Landsleitner · S.G. Russo · M. Bernhard · T. Nicolai · F. Hoffmann

Interdisziplinär konsentrierte Stellungnahme zum Atemwegsmanagement mit supraglottischen Atemwegshilfen in der Kinderotfallmedizin. Larynxmaske ist State-of-the-art

Zusammenfassung

Hintergrund. Dem Atemwegsmanagement mit supraglottischen Atemwegshilfen (SGA) bei lebensbedrohlichen Kindernotfällen kommt zunehmende Bedeutung zu. Hierbei kommen die Larynxmaske (LM) und der Larynxtube (LT) zum Einsatz. Auf der Basis einer umfassenden Literaturschau sollte eine interdisziplinär konsentrierte Stellungnahme zum Einsatz von SGA bei Kindernotfällen erstellt werden.

Material und Methoden. Literaturrecherche über die Datenbank *Pubmed* und Einordnung der Studien analog den Kriterien des Oxford Centre for Evidence-based Medicine – Levels of Evidence.

Ergebnisse. Die Evidenz zu erfolgreichen Anwendungen der LM im Kindesalter ist auf nationalem und internationalem Niveau im Vergleich zum LT deutlich größer. Erfolgreiche Anwendungen des LT beschränken sich derzeit hingegen auf wenige Arbeitsgruppen und Zentren, die mutmaßlich über eine entsprechende Expertise bezüglich der

routinemäßigen Anwendung des LT verfügen. Vor allem für Kinder unter 10 kgKG erscheint eine Anwendung des LT aufgrund der aktuellen Studienlage nicht sicher durchführbar und kann daher derzeit nicht empfohlen werden. Eine notfallmäßig verwendete SGA sollte über die Möglichkeit einer Magendrainage verfügen.

Diskussion. Unter Berücksichtigung der wissenschaftlichen Datenlage und der großen klinischen Erfahrung mit der LM in der Elektiv- und Notfallanwendung bei Kindern kann derzeit zum alternativen Atemwegsmanagement im Kindesalter von den SGA nur die LM empfohlen werden. Die LM sollte sowohl prä- als auch innerklinisch in allen verfügbaren Größen (1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4 und 5) vorgehalten und in der Anwendung regelmäßig geschult werden.

Schlüsselwörter

Alternatives Atemwegsmanagement · Kinder · Supraglottische Atemwegshilfe · Larynxmaske · Larynxtube

Interdisciplinary consensus statement on alternative airway management with supraglottic airway devices in pediatric emergency medicine. Laryngeal mask is state of the art

Abstract

Background. Airway management with supraglottic airway devices (SGA) in life-threatening emergencies involving children is becoming increasingly more important. The laryngeal mask (LM) and the laryngeal tube (LT) are devices commonly used for this purpose. This article presents a literature review and consensus statement by various societies on the use of SGA in pediatric emergency medicine.

Material and methods. Literature search in the database PubMed and classification of studies according to the criteria of the Oxford Centre for Evidence-based Medicine levels of evidence.

Results. The evidence for successful application of the various types of LM is significantly higher than for LT application. Reports of smaller series of successful applications of LT are currently limited to selected research groups and centers. Insufficient evidence currently exists for the successful application

of the LT especially for children below 10 kg body weight and, therefore, its routine use cannot currently be recommended. SGAs used for emergencies should have a possibility for gastric drainage.

Discussion. Considering the scientific data and the large clinical experience with the LM in medical routine and emergency situations in children, currently only the LM can be recommended for alternative (i.e. non-intubation) airway management in children. If alternative airway management is part of a local emergency strategy, the LM should be provided in all pediatric sizes (1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4 and 5) for prehospital and in-hospital emergency use and all users should be regularly trained in its application.

Keywords

Alternative airway management · Children · Supraglottic airway device · Laryngeal mask · Laryngeal tube

