



First-Pass Intubation Success

Bedeutung und Umsetzung in der Notfallmedizin

Die Schaffung und Aufrechterhaltung eines freien Atemwegs ist eine der zentralen Aufgaben in der prähospitalen und innerklinischen Notfallmedizin. Zweifelsohne sind das Atemwegsmanagement und damit die Sicherstellung der Oxygenierung und Ventilation beim Patienten im Atemstillstand lebensrettend.

Neben dem Atemstillstand konnte auch für andere Indikationen gezeigt werden, dass Patienten von einer frühen prähospitalen Atemwegssicherung profitieren: So konnten Davis et al. [1] in einer retrospektiven Registerstudie an einem Kollektiv mit 9018 Patienten mit relevantem Schädel-Hirn-Trauma (Abbreviated Injury Scale ≥ 3) ein signifikant besseres tatsächliches Überleben für bereits prähospital intubierte und normokapnisch ventilierbare Patienten nachweisen als es gemäß einer Risikoanalyse auf dem Boden des Trauma and Injury Severity Score (TRISS) erwartet wurde. Entsprechend bestätigen auch Mayglothling et al. [2] in einer US-amerikanischen Handlungsempfehlung für die Traumaversorgung, dass ein verzögertes Atemwegsmanagement mit einer Gefährdung für den Patienten (z. B. durch Hypoxie oder Aspiration) assoziiert sein kann. Weitere Studien zeigen, dass ein insuffizientes Atemwegsmanagement (auch beim nichttraumatologischen Patienten) mit schweren und

ggf. sogar tödlichen Komplikationen einhergehen kann [3–5]. Besonders tragisch sind mit einem entsprechenden Atemwegsmanagement assoziierte Komplikationen, wenn diese bei einem zuvor suffizient spontanatmenden Patienten nach Einleitung einer Notfallnarkose auftreten [6–9].

Die endotracheale Intubation ist trotz aller Entwicklungen von alternativen (speziell den supraglottischen) Atemwegshilfsmitteln in den letzten Jahren nach wie vor der Goldstandard zur Atemwegssicherung beim Notfallpatienten, kann sich aber in Notfallsituationen auch für erfahrene Anwender unerwartet schwierig gestalten [10–12]. Aus der Literatur ist bekannt, dass wiederholte Intubationsversuche zu enoralen, pharyngealen und laryngealen Verletzungen, Blutungen oder Schleimhautschwellungen, aber auch zu relevanten Abfällen der arteriellen Sauerstoffsättigung führen können [13–17]. Jeder weitere Intubationsversuch wird durch die zuvor hervorgerufenen Schädigungen im Rahmen der Intubationsmanöver unweigerlich noch schwieriger [13]. Nationale und internationale Empfehlungen limitieren daher sowohl innerhalb als auch außerhalb des Operationssaals und somit auch in der prähospitalen und frühen innerklinischen Notfallversorgung die maximale Anzahl der endotrachealen Intubationsversuche in Abhängigkeit vom

Erfahrungslevel der Anwender meist auf 2 (– 3) [18, 19].

Einfluss mehrfacher Intubationsversuche auf die Komplikationsrate

Zahlreiche Studien haben einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Intubationsversuche und der Komplikationsrate untersucht (■ Tab. 1; [20–27]). Mehrfache Intubationsversuche gelten dabei nachweislich als unabhängiger Risikofaktor für eine erhöhte Morbidität und Mortalität: Drei dieser Studien wiesen bei 3 oder mehr Versuchen der endotrachealen Intubation eine Zunahme der Komplikationsrate um den Faktor 6,7 ($n = 2284$; [21]), 4,7 ($n = 1903$; [22]) bzw. 4,5 ($n = 2616$; [23]) nach. In einer vierten Studie ($n = 1828$) in einer Notaufnahme kam es im Rahmen des ersten Intubationsversuchs in 14 % zu einer Komplikation (z. B. Desaturierung, Fehlintubation, Aspiration, Zahnschaden oder Hypotonie). Zudem war beim zweiten und dritten Intubationsversuch ein sprunghafter Anstieg der Komplikationsrate um den Faktor 7,5 zu beobachten [20]. Eine monozentrische Beobachtungsstudie mit insgesamt 2833 Patienten wies bei mehrfachen Intubationsversuchen einen nahezu 10-fachen Anstieg der Gefahr einer Hypoxämie, einer ösophagealen Fehlintubation, einer Aspiration oder eines Herz-Kreislaufstillstands nach [24]. Mehrfa-

Tab. 1 Einfluss mehrfacher Intubationsversuche auf Komplikationen und Risiken im Rahmen des Atemwegsmanagements

Autor	Studientyp	Setting	Anzahl der Patienten	Ergebnisse
Martin et al. [21]	Prospektive Beobachtungsstudie	Innerklinisch, Ärzte	n = 3423	≥ 3 Intubationsversuche sind ein unabhängiger Prädiktor für den kombinierten Endpunkt Komplikationen (angepasste OR = 6,7, 95 %-KI: 3,2–14,2, p = 0,001)
Mort [24]	Prospektive Beobachtungsstudie	Innerklinisch, Ärzte	n = 2833	In 10 % ≥ 3 Intubationsversuche, beim Vergleich von ≤ 2 Versuchen mit ≥ 3 Versuchen signifikant mehr Komplikationen: Hypoxämie 10,5 % vs. 70 %; schwere Hypoxämie (SpO ₂ < 70 %) 1,9 % vs. 28 %; ösophageale Fehlintubation 4,8 % vs. 51,4 %; Regurgitation 1,9 % vs. 22 %; Aspiration 0,8 % vs. 13 %; Bradykardie 1,6 % vs. 18,5 %; Herz Kreislaufstillstand 0,7 % vs. 11 % (jeweils p < 0,001)
Hasegawa et al. [23]	Prospektive Multizenterregisterstudie	Innerklinisch, Ärzte	n = 2616	In 11 % ≥ 3 Intubationsversuche, Vergleich von ≤ 2 Versuchen mit ≥ 3 Versuchen: Komplikationen insgesamt 9 % vs. 35 %; schwere Komplikationen 5 % vs. 23 %; ösophageale Fehlintubation 3 % vs. 17 %. ≥ 3 Intubationsversuche sind ein unabhängiger Risikofaktor für Komplikationen (angepasste OR = 4,5, 95 %-KI: 3,4–6,1)
Hasegawa et al. [22]	Prospektive Multizenterregisterstudie	Innerklinisch, Ärzte	n = 1903	≥ 3 Intubationsversuche sind ein unabhängiger Risikofaktor für Komplikationen (angepasste OR = 4,7, 95 %-KI: 3,4–6,4, p < 0,001)
Sakles et al. [20]	Retrospektive Beobachtungsstudie	Innerklinisch, Ärzte	n = 1828	Komplikationsrate bei FPS 14,2 %, bei Erfolg im 2. Versuch 47,2 %, im 3. Versuch 63,6 % und bei > 3 Versuchen 70,6 %. Vergleich FPS vs. ≥ 2 Intubationsversuche: Desaturation 9,2 vs. 37,8 %; Aspiration 0,8 % vs. 5,9 %; ösophageale Fehlintubation 0,0 % vs. 15,8 %. Mehrfache Intubationsversuche waren ein unabhängiger Risikofaktor für das Auftreten von mindestens einer Komplikation (angepasste OR 7,52, 95 %-KI: 5,9–9,6)
Duggan et al. [27]	Prospektive Beobachtungsstudie	Innerklinisch, Ärzte	n = 271	≥ 2 Intubationsversuche waren assoziiert mit einem 4-fachen Anstieg der Rate an schweren Komplikationen und einem 5-fachen Anstieg der gesamten Komplikationsrate
Rognas et al. [25]	Prospektive Beobachtungsstudie	Prähospital, Ärzte	n = 683	In 22,4 % ≥ 2 Intubationsversuche; Komplikationsrate bei FPS 7,4 %, bei Erfolg im 2. Versuch 23,3 %, bei > 2 Intubationsversuchen 32,2 %. ≥ 2 Intubationsversuche waren assoziiert mit einem Anstieg der Komplikationsrate
Kim et al. [26]	Retrospektive Registerstudie	Innerklinisch, Ärzte	n = 512	FPS 85 %; Patienten ohne FPS hatten eine signifikant niedrigere ROSC-Rate (42,9 vs. 59,8 %, p = 0,0006), die Chance auf ein ROSC wurde durch fehlenden FPS signifikant gemindert (OR 0,4; 95 %-KI: 0,23–0,71, p = 0,002)

