

Der Einfluss von Ausbildung und Erfahrung auf Dosierungsfehler bei pädiatrischen Notfallmedikamenten – eine interventionelle Fragebogen-Studie mit tabellarischer Hilfe

The influence of education and experience on paediatric emergency drug dosing errors – an interventional questionnaire study using a tabular aid

J. Kaufmann^{1,2} · T. Engelhardt³ · I. Steinwegs⁴ · J. Hinkelbein⁵ · F. Piekarski⁶ · M. Laschat¹ · A. Böhmer^{2,7} · M. Hellmich⁸ · F. Wappler^{1,2,7}



www.ai-online.info

► **Zitierweise:** Kaufmann J, Engelhardt T, Steinwegs I, Hinkelbein J, Piekarski F, Laschat M et al: Der Einfluss von Ausbildung und Erfahrung auf Dosierungsfehler bei pädiatrischen Notfallmedikamenten – eine interventionelle Fragebogen-Studie mit tabellarischer Hilfe. *Anästh Intensivmed* 2019;60:164-172. DOI: 10.19224/ai2019.164

Zusammenfassung

Hintergrund: Durch verschiedene Interventionen können Dosierungsfehler bei pädiatrischen Notfällen reduziert werden. Der Einfluss von Ausbildung und Erfahrung des Anwenders auf die Inzidenz dieser Fehler mit oder ohne ein tabellarisches Hilfsmittel ist bisher unbekannt.

Methodik: Im Rahmen einer interventionellen Fragebogenstudie war zunächst die Ausbildung anzugeben (Pflegerkräfte (PK), Medizinstudierende (MS), Ärzt/innen in Weiterbildung (ÄiW) oder Fach-, Ober- und Chefärzt/innen (FÄ)). Danach sollte die Dosis von vier Notfallmedikamenten für ein 7 kg wiegendes Kind zunächst ohne und im Anschluss daran mit Hilfe einer Tabelle angegeben werden. Es wurden Abweichungen von der empfohlenen Dosis von 120% (AvED120), 300% (AvED300) und 1.000% (AvED1000) erfasst.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 186 Fragebögen und 1.326 Medikamentenanordnungen eingeschlossen. FÄ machten im Vergleich zu ÄiW, PK und MS weniger Dosierungsfehler ohne Hilfsmittel bei der Verordnung von Epinephrin (AvED120: FÄ 18%, ÄiW 23%, PK 50%, MS 78%). Mit der tabellarischen Hilfe machten alle Berufsgruppen weniger Fehler (AvED120: FÄ 7% (p=0,031), ÄiW 9% (p=0,375), PK 11% (p=0,016), MS 0% (p<0,001)). Die tabellarische Hilfe reduzierte Fehler bei PK und MS erheblich. AvED1000 mit Epinephrin wurden bei PK vollständig eliminiert

und bei MS sogar AvED's jeder Intensität. FÄ und ÄiW hingegen machten trotz der tabellarischen Hilfe weiterhin potenziell lebensbedrohliche Fehler bei der Verordnung von Epinephrin.

Schlussfolgerungen: Obwohl FÄ am wenigsten Dosierungsfehler ohne das Hilfsmittel machten, konnte bei Ihnen keine vergleichbare Verbesserung wie bei PK oder MS durch die tabellarische Hilfe beobachtet werden. Die strikte Einhaltung von Sicherheitsstrukturen und eine gelebte Sicherheitskultur sind erforderlich, um Fehler bei der Dosierung von Notfallmedikamenten für Kinder weiter zu reduzieren.

Summary

Background: Several interventions including reading drug doses from a table are known to reduce drug dosing errors in paediatric emergencies. The role of education and experience of the operator on the occurrence of these errors with or without supporting aids is unknown.

Methods: Within an interventional questionnaire trial, medical professionals were first asked to indicate their training (nurse (N), medical student (MS), trainee (T) or consultant physician (CP)). They were then requested to calculate the dose of four emergency drugs within 2 minutes time for a child weighing 7 kg, first unaided and then with a tabular aid. Deviations from the recommended dose of 120% (DRD120), 300% (DRD300) and 1000% (DRD1000) with or without the tabular aid were measured.

- 1 Abteilung für Kinderanästhesie, Kinderkrankenhaus der Kliniken der Stadt Köln gGmbH
- 2 Fakultät für Gesundheit, Universität Witten/Herdecke
- 3 Department for Anaesthesia, Royal Aberdeen Children's Hospital, Westburn Road, Foresterhill, Aberdeen, AB25 2ZG, Vereinigtes Königreich
- 4 Klinik für Chirurgie und Urologie, Kinderkrankenhaus der Kliniken der Stadt Köln gGmbH
- 5 Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Klinikum der Universität zu Köln
- 6 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Frankfurt
- 7 Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Klinikum Merheim der Universität Witten/Herdecke
- 8 Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Epidemiologie (IMSIE), Universität zu Köln

Schlüsselwörter

Patientensicherheit – Medikationsfehler – Pädiatrie – Notfälle

Keywords

Patient Safety – Medication Errors – Paediatrics – Emergencies

Results: A total of 186 questionnaires and 1,326 drug prescriptions were available. CP made less unaided emergency drug dosing errors e.g. with epinephrine when compared to T, N and MS (DRD120: CP 18%, T 23%, N 50% and MS 78%, respectively). With the tabular aid, fewer errors were made (DRD120: CP 7% ($p=0.031$), T 9% ($p=0.375$), N 11% ($p=0.016$), MS 0% ($p<0.001$)). The tabular aid greatly reduced errors in N and MS, eliminating DRD1000 in N and all DRDs in MS. Despite the tabular aid, CP and T continued to make potentially life-threatening errors when prescribing epinephrine.

Conclusions: Although CP and T made fewer unaided emergency drug dosing errors, they failed to gain comparable benefits from a tabular aid. Strict adherence to safety structures and implementation of a safety culture is required to further reduce paediatric emergency drug prescription errors.