Tab. 2 Studien zur Anwendung der Larynxmaske

Autor/Quelle	Studien-design	LoE	Unter-suchung	Stichpro-bengröße	Anwender	Setting	Alter/Ge-wicht	Limitationen	Ergebnisse
Schmöl-zer et al. [31, ent-halten 10, 11, 32, 41]	Systema-tisches Review	1a-	4 RCT (LM vs. BMV vs. ETT)	534	3-mal Anäs-thesisten einmal Pädiater	Reanimation nach Geburt	NG		LM gut durchführ-bare und sichere Alternative zu Mas-kenbeatmung bei Kindern > 34 SSW und Geburts-gewicht > 2000 g
Esmail et al. [10]	RCT	a	LM (LMA Classic) vs. ETT	40	Anästhesisten	Reanimation nach Geburt	> 35 SSW oder > 2,5 kgKG		Keine signifikanten Unterschiede LM vs. ETT
Feroze et al. [11]	RCT	a	LM vs. BMV vs. ETT	75	Anästhesisten	Reanimation nach Geburt	> 1,5 kg		LM schnellere ROSC-Erfolgsrate als BMV, Inser-tionszeiten idem
Singh et al. [32]	RCT	2b	LM vs. BMV	50	Anästhesisten (Training: 5 LM Insertionen)	Reanimation nach Geburt	> 1,5 kgKG oder > 35 SSW	Intransparente Dar-stellung der Ergeb-nisse, unklar, wie randomisiert wurde, ob die Allokation gesichert war, ob die Daten verblindet ausgewertet wurden, Drop-out ist nicht dokumentiert Ergo: intransparente Studie, hohes Ver-zerrungsrisiko	Insertionszeiten LM und BMV idem. ROSC-Dauer bei Maskenbeatmung länger
Zhu et al. [41]	RCT	2b	LM (LMA Classic) vs. BMV	369	Pädiater mit neonatologi-scher Er-fahrung (Training: LM Insertionen durch Tutor)	Reanimation nach Geburt	> 34 SSW oder > 2 kgKG	Quasirandomisierung, Generierung und Verblindung unsicher, inkomplette Outcome-Daten, alle Patienten gingen wahrscheinlich in Auswertung ein	LM signifikant höhere ROSC-Erfolgsrate, weniger ETT, kürzere Ventilationszeiten als BMV
Jagan-nathan et al. [16]	Retrospek-tive An-wendungs-beobachtung	4	LM (LMA Unique, Air-Q, ein-mal LMA Supreme)	109	Anästhesisten	Elektive Allgemein-narkose bei schwierigem Atemweg	Ein Tag bis 18 Jahre	Teilweise inkonstante Dokumentation der Anästhesieunterlagen, keine Kontrollgruppe, keine Differenzierung der verschiedenen LM-Typen, die verwendet wurden	LM-Erfolgs-rate 96 %, Komplikationsrate 3,6 %
Mathis et al. [23]	Retro-spektive An-wendungs-beobachtung	4	LM (LMU Unique, LMA Classic)	11.910	Anästhesisten	Elektive Allgemein-narkose, teilweise schwieriger Atemweg	0 bis 18 Jahre	Fehlendes spezifisches Studienprotokoll	Von 11.910 LM-Insertionen nur Misserfolg bei 102 (0,86 %)
Gandini und Bri-macom-be [12]	Prospektive An-wendungs-beobachtung	4	LM (keine Angabe zum Modell)	104	Ein neonatolo-gischer Assis-tent (Training: 5 LM-Insertionen)	Reanimation nach Geburt	NG ab 1 kgKG	Kein definierter Endpunkt für Atem-wegssicherung (z. B. Versuche, Erfolgs-rate, Ventilation ge-glückt, Konversion, Komplikationen etc.), „Single-user“-Be-obachtung	LM erfolgreich ab 1 kgKG (Note: Trainingsumfang des Anwenders 5 LM, 100 % primärer Erfolg!)

Tab. 2 Studien zur Anwendung der Larynxmaske (Fortsetzung)

Autor/Quelle	Studien-design	LoE	Unter-suchung	Stichpro-bengröße	Anwender	Setting	Alter/Ge-wicht	Limitationen	Ergebnisse
Zanardo et al. [40]	Retro-spektive An-wendungs-beobachtung	4	LM (keine Angabe zum Modell) vs. BMV vs. ETT	86	Neonatology (Training: 2 h durch An-ästhesie inkl. „manikin“, 5 Supervisionen bei Elektiv-operation, 2 Supervisionen bei Neugebo-renen-CPR)	Reanimation nach Geburt	NG (34–37 SSW)		Gewählte Methoden für Be-atmung (34 BMV, 36 LM, 16 ETT) ETT mehr RDS als LM oder BMV. LM weniger NICU und kürzere Kranken-hausdauer als ETT und BMV
Ramesh und Jayanthi [26]	Nichtsystematisches Review, Expertenmeinung	5	LM (LMA Classic, LMA Pro-seal, LMA Unique, Felxible LMA)					Keine strukturierte Literatursuche, unklar auf welcher Daten-basis die Aussagen generiert werden	LM benutzer-freundlicher und weniger Probleme als Masken-beatmung oder ETT. Für CLM existieren fundierte Studien zu Sicherheit und Effizienz

LM Larynxmaske, BMV Beutel-Maske-Beatmung, ETT endotracheale Intubation, LT Larynx-tubus™, RCT „randomized controlled trial“, LoE Level of Evidence (nach CEBM, Centre for Evidence-based Medicine), NG Neugeborene, CLM Classic LM, RDS Respiratory distress syndrome, NICU Neonatal intensive care unit, CPR Cardiopulmonary resuscitation, ROSC Return of spontaneous circulation, SSW Schwangerschaftswoche.

^aStudie nicht verfügbar.

([13]; Evidenzlevel, LoE: 4) untersuchte an einem Kollektiv von 80 pädiatrischen Patienten im Alter von 2 bis 12 Jahren die Praktikabilität des LT im Rahmen von elektiven Allgemeinnarkosen. Die Insertion des LT war in dieser Studie in 90% der Fälle beim ersten Versuch erfolgreich. In 6% der Fälle war ein zweiter Versuch notwendig. Es konnten 4% der Kinder auch nach 2 Platzierungsversuchen nicht ventiliert werden [13].

Eine weitere prospektive Anwendungsbeobachtung ([27]; LoE: 4) wurde an 70 pädiatrischen Patienten im Alter von einem Monat bis 15 Jahren ebenfalls im Rahmen von elektiven Allgemeinnarkosen durchgeführt. In dieser Studie zeigte sich eine Erfolgsrate von 79% für den ersten Insertionsversuch. Bei 17% der Patienten war ein zweiter Versuch notwendig, 3 oder mehr Insertionsversuche mussten in 4% der Fälle durchgeführt werden. Bei ca. 89% der Patienten war nach Insertion eine effiziente Ventilation möglich, wobei 35% der Kinder zusätzliche Manöver wie Veränderungen der Kopf- bzw. Kinnposition benötigten. Bei ca. 12% der Kinder war mithilfe des LT keine adäquate Ventilation möglich. Probleme

bei der Insertion oder Ventilation zeigten sich dabei v. a. bei kleinen Kindern unter 10 kgKG. Eine mögliche Erklärung basiert auf den anatomischen Unterschieden zwischen Kindern und Erwachsenen: Aufgrund des hoch sitzenden Kehlkopfes sowie der proportional größeren Zunge ist eine korrekte Platzierung deutlich schwieriger erreichbar als bei Erwachsenen. Die Autoren schlussfolgern in dieser Studie, dass der LT bei kleineren Kindern unter 10 kgKG nicht zur Atemwegssicherung empfohlen werden kann, wenn andere alternative Atemwegshilfen zur Verfügung stehen [27].