OR odds ratio, KI Konfidenzintervall, FPS first pass success, erfolgreiche Intubation im ersten Versuch, ROSC return of spontaneous circulation, Wiederherstellung eines Spontankreislaufs

che endotracheale Intubationsversuche im Rahmen der kardiopulmonalen Reanimation waren in der Analyse eines Notaufnahmeregisters mit einer deutlich geringeren Chance für die Wiederherstellung eines Spontankreislaufs (return of spontaneous circulation, ROSC) assoziiert: ROSC-Rate von 60 %, wenn der erste Intubationsversuch erfolgreich war, im Vergleich zu 43 % bei mehrfachen Intubationsversuchen (p = 0,006) [26].

Zudem sinkt die Chance einer erfolgreichen endotrachealen Intubation mit jedem weiteren Versuch trotz optimierter Bedingungen (z. B. Einsatz von Muskelrelaxanzien, Intubationsversuch

durch einen erfahrenen Anwender oder Einsatz einer alternativen Atemwegshilfe): Erfolgsrate nach erstem, zweitem und ≥ drittem gescheiterten Versuch: 81 %, 71 % und 67 % (p < 0,001) [28]. Die Auswertung von Schadensfällen nach schwierigem Atemwegsmanagement in Großbritannien (Close Claim Analysis) legt zudem nahe, dass auch die Chance, einen supraglottischen Atemweg erfolgreich zu platzieren, mit jedem vorausgegangenen Intubationsversuch sinkt [29]. Der Grund hierfür könnte vermutlich in einer zunehmenden Weichteilschwellung oder Blutungen im Bereich des Pharynx nach Anwendung

von supraglottischen Atemwegen liegen [8]. Ein weiterer möglicher Grund ist zunehmender Stress in dieser Notfallsituation für Anwender, die im Umgang mit supraglottischen Atemwegen keine Routine haben.

Aus diesen Erkenntnissen leitet sich als Forderung für eine möglichst hohe Patientensicherheit in der Notfallmedizin mit niedriger Komplikationsrate und letztendlich Vermeidung von „Atemwegskatastrophen“ ab, dass ein möglichst hoher First-Pass Success (FPS) für die Atemwegssicherung erzielt werden muss [14]. Dies muss in ein Konzept eingebettet werden, das sogar unter Zeitdruck bei

vitalgefährdeten, hypoxischen, kreislaufinstabilen und aspirationsgefährdeten Patienten gelingt.

Daraus ergibt sich folgende zentrale Frage: Wie lässt sich ein möglichst hoher FPS für die endotracheale Intubation in der Atemwegssicherung bei Notfallpatienten erreichen?

Optimierung des First-Pass Success

Eine wesentliche Voraussetzung für einen hohen FPS besteht darin, standardisierte und optimale Bedingungen für den ersten Intubationsversuch zu schaffen. Um das zu erreichen, kann Folgendes gefordert werden:

- gute Ausbildung und Routine der Anwender durch häufiges Training,
- möglichst optimale Patientenlagerung auch im prähospitalen Umfeld,
- standardisierte Narkoseeinleitung unter Einsatz von Muskelrelaxanzien,
- Einsatz eines Videolaryngoskops bereits beim ersten Intubationsversuch.

Ausbildung und Training

Eine Studie zur prähospitalen endotrachealen Intubation durch Notärzte auf einem Rettungshubschrauber in London zeigte, dass die Routineerfahrung im Atemwegsmanagement für den FPS besonders wichtig ist. Durch eine mindestens 6-monatige anästhesiologische Ausbildung der Notärzte ließ sich ein deutlich höherer FPS erzielen (71 % bei weniger als 6 Monaten Anästhesieerfahrung, 88 % bei mehr als 6 Monaten, Odds Ratio [OR]: 3,06, 95 %-Konfidenzintervall [KI]: 1,38–6,78, $p = 0,005$; [30]). Für nichtärztliches Rettungsdienstfachpersonal (*Paramedics*) mit einer Vorerfahrung von im Median 10 Intubationen konnte mit jeder weiteren erfolgreichen endotrachealen Intubation die Wahrscheinlichkeit für einen Intubationserfolg um den Faktor (OR) 1,10 (95 %-KI: 1,03–1,17, $p = 0,006$) erhöht werden. Die Chance für einen FPS stieg in dieser Untersuchung mit jeder weiteren erfolgreichen Intubation um den Faktor (OR) 1,06 (95 %-KI: 1,01–1,09, $p = 0,009$; [31]).

