

Prehospital capnometry as quality indicator for trauma patients – initial analysis from the TraumaRegister DGU®

A. Wilharm¹ · M. Kulla² · M. Baacke³ · F. Wagner⁴ · M. Behnke⁵ · R. Lefering⁶ · H. Trentzsch⁷
und das TraumaRegister DGU®⁸

► **Zitierweise:** Wilharm A, Kulla M, Baacke M, Wagner F, Behnke M, Lefering R et al: Prähospital Kapnometrie als Qualitätsindikator der Schwerverletztenversorgung. Eine erste Auswertung aus dem TraumaRegister DGU®. Anästh Intensivmed 2019;60:419–432. DOI: 10.19224/ai2019.419

Prähospital Kapnometrie als Qualitätsindikator der Schwerverletztenversorgung Eine erste Auswertung aus dem TraumaRegister DGU®

- 1 Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Jena (Direktor: Prof. Dr. Dr. G. Hofmann)
- 2 Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Bundeswehrkrankenhaus Ulm (Direktor: Prof. Dr. M. Helm)
- 3 Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Trier (Chefarzt: Dr. A. Junge)
- 4 Klinik für septische und rekonstruktive Chirurgie, Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau (Direktor: Priv.-Doz. Dr. F. M. Stuby)
- 5 Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Klinikum Coburg (Chefarzt: Prof. Dr. S. Piltz)
- 6 Institut für Forschung in der Operativen Medizin (IFOM), Fakultät für Gesundheit, Private Universität Witten/Herdecke, Köln
- 7 Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement, Klinikum der Universität München (Direktor: Dr. S. Prückner)
- 8 Sektion Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung (Sektion NIS) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU)

Interessenkonflikt

Das Institut von Professor Lefering erhält Drittmittel für die wissenschaftliche Unterstützung und Auswertung des Registers von der AUC GmbH, dem Eigner des Trauma-Register DGU®.

Schlüsselwörter

Atemwegsmanagement – Rettungsdienst – Trauma – Patientensicherheit – Qualitätsindikator – Kapnometrie

Keywords

Airway Management – EMS – Trauma – Patient Safety – Quality Indicator – Capnometry

Zusammenfassung

Hintergrund: Die endtidale Kapnometrie ermöglicht die kontinuierliche Kontrolle von Tubuslage und Ventilation beatmeter Traumapatienten. Sie ist von hohem Wert für Qualität und Sicherheit. Seit Kurzem erfasst das TraumaRegister DGU® ihre prähospitalen Anwendung. Ziel dieser Studie ist, Anwendung und Auswirkungen der prähospitalen Kapnometrie zu untersuchen.

Methodik: Datengrundlage ist das TraumaRegister DGU®. Einschlusskriterien waren die Aufnahme über den Schockraum und vollständige Angaben zum Atemwegsmanagement. Dokumentationsvollständigkeit, Häufigkeit und Art der Anwendung sowie Auswirkungen der Kapnometrie auf den klinischen Verlauf und das Outcome wurden deskriptiv analysiert. Um Situationen zu erkennen, die die Häufigkeit der Anwendung beeinflussen, wurden Subgruppen gebildet (z. B. Transportart, Verletzungsschwere und -muster, Prähospitalzeit). Ferner wurden die Auswirkungen einer fehlenden Anwendung der Kapnometrie auf den klinischen Verlauf und das Outcome analysiert.

Ergebnisse: 43.470 Fälle wurden eingeschlossen. Angaben zur prähospitalen Kapnometrie waren bei 62,3% vorhanden. Für 27.099 Fälle ergab sich folgende Anwendungshäufigkeit: 82,9% nach endotrachealer Intubation und 26,9% nach alternativem Atemwegsmanagement mittels supraglottischem Atemweg. Sie war unabhängig von

Transportart und Verletzungsmuster. Signifikante Auswirkungen auf den klinischen Verlauf, das Outcome oder die Letalität konnten nicht festgestellt werden. Allerdings zeigte sich nach schwerem Schädel-Hirn-Trauma tendenziell eine höhere Letalität, wenn die prähospital Kapnometrie nicht durchgeführt wurde.

Schlussfolgerungen: Obwohl aktuelle Leitlinien die Kapnometrie zur Überwachung von beatmeten Traumapatienten empfehlen, muss festgestellt werden, dass sie bei einem relevanten Anteil der Patienten – insbesondere bei alternativen Methoden der Atemwegssicherung – nicht dokumentiert, respektive nicht durchgeführt wurde. Der Erfüllungsgrad dieses wichtigen Indikators für Versorgungsqualität und Patientensicherheit sollte weiter gesteigert werden. Ihre Bedeutung muss in Ausbildung und Training auch weiterhin betont werden.

Summary

Background: The end-tidal capnometry allows the continuous position control of the endotracheal tube and ventilation of ventilated trauma patients. It is of high value for quality and safety. The Trauma-Register DGU® has recently registered its prehospital application. The aim of this study is to explore application and effects of prehospital capnometry.

Methods: The database is the Trauma-Register DGU®. Inclusion criteria were admission via the shock room and complete information on airway management. Documentation completeness,

frequency and type of application as well as effects of capnometry on clinical course and outcome were analysed descriptively. To identify situations that affect the frequency of use, subgroups have been formed (e.g. rescue facilities, injury pattern, injury severity, prehospital care time, etc.). Additionally, the consequences of a lack of capnometry on the clinical course and outcome were analysed.

Results: 43,470 cases were included. Data on prehospital capnometry were available in 62.3%. The frequency of use in 27,099 cases was as follows: 82.9% after endotracheal intubation and 26.9% after alternative airway management using the supraglottic airway. This is independent of means of transport and injury patterns. Significant effects on clinical outcome, outcome or lethality could not be established. A significant impact on clinical course, outcome and mortality could not be proven. However, there is a tendency for higher mortality when prehospital capnometry is not used and patients had severe craniocerebral injuries.

Conclusions: Although current guidelines recommend capnometry for the monitoring of ventilated trauma patients, it has to be stated that capnometry has either not been documented or not been performed in a relevant percentage of patients, especially when alternative methods of airway management were applied. The degree of fulfilment of this important indicator of care quality and patient safety should be further increased. Their importance must continue to be emphasised in education and training.

Einleitung

Präklinische Fehlintonationen bei nicht kapnographisch überwachten Patienten sind in der Literatur mit Häufigkeiten von bis zu 23,3% beschrieben [1,2]. Die endotracheale Intubation des Traumpatienten ist aufgrund der Rahmenbedingungen im prähospitalen Umfeld deutlich schwieriger als in der Klinik. Daher muss bei der endotrachealen Intubation des Traumpatienten mit einem

schwierigen Atemweg gerechnet werden (GoR A-Empfehlung der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung [3,4]). Die Anwendung der Kapnometrie bei Intubation und Beatmung wird in den Leitlinien mehrerer Fachgesellschaften als Grad A-Empfehlung zur Kontrolle von Tubuslage und Ventilation geführt (Handlungsempfehlung zur prähospitalen Notfallnarkose beim Erwachsenen [4], S1-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin e.V.; S1-Leitlinie zum präklinischen Atemwegsmanagement der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. [5]; Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung [3,4], S3-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. [6]). Wird auf die Anwendung der prähospitalen Kapnometrie verzichtet, ist dies mit einer erhöhten Rate nicht erkannter Fehlintonationen [7] und potenziell mit einem schlechteren Outcome bei der Versorgung von Schwerverletzten assoziiert [8].

Aktuelle Studien konnten ferner zeigen, dass das prähospital gemessene endtidale CO₂ mit der späteren Mortalität der Patienten korreliert und somit zur Triage und Entscheidung, ob ein höherklassiges Traumazentrum angefahren werden soll, verwendet werden kann [9].

