



Medikamentensicherheit in der Kindernotfallmedizin

Schlüsselwörter:

Medikamentensicherheit
Kindernotfälle
Dosierungshilfen

Zusammenfassung: Mit geschätzten 7.000 Todesfällen in den USA pro Jahr gehören Medikationsfehler zu den wichtigsten Faktoren für die Patientensicherheit, wobei Kinder in besonderem Ausmaß gefährdet sind. Durch die Notwendigkeit einer individuellen Berechnung, einer fehlenden Vertrautheit mit der richtigen Dosis sowie der schlechten Erkennbarkeit einer falschen Dosis kommt es hier zu besonders häufigen und bedrohlichen Fehlern. Angepasstes Vorgehen und die richtigen Hilfsmittel helfen, die Rate und die Intensität von Fehlern zu verringern.

Einleitung

Aufgrund der Häufigkeit und Tragweite von Fehlern bei der Pharmakotherapie mit geschätzten 7.000 Todesfällen pro Jahr in den USA [1] gehören Medikationsfehler generell zu den bedeutsamsten Bedrohungen für die Patientensicherheit. Besonders groß sind die Risiken durch injizierbare Medikamente, wie sie in lebensbedrohlichen Situationen meist erforderlich sind, sodass diese von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) an Platz 1 der fünf bedeutsamsten sicherheitsrelevanten Themen der Medizin gesetzt wurden („High5“).

Kinder sind in einem besonderen Ausmaß durch Medikationsfehler gefährdet, denn es besteht die Notwendigkeit der Verabreichung einer individuell zu berechnenden Dosis, was in vielen Fällen (z. B. 1 Ampulle mit 1 mg Adrenalin zur Reanimation) bei Erwachsenen nicht erforderlich ist. Bei der Berechnung der Dosis passieren regelmäßig bedrohliche Fehler, ein 10er-Potenzfehler entsteht allein schon durch das falsche Setzen eines Kommas [2, 3]. Da das Körpergewicht von pädiatrischen Patienten stark variiert, ist eine Vertrautheit mit einer „typischen“ Dosis nicht möglich. Dritter wesentlicher Aspekt ist, dass selbst massive Überdosierungen

aus einer einzigen Ampulle entnommen werden können, ohne dass sich die verabreichte Überdosierung als „auffällig“ darstellt. Bei Erwachsenen hingegen müsste man 10 Ampullen Adrenalin aufziehen, um eine Überdosierung in einer 10er-Potenz zu ermöglichen.

Selbst auf peripheren Stationen kommen bei Kindern dreimal häufiger Medikationsfehler vor als bei Erwachsenen und in Notfallsituationen steigen Fehlerraten zusätzlich an. In einer Kindernotaufnahme beinhaltete eine von 32 Verordnungen während simulierten Reanimationen einen 10er-Potenzfehler [4]. Bei der „echten“ präklinischen Versorgung von Kindern in den USA wurden bei jeder dritten Gabe eines beliebigen Medikamentes und in 60 % der Fälle bei der Gabe von Adrenalin Fehler dokumentiert [5]. Die durchschnittliche Überdosierung von Adrenalin lag hier beim 8-Fachen der empfohlenen Dosis, somit nah an einem 10er-Potenzfehler. Zahlen aus Deutschland mit ebenfalls präklinisch erfassten Daten zeigten bei Adrenalin eine durchschnittliche Dosierung mit fast dem 9-Fachen der empfohlenen Dosis [6]. Es muss somit als erwiesen gelten, dass Kinder regelmäßig weltweit und auch in Deutschland durch präklinische Medikationsfehler gefährdet sind und auch zu Schaden kommen.

Merke Eine Überdosierung von Adrenalin zur Reanimation eines Kindes in einer 10er-Potenz ist mit einem Überleben kaum vereinbar [7, 8].

In der obenstehenden Feststellung stecken zwei der wichtigsten Aussagen für die Medikamentensicherheit bei Kindernotfällen:

1. Eigentlich lebensrettende Medikamente können bei falscher Dosierung zum Tod führen.
2. Die medikamentöse Therapie erfordert daher unsere volle Aufmerksamkeit zur bestmöglichen Vermeidung von Fehlern.

Die vorliegende Übersicht beschreibt Fehlerquellen und Stolpersteine der medikamentösen Notfalltherapie bei Kindern und stellt Maßnahmen vor, mit denen die Rate an Fehlern reduziert werden kann. Hierbei haben die Autoren darauf geachtet, Maßnahmen auch bezüglich ihrer Praktikabilität zu gewichten.