Darüber hinaus existieren für die Anwendung des LT bei kleineren Kindern nur kleine Fallserien (LoE: 5). So wurden von Scheller et al. [30] 10 Fälle einer komplikationslosen Ventilation mit LT II bei Kindern mit einem schwierigen Atemweg im Alter von 4 Tagen bis 6 Monaten beschrieben.

Schalk et al. [28] berichten anhand von 12 Kindern mit z. T. schwierigem Atemweg im Alter von 2 Tagen bis 6 Jahren von einer komplikationslosen Anwendung des LTS II. Zur Erleichterung der Insertion des LTS II wurde ein Unterkieferprotrusionsmanöver (Esmarch-

Handgriff) durchgeführt. Zudem wurden in dieser Studie aufgrund der Variabilität der Einführtiefe bei kleinen Kindern ein eigener Standard für die Auswahl der LT-Größe erstellt und zumeist größere als vom Hersteller empfohlene Tuben angewendet.

Aufgrund der geringen Fallzahl und der insgesamt raren Datenlage schlussfolgern beide Autorengruppen, dass aktuell keine generelle Empfehlung zur Anwendung des LT in Notfallsituationen bei kleinen Kindern unter 10 kgKG ausgesprochen werden kann [28, 30].

Der Hersteller des LT (VBM Medizintechnik GmbH, Sulz) reagierte zudem auf die wissenschaftlichen Berichte zur Zungenschwellung bei erhöhtem Cuff-Druck [3, 29, 32] durch die Empfehlung der Nutzung eines Cuff-Druck-Messgeräts und die Limitierung des Cuff-Drucks auf maximal 60 cm H₂O (VBM Medizintechnik, „Herstellerhinweis Cuffdruckmessung“, Homepage des Herstellers, [36]).

Larynxmaske

Bei der Larynxmaske (LM) wird der Kehlkopf von einer aufblasbaren, ovalen

Tab. 3 Literatur zum Vergleich Larynxmaske vs. Larynxtrubus

Autor/Quelle	Studien-design	LoE	Untersuchung	Stichprobengröße	Anwender	Setting	Alter/Gewicht	Limitationen	Ergebnisse
Bortone et al. [6]	RCT	1b	LM(LMA Classic) vs. LT (LT)	30	1 Anästhesist	Elektive Allgemeinnarkose	3 Monate bis 10 Jahre	Nur eine Versuchsperson	Gute Ventilation nach 1. Positionierung: 11 LM, 2 LT ($p < 0,01$) Nach Kopfrepositionierung 15 von 15 LM, 11 von 15 LT ($p < 0,05$) Stimm lippen sichtbar bei 11 LM, 0 LT ($p < 0,001$)
Genzwürker et al. [14]	RCT	2b	LM (LMA Classic) vs. LT (LT)	60	Anästhesisten	Elektive Allgemeinnarkose	2 bis 8 Jahre	Nur Kinder > 2 Jahre; Quasirandomisierung, Generierung und Verblindung unsicher, inkomplette Outcome Daten, alle Patienten gingen wahrscheinlich in Auswertung ein	Insertionsversuche: keine signifikanten Unterschiede, Magenüberblähung: keine signifikanten Unterschiede, Erfolgsrate und Qualität der Atemwegssicherung LT nicht signifikant besser als LM
Kaya et al. [18]	RCT	1b	LM (LMA Calssic) vs. LT vs. PLA (Cobra PLA)	90	Anästhesisten	Elektive Allgemeinnarkose mit Relaxierung, ASA 1+2	1 bis 9 Jahre	Vergleich LM + LT gegen PLA (parapharyngeales Atemwegstool CobraPLA)	Insertionszeit identisch (LM 19 ± 11 s, LT 21 ± 12 s, PLA 18 ± 12 s), erfolgreiche Insertion im 1. Versuch identisch (LM 66,7%, LT 70,0%, PLA 73,3%)
Lee-Jayaram und Yamamoto [21]	CME Review, Expertenmeinung	5	LM vs. LT						LM: Nachteile: kein sicherer Aspirationschutz, keine hohen Beatmungsdrücke Vorteile: schnelle Insertion, gute Alternative zu BMV beim deprimierten NG LT: RCT: Kinder 2 bis 8 Jahre, Routineanästhesie LT idem zur LM bei Atemwegssicherung 2 prospektive Anwendungsbeobachtungen: 0 bis 12 Jahre erfolgreich bei Routineanästhesie, eine Studie mit hoher Fehlerrate bei Kindern unter 10 kgKG Fallberichte: auch unter 6 Monate gut benutzbar
Goldmann [15]	Expertenmeinung	5	LM vs. LT						LM: weitreichende Einsetzbarkeit und ihr Sicherheit bei Säuglingen und Kindern. Bei Beachtung der Kontraindikationen diverse Vorteile der CLM vs. ETT. SGA der Wahl LT: wenige pädiatrische Studien, Evidenz nicht ausreichend
White et al. [38]	Nicht-systematisches Review, Expertenmeinung	5	LM vs. LT					Wenige qualitativ hochwertige Daten	LM: Effizienz und Sicherheit in Studien belegt, erstmalige Insertionsrate 90%, gesamte Insertionsraten 99–100%, geringe Komplikationsrate (< 11%) Weniger invasiv und weniger Komplikationen als ETT Limitationen: höhere Komplikationsrate bei kleinen Kindern z. B. Cuff-Hyperinflation, Magenüberblähung. LT/LTS II: keine Evidenz, teilw. negative Evidenz. Keine Empfehlung bei Kindern

LM Larynxmaske, LT Larynxtrubus™, BMV Beutel-Maske-Beatmung, ETT endotracheale Intubation, RCT „randomized controlled trial“, LoE Level of Evidence (nach CEBM, Centre for Evidence Based Medicine), ASA Klassifikation der American Society of Anesthesiologists, PLA Cobra LMA, NG Neugeborene, SGA supraglottische Atemwegshilfe.