Einleitung

Medikationsfehler sind eine der Hauptursachen für Morbidität und Mortalität bei Patienten jeden Alters [1,2]. Bei Kindern ist die Gefahr von Dosierungsfehlern aufgrund der Notwendigkeit individueller, gewichtsbezogener Dosisberechnungen sowie einer fehlenden Vertrautheit mit einer „typischen“ Dosis besonders groß [3]. Selbst in einer spezialisierten pädiatrischen Einrichtung und der Regelversorgung durch pädiatrisches Fachpersonal traten Medikationsfehler bei Kindern dreimal häufiger auf als bei Erwachsenen [4]. In Notfallsituationen steigt die Rate an Fehlern zusätzlich an. Bei simulierten Reanimationen in einer pädiatrischen Notaufnahme war eine von 32 mündlichen Medikamentenverordnungen in einer Zehnerpotenz falsch [5]. Eine Fehldosierung in einer solchen Dimension ist bei der Verabreichung von Epinephrin zur Reanimation mit einer erfolgreichen Wiederbelebung kaum mehr zu vereinbaren [6,7].

Präklinische Notfälle treten außerhalb spezialisierter pädiatrischer Einrichtungen auf und müssen meist durch Personal

mit begrenzter pädiatrischer Erfahrung versorgt werden [8]. Das präklinisch zuständige Personal fühlt sich dabei oft nicht sicher und in der Lage, eine korrekte Medikamentendosis für kleine Kinder verabreichen zu können [9]. Die beobachtete Fehlerquote bei präklinischen Kindernotfällen liegt bei mehr als einem Dosierungsfehler bei jeder dritten Medikamentengabe generell und in fast 60% der Fälle bei der Verabreichung von Epinephrin [10].

Mehrere Interventionen zur Verbesserung der Genauigkeit der Dosierung von Medikamenten mit signifikantem Effekt wurden in klinischen Studien beschrieben. Obwohl durch geeignete Interventionen die Häufigkeit und Schwere von Dosierungsfehlern bei pädiatrischen Notfällen [11] und in der Kinderanästhesie [12] verringert werden können, sind Fehler aufgrund menschlicher Faktoren dennoch nie vollständig auszuschließen. Selbst bei der Verwendung von einfachen Hilfsmitteln, wie beim Ablesen einer Medikamentendosis aus einer klar strukturierten Tabelle, können Fehler auftreten [13]. Der Einfluss von Expertise auf die Medikamentensicherheit generell ist gut beschrieben [11,14]. Jedoch wurde bisher nicht untersucht, ob der Effekt eines tabellarischen Hilfsmittels zur Verbesserung der Dosierung von Notfallmedikamenten in einem Fragebogen abhängig ist von der Ausbildung und Erfahrung des teilnehmenden Fachpersonals.

Deshalb untersuchten wir die Fähigkeiten von Ärzten und Pflegepersonal mit unterschiedlicher Ausbildung und Erfahrung, pädiatrische Notfallmedikamente in einem strukturierten Fragebogen mit oder ohne Unterstützung durch eine tabellarische Hilfe korrekt zu verordnen. Ziel war es, den Einfluss dieser tabellarischen Hilfe auf die Dosisgenauigkeit der Verordnung von Notfallmedikamenten zu beurteilen und festzustellen, ob dieser Effekt entsprechend der Ausbildung und Erfahrung variiert.

Methodik

Im Rahmen der Untersuchung wurden keine personenbezogenen Daten er-

hoben. Die Studie wurde als freiwillige Teilnahme konzipiert, wobei das Einverständnis der Teilnehmenden mit dem Ausfüllen eines Fragebogens dokumentiert wurde. Daher hat die Ethikkommission der Universität Witten/Herdecke keine Notwendigkeit für eine formale Begutachtung der Untersuchung oder eine Einverständniserklärung der Teilnehmer gesehen.

Zunächst entwarfen wir einen Fragebogen und testeten diesen in einer Pilotphase mit 5 Mitarbeitern der Abteilung für Kinderanästhesie eines Kinderkrankenhauses. Diese Pilotstudie bestätigte die Praktikabilität des Fragebogens und zeigte, dass die Fertigstellung innerhalb von zwei Minuten gut möglich ist. Die Fragebögen wurden dann auf Symposien für Kinderanästhesie und Notfallmedizin mit Teilnehmern bundesweiter Herkunft verteilt. Zusätzlich wurde der Fragebogen dem Personal der Anästhesie-Abteilungen von zwei Universitätskliniken, den pädiatrischen, kinderchirurgischen und kinderanästhesiologischen Abteilungen eines Kinderkrankenhauses sowie Medizinstudierenden im letzten Jahr ihres Studiums bei Kursen und Seminaren angeboten.

In allen genannten Situationen wurde der Fragebogen nach einer kurzen mündlichen Einführung an alle Teilnehmer der jeweiligen Veranstaltung oder Mitarbeiter der jeweiligen Abteilung ausgehändigt. Er bestand aus drei Teilen die jeweils auf getrennten, aneinandergehefteten Vorderseiten abgedruckt waren, sodass jeweils nur die aktuell auszufüllende Seite sichtbar war. Auf der ersten Seite wurden Informationen über die Berufsgruppenzugehörigkeit und den Ausbildungsstand (Krankenpflegekräfte, Medizinstudierende, Ärzte in Weiterbildung, Fach-, Ober- oder Chefarzte) abgefragt. Alle angefragten Pflegekräfte kamen aus der Kinderanästhesie oder von pädiatrischen Intensivstationen, alle Medizinstudenten befanden sich im letzten Jahr des Studiums. Auf der zweiten Seite wurden die Teilnehmer gebeten, für ein 7 kg schweres Kind eine schriftliche Verordnung für vier gängige Medikamente bei pädiatrischen Notfäl-

len (Fentanyl, Propofol, Rocuronium zur Anästhesieeinleitung und Epinephrin zur Reanimation) ohne zusätzliche Hilfsmittel auszufüllen. Die Teilnehmer wurden gebeten, eine eindeutige Dosis (keinen Dosisbereich) anzugeben. Der letzte Teil des Fragebogens erfragte eine erneute Verordnung der gleichen Medikamente für dasselbe Kind und dieselben Indikationen, wobei die Teilnehmer ausdrücklich gebeten wurden, die tabellarische Hilfe zu verwenden, die oben auf dieser Seite abgedruckt war (Abb. 1). Diese Tabelle wurde dem Pädiatrischen Notfalllineal (PädNFL; www.notfalllineal.de) entnommen, einem längenbasierten Hilfsmittel zur Dosierungsempfehlung von Notfallmedikamenten bei Kindern, wie zuvor beschrieben [15]. Bei vollständig gestreckt liegendem Kind wird dieses Notfalllineal an der Ferse angelegt und im am Kopfende zum Liegen kommenden Segment die Dosierungen abgelesen. In einer prospektiven, bundesweiten