Prätherapeutische Aspekte

„Off-Label-Use“

Viele Medikamente, die seit Jahrzehnten erfolgreich und unproblematisch in der Pädiatrie eingesetzt werden, haben keine formale Zulassung für Kinder. So hatten beispielsweise in den USA im Jahr 2012 nur 46 % aller bedeutsamen Medikamente eine formale pädiatrische Zulassung [9]. Unabhängig davon besteht für viele Medikamente umfangreiches medizinisches Wissen, sodass deren Anwendung trotz fehlender Zulassung dem aktuellen pädiatrisch-pharmakologischen Wissensstand entspricht. Es ist somit unumgänglich und auch medizinisch in vielen Fällen einwandfrei, nicht zugelassene Medikamente zu verwenden. Keinesfalls bedeutet dies, dass „Off-Label-Use“ pauschal gerechtfertigt werden kann – im Gegenteil: Jede einzelne derartige Anwendung muss unvermeidbar sein aufgrund einer eindeutigen Indikation und fehlenden wirksamen und zugelassenen Alternativen. Die Anwender müssen hierbei in einem besonderen Ausmaß vigilant bezüglich neuer Erkenntnisse zum Nutzen und besonders auch zu Risiken des verwendeten Medikaments sein. Aktuelle Sicherheitshinweise zur Pharmakovigilanz können zum Beispiel durch Rote-Hand-Briefe¹, den Newsletter der AkdÄ² und aus dem BfArM-Bulletin³ erhalten werden.

Sobald wie möglich (also in der Regel nach erfolgreicher Notfallbehandlung) sollte das Thema „Off-Label-Use“ mit den Sorgeberechtigten besprochen und dokumentiert werden.

1 Der Rote-Hand-Brief (RHB) ist ein Informationsschreiben, mit dem pharmazeutische Unternehmen unter anderem über neu erkannte Arzneimittelrisiken informieren. RHB werden in Absprache mit der jeweils zuständigen deutschen Bundesoberbehörde, dem Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) oder dem Paul-Ehrlich-Institut (PEI), verbreitet.

2 Die Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft (AkdÄ) versendet regelmäßig kostenlose Newsletter (wichtig v.a. die „Drug Safety Mail“); Anmeldung unter www.akdae.de/Service/Newsletter/index.php – Stand 04/2020.

3 Das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) versendet vierteljährlich das kostenlose „Bulletin zur Arzneimittelsicherheit“, welches aus den beiden Bundesoberbehörden (BfArM und Paul-Ehrlich-Institut) unter anderem zu aktuellen Aspekten der Risikobewertung von Arzneimitteln informiert; Anmeldung zur Print- oder Email-Version unter www.bfarm.de/DE/Arzneimittel/Pharmakovigilanz/Bulletin/_node.html – Stand 04/2020.

Merke Eine Information der Sorgeberechtigten zum „Off-Label-Use“ könnte mit folgendem Inhalt erfolgen: *„Eine bezüglich der Sicherheit und des Komforts optimale Versorgung von Kindern in Notfallsituationen erfordert den Einsatz von Medikamenten, die formal für einige Altersgruppen nicht oder nur eingeschränkt zugelassen sind. Deren Anwendung entspricht dennoch in vollem Umfang dem Stand der Wissenschaft und wird von Experten empfohlen.“*

Altersgruppenspezifische Kontraindikationen und Dosierungen

Es bestehen sowohl altersgruppenspezifische Kontraindikationen mit zum Teil erheblicher Bedeutung (z.B. lebensbedrohliche Komplikationen bei der Gabe von Acetylsalicylsäure oder Diclofenac) als auch die Notwendigkeit einer altersgerechten gewichtsbezogenen Dosisanpassung für viele Medikamente. Die Anwender von Pharmakotherapie bei Kindern müssen über entsprechende Kenntnisse verfügen und allzeit Zugriff auf alle relevanten Informationen haben (Referenzen, auch in tabellarischer Form). Auch die Möglichkeit für eine solche telemedizinische Konsultation oder Telefonkonsultation sollte für jeden Versorgungsbereich vorab mit den kinderärztlichen Versorgungsstrukturen verabredet werden.

Hinterfragen der Behandlungsnotwendigkeit

Aufgrund der engen Bindung an die Bezugspersonen bedeutet eine Trennung von diesen oft erheblichen Stress für das Kind. In einigen Situationen



Manuel Wilhelm, Gelnhäusen

Abb. 1 Die Nähe einer Bezugsperson wirkt nicht nur beruhigend, sondern hat auch nachweislich schmerzlindernde Wirkung.