Kapnometer sind seit 1999 Bestandteil der DIN EN 1789 für Krankenkraftwagen [10] und wurden 2002 auch in die DIN 75079 für Notarzteinsetzfahrzeuge [11] übernommen.

Die prähospitalen Anwendung der Kapnometrie im Rahmen der Atemwegssicherung kann somit sowohl in Deutschland als auch in den Staaten der europäischen Union als flächendeckend verfügbar angesehen werden und ist ein wichtiger Indikator für Versorgungsqualität und Patientensicherheit in der prähospitalen Patientenversorgung. Seit der letzten Revision des TraumaRegister DGU®-Datensatzes im Jahr 2015 besteht die Möglichkeit, die prähospitalen „Kapnometrie“ im Register zu dokumentieren [12].

Fragestellung

Das Ziel der Studie war es, die Versorgungsrealität hinsichtlich der Anwen-

dung der Kapnometrie während der prähospitalen Versorgung auf der Basis des TraumaRegister DGU® zu beschreiben und mögliche Auswirkungen durch die Anwendung auf das Behandlungsergebnis gemessen an Krankenhaus-, Intensivstationliegedauer, Beatmungsdauer oder dem Überleben der Patienten zu untersuchen. Ferner sollte untersucht werden, ob Faktoren wie Verletzungsmuster, Zielklinik, Rettungsmittel und Art der Atemwegssicherung Einfluss auf die Häufigkeit der Anwendung haben.

Methodik

TraumaRegister DGU®

Das TraumaRegister DGU® wurde 1993 gegründet. Ziel dieser multizentrischen Datenbank ist eine pseudonymisierte und standardisierte Dokumentation der Behandlung von Schwerverletzten. Die Daten werden prospektiv in vier aufeinanderfolgenden Phasen gesammelt: A) Präklinische Phase, B) Schockraum und anschließende OP-Phase, C) Intensivstation und D) Entlassung. Die Dokumentation beinhaltet detaillierte Informationen über Demografie, Verletzungsmuster, Komorbiditäten, prähospitalen und klinischen Management, den intensivmedizinischen Verlauf, wichtige Laborbefunde einschließlich Transfusionsdaten sowie das Outcome. Die Datenerfassung erfolgt über eine webbasierte Anwendung, in der die über 600 teilnehmenden Kliniken ihre Daten pseudonymisiert in eine zentrale Datenbank eingeben. 90% der eingebenden Kliniken sind in Deutschland lokalisiert und Teil des TraumaNetzwerk DGU®. Die restlichen Daten werden von Kliniken im Ausland, zurzeit aus Österreich, Belgien, Finnland, Luxemburg, Slowenien, der Schweiz, den Niederlanden und den Vereinigten Arabischen Emiraten, beigetragen. Insgesamt werden derzeit jährlich ca. 33.000 Datensätze von Traumpatienten, die über die Schockräume der beteiligten Kliniken aufgenommen werden, erfasst [13]. Die Beteiligung am TraumaRegister DGU® ist freiwillig. Für die dem TraumaNetzwerk DGU® zugehörigen Kliniken ist die Ein-

gabe zumindest eines Basisdatensatzes zur Qualitätssicherung verpflichtend.

Patientenkollektiv

In die Auswertung eingeschlossen wurden die Datensätze aller Patienten, die nach Revision des Registerdatensatzes (Version V 2015) ab Januar 2016 bis Mai 2017 in das TraumaRegister DGU® eingegeben wurden, d. h. 2015 oder 2016 verunfallt sind. Ausgeschlossen wurden Patienten, die außerhalb von Europa behandelt wurden, da hier die europäischen DIN-Normen für Rettungsmittel nicht gültig sind. Ferner wurden Sekundärverletzungen ausgeschlossen, da im Register keine Angaben zum initialen prähospitalen Atemwegsmanagement dieser Fälle erfasst werden. Des Weiteren wurden alle Patienten, bei denen keine Angaben zur prähospitalen Atemwegssicherung im Register erfasst waren (d. h. bei denen nicht ersichtlich war, ob eine Atemwegssicherung erfolgt ist), ausgeschlossen.

Biometrische Methoden

Es erfolgte eine deskriptive Auswertung des Gesamtkollektivs und der Subgruppen. Die Verletzungsschwere wurde mittels Injury Severity Scores (ISS) bestimmt [14,15]. Die Revised Injury Severity Classification II (RISC II) wurde verwendet, um die prognostizierte Überlebenswahrscheinlichkeit zum Zeitpunkt der Aufnahme zu bestimmen [16]. Die Ergebnisse wurden deskriptiv präsentiert. Kontingenztabellen wurden verwendet, um Häufigkeitsverteilungen als Prozentwerte darzustellen. Für ausgewählte Merkmale wurden ein 95%-Konfidenzintervall (95%-KI) und eine mit dem t-Test für unabhängige Stichproben berechnete Signifikanz angegeben. Von einem signifikanten Unterschied wurde ab $p=0,01$ ausgegangen.

Eine Methode zur Bewertung von relativen Unterschieden auf das Überleben ist die Standardized Mortality Ratio (SMR), bei welcher die beobachtete Le-

talitätsrate durch die erwartete Prognose dividiert wird. Ergibt sich ein Wert von 1, sind beobachtete und erwartete Letalität gleich; Werte unter 1 zeigen ein günstiges Verhältnis an, d. h. es sind weniger Patienten verstorben als nach Prognose erwartet, bei Werten größer als 1 sind entsprechend mehr Patienten verstorben als erwartet.

Die Datenanalyse erfolgte mit SPSS (Version 23, IBM Corp., Armonk, NY, USA). Die Diagrammgestaltung wurde mittels Excel 2013 (Microsoft Corp., Redmond, Washington, USA) durchgeführt.

Ethik und Studienregistrierung

Die Studie erhielt ein positives Votum der Ethikkommission der Friedrich-Schiller-Universität Jena (Nr. 5245-08/17). Die vorliegende Arbeit steht in Übereinstimmung mit der Publikationsrichtlinie des TraumaRegister DGU® und ist registriert unter der TR-DGU-Projekt-ID 2017-021.

Ergebnisse

Im Auswertzeitraum wurden insgesamt 51.081 Fälle im TraumaRegister DGU® erfasst. Davon konnten 43.470 Patienten in die Studie eingeschlossen werden (Abb. 1). 7.611 Fälle mussten ausgeschlossen werden, da die Behandlung nicht in Europa erfolgte, es sich um Sekundärverlegungen handelte oder die Angaben zur Atemwegssicherung unvollständig waren, d. h. aus den Registerdaten nicht hervorging, ob präklinisch eine Atemwegssicherung erfolgte (Bogen A: Präklinik). Das Patientenkollektiv ist in Tabelle 1 deskriptiv dargestellt.

Dokumentationsvollständigkeit im Register

Im TraumaRegister DGU® besteht im Bogen A (Präklinik) die Möglichkeit, den Parameter „Kapnometrie“ mit „ja“, „nein“ und „keine Angaben“ auszufüllen. Bei lediglich 62,3% der eingeschlossenen Patienten (27.099 von 43.470) war die Angabe „ja“ oder „nein“ zur prähospitalen Anwendung der „Kapnometrie“ vorhanden. Wenn das Feld „keine Angaben“ angekreuzt war, wurde dies als fehlende Dokumentation durch die eingebende Klinik verstanden. Auf der Suche nach möglichen Gründen für

Dokumentationslücken wurden die Daten nach Art der Atemwegssicherung, Verletzungsschwere, Versorgungsstufe der aufnehmenden Klinik, Transportart und Art des verwendeten Dokumentationsbogens stratifiziert. Das Ergebnis stellt Tabelle 2 dar. Insgesamt zeigt sich lediglich bei Verwendung des „Standardbogens“ ein relevanter Unterschied in der Dokumentationsvollständigkeit.