Studie bei präklinischen pädiatrischen Notfällen wurde die Wirksamkeit des PädNFL nachgewiesen, wobei 9 von 10 schweren Arzneimitteldosierungsfehlern vermieden wurden [15]. Zirka 35.000 Exemplare davon werden derzeit im deutschsprachigen Raum eingesetzt. Deshalb wählten wir einen Auszug der Tabellen dieses bewährten Hilfsmittels als Beispiel für eine evaluierte tabellarische Dosierungshilfe. Bei der Verwendung eines tabellarischen Hilfsmittels ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass das tatsächliche Gewicht eines Kindes nicht ganz exakt in der Tabelle angegeben wird. Weil dieses zur Irritation oder Ablenkung beitragen könnte, haben wir auch in unserem Szenario unkommentiert ein Gewicht gewählt, welches nicht exakt in der Tabelle angegeben war (7,0 statt 7,1 kg). Die Teilnehmer hatten auf den jeweiligen Veranstaltungen maximal zwei Minuten Zeit für das Ausfüllen der Fragebögen, bevor die Blätter wieder

eingesammelt wurden. Alle Daten wurden in eine Excel-Tabelle (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) eingegeben und von einer zweiten Person erneut überprüft und verifiziert. Wurde innerhalb eines Fragebogens ein Dosisbereich angegeben (trotz der Aufforderung, dies nicht zu tun), wurde der Mittelwert des angegebenen Bereichs verwendet. Als empfohlene Dosis für Fentanyl wurden 2 µg/kg Körpergewicht definiert, für Propofol 3 mg/kg, Rocuronium 0,6 mg/kg und Epinephrin 10 µg/kg. Die Dosierfehler wurden in drei Kategorien mit relativen Abweichungen von der empfohlenen Dosis größer als 120% (d.h. Abweichungen um den Faktor 1,2 also außerhalb des Bereichs von 83% bis 120%, „AvED120“), 300% (d.h. Abweichungen um den Faktor 3 also außerhalb 33% bis 300%, „AvED300“) bzw. 1.000% (d.h. Abweichungen um den Faktor 10 also außerhalb 10% bis 1.000%, „AvED1000“) eingeteilt. Unter-

Abbildung 1

Gewicht 7,1–9,5 kg

Medikament		Dosierung	Dosis	Konzentration	Einzelgabe in ml	
Narkose	Thiopental	(5 mg/kg)	35,5–47,5 mg	25mg/ml	1,4–1,9 ml	pur
	Propofol 1%	(3 mg/kg)	21,3–28,5 mg	10 mg/ml	2,1–2,9 ml	pur
	Etomidat	(0,2 mg/kg)	1,4–1,9 mg	2 mg/ml	0,7–1,0 ml	pur
	Midazolam	(0,2 mg/kg)	1,4–1,9 mg	1 mg/ml	1,4–1,9 ml	der 1:5 oder 3:15 Verd.
	S-Ketamin	(1 mg/kg)	7,1–9,5 mg	5 mg/ml	1,4–1,9 ml	wenn 5 mg/ml !!
Analgesie	Fentanyl	(2 µg/kg)	14,2–19,0 µg	50 µg/ml	0,3–0,4 ml	pur
	Sufentanil	(0,2 µg/kg)	1,4–1,9 µg	5 µg/ml	0,3–0,4 ml	pur
	Alfentanil	(20 µg/kg)	142,0–190,0 µg	500 µg/ml	0,3–0,4 ml	pur
	Piritramid/Dipidolor®	(0,05 mg/kg)	0,4–0,5 mg	1 mg/ml	0,4–0,5 ml	der 2:15 Verdünnung
	Morphin	(0,1 mg/kg)	0,7–1,0 mg	1 mg/ml	0,7–1,0 ml	der 1:10 Verdünnung
RLX	Vecuronium oder Cis-Atracurium	(0,1 mg/kg)	0,7–1,0 mg	1 mg/ml	0,7–1,0 ml	pur
	Mivacurium oder Atracurium	(0,2 mg/kg)	1,4–1,9 mg	1 mg/ml	1,4–1,9 ml	pur
	Succinylcholin 2%	(2 mg/kg)	14,2–19,0 mg	20 mg/ml	0,7–1,0 ml	pur
	Rocuronium	(0,6 mg/kg)	4,3–5,7 mg	10 mg/ml	0,4–0,6 ml	pur

Medikament		Dosierung	Dosis	Konzentration	Einzelgabe in ml	
Reanimation	Volumen-Bolus Grundbedarf siehe Normwerte	(10 ml/kg)	balancierte Vollelektrolytlösungen		71–95 ml	pur
	Suprarenin zur Reanimation	(10 µg/kg)	71–95 µg	100 µg/ml	0,7–1,0 ml	der 1:10 Verdünnung

Angebote tabellarische Hilfe zur Dosisfindung von Notfallmedikamenten für Kinder; Auszug aus dem „Pädiatrischen Notfalllineal – PädNFL“ [15]. Was beim jeweiligen Medikament mit „pur“ gemeint ist, wird in der Gebrauchsanweisung des Notfalllineals genauer beschrieben.

schiede (ohne Hilfsmittel vs. mit Tabelle) in der Häufigkeit von Dosierungsfehlern innerhalb von Gruppen wurden mit dem McNemar-Test verglichen. Hierbei wurden nur gepaarte Verordnungen, bei denen die Teilnehmer sowohl ohne Hilfsmittel als auch mit der Tabelle eine eindeutige Angabe gemacht hatten, verwendet. Alle Berechnungen wurden mit Excel, SPSS Statistics 24 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) und R 3.2.2 (R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich; Paket exact2x2, Funktion Mcnemar.exact) durchgeführt.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 190 ausgefüllte Fragebögen bei 230 abgegebenen Fragebögen wieder eingesammelt (82,6%). Vier Fragebögen wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen, da keine Informationen über die Ausbildung verfügbar waren. Obwohl die Teilnehmer aufgefordert wurden, alle Verordnungen auszufüllen, fehlten 162 von 1.488 möglichen Arzneimittelverordnungen oder waren nicht lesbar.