Manschette umschlossen, in deren Mitte das distale Tubuslumen endet. Die LM kommt international bereits seit über 25 Jahren im kinderanästhesiologischen Bereich zur Anwendung [4, 7]. Inzwischen existieren viele verschiedene Modelle von unterschiedlichen Spezifikationen und Anbietern mit jeweils eigenen Produktmerkmalen. Dementsprechend findet sich eine große Zahl von Studien und Übersichtsarbeiten zum Einsatz der LM bei Kindern in verschiedenen Altersklassen und klinischen Konstellationen (■ Tab. 2). Der Begriff LM steht im Folgenden für Atemwegshilfsmittel mit einem perilaryngealen Cuff oder einer perilaryngealen Manschette.

Eine besondere Art der LM ist die i-gel® des Herstellers Intersurgical (Sankt Augustin, Deutschland). Die i-gel® verfügt im Vergleich zu allen anderen LM nicht über einen aufblasbaren Cuff. Hier besteht der den Larynx umschließende Anteil aus einem thermoplastischen Elastomer, das durch Körperwärme weicher wird und sich somit der jeweiligen Anatomie anpasst. Diese findet auch bei Kindern zunehmend Einsatz [19, 24, 33], Studien zur i-gel® sind im Folgenden aber noch nicht berücksichtigt. Ein aus der klinischen Praxis häufig berichtetes Problem scheint die spontane Dislokationstendenz zu sein, die in weiteren Kinderstudien noch evaluiert werden muss.

Abgewinkelte, gebogene LM mit vorgeformter L-Form (z. B. LMA Supreme® oder Ambu Aura-i®) bieten bei Säuglingen im Vergleich zur klassischen LM möglicherweise eine leichtere Positionierung und einen zuverlässigeren Sitz.

Während die SGA der ersten Generation lediglich eine Beatmung (oder Spontanatmung) ermöglicht, ist mit Modellen der zweiten Generation auch die Einlage einer Magensonde möglich. Dies kann zu einer Entlastung des gastralen Drucks und Inhalts und damit zu einem potenziell niedrigeren Regurgitations- und Aspirationsrisiko führen. Diese sind für einige Modelle (z. B. LMA Supreme, i-gel) verfügbar. Es entspricht zudem dem klinischen Eindruck vieler Anwender, dass die Magensonde die Spitze der Larynxmaske wie ein Seldinger-Draht oder Bougie im Ösophaguseingang stabilisiert.

In verschiedenen Anwendungsbeobachtungen konnte die Erfolgsrate einer effektiven Ventilation mithilfe der LM bei Kindern belegt werden. Jagannathan et al. [16] evaluierten in einer retrospektiven Anwendungsbeobachtung (LoE: 4) 459 Patienten mit erwartet-schwierigem Atemweg im Alter von einem Tag bis 18 Jahren, von denen 109 Patienten mit einer LM versorgt wurden. In dieser Gruppe betrug die Erfolgsrate bei der Anwendung verschiedener LM 96 % (LMA Unique™, Air-Q™, LMA Supreme™, [16]).

Ähnliche Ergebnisse präsentierten Mathis et al. [23] in einer retrospektiven Anwendungsbeobachtung (LoE: 4) der LMA Unique™ bzw. LMA Classic™ zur elektiven Allgemeinnarkose an 11.910 pädiatrischen Patienten. Eingeschlossen wurden Patienten im Alter von 0 bis 18 Jahren, mit teilweise schwierigen Atemwegssituationen. Insgesamt scheiterte die Anwendung einer LM bei 102 von 11.910 Patienten (0,9%), sodass in dieser Untersuchung ebenfalls eine hohe Erfolgsrate selbst bei schwierigem Atemweg beobachtet werden konnte [23].

Der erfolgreiche Einsatz der LM bei Neugeborenen konnte in einem systematischen Review bestätigt werden (LoE: 1a; [31]).

In 4 randomisierten, kontrollierten Untersuchungen, die in einem Review zusammengefasst wurden, wurde die Anwendung der LM vs. Maskenbeatmung bzw. Intubation bei Reanimation von Neugeborenen mit einem Gewicht von mehr 1,5 kg bzw. über der 34. Schwangerschaftswoche verglichen (LoE: 2b; [10, 11, 31, 32, 41]). Dabei erwies sich die LM als gut durchführbare und sichere Alternative zur Maskenbeatmung oder zur Intubation auch bei sehr kleinen Kindern, was durch 2 weitere Anwendungsbeobachtungen bestätigt werden konnte (LoE: 4; [12, 40]).

In retrospektiven Anwendungsbeobachtungen konnte die LM sogar bei Neugeborenen ab 1 kg KG erfolgreich eingesetzt werden [12, 35, 40].

Insgesamt wird die Anwendung der LM von Experten als das am besten untersuchte Hilfsmittel zur alternativen Atemwegssicherung im Kindesalter empfohlen (LoE: 5; [5, 20, 38]). Neben der problem-

losen Anwendung bei Neugeborenen und Kindern mit schwierigem Atemweg erfüllt die LM durch eine primäre Insertionsrate von 90 % und eine Erfolgsrate von 99–100 % bei erneuten Platzierungsversuchen [38] sowie durch eine einfache Handhabung (nichtgeübte Benutzer nach nur kurzem Trainingsbedarf) die grundlegenden Anforderungen an ein alternatives Atemwegshilfsmittel (LoE: 2b, 4; [12, 32, 40, 41]).

