

Medikamentenfehler bei Kindernotfällen

Ursachen und Lösungsansätze

Zusammenfassung

Medikamentenfehler stellen eine bedeutende Bedrohung für Patienten aller Altersgruppen dar, wobei Kinder in Notfallsituationen einer besonderen Gefährdung ausgesetzt sind. Dies betrifft sowohl die Inzidenz als auch die Tragweite der Fehler. Fehler mit einer Abweichung in einer 10er-Potenz der empfohlenen Dosis sind nicht selten. Durch eine Analyse des Verordnungsprozesses können Quellen für potenzielle Fehler erkannt werden. Das Körpergewicht muss zwingend beachtet werden. Bei fehlender Gewichtsangabe durch die Eltern sollten längenbezogene Schätzmethode zum Einsatz kommen, die eine pharmakokinetisch günstige Dosierung am Idealgewicht ermöglichen. Rechenschritte werden durch elektronische oder tabellarische Hilfen erleichtert. Es muss eine vollständige und korrekte Anordnung erfolgen, die vom Durchführenden mündlich wiederholt und vom Verordnenden möglichst auch schriftlich fixiert wird. Medikamentenverdünnungen sollen nach Möglichkeit vermieden werden und müssen bei Bedarf sehr sorgfältig erfolgen. Jede Zubereitung ist eindeutig durch Beschriftung oder Aufkleber zu kennzeichnen, wobei standardisierte, farblich kodierte Aufkleber hilfreich sind. Bereits durch Erhöhung der Vigilanz und das Etablieren von Kontrollmechanismen können Verbesserungen bewirkt werden. Gleiches gilt für Maßnahmen, die zu einer Reduktion der kognitiven Anforderungen an die Verordnenden führen. Auch die Ausbildung der Mitarbeiter sowie der

Medication errors in paediatric emergency situations – reasons and approaches to solutions

J. Kaufmann · M. Laschat · F. Wappler

Zugriff auf pädiatrisch-pharmakologische Informationen reduziert die Rate an Fehldosierungen.

Summary

Medication errors pose a significant threat to all groups of patients, and especially children in emergency situations are exposed to a significant risk. This affects both the incidence and the relevance of the error. Errors with a 10-fold deviation from the recommended dosage are not rare and can cause a life-threatening incident. By an analysis of the prescription process, sources of potential errors can be detected. Adequate importance should be attributed to the body weight. If the weight is unknown, e.g. not stated by the parents, length-based estimation methods should be used. They allow dosing to proceed on the basis of an ideal body weight which is favourable for pharmacokinetic reasons. The use of electronic or tabular tools facilitates calculation. The medication should be prescribed by full and proper announcement, ideally in written form. In every case it should be repeated by the person who is administering the drug. Drug dilutions should be avoided as much as possible or must otherwise be executed with great care. All formulations must be unambiguously marked with labels or stickers, whereby standardized colour-coded stickers are desirable. Reduced error rates can be obtained just by an increase of vigilance and the establishment of control mechanisms. The same applies to all measures which result in a reduction of

Zertifizierte Fortbildung **3**
CME online

Zur kostenfreien Teilnahme an der CME-zertifizierten Online-Fortbildung müssen Sie den Kurs zum o.a. Thema unter **www.my-bda.com** mit folgender PIN-Nr. buchen:
559913

Abteilung für Kinderanästhesie,
Kinderkrankenhaus, Amsterdamer Straße
Kliniken der Stadt Köln
(Chefarzt: Prof. Dr. F. Wappler)

Interessenkonflikt:

Der korrespondierende Autor erhält Lizenzgebühren für die Vermarktung des Pädiatrischen Notfalllineals. Bei den Koautoren liegt kein Interessenkonflikt vor.

Anmerkung:

Teile des Inhalts hat der korrespondierende Autor beim Refresher-Course der DAAF beim Deutschen Anästhesiecongress (DAC) am 6. Mai 2012 in Leipzig vorgestellt und wie folgt publiziert:

Kaufmann J, Laschat M, Wappler F: Medikamentenfehler bei Kindernotfällen - und wie sie vermieden werden können. In: Deutsche Akademie für Anästhesiologische Fortbildung (Hrsg): Refresher Course - Aktuelles Wissen für Anästhesisten. Nr. 38, 5. - 7. Mai 2012, Leipzig. Ebelsbach: Aktiv Druck & Verlag 2012;38:163-170

Kaufmann J, Laschat M, Wappler F: Medikamentenfehler bei Kindernotfällen - und wie sie vermieden werden können - eine systematische Analyse. Dtsch Arztebl Int 2012;109:609-616

Schlüsselwörter

Kindernotfälle – Notfallversorgung – Medikamentenfehler – Dosierung – Fehldosierung

Keywords

Paediatric Emergencies – Emergency Care – Medication Errors – Dosage – Dosage Failure

the cognitive requirements on the staff. Staff training and access to information about paediatric pharmacology and dose recommendations also reduce the rate of false dose applications.