Die Verwendung der tabellarischen Hilfe führte zu einer signifikanten Reduktion von Verschreibungsfehlern bei AvED120 und AvED300 für jedes Medikament und bei AvED1000 für Rocuronium (Tab. 1). Weniger als halb so oft hatten Teilnehmer eine Verordnung ausgelassen, wenn die Tabelle angeboten wurde, als ohne das Hilfsmittel. Die einzige Ausnahme, bei der die Verordnenden öfter keine Angabe machten, wenn das Hilfsmittel zur Verfügung stand, als ohne Hilfe, war bei der Verordnung von Epinephrin durch FÄ zu beobachten (10,1% vs. 3,7%).

Die Tabelle 2 beschreibt den Einfluss des tabellarischen Hilfsmittels auf die Fehlerhäufigkeiten bei den Medikamentenverordnungen von Pflegekräften (PK), Medizinstudierenden (MS), Ärzt/innen in Weiterbildung (ÄiW) oder Fach-, Ober- und Chefärzt/innen (FÄ). Der Einsatz von tabellarischen Hilfsmitteln reduzierte Verschreibungsfehler in allen Berufs- und Erfahrungsgruppen für die Verschreibung von Epinephrin für AvED120-Fehler für FÄ, PK und MS. Obwohl die Rate der Verschreibungs-

fehler ohne Hilfsmittel bezüglich aller AvEDs bei PK und MS im Vergleich zu ÄiW und FÄ höher war, war sie bei der Verwendung der tabellarischen Hilfe bei PK und MS ähnlich wie bei ÄiW oder FÄ oder sogar niedriger (Abb. 2). Nur MS eliminierten mit der tabellarischen Hilfe die Verschreibungsfehler von Epinephrin und Propofol vollständig. FÄ machten trotz der Hilfe durch die Tabelle weiterhin Fehler in allen drei Intensitätsstufen (AvED's).

Diskussion

Die vorliegende Studie bestätigt die positive Wirkung kognitiver Hilfsmittel zur Reduzierung von Arzneimitteldosierungsfehlern. Sie zeigt auch, dass Ausbildung und Erfahrung dazu führen, dass weniger Fehler bei der Verordnung ohne Hilfsmittel gemacht werden. Die signifikante Verbesserung der Verschreibungsfehler mit Intensität AvED120 und AvED300 bei allen Teilnehmern unterstreicht zudem die Wirksamkeit einfacher tabellarischer Hilfsmittel. Das insgesamt seltene Auftreten von 10er-

Tabelle 1

Analyse der Dosierungsfehler aller Teilnehmer. Die Fehler wurden in drei Kategorien mit relativen Abweichungen von der empfohlenen Dosis eingeteilt: größer als 120% = AvED120, 300% = AvED300 oder 1.000% = AvED1000. Unterschiede (ohne und mit tabellarischem Hilfsmittel) in der Häufigkeit von Dosierungsfehlern wurden mit dem exakten McNemar-Test für gepaarte Daten berechnet. Gepaarte Datensätze liegen vor, wenn beide Angaben (ohne und mit Hilfe) der Verordnenden auswertbar waren.

	Fentanyl	Propofol	Rocuronium	Epinephrin	alle Medikamente
Anzahl möglicher Verordnungen	186	186	186	186	744
fehlende Verordnungen ohne Hilfsmittel	26 (14,0%)	28 (15,1%)	37 (19,9%)	22 (11,8%)	113 (15,2%)
fehlende Verordnungen mit Tabelle	11 (5,9%)	12 (6,5%)	14 (7,5%)	12 (6,5%)	49 (6,6%)
Anzahl gepaarter Datensätze	151 (81,2%)	148 (79,6%)	140 (75,3%)	154 (82,8%)	593 (79,7%)
ohne Hilfe					
AvED120	103 (68,2%)	108 (73,0%)	75 (53,6%)	45 (29,2%)	331 (55,8%)
AvED300	33 (21,9%)	19 (12,8%)	19 (13,6%)	24 (15,6%)	95 (16,0%)
AvED1000	5 (3,3%)	4 (2,7%)	6 (4,3%)	6 (3,9%)	21 (3,5%)
mit tabellarischer Hilfe					
AvED120	11 (7,3%)	16 (10,8%)	10 (7,1%)	11 (7,1%)	48 (8,1%)
AvED300	4 (2,6%)	4 (2,7%)	4 (2,9%)	8 (5,2%)	20 (3,4%)
AvED1000	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (1,3%)	2 (0,3%)
McNemar-Test					
AvED120	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001	p<0,001
AvED300	p<0,001	p<0,001	p=0,001	p=0,002	p<0,001
AvED1000	p=0,063	p=0,125	p=0,031	p=0,289	p=0,004

Tabelle 2

Analyse der Dosierungsfehler von Epinephrin entsprechend der Berufs- und Erfahrungsgruppen. Die Fehler wurden in drei Kategorien mit relativen Abweichungen von der empfohlenen Dosis eingeteilt: größer als 120% = AvED120, 300% = AvED300 oder 1.000% = AvED1000. Unterschiede (ohne und mit tabellarischem Hilfsmittel) in der Häufigkeit von Dosierfehlern wurden mit dem exakten McNemar-Test für gepaarte Daten berechnet. Gepaarte Datensätze liegen vor, wenn beide Angaben (ohne und mit Hilfe) der Verordnenden auswertbar waren. NA=nicht berechenbar aufgrund unzureichender Datenmenge. ÄiW=Ärzt/innen in Weiterbildung; FÄ=Fach-, Ober- und Chefärzt/innen; PK=Pflegekräfte; MS=Medizinstudenten.