Weiterhin findet man in einem aktuellen Review, in dem alle verfügbaren SGA für Kinder verglichen werden, eine ausführliche Auswertung für die verschiedenen Arten von LM [17]. Hingegen findet der LT in diesem Review zum supraglottischen Atemweg des Kindes keine Erwähnung [17].

Vergleichsstudien zu Larynx-tubus und Larynxmaske

Ein direkter Vergleich zwischen LT und LM bei Kindern erfolgte bisher nur in 3 randomisierten, kontrollierten Studien (■ Tab. 3).

Von Bortone et al. ([6]; LoE: 1b) wurde die Anwendung des LT vs. LM bei 30 Kindern mit normalem Atemweg im Alter von 3 Monaten bis 10 Jahren im Rahmen von elektiven Allgemeinnarkosen mit dem Ziel einer adäquaten Ventilation verglichen. Die LM ließ sich im ersten Versuch in 11 von 15 Fällen korrekt platzieren, während dies in der LT-Gruppe signifikant seltener in 2 von 15 Fällen gelang ($p < 0,01$). Nach einem Optimierungsversuch mit Veränderung der Kopfposition waren 15 von 15 Kindern der LM-Gruppe, jedoch nur 11 von 15 Kindern der LT-Gruppe adäquat zu beatmen ($p < 0,05$, [6]).

Eine ähnliche Untersuchung wurde von Genzwürker et al. ([14], LoE: 2b) an einem größeren Patientenkollektiv von 60 Kindern durchgeführt. Dabei wurden Kinder im Alter von 2 bis 8 Jahren mit normalem Atemweg im Rahmen von elektiven Allgemeinnarkosen untersucht. In dieser Studie wurden keine signifikanten Unterschiede bei der Zahl der Insertionsversuche oder im Hinblick auf eine Magenüberblähung festgestellt. Der Druck bis zum Auftreten einer Atemwegsleckage war bei der An-

wendung des LT höher, was positiv als Zeichen einer besseren Ventilation gewertet wurde. Gleichzeitig war die Inzidenz von Halsschmerzen trotz Beachtung eines maximalen Cuff-Drucks von 60 cm H₂O höher. Insgesamt wird die Anwendung des LT gegenüber der LM von den Autoren dieser Studie favorisiert [14]. Eine wichtige Limitation stellt jedoch das Alter der eingeschlossenen Patienten (ab 2 Jahre) dar, sodass keine Aussage zur Anwendbarkeit des LT bei Kindern unter 2 Jahren möglich ist.

Kaya et al. [18] untersuchten LM und LT bei 60 Allgemeinnarkosen bei Kindern im Alter von über einem bis 9 Jahren. Hierbei zeigten sich identische Insertionszeiten (LM 19 ± 11 s, LT 21 ± 12 s, PLA 18 ± 12 s) und identische Erfolgsraten im 1. Versuch (LM 66,7%, LT 70,0%, PLA 73,3%). Einschränkend muss zu dieser Studie aufgeführt werden, dass in die LT-Gruppe nur Kinder mit ≥ 10 kgKG eingeschlossen wurden und der jüngste Patient 1,5 Jahre alt war und somit keine Aussage für Kinder im Alter darunter oder mit < 10 kgKG getroffen werden kann [18].

Interpretation der Studienlage und Empfehlung

Alle SGA bieten im Vergleich zum geblockten Endotrachealtubus eine geringere Abdichtung der Lunge gegenüber dem Gastrointestinaltrakt. Aus diesem Grund kann es potenziell zu einer Überblähung des Magens mit Regurgitation, Aspiration, mechanischer Behinderung der Lunge, Atelektasenbildung und konsekutiver Verminderung der funktionellen Residualkapazität (FRC) kommen. Insbesondere bei (präklinischen) Notfällen kann die Notwendigkeit hoher Beatmungsspitzen drücke bestehen. Es erscheint daher sinnvoll, dass die eingesetzten SGA über einen ösophagealen Drainagekanal zur Platzierung einer Magensonde und damit zur Entlastung des Gastrointestinaltrakts verfügen. Ein solcher Kanal ist bei verschiedenen Modellen der zweiten SGA-Generation vorhanden.

Es gibt bisher keine prospektiven randomisierten Studien zur alternativen präklinischen Atemwegssicherung bei Kindern. Alle durch systematische

Literaturrecherche identifizierten Studien wurden unter klinischen Rahmenbedingungen (z. B. bei elektiven Allgemeinnarkosen) bzw. an Phantomen durchgeführt.

Weiterhin gibt es nur sehr wenige prospektive randomisierte Studien an Patienten, die die verschiedenen SGA miteinander verglichen haben. In der Summe lässt sich aus streng evidenzbasierter Perspektive ein Vor- oder Nachteil der einen oder anderen SGA nicht belegen.

Gleichwohl ist jedoch die Datenlage zu erfolgreichen Anwendungen hinsichtlich der verschiedenen LM auf nationalem und internationalem Niveau deutlich größer. Erfolgreiche Anwendungen des LT beschränken sich derzeit hingegen auf wenige Arbeitsgruppen und Zentren, die mutmaßlich über eine entsprechende Expertise bezüglich der routinemäßigen Anwendung des LT verfügen. Trotz der Tatsache, dass mithilfe des LT in einigen Untersuchungen eine effektive Ventilation bei Kindern erreicht werden konnte, erscheinen die besagten Ergebnisse vor diesem Hintergrund unzureichend begründet und in der Konsequenz nicht auf alle Altersgruppen übertragbar. Vor allem für Kinder unter 10 kgKG erscheint eine Anwendung aufgrund der aktuellen Studienlage nicht sicher durchführbar und kann daher derzeit nicht empfohlen werden. Einschränkend muss bemerkt werden, dass in jüngerer Vergangenheit diverse Modifikationen am LT vorgenommen wurden (u. a. Material, Design der Spitze). Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich die Eignung dieser neueren Versionen des LT für Kinder (z. B. LTS-II) über und unter 10 kgKG in einem anderen Licht darstellt. Es muss empfohlen werden, diese Wissenslücke zunächst durch weitere Studien zu schließen.