Notfall Rettungsmed 2016 · 19:566–573 DOI 10.1007/s10049-016-0168-3
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

J. Knapp · V. Wenzel · R. Greif · B. Hossfeld · M. Bernhard

First-Pass Intubation Success. Bedeutung und Umsetzung in der Notfallmedizin

Zusammenfassung

Hintergrund. Das Atemwegsmanagement ist eine der zentralen Aufgaben eines jeden notfallmedizinisch tätigen Arztes.

Die prähospital endotracheale Intubation stellt sich dabei im Vergleich zur innerklinischen Situation oft als schwieriger und komplikationsreicher dar.

Methode. Anhand der vorliegenden Literatur soll die Bedeutung einer erfolgreichen endotrachealen Intubation im ersten Versuch (sog. First-Pass Intubation Success, FPS) und der Möglichkeiten dessen Optimierung in der Notfallmedizin dargestellt und diskutiert werden.

Ergebnisse. Zahlreiche Studien zeigen, dass bei 2 oder mehr Intubationsversuchen die Rate an Komplikationen (wie z. B. Hypoxie, Aspiration, Herzkreislaufstillstand) um den

Faktor 4 bis 7 ansteigt. Die vorliegende Literatur macht deutlich, dass eine wesentliche Voraussetzung für einen möglichst hohen FPS und damit eine hohe Patientensicherheit insbesondere eine gute Ausbildung und regelmäßiges Training in der endotrachealen Intubation ist. Eine Narkoseeinleitung sollte standardisiert und nach sorgsamer Präoxygenierung erfolgen. Die Bedeutung des Einsatzes von Muskelrelaxanzien und der Videolaryngoskopie für den FPS steht zur Diskussion.

Schlüsselwörter

Notfallmedizin · Tracheale Intubation · Narkose · Atemwegsmanagement · Komplikationen

First-pass intubation success. Relevance and implementation in emergency medicine

Abstract

Background. Airway management is a central skill for every physician working in emergency medicine. Endotracheal intubation in the prehospital setting has been proven to be more difficult and complicated as compared to the in-hospital setting.

Method. Therefore, on the basis of the existing literature the importance of the first-pass intubation success (FPS) and the possibilities for its optimization are addressed and discussed.

Results. Several studies have shown a 4 to 7 times higher rate of complications (e.g., hypoxia, aspiration, cardiac arrest) after

2 or more intubation attempts. Current literature demonstrates that education and frequent training is a major prerequisite for a maximum FPS and patient safety. Induction of anesthesia should be standardized and after careful pre-oxygenation. The relevance of neuromuscular blocking agents and video laryngoscopy for FPS is discussed.

Keywords

Emergency medicine · Intubation of the trachea · Emergency anesthesia · Airway management · Complications

Die Lernkurve bei der endotrachealen Intubation durch Assistenzärzte im ersten Weiterbildungsjahr in der Anästhesiologie stabilisierte sich erst nach mehr als 150 endotrachealen Intubationen mit einem Intubationserfolg im ersten Versuch von 85 % und bei allen Versuchen von 95 % [32]. Ähnliche Ergebnisse an kleineren Fallzahlen, ebenfalls im Rahmen von streng überwachten Narkoseeinleitungen bei Elektiveingriffen im Operationssaal, zeigte die Untersuchung von Schüpfer et al. [33] (95 %ige Erfolgs-

rate nach mehr als 100 Intubationen). Grissom et al. [34] beschrieben in einer prospektiven Beobachtungsstudie, dass der FPS für nichtanästhesiologisch ausgebildete Ärzte durch eine vierwöchige Hospitation in der Anästhesie von 85 % auf 94 % verbessert werden konnte ($p < 0,001$). Interessanterweise war der FPS auch in dieser Untersuchung von der Anzahl der bereits durchgeführten Intubationen abhängig (OR 1,23, 95 %-KI: 1,03–1,46, $p = 0,02$). Auch eine weitere Untersuchung bestätigt diese Ergebnis-

se [35]. Eine ganz aktuelle Studie aus Australien zeigte, dass die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Intubation im ersten Versuch durch erfahrene Ärzte mit mehr als 100 Intubationen an Vorerfahrung um den Faktor (OR) 2,7 (95 %-KI: 1,0–7,0) höher ist als durch unerfahrenere Ärzte [36]. Abschließend liegt eine weitere Metaanalyse zur Lernkurve der endotrachealen Intubation vor. Diese fasst jedoch die hier aufgezeigten Studien und noch weitere kleinere Studien zusammen [37–40], die sich vorwiegend der „cumulative sum method“ mit kleineren Anwender- und Patientenkollektiven bedienten und damit geschätzte bzw. extrapolierte Ergebnissen beinhalteten [41].

Aus Sicht einer evidenzbasierten Medizin ist die Bedeutung der praktischen Ausbildung und eines alltagsbegleitenden, kontinuierlichen Trainings im Atemwegsmanagement zur Aufrechterhaltung der erlernten Fähigkeiten in der Literatur somit umfassend belegt. Die Handlungsempfehlung der Arbeitsgruppe „Atemwegsmanagement“ des Arbeitskreises Notfallmedizin der Deutschen Gesellschaft für Anesthesiologie und Intensivmedizin (DGAI; [42]) konstatiert bereits 2012 genauso wie die aktuellen Leitlinien des European Resuscitation Councils zur kardiopulmonalen Reanimation [43], dass eine notfallmäßige endotracheale Intubation nur von denjenigen durchgeführt werden soll, die diese Technik sicher beherrschen. Dazu werden – auch vor dem Hintergrund der bereits beschriebenen Studien – mindestens 100 endotracheale Intubationen am realen Patienten unter Aufsicht und nachfolgend mindestens 10 endotrachealen Intubationen pro Jahr gefordert [42]. Durch Intubationen ausschließlich im Rahmen einer prähospitalen Tätigkeit kann dieses Trainingsniveau vor dem Hintergrund der Anwendungszahlen allerdings nicht erreicht und nur unzureichend aufrechterhalten werden [44, 45]. Keinesfalls ist es möglich, adäquate praktische Fertigkeit zur endotrachealen Intubation ausschließlich an Intubationsmodellen oder durch Simulatortraining zu erlernen, weil die anatomische Realität und die prähospitalen bzw. früh innerklinischen Notfallsituationen dies-

bezüglich nur unzureichend simuliert werden können [46].

Die Leitlinien zur Notfallnarkose einer britischen Fachgesellschaften fordern, dass Personal, das prähospital einen Atemweg sichert, das gleiche Ausbildungsniveau benötigt wie Ärzte, die innerklinisch ohne Supervision für das notfallmäßige Atemwegsmanagement im Rahmen einer Rapid Sequence Induction (RSI) in einer Notaufnahme verantwortlich sein dürfen. Es werden daher mindestens 1 Jahr Ausbildung in der Anesthesiologie und 2 Jahre in der Notfallmedizin gefordert [47].