	ÄiW	FÄ	PK	MS
Anzahl der Berufs-/Erfahrungsgruppen	29	109	26	22
fehlende Verordnungen ohne Hilfsmittel	7 (24,1%)	4 (3,7%)	7 (26,9%)	4 (18,2%)
fehlende Verordnungen mit Tabelle	0 (0,0%)	11 (10,1%)	1 (3,8%)	1 (4,5%)
EPINEPHRIN – Anzahl der gepaarten Datensätze	22 (75,9%)	96 (88,1%)	18 (69,2%)	18 (81,8%)
ohne Hilfe				
AvED120	5 (22,7%)	17 (17,7%)	9 (50,0%)	14(77,8%)
AvED300	4 (18,2%)	11 (11,5%)	5 (27,8%)	4 (22,2%)
AvED1000	1 (4,5%)	1 (1,0%)	2 (11,1%)	2 (11,1%)
mit tabellarischer Hilfe				
AvED120	2 (9,1%)	7 (7,3%)	2 (11,1%)	0 (0,0%)
AvED300	1 (4,5%)	5 (5,2%)	2 (11,1%)	0 (0,0%)
AvED1000	1 (4,5%)	1 (1,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
McNemar-Test				
AvED120	p=0,375	p=0,031	p=0,016	p<0,001
AvED300	p=0,375	p=0,146	p=0,25	p=0,125
AvED1000	p=1,000	p=1,000	p=0,500	p=0,500

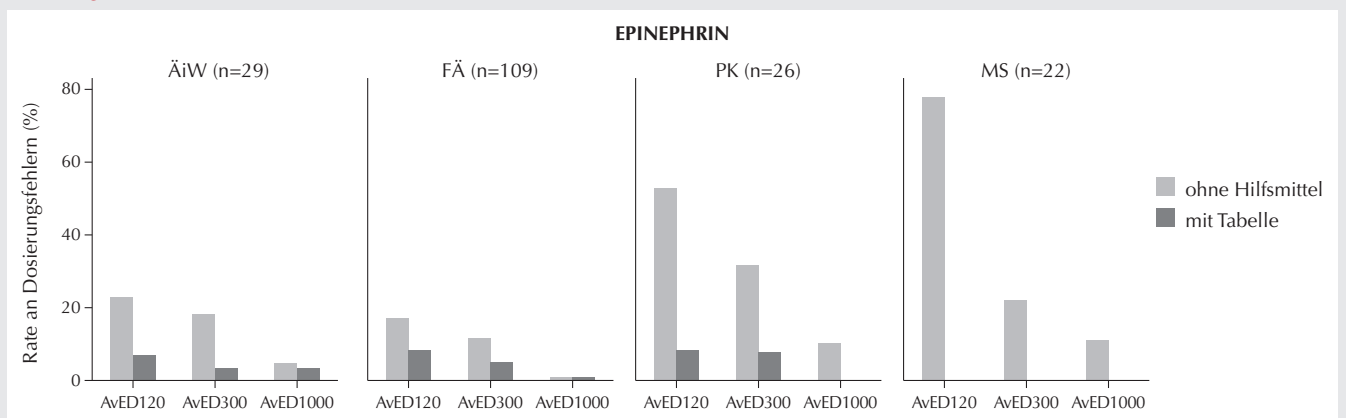
Potenzfehlern (AvED1000) verhinderte den Nachweis eines signifikanten Effektes bezüglich dieser Kategorie. Die tabellarische Hilfe verhinderte dennoch

einen von drei AvED1000-Fehlern bei Epinephrin, was trotz der fehlenden Signifikanz eine große klinische Bedeutung hat. Jeder einzelne eines solchen Fehlers

verhindert mit großer Wahrscheinlichkeit das Überleben eines Kindes bei einer Reanimation [6,7].

Dosierungsfehler mit einer 20%-Abweichung (AvED120) werden am häufigsten in Studien zur Bestimmung der Dosierungsfehlerraten verwendet [10,16–18], auch wenn ein solcher Fehler mit größter Wahrscheinlichkeit nicht klinisch relevant ist. Beispielsweise wird die Dosierung von Anästhesie-Medikamenten mit einem Dosierungsbereich angegeben (z.B. Propofol mit 3–5 mg/kgKG [19]) und muss häufig nach der beobachteten klinischen Wirkung angepasst dosiert werden. Daher ist eine große Streuung der Dosis innerhalb der individuellen Notwendigkeiten zu erwarten. Auch gibt es keine allgemein oder für einzelne Medikamente bekannten klaren Schwellenwerte für eine Fehldosierung. Somit ist für die meisten Medikamente nicht konkret bekannt, ab genau welcher Über- oder Unterdosierung ein Schaden für den Patienten ausgelöst werden kann.

Diesbezügliche Klarheit besteht jedoch für Epinephrin, denn hier ist die richtige Dosis (von 10 µg/kg) klar definiert. Eine AvED300 bei Epinephrin liegt eindeutig über den Empfehlungen für Patienten jeden Alters, und von höheren Dosierungen wird in den internationalen Leitlinien explizit gewarnt [8,20,21]. Eine AvED1000 ist bei Epinephrin mit

Abbildung 2

Abweichung von der empfohlenen Dosis (AvED) von Epinephrin: 120% (AvED120), 300% (AvED300) oder 1.000% (AvED1000) bei der Verordnung durch Ärzt/innen in Weiterbildung (ÄiW), Fach-, Ober- und Chefärzt/innen (FÄ), Krankenpflegekräfte (PK) und Medizinstudenten (MS) jeweils ohne und mit tabellarischem Hilfsmittel.

großer Wahrscheinlichkeit letal [6,7]. Somit bestehen für Epinephrin klare Dosierungsempfehlungen, eindeutige Definitionen von Fehldosierungen und eine bekannte klinische Relevanz für Überdosierungen, was es zu einem idealen Medikament zur Untersuchung von Dosierungsfehlern macht. Aufgrund des Fehlens einer konkret als richtig oder falsch zu bewertenden Dosierung der Medikamente zur Notfallnarkose (Propofol, Fentanyl und Rocuronium) wurden diese von der nach Berufsgruppen und Erfahrung differenzierten Bewertung der Dosierungsgenauigkeit ausgeschlossen. Lediglich zusammenfassende Fehlerraten sowie die Häufigkeiten der gemachten Angaben wurden beschrieben. Wir haben uns in der vorliegenden Studie trotzdem dafür entschieden, einen Fragebogen vorzulegen, der nicht nur die Verordnung von Epinephrin anfordert, denn in der realen Praxis müssen bei Kindernotfällen ebenso mehrere Medikamente gegeben und weitere Herausforderungen gleichzeitig bewältigt werden.