sind deutlich weniger oder sogar keine Medikamente erforderlich, wenn die Nähe zur Bezugsperson erhalten werden kann. Es gibt klare wissenschaftliche Zeichen dafür, dass dies nicht nur beruhigend wirkt, sondern auch auf die Schmerzwahrnehmung einen Einfluss hat. Diese potenziell positive Beeinflussung durch eine beruhigend einwirkende Bezugsperson sollte daher vollumfänglich ausgenutzt werden. Klar ist, dass optimale Nähe regelhaft durch Vorschriften bezüglich der Lagerung eines Kindes beim Transport verhindert wird. Alle Rettungsdienstbereiche sollten konstruktiv prüfen und festlegen, ob diesbezügliche Abweichungen von den genannten Vorschriften bei entsprechend zurückhaltender Fahrweise eingeräumt werden können. In vielen Fällen würden Kinder und Bezugspersonen davon erheblich profitieren. Im klinischen Alltag kommt es immer wieder vor, dass eine Trennung von den Bezugspersonen bei nicht ernsthaft erkrankten Kindern eine ansonsten vermeidbare Sedierung erforderlich macht. Wenn es dann akzidentell oder durch Mangel an Erfahrung zu einer Überdosierung kommt, sind katastrophale Folgen möglich. Gleiches gilt auch, wenn ein Kind vor dem Transport einer prophylaktischen Intubation („Schutzintubation“) unterzogen werden sollen. In diesem Sinne wollen die Autoren dazu auffordern, die individuellen Möglichkeiten der nicht-medikamentösen Beruhigung auszuschöpfen und eine „Übertherapie“ zu vermeiden.

Hinterfragen der Behandlungssicherheit

Die Versorger von präklinischen Kindernotfällen verfügen selten über eine spezielle pädiatrische Expertise [10]. Diese ist auch nicht zwingend erforderlich, denn durch klar strukturierte Handlungsempfehlungen, wie sie in den Leitlinien des *European Resuscitation Council* (ERC) angeboten werden sowie unter Nutzung von geeigneten Hilfsmitteln (Larynxmaske, intraossäre Nadel, Dosierungshilfen), kann auch nicht explizit pädiatrisch ausgebildetes Rettungsdienstpersonal Kindernotfälle sicher behandeln.

Kinder mit schwerwiegenden Grunderkrankungen können aber durch besondere Schwierigkeiten zum Beispiel bezüglich der Atemwege oder auch Empfindlichkeiten gegenüber Opioiden und Sedativa sogar für die spezialisierten Versorger in einem Kinderkrankenhaus eine große Herausforderung

darstellen. Dazu zählen unter anderem Kinder mit Stoffwechseldefekten, Muskelschwäche, neurodegenerativen Erkrankungen oder Dysmorphie der Atemwege. Präklinisch kann beispielsweise keine vollständige Ausrüstung spezieller Instrumente für den schwierigen Atemweg von Patienten aller Körpergrößen (z. B. Videolaryngoskope, flexible und starre Optiken) vorgehalten werden. Wenn dadurch präklinisch die Voraussetzung für ein zuverlässiges Beherrschen aller möglichen Schwierigkeiten nicht sicher erfüllbar ist, sollte in Erwägung gezogen werden, auf eine medikamentöse Sedierung und Analgesie zunächst zu verzichten und rasch eine Übernahme durch erfahrenere Strukturen zu ermöglichen.

Merke Es ist unter Umständen besser, ein Kind mit möglicherweise nicht perfekt gedämpftem Stress oder unter nicht perfekt behandelten Schmerzen einer pädiatrischen Expertise zuzuführen, als Komplikationen einer Therapie auf dem Weg dorthin nicht zu beherrschen.

Zur Verteidigung dieser Empfehlung des „besser Weglassens“ erinnern die Autoren an die Reanimationsleitlinien des ERC, die bezüglich der endotrachealen Intubation empfehlen, diese Maßnahme nur durchzuführen, wenn sie beherrscht wird („*Only skilled and experienced practitioners should perform intubation*“ [10]).

Therapeutische Aspekte

Patientenbezogene Besonderheiten

Die richtige gewichtsbezogene Dosierung beim pädiatrischen Patienten ist nicht aus der Dosierung beim Erwachsenen ableitbar. Zusätzlich variiert sie meist zwischen verschiedenen pädiatrischen Altersgruppen. Daher müssen die Behandelnden die für den individuellen Patienten richtige körpergewichtsbezogene Dosierung von Notfallmedikamenten kennen oder zuverlässig abrufen können.

Das Wissen und der Zugriff auf ebensolche pädiatrisch-pharmakologische Informationen ist somit generell zu fordern. Ein Zugriff auf dieses Wissen kann über Zusammenstellungen in Buchform, tabellarisch oder elektronisch gewährleistet werden. Es gibt verschiedene web-basierte Programme so-



Manuel Wilhelm, Gelnhausen

wie Smartphone-Applikationen, für die jedoch bisher in Deutschland keine formale Zulassung oder Qualitätskontrolle besteht. Daher sind diese genau wie die anderen genannten Referenzen gründlich vor Ihrer Anwendung in uneingeschränkter Verantwortung des Anwenders zu überprüfen.