Im Gegensatz dazu besteht für die Anwendung der LM bei Säuglingen und Kindern jeder Altersgruppe sowie für Kinder mit schwierigem Atemweg eine ausgesprochen große klinische Erfahrung. Sowohl die effektive Ventilation mit hoher Erfolgsrate als auch die einfache Handhabung selbst für ungeübte

Benutzer nach nur kurzer Trainingszeit sind hinreichend belegt.

Insgesamt wird der LT in Deutschland durchschnittlich nur durch ca. 6% der anästhesiologischen Kollegen in der Routine eingesetzt (Russo et al., unveröffentlichte Daten einer bundesdeutschen Umfrage). Ein regelmäßiges Training – v. a. bei Kindern – scheint daher sowohl für ärztliches als auch für nichtärztliches Personal nicht gegeben zu sein. In diesem Zusammenhang erscheint v. a. das Konzept des Doppel-Cuff mit Anwendungsproblemen behaftet zu sein, die gekannt, erkannt und bei Bedarf auch behandelt werden müssen [8]. Bei unzureichender Insertionstiefe besteht die Gefahr, dass der distale Cuff zu einer Atemwegsobstruktion führt und zudem eine Luftinsufflation in den Gastrointestinaltrakt stattfindet. Bei zu tiefer Insertionstiefe hingegen kann es durch den proximalen Cuff zu einer Verlegung der Glottis kommen. Zusätzlich kann es durch Verdrehungen des LT in seiner Längsachse zu einer Obstruktion der Ventilationsöffnungen mit konsekutiver Verschlechterung der Ventilationsbedingungen kommen [8]. Schließlich kann das blind endende Lumen des LT auch akzidentell in die Trachea eingeführt werden und damit den Atemweg komplett verschließen.

Die breite Akzeptanz der LM spiegelt sich auch in den „Handlungsempfehlungen zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemwegs in der Kinderanästhesie“ wider, die 2011 vom Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) veröffentlicht wurden. Auch hier wird mit dem Verweis auf Datenlage und Anwendungshäufigkeit die Verwendung der LM favorisiert und vorgeschlagen [37].

Eigene (bisher unveröffentlichte) Umfragedaten, die über das Netzwerk der pädiatrischen Intensivstationen in Deutschland 2014 erhoben wurden, haben gleichwohl gezeigt, dass der LT trotz der fehlenden bzw. unklaren Datenlage, in vielen Kinderintensivstationen und Anästhesieabteilungen vorgehalten wird. Auch in der präklinischen Notfallmedizin ist der LT für Kinder überraschend weit

verbreitet. Diese Verbreitung basiert jedoch weder auf robusten wissenschaftliche Daten bezüglich der Anwendung des LT bei Kindern noch auf einer breiten, routinemäßigen Anwendung des LT im Rahmen der elektiven innerklinischen Versorgung.

Für die abschließende Bewertung spielt die Praktikabilität eine entscheidende Rolle: In der Stresssituation der Atemwegssicherung beim Kind scheint eine weitere Differenzierung verschiedener Hilfsmittel je nach Alter oder Gewicht nicht praktikabel und kann ein Sicherheitsrisiko darstellen. Zudem wäre eine Doppelvorhaltung mehrerer SGA nicht kosteneffizient. Eine einheitliche Lösung für Kinder und Jugendliche sollte also bevorzugt werden.

Es soll betont werden, dass die Kapnographie zur Ventilationskontrolle unabhängig vom genutzten supraglottischen oder endotrachealen bei jeder Atemwegssicherung immer zur Anwendung kommen soll. Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der notfallmäßigen Anwendung von SGA beim primär nicht-komatosen Kind ist die Notwendigkeit der Induktion einer ausreichend tiefen Narkose, um funktionelle Atemwegsobstruktionen mit „can't ventilate-Situationen“ oder Regurgitation von Mageninhalt zu verhindern [20].

Zwingend muss auch die Anwendung der vorgehaltenen SGA regelmäßig geschult werden. Empfehlungen zur Häufigkeit des Trainings werden hierbei in einer Handlungsempfehlung der DGAI zum präklinischen Atemwegsmanagement gegeben [34]. Für SGA werden als Minimalvoraussetzung vor dem präklinischen Einsatz 10 Anwendungen einer SGA an Patienten unter Aufsicht gefordert, und jährlich sollte die Anwendung 3-malig wiederholt werden [34].

Fazit

Unter Berücksichtigung der wissenschaftlichen Datenlage und der großen langjährigen klinischen Erfahrung mit der Larynxmaske in der Elektiv- und Notfallanwendung bei Kindern kann derzeit zum alternativen Atemwegsmanagement im Kindesalter mit einem SGA ausschließlich die Larynxmaske

empfohlen werden. Für diese besteht für die Anwendung in jeder Altersgruppe bis hin zum Frühgeborenen ab 1,5 kgKG und bei Kindern mit schwierigem Atemweg eine große Evidenz. Das verwendete Modell sollte über eine Möglichkeit zur Magendrainage verfügen. In diesem Fall müssen dann auch hierzu passende Magensonden mitgeführt werden (z. B. 6 F, 10 F und 14 F).