Es konnte wiederholt gezeigt werden, dass Ausbildung und individuelle Erfahrung zu einer verbesserten Arzneimittelsicherheit führen [11,14]. Darüber hinaus haben mehrere kognitive Hilfsmittel zu einer Senkung der Fehlerraten bei der Verschreibung von Medikamenten geführt [11,12]. Es ist daher erstaunlich, dass in unserer Untersuchung die Kombination aus Erfahrung und das Angebot eines kognitiven Hilfsmittels nicht zu einer kumulativen Reduzierung von Arzneimitteldosierungsfehlern geführt hat. Bei FÄ führte das Angebot des tabellarischen Hilfsmittels nicht zu einer vergleichbar intensiven Verbesserung der Dosierungsgenauigkeit wie bei MS, welche zwar die höchsten Fehlerraten ohne Hilfsmittel zeigten, aber mit der Tabelle bei der Verordnung von Epinephrin in allen Kategorien von AvED120, 300 und 1000 keinerlei Fehler mehr machten. Im Gegensatz dazu haben FÄ trotz der angebotenen Tabelle immer noch Fehler in allen drei Intensitäten (inklusive AvED1000) gemacht. Eine frühere Studie, die ebenfalls ein tabellarisches Hilfsmittel verwendet hatte,

nahm an, dass Verschreibungsfehler nicht eliminiert werden konnten, weil Fehlablesungen stattgefunden hatten [13]. Solche Fehlablesungen können die Beobachtungen unsere Studie nicht erklären, denn diese müssten auch unabhängig von Ausbildung und Erfahrung in allen teilnehmenden Gruppen auftreten.

Erfahrung und Qualifikation können offensichtlich einige Leistungen verbessern, haben aber möglicherweise einen Einfluss auf die Akzeptanz und Verwendung von kognitiven Hilfsmitteln oder unterstützenden Instrumenten. Im Gegensatz zu allen anderen Gruppen hatten die FÄ beim Angebot der Tabelle mehr Verordnungen ausgelassen, als zuvor ohne Angebot eines Hilfsmittels. Diese Studie hat jedoch keine Details zur Einstellungen, Akzeptanz oder Ablehnung von kognitiven Hilfsmitteln oder Sicherheitsstrukturen abgefragt. Daher kann nur spekuliert werden, dass die beschriebenen Beobachtungen auf eine größere Zurückhaltung der FÄ bei der Verwendung der tabellarischen Hilfe hindeuten. Diese Hypothese erfordert weitere Untersuchungen, in denen die Adhärenz von Sicherheitsstrukturen bei verschiedenen Berufsgruppen fokussiert wird.

Es ist bekannt, dass die Akzeptanz von Sicherheitsstrukturen in Bereichen mit komplexen Arbeitsabläufen nicht immer optimal ist. Ebenso besteht eine individuelle Streuung der Akzeptanz der eigenen Fehlbarkeit und der Adhärenz von Sicherheitsstrukturen [22]. Sogar Personen, die nach eigener Aussage bestehende Sicherheitsrichtlinien befürworten, wenden diese im Alltag nicht immer zuverlässig an [23]. Obwohl beispielsweise die meisten teilnehmenden Mitarbeiter einer Notaufnahme in einem Fragebogen eine positive Einstellung zu Strukturen der Arzneimittelsicherheit angaben, wurde keine der verschiedenen angebotenen Sicherheitsstrukturen in der täglichen Routine verwendet [24]. Die berichteten Gründe waren eine begrenzte Durchführbarkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen, weil diese nicht mit dem Arbeitsablauf vereinbar wären. Aber auch gut in den klinischen

Alltag integrierte Maßnahmen und Hilfsmittel werden von Klinikern oft abgelehnt [25]. Eine Komponente dieser Ablehnung ist die Unfähigkeit oder Einschränkung, etablierte Verhaltensmuster abzulegen, wenn das Personal gewohnt ist, ohne die zusätzlichen Sicherheitsstrukturen zu arbeiten [26]. Dieses Phänomen betrifft somit nicht Personen, die am Anfang ihrer beruflichen Laufbahn noch keine derartigen Gewohnheiten haben (wie in unserer Untersuchung die Medizinstudenten) und vordergründig noch Unterstützung bei der Erfüllung ihrer klinischen Aufgaben suchen [27]. Jüngere Mitarbeiter befinden sich zusätzlich in einem kompetitiven Stadium ihrer Karriere, in dem ihre Leistungen durch Kollegen und Vorgesetzte regelmäßig beurteilt werden. Die Bedeutung der genannten Komponenten nimmt mit der Erfahrung ab, besonders, wenn höhere hierarchische Positionen erreicht werden. Die Entscheidungen von Vorgesetzten werden seltener hinterfragt, und diese verlassen sich eher auf ihren ersten Eindruck und auf ihre Intuition [28]. Zusätzlich nehmen teilweise das Risikobewusstsein und das Bewusstsein für die eigene Fehlbarkeit über das Lebensalter ab [29,30]. Beispielsweise wurde bei leitenden Chirurgen eine abnehmende Akzeptanz von Sicherheitsverfahren beschrieben [31]. Die ausdrucksstarke Aussage in dieser Untersuchung „Wo ich bin, da ist Qualität“ offenbart eine größere Gewichtung von Erfahrung und Hierarchie als von bestehenden Sicherheitsstrukturen. Diese Haltung wird ebenso in einer Umfrage unter über 1.000 Angehörigen der Gesundheitsberufe bestätigt, die eine abnehmende Akzeptanz der persönlichen Fehlbarkeit bei Führungskräften zeigte [32]. Ein erfahrener Notarzt in dieser aktuellen Studie bemerkte, dass er Hemmungen habe, eine solche tabellarischen Hilfe im Alltag zu verwenden. Er nahm an, es würde inkompetent wirken, sollte er dabei beobachtet werden. Verbesserungen in der Fehlerkultur sind offensichtlich in der Medizin teilweise noch möglich und notwendig [22].

Aus allen genannten Überlegungen sollen und dürfen keinesfalls generelle

Beurteilungen von Hierarchien oder Berufsgruppen abgeleitet werden. Sie stellen lediglich einen Versuch dar, mögliche Ursachen für die gemachten Beobachtungen zu beschreiben. Es ist dennoch unerlässlich, die genannten Mechanismen für die Implementierung von Sicherheitsstrukturen in allen Versorgungsbereichen zu erkennen und zu berücksichtigen. Die vorliegende Arbeit hat die Einstellungen der Mitarbeiter verschiedener Berufs- und Erfahrungsgruppen zu Sicherheitsstrukturen nicht untersucht. Zukünftige Arbeiten sind daher notwendig, um diese Mechanismen in ihrer Ausprägung und Auswirkung besser darstellen zu können.