Die Eingabe „keine Angabe“ ist im TraumaRegister DGU® für dieses Item die Grundeinstellung, welche bei 16.371 Fällen dokumentiert wurde (37,7%). Auffällig ist, dass sich der Anteil der Angabe „keine Angaben“ zwischen den Kliniken erheblich unterscheidet (Tab. 3).

Anwendung der Kapnometrie während der Prähospitalphase

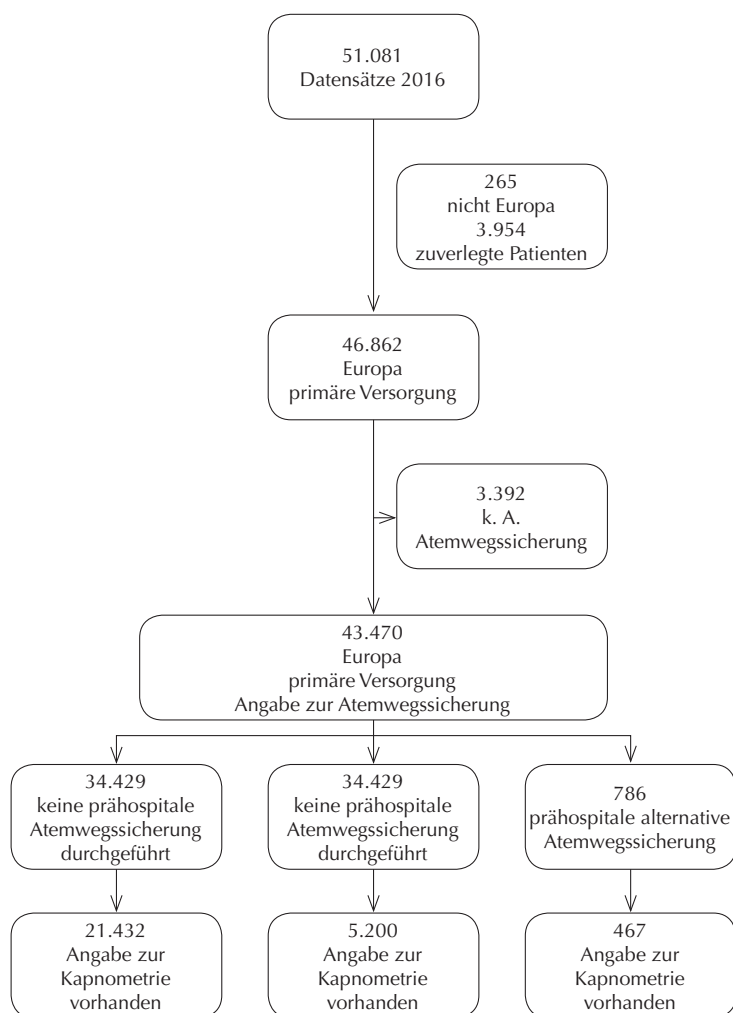
Anhand der Fälle, die die Einschlusskriterien erfüllten und für die auch Angaben über die Durchführung einer prähospitalen Kapnometrie vorlagen, wurde eine Auswertung über die Art der Anwendung und deren Auswirkungen vorgenommen.

Von 27.099 Fällen wurde bei 5.667 eine Atemwegssicherung durchgeführt (20,9%). Davon erhielten 5.200 eine endotracheale Intubation und 467 eine alternative Atemwegssicherung mittels supraglottischer Hilfsmittel. Die Verhältnisse variieren nach Transportart. Bei Luftrettungseinsätzen ist der Anteil der intubierten Patienten mit 43,3% ca. dreimal höher als im bodengebundenen Rettungsdienst. Die Häufigkeit der Anwendung einer alternativen Atemwegssicherung unterschied sich nicht (Tab. 4).

Entsprechend der Dokumentation fanden sich Anwendungsraten der Kapnometrie von 82,9% bei endotracheal intubierten Patienten, aber von nur 26,9% bei alternativer Atemwegssicherung. Außerdem erfolgte die Anwendung in 2,7% bei Fällen, die keine Atemwegssicherung erhalten hatten, mutmaßlich also spontanatmend waren (Tab. 5).

In der folgenden Auswertung wurden weitere Subgruppen gebildet, um Muster zu erkennen, bei denen die prähospitalen Kapnometrie bevorzugt angewendet (und wann sie eher unterlassen) wird.

Abbildung 1



Patientenkollektiv (eingeschlossen wurden Patienten, die in Europa primär versorgt wurden und bei denen Angaben zur Atemwegssicherung vorlagen).

Tabelle 1

Deskriptive Beschreibung des auswertbaren Studienkollektivs sowie von vier Subgruppen.

	Gesamtes Studienkollektiv				
	mit Angabe zur Atemwegssicherung und zur prähospitalen Kapnometrie	davon Patienten ohne prähospitale Atemwegssicherung	davon Patienten mit prähospitaler Atemwegssicherung	davon Patienten mit prähospitaler Atemwegssicherung	davon Patienten mit prähospitaler Atemwegssicherung
		(alle)	(alle)	mit dokumentierter Kapnometrie	ohne dokumentierter Kapnometrie
Fallzahl	27.099	21.432	5.667 (davon 5.200 mit endotrachealer Intubation und 467 mit alternativer Atemwegssicherung)	4.435	1.232
Patientenalter (MW±SD)	48,9±22,7	48,7±22,7	49,8±22,7	49,6±22,8	50,4±22,5
männliches Geschlecht	68,8%	68,3%	70,8%	70,9%	70,5%
stumpfer Unfallmechanismus	96,0%	96,3%	94,9%	95,0%	94,7%
prähospitale Versorgungszeit (min)	62±28	59±26	76±30	77±30	71±29
Transportmittel RTH	17,7%	12,3%	38,1%	40,6%	29,0%
Transportziel ÜTZ	55,7%	49,6%	78,9%	80,2%	74,0%
ISS	15,4±12,3	12,6±9,6	26,2±15,0	26,8±15,2	24,1±14,2
NISS	19,5±15,6	15,8±12,3	33,7±18,2	34,5±18,4	31,0±17,5
Anteil SHT (AIS Schädel ≤3)	29,1%	20,5%	61,6%	63,0%	56,5%
Anteil Thoraxtrauma (AIS Thorax ≤3)	30,9%	27,2%	44,8%	45,6%	42,1%
erwartete Letalität (RISC II-Prognose)	10,0%	3,9%	29,3%	30,2%	25,9%
beobachtete Letalität	10,5%	4,3%	30,3%	30,8%	28,6%

MW: Mittelwert; SD: Standardabweichung; min: Minuten; RTH: Rettungshubschrauber; ÜTZ: überregionales Traumazentrum; ISS: Injury Severity Score; NISS: New Injury Severity Score; SHT: Schädel Hirn Trauma; AIS: Abbreviated Injury Score; RISC: Revised Injury Severity Classification).

Tabelle 2

Vollständigkeit der Dokumentation für die „prähospitale Kapnometrie“ in den verschiedenen Subgruppen.