Einleitung

Nach Schätzungen des US-amerikanischen Institute of Medicine aus dem Jahr 2000 versterben in den USA zwischen 44.000 und 98.000 Menschen jährlich durch Fehler bei der medizinischen Versorgung [1], wobei Medikamentenfehler in 7.000 Fällen als ursächlich gelten. In dieser Zahl sind ambulante und stationäre Verordnungen sowie Selbstmedikationen zusammengefasst. Fehler bei der Medikamentenverabreichung gehören zu den häufigsten medizinischen Fehlern im Krankenhaus [2]. Es ist davon auszugehen, dass Kinder in diesem Zusammenhang besonders gefährdet sind [3] – denn neben altersgruppenspezifischen Kontraindikationen und Besonderheiten der Pharmakokinetik sind individuell zu berechnende Dosierungen erforderlich. In einer prospektiven Beobachtungsstudie [4] wurde in einem Kinderkrankenhaus bei Medikamentenverordnungen außerhalb von Notfallindikationen eine Rate an potenziell bedrohlichen Verordnungsfehlern beobachtet, die dreimal höher lag als in einer vergleichbaren Untersuchung an Erwachsenen [5]. Bei der Versorgung unter Notfallbedingungen, bei der raschere zeitliche Abläufe und eine höhere Dichte an Verordnungen erforderlich sind, stieg die Fehlerrate an [6]. In einer Kindernotfallaufnahme wurden im Rahmen eines Risiko-Audits bei im Mittel 1/766 der Verordnungen eine Abweichung in einer 10er-Potenz – entsprechend 1.000% der empfohlenen Dosis – beobachtet [7], obwohl bereits einschlägige Sicherheitsvorkehrungen – wie ein elektronisches Verordnungssystem und standardisierte Medikamentenvorbereitungen – etabliert worden waren. Bei der prospektiven Untersuchung von simulierten Reanimationen durch pädiatrische Notfallmediziner waren sogar 1/32 der Verordnungen in einer 10er-Potenz falsch [8]. Es ist davon auszugehen, dass Fehler in einer solchen Dimension schwere Schäden auslösen und tödlich sein können [9–11].

Weil in der präklinischen Versorgung von Kindern zudem weder kinderspezifisches Personal noch auf diese Klientel optimierte Behandlungsabläufe vorgehalten werden können [12], ist hier mit einer besonders hohen Fehlerrate zu rechnen. Bei einer retrospektiven Analyse von 360 präklinischen Verordnungen in den USA wurden in 35% der Fälle Medikamentenfehler festgestellt [13]. Die in dieser Untersuchung beobachteten falsch hohen Verordnungen von intravenös verabreichtem Adrenalin lagen im Mittel bei 808%, die falsch niedrigen bei 35% der empfohlenen Dosis.

Wegen der zu erwartenden Häufigkeit und potenziell lebensbedrohlichen Tragweite von Medikamentenfehlern bei der Notfallversorgung von Kindern sollen bewährte Vorsichtsmaßnahmen genutzt werden, um diese Bedrohung soweit wie möglich zu reduzieren.

Die vorliegende Übersicht analysiert den Verordnungsprozess und zeigt Fehlerquellen im Rahmen des Ablaufs einer Verordnung auf. Im Anschluss werden Methoden vorgestellt und – soweit möglich – mit Evidenz untermauert, mit denen die Rate an Fehlern reduziert werden kann.

Analyse des Ablaufs von Medikamentenverordnung und ihrer Fehlerquellen

Feststellung der Indikation

Jede Verordnung beginnt mit der Feststellung der Behandlungsnotwendigkeit. Insbesondere bei Kindern ist stets zu prüfen, ob es Alternativen zur medikamentösen Therapie gibt und ggf. andere Maßnahmen erfolgversprechend sind.