Resümee. Ein adäquater Trainingszustand und kontinuierliche Erfahrung in der Atemwegssicherung ist für einen hohen FPS entscheidend und trägt maßgeblich zum Intubationserfolg und der Steigerung der Patientensicherheit bei.

Optimale Lagerung des Patienten

In der operativen Anästhesie ist der erwachsene Patient zur Einleitung einer Vollnarkose mit konsekutiver Atemwegssicherung auf dem Operationstisch in Rückenlage in Oberkörperhochlagerung positioniert und der Kopf in der optimierten Jackson-Position gelagert. Dabei wird der Kopf auf einem Kissen gelagert (Elevation), während die Schultern flach auf der Unterlage aufliegen, um auf diese Weise eine Annäherung der oralen, der pharyngealen und der laryngealen Achse herzustellen und eine optimale Sicht auf die Glottis zu ermöglichen. Der Patient ist von allen Seiten gut zugänglich, und notwendige Geräte sind in guter Erreichbarkeit um den Patienten positioniert. Wie wichtig dieses Vorgehen und die sog. Back-up-Head-Elevated (BUHE)-Position hinsichtlich der Reduktion von Komplikationen ist, wurde in einer retrospektiven Untersuchung von Khandelwal et al. [48] mit 528 Patienten gezeigt, bei denen innerklinisch eine Notfallintubation durchgeführt werden musste. Es fand sich eine signifikant verbesserte Sicht auf die Stimmbandebene und eine Reduktion der Häufigkeit von mindestens einer Komplikation wie Hypoxämie, Aspiration oder ösophagealer Fehlintubation

(9,3 % vs. 22,6 %; OR: 0,41, 95%-KI: 0,22–0,76, $p = 0,005$) für die BUHE-Position im Vergleich zur Rückenlage.

Sowohl in der klinischen Notfallmedizin als auch in der prähospitalen Notfallversorgung sollte zur Atemwegssicherung eine ähnliche Positionierung angestrebt werden. Während sich der Patient in einer Notaufnahme zumindest in der Regel bereits auf einer mobilen und verstellbaren Liege befindet, kann prähospital erst im Rettungswagen (RTW) eine vergleichbare Situation erzielt werden. Combes et al. [49] konnten für die prähospitalen Intubation zeigen, dass die Positionierung des Durchführenden ein unabhängiger Faktor für ein erschwertes Atemwegsmanagement ist und die stehende Position hinter dem Kopf des Patienten (z. B. im RTW) sich als am günstigsten herausstellte. Aus diesem Grund sollte der Notfallpatient – wann immer möglich und vertretbar – zunächst unter erhaltener Spontanatmung und der dazu nötigen Analgosedierung gerettet werden, um erst im RTW die definitive Atemwegssicherung zu etablieren.

Wenn dieses Ziel bei perakuter Vitalbedrohung nicht erreicht werden kann, sollte sich der Durchführende zumindest ausreichend Platz hinter dem Kopf des Patienten verschaffen und der Kopf des Patienten durch ein geeignetes Polster unter dem Hinterkopf in der oben beschriebenen Jackson-Position gelagert werden. Die nachfolgende Narkoseeinleitung sollte nach einem allen Beteiligten bekannten Standard folgen und in einem Briefing die Aufgabenverteilung kurz besprochen werden [50].

Resümee. Die Schaffung von Standardbedingungen (z. B. Platz, Licht) sowie die standardisierte Vorhaltung und Organisation des Equipments an der Einsatzstelle stellt einen hohen Sicherheitsfaktor für die erfolgreiche Atemwegssicherung dar.

Notfallnarkose

Um die Laryngoskopie zu erleichtern, muss nach der korrekten Patientenlagerung und einer suffizienten Präoxygenierung bei einem spontanatmenden Patienten eine ausreichend tiefe Narkose in

Kombination mit dem Einsatz von Muskelrelaxanzien durchgeführt werden: Für die RSI im Rahmen einer prähospitalen Notfallnarkose ist ein standardisiertes Vorgehen durch eine Arbeitsgruppe des Arbeitskreises Notfallmedizin der DGAI erarbeitet worden [50].

Der Nutzen der Einführung eines solchen Standards und des Abarbeitens einer entsprechenden Checkliste ist im notfallmedizinischen Bereich bereits durch Studien belegt [51–53]. In komplexen Situationen mit für alle Teammitglieder hoher Arbeitsbelastung liegt der Vergleich mit dem Start- oder Landevorgang in der Luftfahrt nahe. Hier haben sich Standard Operating Procedures (SOP) seit Jahrzehnten erfolgreich durchgesetzt [54]. Kritiker äußern zwar immer wieder, dass Patienten individuell behandelt werden müssten und ärztliche Entscheidungen nicht durch fixe Behandlungsschemata eingeschränkt werden sollten. Andererseits sind aber auch Prozeduranweisungen in der Luftfahrt für Standardbedingungen (z. B. Luftdruck 1013,25 hPa, Außentemperatur 15 °C) ausgelegt. Auch topographisch gleicht kaum ein Anflug dem anderen, dennoch wird jede Landung nach einem Standardverfahren ausgeführt. Entsprechende Standards sollten sich daher an der S1-Leitlinie zur prähospitalen Notfallnarkose beim Erwachsenen orientieren (<http://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/001-030.html>; [50]).

Auf zwei essenzielle Bestandteile dieser S1-Leitlinie zur Notfallnarkose soll detaillierter weiter eingegangen werden: die sog. Präoxygenierung als einfache und äußerst effektive, aber in der Notfallmedizin oft vernachlässigte Maßnahme zur Erhöhung der Patientensicherheit sowie der Einsatz von Muskelrelaxanzien, der in den vergangenen Jahren immer wieder kritisch diskutiert wurde [55].

Präoxygenierung

Jeder spontanatmende Patient sollte für 3–4 min präoxygeniert werden [50, 56]. Durch diese simple Maßnahme kann beim lungengesunden Patienten das Zeitfenster für eine sichere Intubation ohne gefährliche Abfälle der Sauerstoffsättigung von ca. 1 auf etwa 8 min verlängert werden [57, 58]. Abhängig

vom Erkrankungs- oder Verletzungsmuster bleibt dieser Effekt allerdings sehr variabel [55]. Um keine wertvolle Zeit zu verlieren, sollte mit der Präoxygenierung begonnen werden, sobald die Entscheidung zur Einleitung einer Notfallnarkose getroffen wurde, um so die Zeit zur Absprache und Vorbereitung des Equipments sowie der Medikamente effektiv parallel zu nutzen.