Einige Medikamente mit geringem Verteilungsvolumen und geringer therapeutischer Breite sollten bei ausgeprägter Adipositas nicht am tatsächlichen, sondern am Idealgewicht dosiert werden. Dazu zählen generell die Sedativa und Analgetika, aber auch Adrenalin zur Reanimation.

Cave Die Dosierung von einigen Notfallmedikamenten sollte bei adipösen Kindern am Normalgewicht erfolgen!

Weil das Idealgewicht unterschiedlich definiert wird und berechnet werden muss, bietet es sich an, näherungsweise am Normalgewicht zu dosieren. Das Normalgewicht entspricht dem durchschnittlichen Gewicht in der jeweiligen Bevölkerungsgruppe und kann einfach und rasch mit Hilfe von Systemen zur längenbezogenen Gewichtsschätzung ermittelt werden (> Abb. 8). Aus vergleichbarem Grund der Vereinfachung muss in einer Notfallsituation kein BMI berechnet werden, sondern es ist sinnvoll und praktikabel, bei Kindern mit Aspekt eines deutlichen Übergewichts auf die Dosierung am Normalgewicht zu wechseln.

Abb. 2 Intubationszubehör extra klein – für einen Säugling

Medikament	Dosierung	Dosis	Konzentration	Einzelgabe in ml	
Volumen-Belast Grundbedarf siehe Normwerte	(20ml/kg)	immer	Waldkleebräunungen	142 - 190 ml	pur
Supranen® zur Reanimation	(10 µg/kg)	71 - 95 µg	100 µg/ml	0,7 - 1,0 ml	der 1:10 Verdünnung
Supranen® zur Rea. Intubationshilfsmittel	(100 µg/kg)	0,7 - 1,0 mg	7 mg/ml	0,7 - 1,0 ml	pur
Supranen® zur Anaphylaxie i.m.	(10 µg/kg)	71 - 95 µg	100 µg/ml	0,7 - 1,0 ml	der 1:10 Verdünnung
Supranen® bei schwerer Hypotonie	(0,5 µg/kg)	3,6 - 4,8 µg	10 µg/ml	0,4 - 0,5 ml	der 1:10 Verdünnung
Atropin i.m. 100 µg/ml 500 µg	(20 µg/kg)	142 - 190 µg	500 µg/ml	0,3 - 0,4 ml	pur
Amiodaron/Gardanol®	(5 mg/kg)	36 - 48 mg	50 mg/ml	0,7 - 1,0 ml	pur
Adrenalin/Adrenalin®	(0,1 mg/kg)	0,7 - 1,0 mg	7 mg/ml	0,2 - 0,3 ml	pur
Magnesiumsulfat 10%	(25 mg/kg)	178 - 238 mg	100 mg/ml	1,8 - 2,4 ml	pur
Methyloxypropyl-β-D-2-Deoxyribose	(2 mg/kg)	14 - 19 mg	10 mg/ml	1,4 - 1,9 ml	zur injekt. Applikation mit 10/20/25/500 mg/l
Glucose 10%	(0,2 g/kg)	1,4 - 1,9 g	0,1 g/ml	14,2 - 19,0 ml	pur, weitere Kontrolle

Medikament	Dosierung	Dosis	Konzentration	Einzelgabe in ml	
Thiopental/Thiopental® zur Narkose	(5 mg/kg)	36 - 48 mg	25 mg/ml	1,4 - 1,9 ml	zur
Ethomidat/Hypnomidol® zur Narkose	(0,2 mg/kg)	1,4 - 1,9 mg	2 mg/ml	0,7 - 1,0 ml	zur
Midazolam/Dormicum® zur Narkose	(0,2 mg/kg)	1,4 - 1,9 mg	1 mg/ml	1,4 - 1,9 ml	der 3:15/1:5 Verdünnung
S-Ketamin/Ketaset® zur Analgesie	(0,25 mg/kg)	1,8 - 2,4 mg	5 mg/ml	0,4 - 0,5 ml	siehe 5 mg/ml II
S-Ketamin/Ketaset® zur Narkose	(1 mg/kg)	7,1 - 9,5 mg	5 mg/ml	1,4 - 1,9 ml	siehe 5 mg/ml II
Fentanyl zur Narkose	(2 µg/kg)	14 - 19 µg	50 µg/ml	0,3 - 0,4 ml	zur
Propofol/Propofol® zur Analgesie	(0,05 mg/kg)	0,4 - 0,5 mg	1 mg/ml	0,4 - 0,5 ml	der 2:15 Verdünnung
Morphin zur Analgesie	(0,1 mg/kg)	0,7 - 1,0 mg	7 mg/ml	0,7 - 1,0 ml	der 1:10 Verdünnung
Vecuronium/Norcuron®	(0,1 mg/kg)	0,7 - 1,0 mg	7 mg/ml	0,7 - 1,0 ml	pur
Succinylcholin 2%	(2 mg/kg)	14 - 19 mg	20 mg/ml	0,7 - 1,0 ml	pur

*www.gesundheitswissenschaften.de

Alle Medikamente sind zur i.v./i.a. Applikation gedacht, es sei denn, dass eine andere Applikation genannt ist. Alle Angaben sind auf die erste Nachkommastelle gerundet. Es muss, wenn immer möglich, titriert werden.