Subgruppe	Strata	Dokumentationsrate
Art der Atemwegssicherung	endotracheale Intubation	63,0%
	alternative Atemwegssicherung (AAW) mit supraglottischem Atemweg	59,1%
	keine Atemwegssicherung	62,2%
Verletzungsschwere	ISS <16	63,4%
	ISS ≥16	61%
Versorgungsstufe	ÜTZ	64%
	RTZ	58,3%
	LTZ	64,3%
Transportart	bodengebunden	62,6%
	Luftrettung	63,4%
Art des verwendeten Dokumentationsbogens	Standardbogen	65,7%
	QM-Bogen (verringertes Datenumfang)	59,3%

AAW: alternative Atemwegssicherung bzw. supraglottische Atemwegssicherung; ISS: Injury Severity Score; LTZ: lokales Traumazentrum; RTZ: regionales Traumazentrum; ÜTZ: überregionales Traumazentrum.

Tabelle 3

Häufigkeit der fehlenden Angabe zur prähospitalen Kapnometrie (Kliniken mit <5 Fällen wurden von der Auswertung ausgeschlossen).

„keine Angaben“ zur Kapnometrie	Anzahl der Kliniken	Anteil der Kliniken
<10%	93	15,6%
11–30%	183	30,7%
31–50%	144	24,2%
51–70%	90	15,1%
71–90%	57	9,6%
>90%	29	4,9%

Anwendungshäufigkeit nach Transportart

Unterscheidet man neben der Transportart auch die Art des Atemwegsmanagements, dann wird bei Luftrettungseinätzen nach erfolgtem Atemwegsmanagement die prähospitale Kapnometrie

Tabelle 4

Anteil der Atemwegssicherung in Abhängigkeit der Transportart.

Transportart	Atemwegssicherung		
	keine	endotracheale Intubation	alternative Atemwegssicherung
gesamt	79,1%	19,2%	1,7%
bodengebunden	84,2%	14,0%	1,7%
Luftrettung	54,9%	43,3%	1,8%

Tabelle 6

Häufigkeit der im TraumaRegister DGU® erfassten Anwendung einer Kapnometrie in Abhängigkeit der Dauer der Prähospitalzeit (Zeit Unfallereignis bis Übergabe im Schockraum).

Atemwegssicherung	Prähospitalzeit	im TR-DGU dokumentierte prähospital Kapnometrie	
		nein	ja
endotracheale Intubation	0–30 Minuten	19,4%	80,6%
	31–60 Minuten	17,7%	82,3%
	61–90 Minuten	16,8%	83,2%
	≥91 Minuten	13,8%	86,2%
alternative Atemwegssicherung	0–30 Minuten	78,1%	21,9%
	31–60 Minuten	69,8%	30,2%
	61–90 Minuten	62,5%	37,5%
	≥91 Minuten	54,5%	45,5%

Tabelle 5

Häufigkeit der im TraumaRegister DGU® dokumentierten prähospitalen Kapnometrie in Abhängigkeit von Transportart und prähospitaler Atemwegssicherung.

Transportart	Atemwegssicherung	im TR-DGU dokumentierte prähospital Kapnometrie	
		nein	ja
Gesamt	keine	97,3%	2,7%
	endotracheale Intubation	17,1%	82,9%
	alternative Atemwegssicherung	73,1%	26,9%
bodengebundener Transport	keine	97,2%	2,8%
	endotracheale Intubation	18,8%	81,2%
	alternative Atemwegssicherung	74,6%	25,4%
Luftrettung	keine	98,2%	1,8%
	endotracheale Intubation	14,5%	85,5%
	alternative Atemwegssicherung	66,7%	33,3%

tendenziell häufiger eingesetzt als bei bodengebundenen Einsätzen. Insgesamt fällt aber für beide Gruppen auf, dass die Kapnometrie nach erfolgter Atemwegssicherung mittels alternativer Verfahren jeweils deutlich seltener zur Anwendung kommt (Tab. 5).

Anwendungshäufigkeit nach Prähospitalzeit

Es wurde analysiert, ob die Häufigkeit der Durchführung einer prähospitalen Kapnometrie abhängig von der Prähospitalzeit (Zeit vom Unfallereignis bis zur Übergabe im Schockraum) war. Hierzu wurden vier Patientengruppen gebildet (Prähospitalzeit in Minuten: 0–30, 31–60, 61–90 und ≥91). Es zeigt sich, dass sowohl bei den intubierten Patienten als auch bei Anwendung einer alternativen Atemwegssicherung zumindest eine Tendenz zur häufigeren Anwendung der Kapnometrie bei längerer Prähospitalzeit besteht (Tab. 6).

Anwendungshäufigkeit nach Zusammensetzung des Rettungsteams

Ob die prähospital Kapnometrie erfolgt, ist ferner unabhängig davon, ob der Patient durch einen Notarzt oder durch nicht-ärztliches Rettungsdienstfachpersonal versorgt wurde. 1,8% der endotracheal intubierten Patienten wurden ohne Notarztbegleitung in die Klinik transportiert. In diesem speziellen Subkollektiv wurde eine Kapnometrie in 84,1% der Fälle verwendet. Im Vergleich wurde die Kapnometrie bei 82,9% der Transporte mit Notarztbegleitung dokumentiert. Der Anteil der Fälle am Gesamtkollektiv, die ohne Notarzt, aber mit einer alternativen Atemwegssicherung eingeliefert wurden, beträgt 0,5%. Lediglich 18,2% dieser Patienten wurden hierbei mit einer Kapnometrie überwacht (27,3% bei Transport mit Notarztbegleitung).

Anwendungshäufigkeit nach Verletzungsschwere/-muster

Geprüft wurde ferner der Zusammenhang zwischen Gesamtverletzungsschwere und Häufigkeit der Kapnometrieanwendung. Es zeigte sich, dass mit zunehmender Verletzungsschwere auch

die Häufigkeit der Atemwegssicherung mittels Intubation oder alternativer Atemwegssicherung zunahm. Während die Anwendungsrate der Kapnometrie bei Zustand nach endotrachealer Intubation mit zunehmender Verletzungsschwere nur geringfügig zunimmt, zeigt sich bei der Anwendung nach Atemwegssicherung mit alternativen Atemwegshilfen mit steigendem ISS, bei allerdings nur geringer Fallzahl, ein sprunghafter Anstieg ab ca. 50 Punkten (Abb. 2).

Gesondert betrachtet wurden die Gruppen der Patienten, die nahezu unverletzt waren ($ISS \leq 3$), sowie die Gruppe der Patienten, die prähospital kardiopulmonal reanimiert wurden: In das Register wurden 3.255 Patienten mit einem $ISS \leq 3$ eingegeben. Von diesen sind 114 prähospital intubiert worden. Bei 13 weiteren erfolgte eine alternative Atemwegssicherung. Eine Kapnometrie erfolgte bei 100 (87,7%) der intubierten Patienten und bei 3 (23,1%) der Patienten mit einer alternativen Atemwegssicherung. 584 Patienten wurden prähospital reanimiert. Bei 82,5% dieser