Um eine möglichst hohe inspiratorische Sauerstofffraktion zu erreichen, soll die Präoxygenierung mit einer Sauerstoffmaske mit Reservoir oder *dicht sitzender* Maske des Beatmungsbeutels (ebenfalls mit Sauerstoffreservoir) und 12–15 l/min Sauerstofffluss durchgeführt werden. Noch effektiver ist die Verwendung eines Demand-Ventils. Alternativ kann die Präoxygenierung bei vorliegender Spontanatmung und ausreichend erfahrener Team sowie kurzer Vorbereitungszeit und unter Berücksichtigung absoluter Kontraindikationen auch mittels nichtinvasiver Beatmung erfolgen, ggf. unter Zuhilfenahme von Ketamin bei unkooperativen oder schmerzgeplagten Patienten („delayed sequence intubation“) [55, 56]. Bei Patienten mit insuffizienter Spontanatmung bietet sich eine vorsichtige assistierte Maskenbeatmung an [58–61].

Resümee. Eine sorgsame Präoxygenierung des spontanatmenden Patienten mittels verschiedener und auf die vorliegende Situation angepasster Techniken bietet ein hohes Sicherheitspotenzial im Rahmen der notfallmäßigen Atemwegsicherung durch verlängerte Apnoedauer.

Neuromuskuläre Blockade

Durch den Einsatz von Muskelrelaxanzien können die Intubationsbedingungen deutlich verbessert und die Rate an intubationsbedingten Komplikationen gesenkt werden: So gelang in einer prospektiven Studie die notfallmäßige endotracheale Intubation auf einer Intensivstation unter Nutzung einer neuromuskulären Blockade ($n = 287$) mit 85 % deutlich häufiger im ersten Versuch als bei Intubationsversuchen ohne Einsatz einer Muskelrelaxierung ($n = 167$) mit 78 % ($p = 0,047$) [62]. Ähnliche Ergebnisse zeigen

Untersuchungen zu notfallmäßigen Intubationen in einer Notaufnahme (Intubationserfolg im Zeitraum von 3 Monaten vor Einführung eines Standards zur RSI einschließlich neuromuskulärer Blockade: 82 % ($n = 67$) im Vergleich zum Zeitraum von 6 Monaten unmittelbar danach: 99 % ($n = 166$), $p < 0,0001$) [63]. Auch für prähospitalen Intubationen durch *Paramedics* in den USA konnte der Vorteil von Muskelrelaxanzien hinsichtlich eines deutlich besseren Intubationserfolgs und einer geringeren Komplikationsrate nachgewiesen werden: Intubationserfolg ohne ($n = 92$) vs. mit Muskelrelaxanzien ($n = 40$): 70 % vs. 98 % ($p < 0,001$) [64]; Intubationserfolg ohne ($n = 24$) vs. mit Muskelrelaxanzien ($n = 25$): 25 % vs. 92 % ($p < 0,001$) [65]. Dementsprechend betont auch die aktuelle Leitlinie zum unerwartet schwierigen Atemweg der Difficult Airway Society aus dem Jahr 2015 ausdrücklich, dass „die komplette neuromuskuläre Blockade sicherzustellen“ ist [19].

Trotz der genannten Vorteile der neuromuskulären Blockade wird dieses Thema immer wieder kontrovers diskutiert, insbesondere vor dem Hintergrund der Befürchtung, durch eine Muskelrelaxierung in eine „Cannot-ventilate-cannot-intubate“-Situation zu geraten. Im OP-Bereich liegt die Inzidenz dieser gefährlichen Situation bei 0,4 % [66], in der prähospitalen Notfallmedizin jedoch deutlich höher [67]. Bei innerklinischen Narkoseeinleitungen im Rahmen von elektiven Routineeingriffen kann man in solchen Fällen versuchen, die Spontanatmung des Patienten wiederherzustellen. Dies gelingt jedoch auch bei Einsatz des vermeintlich kurz wirksamen Succinylcholin aufgrund der ergänzend applizierten Hypnotika und Analgetika nur selten [68]. Falls Rocuronium eingesetzt wurde, kann die Wirkung durch die Gabe von Sugammadex aufgehoben werden. Nach im Schnitt 3–4 min – und somit schneller als nach der Gabe einer Intubationsdosis von Succinylcholin – kann so wieder eine Spontanatmung des Patienten erreicht werden [69]. Eine Schädigung des Patienten durch eine Hypoxie (auch unter Berücksichtigung eines notwendigen Entscheidungsintervalls zum Einsatz von Sugammadex

und dessen Vorbereitung und Applikation) ist aber auch bei dieser Zeitspanne zu befürchten. Darüber hinaus wird Sugammadex – auch aufgrund der relativ hohen Kosten – bei weitem noch nicht flächendeckend im Notarztendienst vorgehalten. In der Notfallmedizin ist, wenn die Indikation zur prähospitalen Einleitung einer Notfallnarkose, Atemwegssicherung und Beatmung korrekt gestellt wurde, die Rückkehr zur Spontanatmung keine verbleibende Option mehr. Die Autoren unterstützen daher ausdrücklich eine *Vorwärtsstrategie* und den Einsatz von Muskelrelaxanzien, um die Chance auf eine erfolgreiche endotracheale Intubation (möglichst im ersten Intubationsversuch) zu optimieren.

Resümee. Die Nutzung von Muskelrelaxanzien im Rahmen der Einleitung einer Notfallnarkose kann den FPS verbessern und sollte Teil eines jeden modernen Konzepts zur Notfallnarkose sein.

Videolaryngoskopie

Mehrere in den vergangenen Jahren veröffentlichte Studien zeigen, dass der FPS durch den primären Einsatz der Videolaryngoskopie (VL) deutlich verbessert werden kann. Bei der endotrachealen Intubation von insgesamt 619 Patienten in einer Notaufnahme war die Erfolgsrate im ersten Versuch mit VL doppelt so hoch im Vergleich zur konventionellen direkten Laryngoskopie (DL; 95 %–KI: 1,1–3,6; [36]). Eine weitere Studie zeigte in einer US-amerikanischen Notaufnahme einen FPS von 90 % unter Nutzung der VL im Vergleich zu 73 % unter DL [70]. Ganz ähnliche Ergebnisse ergab eine Kohortenstudie im OP-Bereich mit je 313 Patienten mit vergleichbaren Intubationsbedingungen (FPS der VL vs. DL: 94 % vs. 81 %, $p < 0,001$; [71]). Für den innerklinischen Einsatz zeigen sich also sehr gute Ergebnisse zugunsten der Videolaryngoskopie.