Jost-Kaufman, Köln

Abb. 3 Auszug aus dem Pädiatrischen Notfalllineal – PädNFL (www.notfalllineal.de)

Bedeutung des Gewichts, Methoden der Schätzung

Ohne das Gewicht eines Kindes zu kennen, ist die richtige Dosierung eines Medikamentes für ein Kind ein reiner Zufall. Umso überraschender ist es, dass das Notarzteinsatzprotokoll gemäß der Empfehlung der DIVI auch in der aktuellen Version 5.0 kein Feld für das Gewicht eines Kindes anbietet. Bei lückenhafter Erfassung aller Kinder über 20 Monate mit intravenöser oder intraossärer Medikamentengaben in einer deutschen Großstadt enthielten 99,5 % aller Notarzteinsatzprotokolle keine Angabe zum Gewicht [6]. Dem Gewicht wird bei Kindernotfällen offenbar oft keine ausreichende Beachtung geschenkt.

Merke Das Gewicht des Kindes zu kennen und zu protokollieren ist im Notfall essenziell. Ist dieses nicht bekannt, sollte die notwendige Gewichtsschätzung längenbezogen erfolgen.

Wenn das Gewicht eines Kindes nicht bekannt ist, sollte es zunächst von den Eltern erfragt werden oder muss sonst geschätzt werden. In einer großen Metaanalyse unter Berücksichtigung von 98 Studien wurde wissenschaftlich nachgewiesen, dass altersbezogene Formeln hierzu ungeeignet sind [11]. Wenn Eltern eine Angabe machen können, von der sie sich sicher sind, sollte diese verwendet werden. Ansonsten sollte eine längenbezogene Schätzung verwendet werden; diese ist ausreichend präzise. Idealerweise sind solche längenbezogenen Systeme zu verwenden, auf denen die erforderliche Medikamentendosis ohne weiteren Kalkulationsschritt ablesbar ist. Neuere Smartphone-Applikationen verwenden eine

fotografische Aufnahme des liegenden Kindes gemeinsam mit vier zuvor definiert positionierten Referenzpunkten mit abgemessenem Abstand und sind daher im klinischen Alltag noch nicht praktikabel.

Errechnen und Übermittlung der Dosis

Die Berechnung der richtigen Dosis ist der gefährlichste Schritt, denn hierbei passieren am häufigsten lebensbedrohliche Fehler – beispielsweise 10er-Potenzfehler durch das falsche Setzen eines Kommas, wobei ein solcher Fehler mit Adrenalin mit einem Überleben kaum zu vereinbaren ist [7].

Merke Alle Maßnahmen, durch welche die kognitiven Anforderungen reduziert werden, senken die Fehlerrate und Intensität [12].

Außer durch die Verwendung einer einfachen Tabelle wurden in zwei Arbeiten mit simulierten Verordnungen 66 % [13] beziehungsweise 90 % [14] aller 10er-Potenzfehler mit Adrenalin zur Reanimation vermieden. Ein ideales System sollte alle Berechnungen unnötig machen (z. B. durch den Einsatz der o. g. längenbezogenen Dosierungshilfen). Auch bei der Übermittlung einer Verordnung können Fehler passieren, die durch Standardisierung und Rückversicherung reduziert werden können. Auch wenn schriftliche Verordnungen generell zu bevorzugen sind, muss bei Notfällen oft zunächst mündlich übermittelt werden. Es sollte dennoch so zeitnah wie möglich detailliert dokumentiert werden.

Cave Auch mündliche Verordnungen können und müssen vollständig und präzise sein und sollen ebenso vom Empfänger wiederholt werden.

Immer muss eine genaue Angabe der zu verabreichenden Menge eines jeden Medikaments genannt werden. Die verabreichende Person wiederholt das Medikament und die zu verabreichende Menge („Closed-Loop“-Kommunikation). Erst wenn alle Beteiligten sich klar sind, dass die Dosis richtig ist, darf das Medikament verabreicht werden.