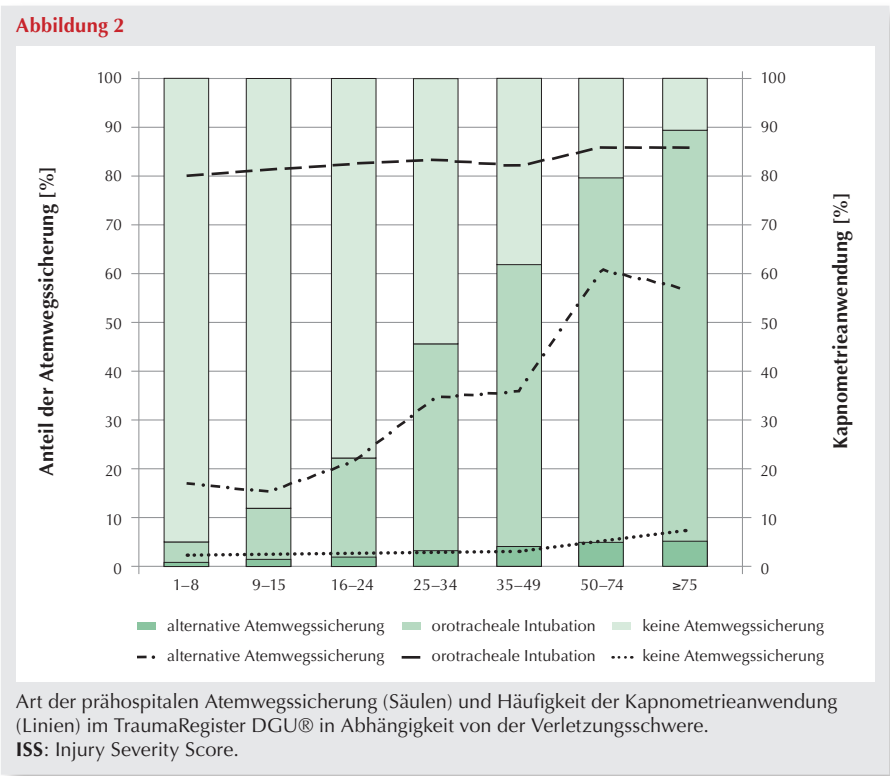
Patienten kam prähospital die Kapnometrie zum Einsatz. 206 Patienten mussten im Schockraum oder während der ersten operativen Phase reanimiert werden. Bei diesen Patienten war die Kapnometrie in 80,1% der Fälle prähospital eingesetzt worden. Bei relativ kleinen Fallzahlen in diesen Gruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit der Kapnometrieanwendung im Vergleich zu den restlichen prähospital beatmeten Patienten.

Unter der Annahme, dass Schädel-Hirn-Traumata (SHT) und Thoraxtraumata Auswirkungen auf Atemwegs- und Beatungsmanagement haben dürften, wurden diese beiden spezifischen Verletzungen separat betrachtet: Es zeigt sich, dass sowohl die Häufigkeit der Intubation als auch die der alternativen Atemwegssicherung analog zum vom Notarzt prähospital eingeschätzten Schweregrad der Schädel-Hirn-Verletzungen steigt (Tab. 7). Hingegen zeigt sich kein Zusammenhang zwischen vermuteter Schwere des Schädel-Hirn-Traumas und der Anwendung der Kapnometrie.

Tabelle 7
Häufigkeit der im TraumaRegister DGU® dokumentierten Atemwegssicherung in Abhängigkeit der notärztlichen Einschätzung der Schädel-Hirn-Verletzungen. Schweregradeinteilung gemäß DIVI-Notarztprotokoll.

Schädel-Hirn-Verletzung	Atemwegssicherung		
	keine	Intubation	AAW
keine	86,8%	11,5%	1,7%
leicht	89,9%	8,8%	1,2%
mittel	79,3%	18,8%	1,9%
schwer	33,2%	63,9%	2,9%

AAW: Alternative Atemwegssicherung.



Unabhängig davon, wie schwer der Notarzt das Schädel-Hirn-Trauma des Patienten eingeschätzt hat (Angabe auf dem Notarztprotokoll), wird die Kapnometrie nach endotrachealer Intubation bei 81,9% (kein SHT), 78,% (leichtes SHT), 78,4% (mittleres SHT) und 82,6% (schweres SHT) der Fälle angewendet.

Auch die weitere detaillierte Untersuchung zur Anwendungshäufigkeit der Kapnometrie bei verschiedenen Verletzungskombinationen konnte keine Unterschiede in der Anwendungshäufigkeit nachweisen. Unabhängig davon, ob der Patient kein SHT ($AIS\ Kopf \leq 1$), ein isoliertes SHT ($AIS\ Kopf \geq 3$ und $AIS\ Body \leq 1$) oder ein SHT plus eine relevante weitere Verletzung ($AIS\ Kopf \geq 2$ mit $AIS \geq 2$ in einer der anderen Regionen) aufwies, wurde die Kapnometrie lediglich bei 81,6% bis 83,5% der intubierten Patienten verwendet.

Patienten mit relevanten Thoraxverletzungen ($AIS \geq 2$) wurden prähospital häufiger intubiert als Patienten ohne relevante Thoraxverletzungen (26,1% vs. 14,8%). Allerdings wurde die Kapnometrie auch bei Patienten mit relevanten Thoraxverletzungen nur bei 83,9% der Patienten angewandt (ohne Thoraxverletzung $AIS \geq 2$ 81,6%). Bei einer alternativen Atemwegssicherung kam die Kapnometrie bei Patienten mit relevanten Thoraxverletzungen in 29,2% der Fälle zur Anwendung, während sie ohne relevante Thoraxverletzungen in 25,1% der Fälle verwendet wurde.

Outcome

Ob die Kapnometrie bei prähospital beatmeten Patienten einen Einfluss auf den weiteren stationären Verlauf und das Outcome hat, wurde durch verschiedene deskriptive Statistiken analysiert. Zunächst wurde geprüft, ob sich Patienten, die bereits prähospital unter Anwendung der Kapnometrie beatmet wurden, von solchen unterscheiden, bei denen auf die Kapnometrie verzichtet wurde (Tab. 1). Es zeigt sich, dass es keine relevanten Unterschiede in Alter, ISS, Zeit von Unfall bis Klinikeinlieferung, Blutdruck bei Aufnahme, Puls bei Aufnahme und Base Excess gibt. Weder auf die Beatmungszeit in der Klinik noch auf die Dauer des Intensivaufenthalts (bzw. die Häufigkeit der Behandlung auf der Intensivstation oder die Gesamtaufenthaltsdauer im Krankenhaus) hat die Anwendung der prähospitalen Kapnometrie bei beatmeten Patienten einen signifikanten Einfluss. Ferner konnte kein Einfluss auf den analog zum nach Glasgow Outcome Scale [17] gemessenen Grad der Behinderung bei Entlassung festgestellt werden (Tab. 8). Hierbei wird im TraumaRegister DGU® im Gegensatz zum Glasgow Outcome Scale, der definitionsgemäß auf Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma beschränkt ist, auf den Gesamtzustand der Patienten unabhängig vom Verletzungsmuster eingegangen. Inwieweit die Anwendung der Kapnometrie einen Einfluss auf den Zustand des Patienten bei Einlieferung hat, wurde versucht, am Base Excess festzumachen. Hierzu wurde die Häufigkeit der

extremen Werte für den Base Excess (≥ 5 oder ≤ -8 mmol/l) in Abhängigkeit der Kapnometrieanwendung bestimmt. Dabei zeigte sich sowohl in der Gruppe der spontan-atmenden Patienten (5,1%/5,0%) als auch in der Gruppe der intubiert beatmeten Patienten (18,3%/19,2%) kein Unterschied in der Häufigkeit extremer Base Excess-Werte. Abschließend wurde der Einfluss der prähospitalen Kapnometrie auf das Letalitätsrisiko beatmeter Patienten geprüft: 30,7% der intubierten Patienten, bei denen die Kapnometrie nicht angewendet wurde, verstarben. Die prognostizierte Sterblichkeit mittels RISC II-Scores betrug aber nur 28,5%. In der Gruppe der prähospital mittels Kapnometrie überwachten Patienten verstarben 30,3% der Patienten bei einem RISC II-Score von 30,1. Dieser Unterschied war im t-Test mit $p=0,23$ nicht signifikant und die standardisierte Mortalitätsrate (SMR) lag jeweils im 95% Konfidenzintervall (SMR ohne Kapnometrie 1,078 (0,969–1,187); SMR mit Kapnometrie 1,008 (0,961–1,054)). Die Subgruppenanalyse zeigte ein ähnliches Ergebnis bei Patienten mit schweren Thoraxverletzungen (AIS Thorax ≥ 3). Hier konnte kein Zusammenhang zwischen Mortalität und präklinischer Anwendung der Kapnometrie nachgewiesen werden (SMR mit Kapnometrie 0,96; SMR ohne Kapnometrie 0,97; $p=0,92$). Bei Patienten mit schweren Schädel-Hirn-Traumata (AIS Kopf ≥ 3) zeigt sich hingegen, dass bei Verzicht auf die prähospital Kapnometrie die SMR steigt (SMR mit Kapnometrie 1,0 (0,96–1,05); SMR ohne Kapnometrie

1,11 (0,99–1,23)). Der Unterschied ist jedoch ebenfalls nicht signifikant ($p=0,077$).