Ein Nachteil der Videolaryngoskope im prähospitalen Einsatz ist der relativ hohe Anschaffungspreis. Allerdings zeigen auch erste Studien im prähospitalen Bereich überzeugende wissenschaftliche Ergebnisse. Die prähospitaler Atemwegssicherung gelang in einer pro-

spektiven Beobachtungsstudie mit Hilfe des bereits beim ersten Intubationsversuch eingesetzten Videolaryngoskops bei 227 von 228 Patienten (Gesamterfolgsrate: 99,6 %) die endotracheale Atemwegssicherung, nur in einem Fall war ein supraglottischer Atemweg notwendig [72]. Bei 57 dieser Patienten, die durch erfahrene Anästhesisten prähospital versorgt wurden, konnte durch die VL die Einstellbarkeit der Stimmbänder von einem Grad III/IV nach Cormack u. Lehane [73] unter DL auf I/II unter VL verbessert werden ($p < 0,001$). Insbesondere unter Immobilisation der Halswirbelsäule (HWS) wird der Vorteil der VL deutlich. Die Studie bestätigt jedoch auch, dass die VL Limitationen unterliegt: Die Kontrastminderung auf dem Monitor durch starken Lichteinfall oder Kontamination der Objektivlinse durch Blut oder Sekret wurde bei 32 Patienten (13,9 %) beobachtet. Vor diesem Hintergrund sollten VL-Spatel eingesetzt werden, die neben einer indirekten VL auch eine DL zulassen, ohne auf ein anderes Instrument wechseln zu müssen (z. B. Macintosh-Spatel) [72]. Für Fälle mit einem ganz besonders schweren Atemweg kann ggf. noch ein stark gekrümmter Laryngoskopspatel, der ausschließlich eine indirekte Laryngoskopie mittels VL erlaubt (z. B. D-Blade) mitgeführt werden.

Ähnliche positive Ergebnisse durch den Einsatz der VL ergab eine retrospektive Datenanalyse von Intubationen durch *Paramedics* in den USA. Hier konnte unter Nutzung der VL ($n = 195$) ein höherer FPS von 95 % im Vergleich zur DL mit 75 % ($n = 593$) gezeigt werden ($p < 0,001$; [74]). Auch eine weitere Studie zur videolaryngoskopischen Intubation von Traumapatienten im Schockraum zeigt insbesondere für die Untergruppe der 483 HWS-immobilisierten Patienten einen deutlich höheren FPS für die VL von 87 % vs. 80 % unter DL ($p = 0,03$) [75]. Da die Nutzung von Videolaryngoskopen erst und ausschließlich als Alternative nach gescheiterter DL lediglich den Algorithmus bis zur definitiven Atemwegssicherung verlängert und damit das Hypoxierisiko vergrößert, sollte im Notfall ein geeignetes Video-

laryngoskop bereits mit dem ersten Intubationsversuch eingesetzt werden.

Resümee. Der Einsatz der Videolaryngoskopie wird zukünftig in der prähospitalen und innerklinischen Atemwegssicherung eine zunehmend gewichtige Rolle spielen und eine weite Verbreitung erfahren. Trotzdem ist auch mit diesem Instrument eine grundlegende Erfahrung und Ausbildung essentiell.

Fazit für die Praxis

- Ein hoher FPS bei der endotrachealen Intubation kann Morbidität und Mortalität senken.
- Die Rate schwerer Komplikationen nimmt zu, wenn die endotracheale Intubation nicht im ersten Intubationsversuch gelingt. Daher muss sich jeder, der notfallmäßig Patienten versorgt, bemühen, eine sichere und zügige Narkoseeinleitung und endotracheale Intubation im ersten Versuch zu beherrschen.
- Entsprechend der DGAI-Handlungsempfehlung „Präklinische Atemwegsmanagement“ sind als Ausbildungsniveau für in der Notfallmedizin tätige Ärzte mindestens 100 erfolgreiche endotracheale Intubationen unter Aufsicht und nachfolgend zur Aufrechterhaltung der Fähigkeiten mindestens 10 Intubationen pro Jahr zu fordern.
- Die Einleitung einer Notfallnarkose sollte strukturiert und nach einer Standard Operating Procedure erfolgen.
- Bei korrekter Indikation der Narkoseeinleitung, Atemwegssicherung und Beatmung ist die *Vorwärtsstrategie* die einzige Option in Notfallsituationen. Daher müssen sowohl die endotracheale Intubation als auch alternative Verfahren zur Atemwegssicherung vom Anwender sicher beherrscht werden.

Korrespondenzadresse

Priv.-Doz. Dr. med J. Knapp

Klinik für Anästhesiologie und Schmerztherapie, Universitätsspital Bern, Universität Bern
Freiburgstrasse 4, 3010 Bern, Schweiz
juergen.knapp@insel.ch