Vermeiden von Verwechslungen

Verwechslungen bei der Auswahl der Medikamente können vor allem durch ähnlich klingende Namen und ähnlich aussehende Ampullen („sound-a-like“

bzw. „look-a-like“; zusammenfassend abgekürzt SALA) verursacht werden. Besonders ungünstig ist hierbei, wenn leicht zu verwechselnde Medikamente nah beieinander gelagert werden, also Verwechslungen durch einen nur wenig veränderten Griff in ein Ampullarium oder eine Schublade erfolgen können. Bei gegebener Ausweichmöglichkeit sollen ähnlich klingende oder ähnlich aussehende Medikamente gänzlich vermieden werden. Jedem Medikament soll ein klar definierter Aufbewahrungsort zugewiesen werden und bei ausreichenden Platzverhältnissen soll eine möglichst deutliche Separierung bei Verwechslungspotenzial erfolgen (> Abb. 4). Selten verwendete und gefährliche Medikamente sollten hierbei eine deutlich abweichende Handlung beim Zugreifen erforderlich machen (z. B. getrenntes Ampullarium) [15]. Ampullen, die ein besonderes Merkmal bieten, aufgrund dessen die Gefahr für Verwechslungen reduziert wird, sollten bevorzugt eingesetzt werden. Beispielsweise gibt es eine mit Methylenblau gefärbte Kaliumchlorid-Lösung, wobei es durch Kalium-Lösungen im Zusammenhang von Verwechslungen und Dosierungsfehlern regelhaft zu Schädigungen von Patienten kommt.

Vorbereitung von Injektionslösungen

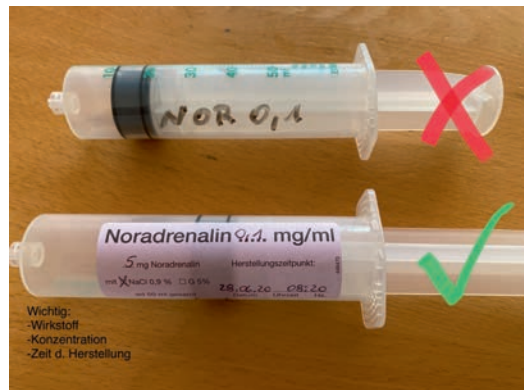
Aufgezogene Medikamente müssen immer unmittelbar mit eindeutigen Etiketten gekennzeichnet werden, wobei diese mit Etiketten nach ISO 26825 (> Abb. 5, > Abb. 6; > Abb. 7) erfolgen sollte [16]. Weil auch bei der Verdünnung erhebliche Fehler passieren, nicht selten sogar in einer 10er-Potenz, sollte dies wann immer möglich vermieden werden. In vielen Fällen kann eine präzise Applikation einer unverdünnten Injektionslösung mit Hilfe von kleinen Spritzen (z. B. 1 ml-Spritze mit 0,01 ml-Skalierung) umgesetzt werden. Wenn eine Verdünnung nicht zu vermeiden ist, soll die angestrebte Zielkonzentration so gewählt werden, dass die weiteren Berechnungen und Dosierungen möglichst einfach erfolgen können (z. B. 1, 10 oder 100 Einheiten pro ml). Eine Überwachung des gesamten Vorbereitungsvorgangs durch eine zweite Person wäre wünschenswert.

Eine weitere wünschenswerte Möglichkeit, eigene Verdünnungen zu vermeiden, ist das Verwenden von industriell vorgefertigten Spritzen („Fertigspritzen“), für die aktuell in Deutschland ein zunehmendes Angebot besteht.



AdobeStock, Konstanze Gruber

Abb. 4 Ein übersichtliches Ampullarium erleichtert den schnellen Zugriff.



Jürgen Gollwitzer, Weiden

Abb. 5 Die ordentliche Beschriftung von aufgezogenen Injektionen verringert Fehler.



Jürgen Gollwitzer, Weiden

Abb. 6 Beispiel-Etiketten für die stationäre Vorhaltung im Rettungsmittel

Vigilanz und Akzeptanz der eigenen Fehlbarkeit

Critical-Incident-Reporting-Systeme (CIRS) ermöglichen die Meldung von kritischen Ereignissen und können dadurch neben dem reinen Vermitteln von potenziellen Fehlerquellen auch wesentlich zur Erhöhung der Vigilanz der Versorger beitragen. Alle Behandelnden müssen regelmäßig für das Problem der Medikationsfehler sensibilisiert werden, was auch durch Schulungen erfolgen kann. Aber auch eine Kontrolle durch erfahrene Personen, von der die Mitarbeiter wissen, dass sie stattfindet, führt zu einer Reduktion der Fehler. Dabei ist nicht entscheidend, ob die Kontrolle sichtbar für die Verordnenden [17] oder unsichtbar stattgefunden hat [18].

Menschen akzeptieren ihre eigene Fehlbarkeit sehr unterschiedlich, was sowohl im klinischen Alltag zu beobachten ist als auch in Publikationen widerspiegelt wird. Jeder Versorger ist fehlbar und dies muss jedem klar sein („*To err is human*“ [1]). Auch erfahrene und in der Hierarchie aufgestiegene Mitarbeiter müssen dies akzeptieren und eventuell manchmal daran erinnert werden. Das Hinterfragen einer Anordnung muss vollständig unbeeinflusst durch die Hierarchie der Beteiligten möglich sein und eine gleichberechtigte „Closed-Loop“-Kommunikation uneingeschränkt vor jeder Medikamentengabe stattfinden. Gute Fehlerkultur fängt mit einem offenen und freundlichen Miteinander an, Gespräche bei Fehlern sollten ohne Schuldzuweisungen und Sanktionen geführt werden.