So kann der Transport auf dem Schoß der Mutter ein Kind beruhigen und den Einsatz von Sedativa überflüssig machen. Typisches Beispiel einer Risikoabwägung zwischen alternativen Konzepten ist

der Verdacht auf eine Epiglottitis. Die Bedrohlichkeit dieses Krankheitsbildes entsteht aus der infektionsbedingten massiven Reizung und Schwellung der Epiglottis, die bei einem misslungenen Intubationsversuch putrides Sekret entleeren sowie schwellen und bluten kann. Im Extremfall kann sich hieraus eine „cannot ventilate, cannot intubate“-Situation entwickeln. Daher ist ein präklinischer Intubationsversuch nur im äußersten Notfall angezeigt, und es kann sehr wohl sinnvoll sein, das Kind nur mit Sauerstoffvorlage auf dem Schoß der Mutter sitzend zu transportieren.

Neben der einwandfreien Feststellung der Indikation muss auch ein Ausschluss von Kontraindikationen erfolgen, die bei Kindern altersgruppenspezifisch sein können.

Beispielsweise gilt die Gabe von Acetylsalicylsäure unter dem 16. Lebensjahr (LJ) wegen der Gefahr eines Reye-Syndroms als gefährlich [14] und soll nur unter strenger Indikationsstellung erfolgen.

Festlegung der Dosis

In der Notfallmedizin wird vorwiegend gewichtsbezogen dosiert, weil auf die Körperoberfläche bezogene Empfehlungen, wie sie in der pädiatrischen Nephrologie und Onkologie häufig verwendet werden, hier unpraktikabel sind. Die Dosierungsempfehlungen können altersabhängig erheblich variieren. Medikamente mit raschem Wirkungseintritt verteilen sich – nach meist intravenöser oder auch intraossärer Zufuhr – zunächst im Extrazellulärvolumen (EZV). Für die Unterschiede der altersgruppenabhängigen Dosierungsempfehlungen einer Initialdosis ist daher vor allem der Anteil des EZV am gesamten Körpergewicht (KG) entscheidend, der mit dem Alter abnimmt. So ist der Gesamtwassergehalt beim Neugeborenen 30% größer und das EZV fast doppelt so groß wie beim Erwachsenen [15]. Bei adipösen Kindern ist der proportionale Anteil des EZV am Körpergewicht jedoch geringer, sodass eine Orientierung am Körpergewicht zu einer relativen Überdosierung führen kann [16].

Bei adipösen Kindern sollen Analgetika und Sedativa eher vorsichtig dosiert werden. Ideal wäre eine am Normalgewicht orientierte Dosierung.

Für die altersdifferenten Wirkzeiten der Medikamente sind vor allem zwei Faktoren bedeutsam. Hier ist zunächst der Körperfettanteil zu nennen, der über den Wirkungsverlust lipophiler Substanzen (durch „Umverteilung“) entscheidet. Beim Frühgeborenen entfällt der Anteil an Fettgewebe von ca. 3-4% des Körpergewichts nahezu ausschließlich auf das Gehirn [17], sodass kein Wirkungsverlust durch Umverteilung in lipophiles Gewebe erfolgen kann. Bereits beim reif geborenen Säugling findet sich mit 10% ein erheblich größerer Anteil an Fettgewebe, das sich dann beim normalgewichtigen Erwachsenen nahezu verdoppelt. Darüber hinaus verfügt das Neugeborene nur über 10% der metabolischen Kapazität des Erwachsenen und ist damit metabolisch erheblich eingeschränkt. Beim Kleinkind ist die metabolische Aktivität dagegen vorübergehend höher als beim Erwachsenen [15].

Geeignete Dosierungsempfehlungen müssen die genannten pädiatrischen Aspekte beachten, um potenziell erhebliche Gefährdungen zu vermeiden.

So wurden bei der Gabe von Propofol zur Narkoseinduktion bei Frühgeborenen mit einem mittleren Gestationsalter von 30 Wochen bereits bei einer Dosis von 1 mg/kg KG erhebliche Kreislaufdepressionen beschrieben, weshalb auch diese niedrige Dosis sehr vorsichtig titriert werden soll [18]. Dagegen traten in einer Untersuchung bei 40 Kindern zwischen dem 5. und 10. LJ nach Einleitung mit 3 mg/kg KG Propofol und 2 oder 3 µg/kg KG Remifentanyl keine Hypotensionen auf [19].