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. J. Knapp, V. Wenzel, R. Greif, B. Hossfeld und M. Bernhard geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Davis DP, Peay J, Sise MJ, Kennedy F, Simon F, Tominaga G et al (2010) Prehospital airway and ventilation management: a trauma score and injury severity score-based analysis. *J Trauma* 69:294–301
- Mayglothling J, Duane TM, Gibbs M, McCunn M, Legome E, Eastman AL et al (2012) Emergency tracheal intubation immediately following traumatic injury: an Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. *J Trauma Acute Care Surg* 73:333–340
- Cook TM, Woodall N, Frerk C, Fourth National Audit P (2011) 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* 106:617–631
- Cook TM, Woodall N, Harper J, Benger J, Fourth National Audit P (2011) 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 2: intensive care and emergency departments. *Br J Anaesth* 106:632–642
- Lossius HM, Roislien J, Lockey DJ (2012) Patient safety in pre-hospital emergency tracheal intubation: a comprehensive meta-analysis of the intubation success rates of EMS providers. *Crit Care* 16:R24
- Kheterpal S, Martin L, Shanks AM, Tremper KK (2009) Prediction and outcomes of impossible mask ventilation: a review of 50,000 anesthetics. *Anesthesiology* 110:891–897
- Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH et al (2007) The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg* 104:619–623
- Bernhard M, Beres W, Timmermann A, Stepan R, Greim CA, Kaisers UX et al (2014) Prehospital airway management using the laryngeal tube. An emergency department point of view. *Anaesthesist* 63:589–596
- Herff H, Wenzel V, Dorges V (2008) Avoiding field airway management problems. *Resuscitation* 77:4–5
- Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT, Nickinovich DG et al (2013) 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* 118:251–270
- Combes X, Jabre P, Margenet A, Merle JC, Leroux B, Dru M et al (2011) Unanticipated difficult airway management in the prehospital emergency setting: prospective validation of an algorithm. *Anesthesiology* 114:105–110
- Xue FS, Liao X, Yuan YJ, Wang Q, Liu JH (2011) Management of unanticipated difficult airway in the prehospital emergency setting. *Anesthesiology* 115:441–442
- Yan Z, Tanner JW, Lin D, Chalian AA, Savino JS, Fleisher LA et al (2013) Airway trauma in a high patient volume academic cardiac electrophysiology laboratory center. *Anesth Analg* 116:112–117
- Bernhard M, Becker TK, Gries A, Knapp J, Wenzel V (2015) The first shot is often the best shot: first-pass intubation success in emergency airway management. *Anesth Analg* 121:1389–1393
- Helm M, Kremers G, Lampl L, Hossfeld B (2013) Incidence of transient hypoxia during pre-hospital rapid sequence intubation by anaesthesiologists. *Acta Anaesthesiol Scand* 57:199–205
- Nakstad AR, Heimdal HJ, Strand T, Sandberg M (2011) Incidence of desaturation during prehospital rapid sequence intubation in a physician-based helicopter emergency service. *Am J Emerg Med* 29:639–644
- Newton A, Ratchford A, Khan I (2008) Incidence of adverse events during prehospital rapid sequence intubation: a review of one year on the London Helicopter Emergency Medical Service. *J Trauma* 64:487–492
- Bernhard M, Matthes G, Kanz KG, Waydhas C, Fischbacher M, Fischer M et al (2011) Emergency anesthesia, airway management and ventilation in major trauma. Background and key messages of the interdisciplinary S3 guidelines for major trauma patients. *Anaesthesist* 60:1027–1040
- Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, Mendonca C, Bhargava R, Patel A et al (2015) Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth* 115:827–848
- Sakles JC, Chiu S, Mosier J, Walker C, Stolz U (2013) The importance of first pass success when performing orotracheal intubation in the emergency department. *Academic emergency medicine: official journal of the Society for. Acad Emerg Med* 20:71–78
- Martin LD, Mhyre JM, Shanks AM, Tremper KK, Kheterpal S (2011) 3,423 emergency tracheal intubations at a university hospital: airway outcomes and complications. *Anesthesiology* 114:42–48
- Hasegawa K, Hagiwara Y, Imamura T, Chiba T, Watase H, Brown CA 3rd et al (2013) Increased incidence of hypotension in elderly patients who underwent emergency airway management: an analysis of a multi-centre prospective observational study. *Int J Emerg Med* 6:12
- Hasegawa K, Shigemitsu K, Hagiwara Y, Chiba T, Watase H, Brown CA 3rd et al (2012) Association between repeated intubation attempts and adverse events in emergency departments: an analysis of a multicenter prospective observational study. *Ann Emerg Med* 60:749–754.e2
- Mort TC (2004) Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg* 99:607–613
- Rognas L, Hansen TM, Kirkegaard H, Tonnesen E (2013) Pre-hospital advanced airway management by experienced anaesthesiologists: a prospective descriptive study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 21:58
- Kim J, Kim K, Kim T, Rhee JE, Jo YH, Lee JH et al (2014) The clinical significance of a failed initial intubation attempt during emergency department resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest patients. *Resuscitation* 85:623–627
- Duggan LV, Minhas KS, Griesdale DE et al (2014) Complications increase with greater than one endotracheal intubation attempt: experience in a Canadian adult tertiary-care teaching center. *J Clin Anesth* 26:167
- Goto T, Gibo K, Hagiwara Y, Morita H, Brown DF, Brown CA 3rd et al (2015) Multiple failed intubation attempts are associated with decreased success rates on the first rescue intubation in the emergency department: a retrospective analysis of multicentre observational data. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 23:5
- Peterson GN, Domino KB, Caplan RA, Posner KL, Lee LA, Cheney FW (2005) Management of the difficult airway: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 103:33–39
- Harris T, Lockey D (2011) Success in physician prehospital rapid sequence intubation: what is the effect of base speciality and length of anaesthetic training? *Emerg Med J* 28:225–229
- Warner KJ, Carlom D, Cooke CR, Bulger EM, Copass MK, Sharrar SR (2010) Paramedic training for proficient prehospital endotracheal intubation. *Prehosp Emerg Care* 14:103–108
- 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
- Schupfer GK, Konrad C, Poelaert JI (2003) Manual skills in anaesthesiology. *Anaesthesist* 52:527–534
- Grisson TE, Sappenfield J, Galvagno SM Jr, Cherry SV, Chang Y-CC, Hu PF (2014) Performance assessment in airway management training for nonanaesthesiology trainees: an analysis of 4,282 airway procedures performed at a level-1 trauma center. *Anesthesiology* 120:185–195
- Hirsch-Allen AJ, Ayas N, Mountain S, Dodek P, Peets A, Griesdale DE (2010) Influence of residency training on multiple attempts at endotracheal intubation. *Can J Anaesth* 57:823–829
- Vassiliadis J, Tzannes A, Hitos K, Brimble J, Fogg T (2015) Comparison of the C-MAC video laryngoscope with direct Macintosh laryngoscopy in the emergency department. *Emerg Med Australas* 27:119–125
- Oliveira FGR de (2002) The construction of learning curves for basic skills in anesthetic procedures: an application for the cumulative sum method. *Anesth Analg* 95:411–416
- Komatsu R, Kasuya Y, Yogo H, Sessler DI, Mascha E, Yang D et al (2010) Learning curves for bag-and-mask ventilation and orotracheal intubation: an application of the cumulative sum method. *Anesthesiology* 112:1525–1531
- Vennila R, Sethuraman D, Charters P (2012) Evaluating learning curves for intubation in a simulator setting: a prospective observational cumulative sum analysis. *Eur J Anaesthesiol* 29:544–545
- Rujiroindakul P, McNeil E, Rueangchira-Urai R, Siripunt N (2014) Learning curves of macintosh laryngoscope in nurse anesthetist trainees using cumulative sum method. *Anesthesiol Res Pract* 2014:850731