Diskussion

Die Anwendung der prähospitalen Kapnometrie ist ein wichtiger Indikator für Behandlungsqualität und Patientensicherheit. Mit der letzten Bogenrevision wurde dieser wichtige Parameter in das TraumaRegister DGU® eingeführt und im Jahresbericht 2017 erstmals ausgegeben. Der Parameter ist dort einer der Indikatoren für die Messung der Prozessqualität, die in einem standardisierten Verfahren von einer Arbeitsgruppe der Sektion Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung (Sektion NIS) erarbeitet wurde [2]. Mit der vorliegenden Studie wurde dieser wichtige Parameter nun erstmals wissenschaftlich ausgewertet.

Dokumentationsvollständigkeit im Register

Die Analyse der Dokumentationsvollständigkeit im Register zeigt, dass bei 37,7% der ausgewerteten Datensätze im TraumaRegister DGU® „keine Angaben“ zum Parameter „Kapnometrie“ gemacht wurden. Die Häufigkeit der fehlenden Angaben ist hierbei unabhängig von der Art der Atemwegssicherung, der Transportart, dem Versorgungslevel der Zielklinik und der Verletzungsschwere. Lediglich bei Eingabe des Datensatzes vom „Standardbogen“, der eher von forschenden Kliniken verwendet wird, zeigt sich eine um 6,4% höhere Dokumentationsquote als beim „QM-Bogen“, der einen insgesamt reduzierten Datensatz darstellt.

Nach Angaben der Stelle zur trägerübergreifenden Qualitätssicherung im Rettungsdienst Baden-Württemberg (SQR-BW) findet sich im Mittel die Dokumentation der prähospitalen Kapnometrie bei ca. 80% [19]. Dies deckt sich mit den Angaben im TraumaRegister DGU®, wenn denn eine Dokumentation vorgenommen wurde. Die Spannweite in Baden-Württemberg reicht allerdings von ca. 50% bis fast 100%, und man kann einen Zusammenhang zwischen

Tabelle 8
Outcome bereits prähospital beatmeter Patienten bei Entlassung.

Glasgow Outcome Scale	im TR-DGU dokumentierte prähospital Kapnometrie	
	nein	ja
1 – tot	30,8%	30,4%
2 – vegetativer Zustand	3,2%	4,0%
3 – schwer behindert	13,7%	14,9%
4 – leicht behindert	21,3%	19,8%
5 – gut erholt	31,0%	30,8%

der Häufigkeit der Anwendung der Kapnometrie und der Zahl der am Notarztstandort durchgeführten Intubationen erkennen [19].

Der Anteil von 37,7% fehlender Angaben im Register kann aber nicht allein durch fehlende Angaben im Rettungsdienst- bzw. Notarzteinsetzprotokoll erklärt werden. Die Dokumentation der Kapnometrie im Rettungsdienst ist bereits Teil des DIVI-Notarzteinsetzprotokolls 4.0 von 1998 (aktuelle Version 5.1) und seitdem an mehreren Stellen der gängigen Notarztprotokolle (Erstbefund, Verlauf, Monitoring und Übergabe) in Form von Werten oder durch Ankreuzen zu dokumentieren. Angesichts der Tatsache, dass sich zwischen den Kliniken erhebliche Unterschiede in der Häufigkeit bei der Angabe „keine Angaben“ finden (Tab. 2), kann man vermuten, dass der Verzicht auf Angaben nicht alleine auf die Rettungsdienstdokumentation zurückfällt, sondern der Grund hierfür auch bei den Mitarbeitern der Kliniken gesucht werden muss, die das Register mit Daten befüllen.

Anwendung in der prähospitalen Versorgung

Bei lediglich 2,7% der Patienten ohne dokumentiertes Atemwegsmanagement (mutmaßlich spontanatmend) wurde eine Kapnometrie durchgeführt. Kapnometrie ist bei nicht beatmeten Patienten noch weitgehend unbekannt, obwohl sich hieraus wichtige Hinweise auf Verletzungsschwere und Prognose ergeben können [9,21]. Bei intubierten Patienten wurde die Kapnometrie in nur 82,8% der Fälle angewandt, d. h. in 17,2% wurde gegen aktuelle Leitlinien [3,4,22] verstoßen und auf die Möglichkeit der Lagekontrolle und -überwachung des Tubus und zur qualitativen Beurteilung der Ventilation verzichtet (Tab. 5). Dies war unabhängig davon, ob der Transport durch einen Notarzt (82,9% Kapnometrie bei intubierten Patienten) oder nicht-ärztliches Rettungsdienstfachpersonal (84,1% Kapnometrie bei intubierten Patienten) begleitet wurde. Auch in der Luftrettung, wo man auf Grund der größeren Routine im Umgang mit beatmeten Patienten, den schlechteren klinischen

Überwachungsmöglichkeiten und den ungünstigen räumlichen Verhältnissen für Interventionen während des Flugs eine bessere technische Überwachung der Patienten erwarten würde, wurde die Kapnometrie lediglich bei 85,5% der intubierten Patienten im TraumaRegister DGU® dokumentiert.

Die technischen Voraussetzungen zur prähospitalen Kapnometrie sind seit mehr als 10 Jahren in der DIN-Norm für Notarzteinsetzfahrzeuge [11], Rettungswagen [10] und Rettungshubschrauber [23] festgeschrieben. Man kann also davon ausgehen, dass im Jahr 2016 auf jedem Rettungsmittel, in dem schwerverletzte Patienten versorgt und transportiert werden, die Möglichkeit zum Monitoring des endtidalen CO₂ bestand. Das Fehlen einer derartigen Überwachungsmöglichkeit käme einem Organisationsverschulden gleich. Insofern sollte man bei leitliniengerechtem Vorgehen die Anwendung der Kapnometrie bei allen prähospital beatmeten Patienten erwarten dürfen. Ist dies nicht der Fall, muss von einem bewussten Verzicht auf diese Überwachungsmöglichkeit oder ein Vergessen seiner Anwendung durch das versorgende Rettungsdienstteam ausgegangen werden.

Überaus seltener wird die Kapnometrie überraschenderweise bei der alternativen Atemwegssicherung verwendet (Tab. 5). Hier wurde bei durchschnittlich 73,1% auf die Möglichkeit zur kontinuierlichen Lagekontrolle und Überwachung der Ventilation während der prähospitalen Phase verzichtet.