Die Larynxmaske sollte sowohl prä- als auch innerklinisch in allen verfügbaren Größen (1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4 und 5) vorgehalten und in der Anwendung regelmäßig geschult werden.

Korrespondenzadresse

Dr. F. Hoffmann

Institut für Notfallmedizin und
Medizinmanagement (INM),
Klinikum der Universität München
Lindwurmstr. 4, 80337 München
florian.hoffmann@med.uni-muenchen.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. J. Keil, P. Jung, A. Schiele, B. Urban, A. Parsch, B. Matsche, C. Eich, K. Becke, B. Landsleitner, S.G. Russo, M. Bernhard, T. Nicolai und F. Hoffmann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Bernhard M, Helm M, Luiz T, Biehn G, Kumpch M, Hainer C, Meyburg J, Gries A (2011) Pädiatrische Notfälle in der prähospitalen Notfallmedizin – Implikationen für die Notarztqualifikation. Notfall Rettungsmed 14:554–566
2. Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, Martin E, Walther A (2012) Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine. Acta Anaesthesiol Scand 56:164–171
3. Bernhard M, Beres W, Timmermann A, Stepan R, Greim CA, Kaisers XA, Gries A (2014) Prehospital airway management using the laryngeal tube – an emergency department point of view. Anaesthesist 63:589–596
4. Beveridge ME (1989) Laryngeal Mask anaesthesia for repair of cleft palate. Anaesthesia 44:656–657
5. Maconochie IK, Bingham R, C, López-Herce J, Rodríguez-Núñez A, Rajka T, Van de Voorde P, Zideman DA, Biarent D; Paediatric life support section Collaborators (2015) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 6. Paediatric life support. Resuscitation 95:223–248.

6. Bortone L, Ingelmo PM, De Ninno G, Tosi M, Caffini L, Trenchi J, Mergoni M, Martorana F (2006) Randomized controlled trial comparing the laryngeal tube and the laryngeal mask in pediatric patients. Paediatr Anaesth 16:251–257
7. Brain AL (1989) Further developments of the laryngeal mask. Anaesthesia 44:530
8. Byhahn C, Schalk R, Russo SG (2014) Präklinische Atemwegssicherung – ein Drama in 5 Akten. Anaesthesist 63:543–545
9. Eich C, Roessler M, Nemeth M, Russo SG, Heuer JF, Timmermann A (2009) Characteristics and outcome of prehospital paediatric tracheal intubation attended by anaesthesia-trained emergency physicians. Resuscitation 80:1371–1377
10. Esmail N, Saleh M, Ali A (2002) Laryngeal mask airway versus endotracheal intubation for Apgar score improvement in neonatal resuscitation. Egypt J Anaesth 18:115–121
11. Feroze F, Khuwaja A, Masood N, Malik FI (2008) Neonatal resuscitation: the use of laryngeal mask airway. Professional Med J 15:148–152
12. Gandini D, Brimacombe JR (1999) Neonatal resuscitation with the laryngeal mask airway in normal and low birth weight infants. Anesth Analg 89:642–643
13. Genzwuerker HV, Hohl ECh, Rapp HJ (2005) Ventilation with the laryngeal tube in pediatric patients undergoing elective ambulatory surgery. Paediatr Anaesth 15:385–390
14. Genzwuerker HV, Fritz A, Hinkelbein J, Finteis T, Schlaefer A, Schaeffer M, Thil E, Rapp HJ (2006) Prospective, randomized comparison of laryngeal tube and laryngeal mask airway in pediatric patients. Paediatr Anaesth 16:1251–1256
15. Goldmann K (2013) Kinderanästhesie – Supraglottische Atemwege bei Säuglingen und Kleinkindern. Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 48:246–250
16. Jagannathan N, Sequera-Ramos L, Sohn L, Wallis B, Shertzer A, Schaldenbrand K (2014) Elective use of supraglottic airway devices for primary airway management in children with difficult airways. Br J Anaesth 112:742–748
17. Jagannathan N, Ramsey MA, White MC, Sohn L (2015) An update on newer pediatric supraglottic airways with recommendations for clinical use. Paediatr Anaesth 25:334–345
18. Kaya G, Koyuncu O, Turan N, Turan A (2008) Comparison of the laryngeal mask (LMA) and laryngeal tube (LT) with the perilaryngeal airway (cobraPLA) in brief paediatric surgical procedures. Anaesth Intensive Care 36:425–430
19. Kim MS, Lee JH, Han SW, Im YJ, Kang HJ, Lee JR (2015) A randomized comparison of the i-gel with the self-pressurized air-Q intubating laryngeal airway in children. Paediatr Anaesth 25:405–412
20. Landsleitner B, Eich C, Weiss M, Nicolai T (2011) Präklinisches Atemwegsmanagement bei Kindern. Notfall Rettungsmed 14:526–534
21. Lee-Jayaram JJ, Yamamoto LG (2014) Alternative airways for the pediatric emergency department. Pediatr Emerg Care 30:191–199
22. Martinon C, Duracher C, Blanot S, Escolano S, De Agostini M, Périé-Vintras AC, Orliaguet G, Carli PA, Meyer PG (2011) Emergency tracheal intubation of severely head-injured children: changing daily practice after implementation of national guidelines. Pediatr Crit Care Med 12:65–70