Feststellung des Körpergewichts

Bei der Versorgung wird dem tatsächlichen Gewicht eines Kindes oft wenig

Bedeutung beigemessen. In einer pädiatrischen Notfallaufnahme wurden beispielsweise nur 2% der Kinder vor der Verordnung von Medikamenten gewogen, wobei das Gewicht der anderen Kinder mit unterschiedlichen Methoden geschätzt wurde [20]. Am häufigsten kamen altersbezogene Schätzformeln zum Einsatz, deren mangelhafte Qualität jedoch bekannt ist [21] und der Streuung des Gewichts gleichalter Kinder nicht gerecht wird – in der genannten Untersuchung wogen die 6-Jährigen zwischen 19 und 30 kg [20]. Auch bei der präklinischen Notfallversorgung wird dem Gewicht der Kinder nicht immer die erforderliche Bedeutung beigemessen. Dies wird auch daran erkennbar, dass im standardisierten Notarzteinsetzprotokoll gemäß den Empfehlungen der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI), in dem etwa 200 Parameter erfasst werden, kein Feld für die Angabe des Gewichts vorhanden ist [22, 23].

Im klinischen Alltag ist zu beobachten, dass Medikamentendosierungen nicht selten ohne konkrete Schätzung des Gewichts, sondern in geschätzter Relation zu einer Erwachsenenendosis erfolgen. Dies kann jedoch kaum zu suffizienten Ergebnissen führen – beispielsweise verdoppeln Säuglinge im ersten halben Lebensjahr regelmäßig ihr Körpergewicht.

Errechnen der Dosis und der Zubereitung

Die Notwendigkeit zur individuellen Berechnung einer gewichtsbezogenen Dosis geht mit der Möglichkeit von Berechnungsfehlern einher [24] – wobei die errechnete Dosis erheblich variieren kann. Im Gegensatz zu den Verordnungen bei Erwachsenen ist keine Vertrautheit mit einer üblichen Dosis zu erwarten, sodass dieser Kontrollmechanismus entfällt. Fehler in einer 10er-Potenz, was einer Gabe von entweder 10% oder 1.000% der empfohlenen Dosis entspricht, kommen regelmäßig vor [7].

Die Festlegung der Dosis ist der bedeutsamste Schritt bei der Verordnung des gewählten Medikaments – hier wird die höchste Fehlerrate beobachtet [25,26].

Erstellung und Übermittlung der Verordnung

Kommunikationsdefizite sind in erheblichem Umfang am Entstehen von Medikationsfehlern beteiligt [27].

Obwohl die Medikamente in der Notfallmedizin meist intravenös verabreicht werden, sind auch andere Applikationswege relevant (z.B. inhalativ, endotracheal, intramuskulär), sodass zunächst der gewünschte Applikationsweg zu definieren ist.

- Mindestens bei außergewöhnlichen Kombinationen von Medikamenten und Applikationswegen ist eine explizite Bezeichnung zwingend geboten.
- Eine vollständige Verordnung beinhaltet eine Dosierung (z.B. in mg/kg KG) sowie die sich aus dem Körpergewicht ergebende absolute Dosis (z.B. in mg).
- Des Weiteren ist die Benennung der verwendeten Konzentration (z.B. mg/ml) und die sich daraus ergebende absolute Menge der zu verabreichenden Lösung (z.B. in ml) notwendig.
- Wenn eine Verdünnung benutzt werden soll, ist eine exakte Bezeichnung und am besten auch eine Anleitung für deren Herstellung erforderlich.

Bei acht simulierten Reanimationen durch ein wechselndes Team von jeweils drei Kinderärzten und drei Kinderkrankenschwestern in der Notfallaufnahme eines Kinderkrankenhauses ist bei 125 Medikamentengaben bei 17% der Verordnungen keine in diesem Sinne exakte oder vollständige Anordnung erfolgt [8]. Darüber hinaus sind sowohl bei der mündlichen wie auch schriftlichen Übermittlung einer Verordnung Übertragungsfehler denkbar.

Vorbereitung und Verabreichung der Verordnung

In den meisten klinischen Situationen wird die Verordnung vom Arzt festgelegt

und an eine Assistenzperson (z.B. Rettungsassistent oder Pflegepersonal) übermittelt. Die Aufgabe der Assistenzperson ist dann die Umsetzung der genannten Medikamentenvorbereitung mit dem Ziel, die gewünschte Konzentration der Lösung herzustellen und die geforderte Dosis ggf. auch zu verabreichen.

Es hat sich außerordentlich bewährt, dass eine erteilte Verordnung vom Durchführenden mündlich wiederholt und vom Verordnenden auch schriftlich fixiert wird.