41. Buis ML, Maissan IM, Hoeks SE, Klimek M, Stolker RJ (2016) Defining the learning curve for endotracheal intubation using direct laryngoscopy: A systematic review. *Resuscitation* 99:63–71
42. Timmermann A, Byhahn C, Wenzel V, Eich C, Piepho T, Bernhard M et al (2012) Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement. *Anästhesiologie* 53:294–308
43. Soar J, Nolan JP, Bottiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P et al (2015) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation* 95:100–147
44. Gries A, Zink W, Bernhard M, Messelken M, Schlechtriemen T (2006) Realistic assessment of the physician-staffed emergency services in Germany. *Anaesthesist* 55:1080–1086
45. Prause G, Wildner G, Kainz J, Bossner T, Gemes G, Dacar D et al (2007) Strategies for quality assessment of emergency helicopter rescue systems. The Graz model. *Anaesthesist* 56:461–465
46. Deakin CD, Murphy D, Couzins M, Mason S (2010) Does an advanced life support course give non-anesthetists adequate skills to manage an airway? *Resuscitation* 81:539–543
47. Herff H, Wenzel V, Lockey D (2009) Prehospital intubation: the right tools in the right hands at the right time. *Anesth Analg* 109:303–305
48. Khandelwal N, Khorsand S, Mitchell SH, Joffe AM (2016) Head-elevated patient positioning decreases complications of emergent tracheal intubation in the ward and intensive care unit. *Anesth Analg* 122:1101–7
49. Combes X, Jabre P, Jbeli C, Leroux B, Bastuji-Garin S, Margenet A et al (2006) Prehospital standardization of medical airway management: incidence and risk factors of difficult airway. *Acad Emerg Med* 13:828–834
50. Bernhard M, Hossfeld B, Bein B, Böttiger B, Bohn A, Fischer M et al (2015) Handlungsempfehlung: Prähospitaler Notfallnarkose beim Erwachsenen. *Anästhesiologie* 56:317–335
51. Lyon RM, Perkins ZB, Chatterjee D, Lockey DJ, Russell MQ, Kent S et al (2015) Significant modification of traditional rapid sequence induction improves safety and effectiveness of pre-hospital trauma anaesthesia. *Crit Care* 19:134
52. Lockey DJ, Crewdson K, Lossius HM (2014) Pre-hospital anaesthesia: the same but different. *Br J Anaesth* 113:211–219
53. Sherren PB, Tricklebank S, Glover G (2014) Development of a standard operating procedure and checklist for rapid sequence induction in the critically ill. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 22:41
54. Schmidt CE, Hardt F, Moller J, Malchow B, Schmidt K, Bauer M (2010) Improvement of team competence in the operating room: Training programs from aviation. *Anaesthesist* 59(717–22):24–26
55. Mosier JM, Joshi R, Hypes C, Pacheco G, Valenzuela T, Sakles JC (2015) The physiologically difficult airway. *West J Emerg Med* 16:1109–1117
56. Waydhas C, German Society of Trauma Surgery (2012) Preclinical management of multiples injuries: S3 guideline. *Unfallchirurg* 115:8–13
57. Heller ML, Watson TR Jr (1962) The role of preliminary oxygenation prior to induction with high nitrous oxide mixtures: polarographic PaO₂ study. *Anesthesiology* 23:219–230
58. Weingart SD, Levitan RM (2012) Preoxygenation and prevention of desaturation during emergency airway management. *Ann Emerg Med* 59:165–75.e1
59. Bourroche G, Bourgain JL (2015) Preoxygenation and general anesthesia: a review. *Minerva Anestesiologica* 81:910–920
60. Hanouz JL, Lammens S, Tasle M, Lesage A, Gerard JL, Plaud B (2015) Preoxygenation by spontaneous breathing or noninvasive positive pressure ventilation with and without positive end-expiratory pressure: A randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 32:881–887
61. Perbet S, De Jong A, Delmas J, Futier E, Pereira B, Jaber S et al (2015) Incidence of and risk factors for severe cardiovascular collapse after endotracheal intubation in the ICU: a multicenter observational study. *Crit Care* 19:257
62. Wilcox SR, Bittner EA, Elmer J, Seigel TA, Nguyen NT, Dhillon A et al (2012) Neuromuscular blocking agent administration for emergent tracheal intubation is associated with decreased prevalence of procedure-related complications. *Crit Care Med* 40:1808–1813
63. Li J, Murphy-Lavoie H, Bugas C, Martinez J, Preston C (1999) Complications of emergency intubation with and without paralysis. *Am J Emerg Med* 17:141–143
64. Ma OJ, Atchley RB, Hatley T, Green M, Young J, Brady W (1998) Intubation success rates improve for an air medical program after implementing the use of neuromuscular blocking agents. *Am J Emerg Med* 16:125–127
65. Bozeman WP, Kleiner DM, Huggett V (2006) A comparison of rapid-sequence intubation and etomidate-only intubation in the prehospital air medical setting. *Prehosp Emerg Care* 10:8–13
66. Kheterpal S, Healy D, Aziz MF, Shanks AM, Freundlich RE, Linton F et al (2013) Incidence, predictors, and outcome of difficult mask ventilation combined with difficult laryngoscopy: a report from the multicenter perioperative outcomes group. *Anesthesiology* 119:1360–1369
67. Rognas L, Hansen TM, Kirkegaard H, Tonnesen E (2014) Anaesthesiologist-provided prehospital airway management in patients with traumatic brain injury: an observational study. *Eur J Emerg Med* 21:418–423
68. Benumof JL, Dagg R, Benumof R (1997) Critical hemoglobin desaturation will occur before return to an unparalyzed state following 1 mg/kg intravenous succinylcholine. *Anesthesiology* 87:979–982
69. Sorensen MK, Bretlau C, Gatke MR, Sorensen AM, Rasmussen LS (2012) Rapid sequence induction and intubation with rocuronium-sugammadex compared with succinylcholine: a randomized trial. *Br J Anaesth* 108:682–689
70. Sakles JC, Patanwala AE, Mosier JM, Dicken JM (2014) Comparison of video laryngoscopy to direct laryngoscopy for intubation of patients with difficult airway characteristics in the emergency department. *Intern Emerg Med* 9:93–98
71. Ibinson JW, Ezaru CS, Cormican DS, Mangione MP (2014) GlideScope Use improves intubation success rates: an observational study using propensity score matching. *BioMed Cent Anesthesiol* 14:101
72. Hossfeld B, Frey K, Doerges V, Lampl L, Helm M (2015) Improvement in glottic visualisation by using the C-MAC PM video laryngoscope as a first-line device for out-of-hospital emergency tracheal intubation: An observational study. *Eur J Anaesthesiol* 32:425–431
73. Cormack RS, Lehane J (1984) Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 39:1105–1111
74. Boehringer B, Choate M, Hurwitz S, Tilney PV, Judge T (2015) Impact of video laryngoscopy on advanced airway management by critical care transport paramedics and nurses using the CMAC pocket monitor. *Biomed Res Int* 2015:821302
75. Michailidou M, O’Keeffe T, Mosier JM, Friese RS, Joseph B, Rhee P et al (2015) A comparison of video laryngoscopy to direct laryngoscopy for the emergency intubation of trauma patients. *World J Surg* 39:782–788