Längenbezogene Systeme zur Unterstützung der Verordnenden

Längenbezogene Systeme bieten eine ausreichend präzise Gewichtsschätzung an, wobei das dadurch ermittelte Normalgewicht selbst beim adipösen Kind ideal geeignet ist zur weiteren Berechnung der Dosierung von Notfallmedikamenten. Längenbezogene Systeme können und sollen aber zusätzlich in sinnhaften längenbezogenen Abschnitten Dosierungsempfehlungen anbieten, denn dann werden alle weitere Berechnungsschritte zur Festlegung der zu verabreichenden Dosis unnötig und Berechnungsfehler vermieden [19]. Gleichzeitig sollten auf solchen Systemen altersgruppenspezifische physiologische Normwerte auf einen Blick abrufbar sein, deren Kenntnis als Therapieziel entscheidend für ein optimales neurologisches Ergebnis bei der Versorgung von kritisch kranken Kindern ist. Durch die Anwendung des Pädiatrischen Notfalllineals (> Abb. 8) waren 9 von 10 Dosierungsfehlern mit einer Abweichung von mehr als 300 % von der empfohlenen Dosierung vermieden worden [6]. Bezüglich der Gabe von Adrenalin waren in der his-

torischen Gruppe alle Gaben mehr als 300 % abweichend, die durchschnittliche Dosierung lag bei 882 % der empfohlenen Dosis. Bei der Verwendung des PädNFL kam es zu keiner Dosierung mehr mit mehr als 20 % Abweichung und die durchschnittliche Dosierung entsprach nahezu exakt (104 %) der empfohlenen Dosis [6]. Die Arbeit ist bis heute die einzige, bei der die Beeinflussung der Rate von relevanten Dosisfehlern durch irgendein Hilfsmittel bei der präklinischen Versorgung von Kindern untersucht hat. Es gibt jedoch mehrere Studien, die ähnliche Effekte in simulierten Szenarien nachgewiesen haben.

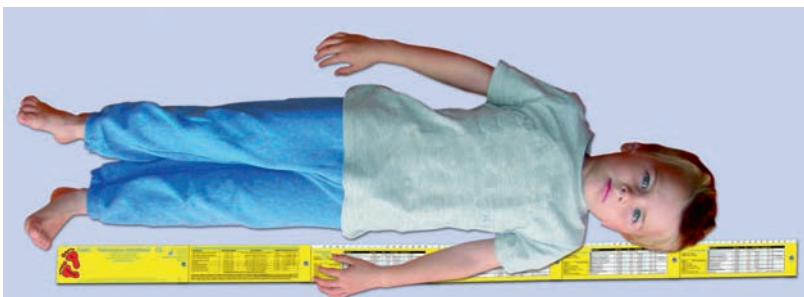
Fazit

Medikamentenfehler stellen – besonders bei Kindern – eine erhebliche Bedrohung für die Patientensicherheit dar. Grundlegender und wesentlicher Schritt ist die Erkenntnis der eigenen Fehlbarkeit und damit die Akzeptanz von Unterstützung durch geeignete Hilfsmittel. Besonders sollten pädiatrisch-pharmakologische Informationen zu allen relevanten Medikamenten am Ort der Versorgung (zum Beispiel in Form von kompakten, auch tabellarischen Zusammenstellungen) zur Verfügung stehen. Für die präklinische Notfallmedizin sind längenbezogene Systeme besonders geeignet, die ohne weiteres Suchen in Begleitheften alle relevanten Informationen (Dosierungen, Ausrüstungsgegenstände, physiologische Normwerte) auf einen Blick und ohne weitere Berechnungsschritte ablesbar anbieten. Offensichtlich ist aber, dass durch Erhöhung der Vigilanz und Vorbereitung auf den Kindernotfall die Rate an Fehlern bei der Medikation erheblich verbessert werden kann.

Quellen

- [1] Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS. *To Err is Human: Building a Safer Health System*. Washington, DC: National Academy Press; 1999
- [2] Kozer E, Berkovitch M, Koren G. Medication errors in children. *Pediatr Clin North Am* 2006; 53: 1155-1168
- [3] Otero P, Leyton A, Mariani G, Ceriani Cernadas JM, Patient Safety Committee. Medication errors in pediatric inpatients: prevalence and results of a prevention program. *Pediatrics* 2008; 122: e737-743
- [4] 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
- [5] 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

Abb. 7 Das Pädiatrische Notfalllineal (PädNFL), angelegt an der Ferse bei mit gestreckten Beinen liegendem Kind. In dem am Kopfe erreichten Segment können das Gewicht, altersentsprechende Normalwerte, Größen von benötigten Ausrüstungsgegenständen sowie die gewichtsbezogenen Dosierungen von Notfallmedikamenten abgelesen werden.