Kapnometrie ist bei einer alternativen Atemwegssicherung genauso wichtig wie bei der endotrachealen Intubation. Durch sie kann eine Dislokation der Atemwegssicherung sofort erkannt und die Ventilation optimiert werden. Da alle prähospital verwendeten Systeme zur Kapnometrie auch mit den alternativen Atemwegshilfen (z. B. Larynx-tuben und Larynxmasken) kompatibel sind, ist der Verzicht auf ihre Anwendung praktisch nur durch Defizite im Wissen der Rettungsteams zu erklären.

Lediglich die Prähospitalzeit, die sich aus der Zeit vom Unfall bis zum Errei-

chen der Zielklinik zusammensetzt, scheint einen Einfluss auf die Häufigkeit der Kapnometrieanwendung zu haben (Tab. 6). Da die Prähospitalzeit – bei relativ konstanten Planungsvorgaben für das Reaktionsintervall (Alarm bis Eintreffen am Unfallort) und relativ konstanten Versorgungszeiten am Unfallort – wesentlich von der Transportdauer abhängig ist, kann vermutet werden, dass die Kapnometrie bei längeren Transporten zur Optimierung der Ventilation eingesetzt wird, während bei kurzen Transporten häufiger schlicht auf die Anwendung verzichtet wird.

Verletzungsschwere/-muster

Erwartungsgemäß steigt der Anteil der beatmeten Patienten mit steigender Verletzungsschwere (Abb. 2). Interessanterweise wird in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere sowohl bei intubiert beatmeten Patienten als auch bei Verwendung einer alternativen Atemwegssicherung die Kapnometrie häufiger eingesetzt. Die Ursache hierfür ist aus den Daten des Registers nicht abzuleiten und aus der Sicht der Autoren rational auch nicht zu begründen.

Die Analyse der prähospital reanimierten Patienten zeigte keinen relevanten Unterschied in der Häufigkeit der prähospitalen Verwendung einer Kapnometrie. Dies könnte u.a. daran liegen, dass Patienten, die bereits prähospital (z. B. auf Grund einer nicht erkannten Fehlintubation) sterben, nicht ins Krankenhaus eingeliefert und somit nicht ins Register aufgenommen werden. Auf der anderen Seite ist es erschreckend, dass trotz klarer Empfehlungen in den Reanimationsleitlinien [24,25] bei 17,5% der prähospital reanimierten Patienten auf eine Kapnometrie verzichtet wurde. Dies ist bei der heutigen Ausstattung der Rettungsmittel lediglich durch den Faktor Mensch zu erklären.

Der Verzicht auf die prähospital Kapnometrie führte nicht zu häufigeren Reanimationen im Schockraum und in der ersten operativen Phase. Hier dürften andere Ursachen als eine suboptimale prähospital Beatmung für eine Reanimationspflichtigkeit im Vordergrund

stehen – insbesondere da Patienten, die prähospital unerkannt fehlintubiert wurden, die Kliniken gar nicht mehr lebend erreichen dürften.

Es konnte in der Subgruppenanalyse kein Zusammenhang zwischen Verletzungsmuster und Anwendung der Kapnometrie gefunden werden. Insbesondere Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma [26,27] würden von einer Normoventilation profitieren. Allerdings wurde die Kapnometrie weder bei Patienten mit schweren Schädel-Hirn-Trauma noch mit schwerem Thoraxtrauma häufiger als im Gesamtkollektiv angewandt.

Outcome

Im Gesamtkollektiv konnten keine Auswirkungen der prähospitalen Kapnometrie anwendung auf die Dauer der Beatmung oder der intensivmedizinischen Behandlung bzw. die Liegedauer im Krankenhaus gefunden werden. Auch der Grad der Behinderung bei Entlassung war gleich (Tab. 8). Lediglich beim Vergleich des Überlebens mit dem anhand des RISC II-Scores prognostizierten Überleben ergeben sich Hinweise darauf, dass die prähospitalen Kapnometrie doch einen Einfluss auf den weiteren klinischen Verlauf haben könnte. Diese waren jedoch weder für das Gesamtkollektiv noch für spezielle Verletzungen wie Thoraxtrauma oder Schädel-Hirn-Trauma statistisch signifikant unterschiedlich. Medizinisch gesehen hätten wir bei Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma eigentlich einen Vorteil durch die Anwendung der Kapnometrie erwartet, weil die Kapnometrie eine differenzierte Steuerung der Ventilation und damit indirekt der Hirndurchblutung erlaubt [26–28]. Möglicherweise ist der Anteil von Patienten, für die dies aber prognostisch relevant ist, so gering, dass kein signifikanter Unterschied zustande kam.

Ein Zusammenhang zwischen dem Base Excess bei Einlieferung (als einzigem direkt durch die Beatmung zu beeinflussender Parameter im TraumaRegister DGU®) und der prähospitalen Kapnometrie konnte nicht nachgewiesen werden. Ursächlich dürften die bestehenden Kompensationsmechanismen der Pa-

tienten sein, die eine deutliche Änderung des Base Excess (≥ 5 oder ≤ -8 mmol/l) auch bei Einstellung der Beatmung nach rechnerisch ermittelten Parametern oder schlicht nach Gefühl verhindern.

Limitierungen

Es handelt sich bei der Studie um eine retrospektive Registerstudie, d. h. Dokumentationsfehler und unvollständig erhobene Daten sind nicht auszuschließen. Die hohe Datenqualität des TraumaRegister DGU® wurde in mehreren Arbeiten [29,30] überprüft und zeigt sich auch im Jahresbericht des Registers. So fehlten von den 13 Parametern zur vollständigen Berechnung des RISC II-Scores in den Daten von 2016 durchschnittlich nur 0,9 Parameter pro Fall [2]. Schon bei der Onlineeingabe der Daten in das Register erfolgen multiple automatische Kontrollen auf Plausibilität und Vollständigkeit der Daten. Ferner werden die eingegebenen Daten im Rahmen der Rezertifizierung der eingebenden Kliniken alle drei Jahre durch die Auditoren stichpunktartig überprüft.

Da nur Patienten in das Register eingeschlossen werden, die auch in eine Klinik eingeliefert wurden, fehlen in der Studie alle Patienten, die z. B. auf Grund einer nicht erkannten Fehlintubation präklinisch verstorben sind.

Die Eingabe der präklinischen Daten erfolgt anhand von Rettungsdienst-/Notarztprotokollen, deren Qualität erfahrungsgemäß bei zunehmendem Stress abnimmt, d. h. bei instabilen schwerstverletzten Patienten am schlechtesten sein dürfte.

Schlussfolgerung

Die Bedeutung der Kapnometrie als Indikator für Prozessqualität und Patientensicherheit ist unumstritten. Die Dokumentationsvollständigkeit dieses wichtigen Parameters im TraumaRegister DGU® beträgt nur 62,3% im ersten Jahr der Erfassung und erscheint verbesserungswürdig. Sie sollte im Folgejahr noch einmal überprüft und ggf. zum Anlass genommen werden, die entsprechenden Hilfstexte und Plausibilitätskontrollen im Register zu optimieren. Die Anwendung

der prähospitalen Kapnometrie ist ein 2017 neu eingeführter Qualitätsparameter im Jahresbericht des Registers [2]. Hier sollte auch dafür Sorge getragen werden, dass eine entsprechend gute Datenqualität bei der Erfassung erreicht wird.