Die vorliegende Studie hat mehrere Einschränkungen. Zunächst ist das Ausfüllen eines Fragebogens eine nicht mit dem klinischen Alltag vergleichbare Situation. Der unvermeidliche Stress bei „echten“ Kindernotfällen wird vermutlich zu höheren Fehlerquoten führen. So war die Gesamtrate an Dosierungsfehlern mit einer AvED300 in der aktuellen Studie mit 16% geringer als in realen präklinischen Szenarien von beispielsweise 22% [15]. Zweitens bleibt unklar, ob in realen Fällen eine höhere Akzeptanz für die Verwendung einer tabellarischen Hilfe festzustellen wäre und somit deutlichere Effekte beobachtet werden könnten. Drittens hatten einige Teilnehmer aus unbekanntem Gründen Verordnungen ausgelassen. Bei einer realen Notfallversorgung wäre dies nicht möglich gewesen und hat möglicherweise ebenso zu einer Unterschätzung der in dieser Studie beobachteten Effekte beigetragen. Hingegen würden in realen Szenarien möglicherweise zusätzliche Sicherheitsmechanismen zur Anwendung kommen. Beispielsweise würde im Sinne einer „Closed-Loop“-Kommunikation im Team bestätigt, dass das richtige Medikament und die richtige Dosis verabreicht werden sollen, wie es an verschiedenen Stellen und auch in Leitlinien explizit empfohlen wird [11,12,33]. Eine solche „Closed-Loop“-Rückversicherung war in der Fragebogen-Studie nicht vorgesehen und könnte zu einer Überschätzung der Arzneimittelfehlerraten geführt haben.

Schlussfolgerungen

In dieser Studie konnte eine verbesserte Dosierungsgenauigkeit von Notfallmedikamenten für einen Säugling innerhalb eines Fragebogens bei Verwendung einer tabellarischen Hilfe dargestellt werden. Obwohl erfahrene Ärzte weniger Fehler bei der Verschreibung von Notfallmedikamenten ohne Hilfsmittel machten, konnten sie durch eine tabellarische Hilfe keine vergleichbare intensive Verbesserung erreichen, wie Medizinstudenten. Erfahrene Ärzte haben bei der Dosierung von Epinephrin trotz der Tabelle weiterhin schwerwiegende (bis hin zu 10er-Potenz-) Fehler gemacht, während Medizinstudenten vollständig fehlerfrei dosierten. Die Gründe für diese Beobachtung sind unklar und müssen in kommenden Untersuchungen fokussiert werden. Dabei sollten die Einstellungen, Verhaltensweisen und ein mögliches mangelndes Bewusstsein für die individuelle Fehleranfälligkeit berücksichtigt werden. Hierarchische Strukturen und der Verlust einer Wettbewerbsposition für Vorgesetzte haben möglicherweise einen Einfluss auf die genannten Komponenten, müssen weiter untersucht werden und sollten bei der Umsetzung von Sicherheitsstrukturen zukünftig berücksichtigt werden. Jeder Mitarbeiter im Gesundheitssystem sollte die bestehenden und zukünftigen Sicherheitsstrukturen und Hilfsmittel ohne Diskriminierung kennen und anwenden.

Danksagung und Erklärungen

Ethische Grundlagen

Es wurden keine personenbezogenen Daten erhoben und keine Notwendigkeit zu einer formalen ethischen Beratung durch die örtliche Ethikkommission festgestellt (Ethikkommission der Universität Witten/Herdecke, Prof. Dr. P.W. Gaidzik). Eine schriftliche Zustimmung wurde durch die freiwillige Teilnahme dokumentiert und war nach Einschätzung der Ethikkommission ebenfalls nicht notwendig.

Verfügbarkeit von Daten und Materialien

Die in der aktuellen Studie verwendeten

und/oder analysierten Datensätze sind auf Anfrage beim korrespondierenden Autor erhältlich.

Konkurrierende Interessen

Dr. Kaufmann besitzt ein europaweit eingetragenes Patent für das „Pädiatrische Notfalllineal – PädNFL“ (HABM Nr. 002909382-001). Er hat derzeit keine Lizenzvereinbarungen und erhält keine Lizenzgebühren oder sonstige geldwerte Leistungen aus diesem Patent. Alle anderen Autoren erklären, dass sie keinen Interessenkonflikt haben. Für den Inhalt und das Verfassen des Artikels sind allein die Autoren verantwortlich.

Förderung und Finanzierung

Für diese Arbeit wurden keine Drittmittel oder Fördergelder erhalten.

Beiträge der Autoren

Alle Autoren beteiligten sich an der Planung der Studie, der Bereitstellung und Sammlung der Fragebögen in ihren Abteilungen oder bei Fortbildungsveranstaltungen, der Analyse und Interpretation der Daten, dem Schreiben und der Genehmigung des Manuskripts. Iris Steinwegs gab die Daten in ein Tabellenkalkulationsprogramm ein, Jost Kaufmann kontrollierte alle Dateneingaben und Martin Hellmich führte die statistische Auswertung durch.

Danksagungen

Wir haben unsere Ergebnisse und deren mögliche Ursachen mit mehreren Kollegen diskutiert, die wissenschaftlich auf dem Gebiet der Patientensicherheit und des menschlichen Verhaltens in medizinischen Systemen arbeiten. Wir danken Dr. Gesine Hofinger, Priv.-Doz. Dr. Michael St. Pierre, Prof. Dr. Ulrich Fick und Dr. Christopher Neuhaus für ihren konstruktiven Beitrag zu dieser Diskussion.