- [6] 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
- [7] 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: 1722-1730
- [8] Sharman M, Meert KL. What is the right dose of epinephrine? *Pediatr Crit Care Med* 2005; 6: 592-594
- [9] Sachs AN, Avant D, Lee CS, Rodríguez W, Murphy MD. Pediatric information in drug product labeling. *Jama* 2012; 307: 1914-1915
- [10] 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
- [11] Wells M, Goldstein LN, Bentley A. The accuracy of emergency weight estimation systems in children—a systematic review and meta-analysis. *Int J Emerg Med* 2017; 10: 29
- [12] Kaufmann J, Laschat M, Wappler F. Medication errors in pediatric emergencies: a systematic analysis. *Dtsch Arztebl Int* 2012; 109: 609-616
- [13] 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. *Anaesth Intensivmed* 2019; 60: 164-172
- [14] 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
- [15] Kaufmann J, Becke K, Höhne C, Eich C, Goeters C, Güß T, et al. Sze-Leitlinie - Medikamentensicherheit in der Kinderanästhesie. *Anaesth Intensivmed* 2017; 58: 105-118
- [16] Sybrecht GW, Prien T. Arzneimittelsicherheit: Standard-Spritzenaufkleber in der Akutmedizin. *Dtsch Arztebl* 2010; 107: A-1031-1032
- [17] Subramanyam R, Mahmoud M, Buck D, Varughese A. Infusion Medication Error Reduction by Two-Person Verification: A Quality Improvement Initiative. *Pediatrics* 2016; 138:
- [18] Campino A, Lopez-Herrera MC, Lopez-de-Heredia I, Valls ISA. Medication errors in a neonatal intensive care unit. Influence of observation on the error rate. *Acta Paediatr* 2008; 97: 1591-1594
- [19] de Caen AR, Berg MD, Chameides L, Gooden CK, Hickey RW, Scott HF, et al. Part 12: Pediatric Advanced Life Support: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardio-pulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015; 132: S526-542

Die Autoren

Priv.-Doz. Dr. med. Jost Kaufmann, Oberarzt der Abteilung für Kinderanästhesie am Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße der Kliniken der Stadt Köln. 1997–2009 Ausbildung zum Facharzt für Anästhesie und für Kinder- und Jugendmedizin an der Uniklinik Köln, Notfallmedizin, Intensivmedizin, Neugeborenen-Notarzt (GNPI). Mitglied im Sub-Komitee „Kinderanästhesie“ der DGAI, der Kommission „Arzneimittelsicherheit im Kindesalter“ der DGKJ und der Kommission „Arzneimittel für Kinder und Jugendliche“ des BfArM Kinderkrankenhaus der Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Amsterdamer Str. 59, 50735 Köln und Fakultät für Gesundheit, Universität Witten/Herdecke, Alfred-Herrhausen-Straße 50, 58448 Witten
E-Mail: jost.kaufmann@uni-wh.de

Dr. med. Michael Laschat, Leitender Oberarzt der Abteilung für Kinderanästhesie am Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße der Kliniken der Stadt Köln. Ausbildung zum Facharzt für Anästhesie am Klinikum Traunstein. Seit 1993 in der Kinderanästhesie am Kinderkrankenhaus der Stadt Köln, Leiter des Bereichs Endoskopie der Abteilung mit dem Schwerpunkt endoskopische Diagnostik und Therapie von Erkrankungen der Atemwege und des oberen Gastrointestinaltrakts

Eva Singer, examinierte Kinderkrankenschwester, 1999–2012 interdisziplinäre Kinderintensivstation im Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße der Kliniken der Stadt Köln, seit 2012 Berufsfeuerwehr der Stadt Köln in der Abteilung Rettungsdienst

Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Alex Lechleuthner, Berufsfeuerwehr der Stadt Köln, Amt für Feuerschutz, Rettungsdienst und Bevölkerungsschutz, Abteilung Rettungsdienst, Boltens Sternstraße 10, 50735 Köln

Interessenskonflikt: Jost Kaufmann hält ein europaweit eingetragenes Patent für das „Pädiatrische Notfalllineal – PädNFL“ (www.notfalllineal.de) und generiert aus diesem Patent oder der Vermarktung des PädNFL keinerlei finanziellen oder sonstigen geldwerten Vergütungen. Bei Michael Laschat, Alex Lechleuthner und Eva Singer liegen keinerlei Interessenkonflikte vor.