Die auswertbaren Fälle im Register zeigen, dass die Kapnometrie nur bei durchschnittlich 82,9% der endotracheal intubierten Patienten und 26,9% der Patienten mit einer alternativen Atemwegssicherung prähospital verwendet wird. Diese Ergebnisse sind unter dem Aspekt der Qualitätssicherung nicht zufriedenstellend. So fordern diverse aktuelle Leitlinien, die prähospitalen Kapnometrie bei jedem beatmeten Patienten einzusetzen. Da bei entsprechender Ausstattung der Rettungsmittel die Ursache hierfür nur die Notärzte und das Rettungsdienstpersonal sein können, müssen weitere Anstrengungen unternommen werden, die Kapnometrie als festen Bestandteil der Überwachung bei allen präklinisch beatmeten Patienten zu etablieren. Dies betrifft insbesondere auch die Patienten, bei denen alternative Atemwegssicherungen wie Larynx-tuben oder -masken zum Einsatz kommen. Hier werden derzeit gemäß den Registerdaten dreiviertel der Patienten unzureichend überwacht.

Dass der Verzicht auf die Überwachung der optimalen prähospitalen Ventilation auch Auswirkungen auf den weiteren Behandlungsverlauf haben kann, zeichnet sich bei Patienten mit schweren Schädel-Hirn-Traumata bereits in dieser Studie ab. So ist die Letalität dieser Patienten gegenüber der kapnographisch überwachten Vergleichsgruppe tendenziell höher. Die Auswertung sollte in 2–3 Jahren mit größerer Fallzahl wiederholt werden, um diese Ergebnisse zu überprüfen und ggf. mit entsprechender Signifikanz zu beweisen.

Die Kapnometrie ist prähospital flächendeckend verfügbar und ein wesentlicher Sicherheitsaspekt, um die alveoläre Ventilation bei beatmeten Patienten zu kontrollieren und während des Transportes kontinuierlich zu überwachen. Es gibt Hinweise, dass der Verzicht auf sie das Outcome der Patienten negativ beeinflusst. Dementsprechend sollte sie Teil der Qualitätssicherung des Trauma-

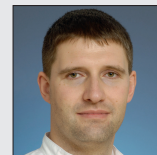
Register DGU® und anderer Qualitätssicherungssysteme sein und eine hohe Priorität in Ausbildung und Training von Rettungskräften haben.

Literatur

1. Silvestri S, Ralls GA, Krauss B, Thundiyil J, Rothrock SG, Senn A, et al: The effectiveness of out-of-hospital use of continuous end-tidal carbon dioxide monitoring on the rate of unrecognized misplaced intubation within a regional emergency medical services system. *Ann Emerg Med* 2005;45:497–503
2. Lefering R, Nienaber U: Traumaregister DGU® Jahresbericht 2017. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), Sektion Intensiv- & Notfallmedizin, Schwerverletztenversorgung (NIS) und AUC - Akademie der Unfallchirurgie GmbH 2017
3. Bernhard M, Matthes G, Kanz KG, Waydhas C, Fischbacher M, Fischer M, et al: Emergency anesthesia, airway management and ventilation in major trauma. Background and key messages of the interdisciplinary S3 guidelines for major trauma patients. *Anaesthesist* 2011;60:1027–1040
4. Bernhard M, Hossfeld B, Bein B, Bohn A, Fischer M, Gräsner J et al: Handlungsempfehlung: Prähospitaler Notfallnarkose beim Erwachsenen. *Anästh Intensivmed* 2015;56:317–335
5. Timmermann A, Böttiger BW, Byhahn C, Dörge V, Eich C, Gräsner JT et al: S1-LL Prähospitaler Atemwegsmanagement. *Anästh Intensivmed* 2019;60:316–336
6. Group PGU: Level 3 guideline on the treatment of patients with severe/multiple injuries. AWMF Register-Nr. 012/019. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2018;44(Suppl 1):3–271
7. Grmec S, Mally S: Prehospital determination of tracheal tube placement in severe head injury. *Emerg Med J* 2004;21:518–520
8. Holmes J, Peng J, Bair A: Abnormal end-tidal carbon dioxide levels on emergency department arrival in adult and pediatric intubated patients. *Prehosp Emerg Care* 2012;16:210–216
9. Childress K, Arnold K, Hunter C, Ralls G, Papa L, Silvestri S: Prehospital End-tidal Carbon Dioxide Predicts Mortality in Trauma Patients. *Prehosp Emerg Care* 2017:1–5
10. DIN EN 1789:2014–12, Rettungsdienstfahrzeuge und deren Ausrüstung – Krankenkraftwagen
11. DIN 75070:2009–11, Notarzt-Einsatzfahrzeuge (NEF) - Begriffe, Anforderungen, Prüfung
12. Lefering R, Nienaber U: Traumaregister DGU® Jahresbericht 2015. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), Sektion Intensiv- & Notfallmedizin, Schwerverletztenversorgung (NIS) und AUC - Akademie der Unfallchirurgie GmbH 2015:23
13. TraumaRegister DGU®: 20 years DGU®: development, aims and structure. *Injury* 2014;45 Suppl 3:S6–S13
14. Kulla M, Fischer S, Helm M, Lampl L: How to assess the severity of the multi-system trauma in the emergency-room – a critical review. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2005;40:726–736
15. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB: The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 1974;14:187–196
16. Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U, Maegele M, Bouillon B: Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGU™: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Crit Care* 2014;18:476
17. Jennett B, Snoek J, Bond MR, Brooks N: Disability after severe head injury: observations on the use of the Glasgow Outcome Scale. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1981;44:285–293
18. Messelken M, Schlechtriemen T, Arntz HR, Bohn A, Bradschel G, Brammen D et al: Der Minimale Notfalldatensatz MIND3. *Notarzt* 2011;27:197–202
19. Lohs T: Qualitätsbericht Rettungsdienst Baden-Württemberg Berichtsjahr 2016. 2017:52
20. Messelken M, Schlechtriemen T: Der minimale Notarztdatensatz MIND2. *Notfall & Rettungsmedizin* 2003;6:189–192
21. Williams DJ, Guirgis FW, Morrissey TK, Wilkerson J, Wears RL, Kalynych C, et al: End-tidal carbon dioxide and occult injury in trauma patients: ETCO2 does not rule out severe injury. *Am J Emerg Med* 2016;34:2146–2149
22. Braun U et al: Airway Management. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. *Anästh Intensivmed* 2004;45:302–306
23. DIN EN 13718-2:2015-05, Medizinische Fahrzeuge und ihre Ausrüstung – Luftfahrzeuge zum Patiententransport – Teil 2: Operationelle und technische Anforderungen an Luftfahrzeuge zum Patiententransport
24. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, et al: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2015;95:100–147
25. Truhlar A, Deakin CD, Soar J, Khalifa GE, Alfonso A, Bierens JJ, et al: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 2015;95:148–201
26. Caulfield EV, Dutton RP, Floccare DJ, Stansbury LG, Scalea TM: Prehospital hypocapnia and poor outcome after severe traumatic brain injury. *J Trauma* 2009;66:1577–1582; discussion 83
27. Bratton SL, Chestnut RM, Ghajar J, McConnell Hammond FF, Harris OA, Hartl R, et al: Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. XIV. Hyperventilation. *J Neurotrauma* 2007;24 Suppl 1:S87–S90
28. Bullock MR, Povlishock JT: Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. Editor's Commentary. *J Neurotrauma* 2007;24 Suppl 1:2 p preceding S1
29. Dahmen J: Datenqualität des Trauma Registers der DGU. Dissertation ed. Germany: Universität Witten/Herdecke 2011
30. Kricheldorf J: Strukturparameter und Outcome bei der Versorgung Schwerverletzter – eine Analyse von 57 Kliniken auf dem Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Dissertation ed. Germany: Universität Witten/Herdecke 2011.

Korrespondenz-adresse

Dr. med.
Arne Wilharm



Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
Universitätsklinikum Jena
Am Klinikum 1
07747 Jena, Deutschland
E-Mail:
Arne.Wilharm@med.uni-jena.de