Literatur

1. Leape LL, Brennan TA, Laird N, Lawthers AG, Localio AR, Barnes BA, et al: The nature of adverse events in hospitalized patients. Results of the Harvard Medical Practice Study II. *N Engl J Med* 1991;324:377–384
2. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS: *To Err is Human: Building a Safer Health*

Original Articles

Emergency Medicine

- System. Washington, DC: National Academy Press 1999
3. Davis T: Paediatric prescribing errors. *Arch Dis Child* 2011;96:489–491
 4. Kaushal R, Bates DW, Landrigan C, McKenna KJ, Clapp MD, Federico F, et al: Medication errors and adverse drug events in pediatric inpatients. *JAMA* 2001;285:2114–2120
 5. Kozer E, Seto W, Verjee Z, Parshuram C, Khattak S, Koren G, et al: Prospective observational study on the incidence of medication errors during simulated resuscitation in a paediatric emergency department. *BMJ* 2004;329:1321
 6. Perondi MB, Reis AG, Paiva EF, Nadkarni VM, Berg RA: A comparison of high-dose and standard-dose epinephrine in children with cardiac arrest. *N Engl J Med* 2004;350:1722–1729
 7. Sharman M, Meert KL: What is the right dose of epinephrine? *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:592–594
 8. Maconochie IK, Bingham R, Eich C, López-Herce J, Rodríguez-Núñez A, Rajka T, et al: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2015;95:223–248
 9. Hoyle JD, Jr., Sleight D, Henry R, Chassee T, Fales B, Mavis B: Pediatric Prehospital Medication Dosing Errors: A Mixed-Methods Study. *Prehosp Emerg Care* 2016;20:117–124
 10. Hoyle JD, Davis AT, Putman KK, Trytko JA, Fales WD: Medication dosing errors in pediatric patients treated by emergency medical services. *Prehosp Emerg Care* 2012;16:59–66
 11. Kaufmann J, Laschat M, Wappler F: Medication errors in pediatric emergencies: a systematic analysis. *Dtsch Arztebl Int* 2012;109:609–616
 12. Kaufmann J, Wolf AR, Becke K, Laschat M, Wappler F, Engelhardt T: Drug safety in paediatric anaesthesia. *Br J Anaesth* 2017;118:670–679
 13. Bernius M, Thibodeau B, Jones A, Clothier B, Witting M: Prevention of pediatric drug calculation errors by prehospital care providers. *Prehosp Emerg Care* 2008;12:486–494
 14. Honey BL, Bray WM, Gomez MR, Condren M: Frequency of prescribing errors by medical residents in various training programs. *J Patient Saf* 2015;11:100–104
 15. Kaufmann J, Roth B, Engelhardt T, Lechleuthner A, Laschat M, Hadamitzky C, et al: Development and Prospective Federal State-Wide Evaluation of a Device for Height-Based Dose Recommendations in Prehospital Pediatric Emergencies: A Simple Tool to Prevent Most Severe Drug Errors. *Prehosp Emerg Care* 2018;22:252–259
 16. Vila-de-Muga M, Colom-Ferrer L, Gonzalez-Herrero M, Luaces-Cubells C: Factors associated with medication errors in the pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2011;27:290–294
 17. Rinke ML, Bundy DG, Velasquez CA, Rao S, Zerhouni Y, Lobner K, et al: Interventions to reduce pediatric medication errors: a systematic review. *Pediatrics* 2014;134:338–360
 18. Kaji AH, Gausche-Hill M, Conrad H, Young KD, Koenig WJ, Dorsey E, et al: Emergency medical services system changes reduce pediatric epinephrine dosing errors in the prehospital setting. *Pediatrics* 2006;118:1493–1500
 19. Jöhr M: Pharmakotherapie in der Kinderanästhesie. *Anästhesiologie* 2012;53:330–347
 20. Wylie J, Bruinenberg J, Roehr CC, Rüdiger M, Trevisanuto D, Urlesberger B: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. Section 7. Resuscitation and support of transition of babies at birth. *Resuscitation* 2015;95:249–263
 21. 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
 22. Kaufmann J, Schieren M, Wappler F: Medication errors in paediatric anaesthesia – a cultural change is urgently needed! *British Journal of Anaesthesia* 2018;120:601–603
 23. Adams AS, Soumerai SB, Lomas J, Ross-Degnan D: Evidence of self-report bias in assessing adherence to guidelines. *International Journal for Quality in Health Care* 1999;11:187–192
 24. Sedlmayr B, Patapovas A, Kirchner M, Sonst A, Müller F, Pfistermeister B, et al: Comparative evaluation of different medication safety measures for the emergency department: physicians' usage and acceptance of training, poster, checklist and computerized decision support. *BMC Med Inform Decis Mak* 2013;13:79
 25. Berner ES, Graber ML: Overconfidence as a cause of diagnostic error in medicine. *Am J Med* 2008;121:S2–S23
 26. Gupta DM, Boland RJ Jr., Aron DC: The physician's experience of changing clinical practice: a struggle to unlearn. *Implement Sci* 2017;12:28
 27. Ericsson KA: Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med* 2004;79:S70–S81
 28. Eva KW, Cunningham JP: The difficulty with experience: does practice increase susceptibility to premature closure? *J Contin Educ Health Prof* 2006;26:192–198
 29. Josef AK, Richter D, Samanez-Larkin GR, Wagner GG, Hertwig R, Mata R: Stability and change in risk-taking propensity across the adult life span. *Journal of Personality and Social Psychology* 2016;111:430–450
 30. Rolison JJ, Hanoch Y, Wood S, Liu PJ: Risk-taking differences across the adult life span: a question of age and domain. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2014;69:870–880
 31. Roeder N, Wächter C: Bedeutung von Humanfaktoren im Qualitäts- und Risikomanagement in Medizin und Luftfahrt. *Das Krankenhaus* 2015;107:126–136
 32. Sexton JB, Thomas EJ, Helmreich RL: Error, stress, and teamwork in medicine and aviation: cross sectional surveys. *Bmj* 2000;320:745–749
 33. Kaufmann J, Becke K, Höhne C, Eich C, Goeters C, Güß T, et al: S2e-Leitlinie – Medikamentensicherheit in der Kinderanästhesie. *Anästhesiologie* 2017;58:105–118.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Jost Kaufmann**

Abteilung für Kinderanästhesie,
Kinderkrankenhaus der Kliniken der
Stadt Köln gGmbH,
Amsterdamer Straße 59
50735 Köln, Deutschland
Fakultät für Gesundheit, Universität
Witten/Herdecke
Alfred-Herrhausen-Straße 50
58448 Witten, Deutschland
Tel.: 0221 8907-15199
Fax: 0221 8907-5494
E-Mail: jost.kaufmann@uni-wh.de