23. Mathis MR, Haydar B, Taylor EL, Morris M, Malviya SV, Christensen RE, Ramachandran SK, Kheterpal S (2013) Failure of the Laryngeal Mask Airway Unique™ and Classic™ in the pediatric surgical patient: a study of clinical predictors and outcomes. *Anesthesiology* 119:1284–1295
24. Pant D, Koul A, Sharma B, Sood J (2015) A comparative study of Laryngeal Mask Airway size 1 vs. i-gel size 1 in infants undergoing daycare procedures. *Paediatr Anaesth* 25:386–391
25. Patel R, Lenczyk M, Hannallah RS, McGill WA (1994) Age and the onset of desaturation in apnoeic children. *Can J Anaesth* 41:771–774
26. Ramesh S, Jayanthi R (2011) Supraglottic airway devices in children. *Indian J Anaesth* 55:476–482
27. Richebé P, Semjen F, Cros AM, Maurette P (2005) Clinical assessment of the laryngeal tube in pediatric anesthesia. *Paediatr Anaesth* 15:391–396
28. Schalk R, Scheller B, Peter N, Roskopf W, Byhahn C, Zacharowski K, Meininger D (2011) Laryngeal tube II: alternative airway for children? *Anaesthesist* 60:525–533
29. Schalk R, Seeger FH, Mutlak H, Schweigkofler U, Zacharowski K, Peter N, Byhahn C (2014) Complications associated with the prehospital use of laryngeal tubes—a systematic analysis of risk factors and strategies for prevention. *Resuscitation* 85:1629–1632. doi:10.1016/j.resuscitation.2014.07.014
30. Scheller B, Schalk R, Byhahn C, Peter N, L'Allemand N, Kessler P, Meininger D (2009) Laryngeal tube suction II for difficult airway management in neonates and small infants. *Resuscitation* 80:805–810
31. Schmörlzer GM, Agarwal M, Kamlin CO, Davis PG (2013) Supraglottic airway devices during neonatal resuscitation: an historical perspective, systematic review and meta-analysis of available clinical trials. *Resuscitation* 84(6):722–730
32. Singh R, Mohan C, Taxak S (2005) Controlled trial to evaluate the use of LMA for neonatal resuscitation. *J Anaesth Clin Pharmacol* 21:303–306
33. Theiler LG, Kleine-Brueggene M, Kaiser D, Urwyler N, Luyet C, Vogt A, Greif R, Unibe MMC (2009) Crossover comparison of the laryngeal mask supreme and the i-gel in simulated difficult airway scenario in anesthetized patients. *Anesthesiology* 111:55–62.
34. Timmermann A, Byhahn C, Wenzel V, Eich C, Piepho T, Bernhard M, Dörges V (2012) Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement. Für Notärzte und Rettungsdienstpersonal. *Anästhesiologie Intensivmedizin* 53:294–308
35. Trevisanuto D, Cavallin F, Mardegan V, Loi NN, Tien NV, Linh TD, Chien TD, Doglioni N, Chiandetti L, Moccia L (2014) LMA Supreme for neonatal resuscitation: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 15:285
36. VBM Medizintechnik. Herstellerhinweis Cuffdruckmessung. http://www.vbm-medical.de/cms/files/f303_2.0de_gb_01.15_herstellerhinweis_cuffdruckmessung_.pdf. Zugegriffen: 29. April 2015
37. Weiss M, Schmidt J, Eich C, Stelzner J, Trieschmann U, Müller-Lobeck L, Philipp-Höhne C, Becke K, Jöhr M, Strauß J (2011) Handlungsempfehlung zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemwegs in der Kinderanästhesie. *Anästhesiologie Intensivmedizin* 52:54–63
38. White MC, Cook TM, Stoddart PA (2009) A critique of elective pediatric supraglottic airway devices. *Paediatr Anaesth* 19(Suppl 1):55–65
39. Xue FS, Luo LK, Tong SY, Liao X, Deng XM, An G (1996) Study of the safe threshold of apnoeic period in children during anesthesia induction. *J Clin Anesth* 8:568–574
40. Zanardo V, Weiner G, Micaglio M, Doglioni N, Buzzacchero R, Trevisanuto D (2010) Delivery room resuscitation of near-term infants: role of the laryngeal mask airway. *Resuscitation* 81:327–330
41. Zhu XY, Lin BC, Zhang QS, Ye HM, Yu RJ (2011) A prospective evaluation of the efficacy of the laryngeal mask airway during neonatal resuscitation. *Resuscitation* 82(11):1405–1409

Die helfende Hand im OP

Chirurgen haben im OP alle Hände voll zu tun. Bislang sind Assistenzärzte für Aufgaben wie Klammern setzen und Instrumente halten zuständig. Künftig könnte auch eine metallene Hand die Ärzte entlasten. Eine Mannheimer Forschergruppe des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung arbeitet an dem von der Baden-Württemberg-Stiftung finanzierten Projekt. Die helfende Hand kann kleinere Aufgaben übernehmen, etwa OP-Instrumente wie Endoskope bewegen und halten oder auch wegziehen. Der Chirurg steuert die mechanische Hilfe vor allem über Gesten. Dazu sieht er auf einem Bildschirm eine virtuelle Darstellung seiner Hand sowie einen kleinen Punkt, der die Position des Werkzeugs anzeigt. Bewegt er seine Hand, zieht die virtuelle Darstellung am Monitor ihr gleich. „Greift“ der Arzt nach dem Punkt, kann er ihn verschieben – und entsprechend das Werkzeug positionieren. Der große Vorteil: Er muss dazu weder seine Handschuhe ausziehen noch etwas berühren. Für den Fall, dass der Operateur selbst Instrumente hält und die Gestensteuerung daher kurzfristig schwierig ist, soll das System künftig auch per Sprache gesteuert werden können. Damit der Arzt den Manipulator so exakt wie möglich einstellen kann, lassen sich seine Bewegungen skalieren. Denn während das Endoskop anfangs erst einmal an die richtige Stelle bewegt werden muss, das Gerät also größere Bewegungen ausführt, sind bei der späteren Feinjustierung kleinere Bewegungen gefragt. Fraunhofer Gesellschaft, www.fraunhofer.de