Wegen der erheblichen Dosisunterschiede werden für viele Medikamente Zubereitungen in unterschiedlichen Packungsgrößen und Konzentrationen angeboten, was eine Verwechslung der Konzentrationen möglich macht. Zusätzlich müssen ggf. Verdünnungen hergestellt werden, damit die errechnete Dosis in einem praktikablen Volumen verabreicht werden kann. Bei der schon erwähnten Studie [8] mit simulierten Reanimationen in einer Kindernotfallaufnahme mit insgesamt 125 Medikamentenanordnungen wurden die verwendeten Spritzen gesammelt. Nach zufälliger Auswahl von 58 Spritzen wurde in diesen die Konzentrationen der Medikamente gemessen und mit den angegebenen Konzentrationen verglichen. Bei 16% der Spritzen fand sich eine Konzentration, die um mehr als 20% von der angegebenen abwich; bei 7% der Spritzen war die Abweichung größer als 50%.

Einfluss der Versorgungssituation auf die Fehlerrate

Die Summe der genannten Fehlerquellen gewinnt an Bedeutung, je dringlicher der zeitliche Ablauf und die Dichte mehrerer Verordnungen ist. Dieser Effekt wurde auf Intensivstationen in Form von höheren Fehlerraten im Vergleich zu Normalstationen mehrfach nachgewiesen. So wurde auf einer Intensivstation für Erwachsene eine Rate von 74 Fehlern pro 100 Patiententagen beobachtet, wobei 0,9% der Patienten durch Medikamentenfehler einen dauerhaften Schaden erlitten oder starben [28]. Auch bei Neugeborenen

wurde eine signifikant höhere Rate an Fehlern festgestellt, wenn diese auf einer Intensivstation behandelt wurden [4].

In pädiatrischen Notfalleinrichtungen mussten ebenfalls erhöhte Fehlerraten bei Medikamentenverordnungen festgestellt werden – so wurden in einer retrospektiven Kohortenstudie in einer Kindernotfallaufnahme 10% der Verordnungen als fehlerhaft gewertet [25]. Weiter kam es in der erwähnten simulierten Reanimationssituation [8] unter 125 Verordnungen 4-mal zu einem Fehler in einer 10er-Potenz (mit zehnfach überhöhter Dosis). In allen Fällen wurde diese Verordnung von einem der drei ärztlichen Teammitglieder jedoch hinterfragt und die Verabreichung der Fehldosierung auf diese Weise verhindert. In diesem Szenarium hat damit ein Kontrollmechanismus durch mehrere Personen vergleichbarer Kompetenz stattgefunden und funktioniert. Die Autoren der Untersuchung [8] stellen zur Diskussion, dass Medikamentenfehler einen Hauptgrund für die Tatsache darstellen, dass bei Kindern – im Vergleich zu Erwachsenen – trotz einer geringeren Rate an chronischen Erkrankungen eine schlechtere Überlebensrate bei Reanimationen zu beobachten ist.

Bei der präklinischen Notfallversorgung fallen Kontrollmechanismen durch mehrere Personen mit vergleichbarer Kompetenz, wie sie in der Klinik zu finden sind, regelhaft weg. Die zu erwartende höhere Rate an Medikamentenfehlern wird durch eine Untersuchung aus den USA untermauert, bei der die intravenösen oder intraossären Dosierungen von Adrenalin im Rahmen von präklinischen Reanimationen überprüft wurden [29]. Nur in 34% der Fälle konnte die Dosis als korrekt gewertet werden. Eine andere retrospektive Untersuchung stellte bei 35% aller präklinischen Medikamentengaben Fehldosierungen fest [13].

Anhand der beschriebenen Analyse des Ablaufs einer Verordnung und der als potenzielle Fehlerquellen erfassten Unterpunkte werden im Folgenden Strategien zur Fehlervermeidung aufgezeigt und die Wirksamkeit – soweit möglich – anhand von Studien belegt.

Ansätze zur Verbesserung der Medikamentenverordnungen

Feststellung der Indikation und Dosierungsempfehlungen

Medizinisches Personal soll zumindest über Grundkenntnisse der altersgruppenspezifischen Besonderheiten von Notfallmedikamenten verfügen. Darüber hinaus sind diverse Hilfsmittel zur Arzneimitteltherapie und zum Abruf der wichtigsten Fakten verfügbar.

Durch den Zugriff auf pädiatrisch-pharmakologische Informationsquellen kann die Rate an Medikamentenfehlern reduziert werden.

Dieser Effekt ist für elektronische Hilfsmittel [30] und für tabellarische Zusammenstellungen [31] nachgewiesen. Verschiedene elektronische Unterstützungsprogramme, die auch in mobilen Geräten verwendbar sind, berücksichtigen pädiatrische Besonderheiten und Dosierungsempfehlungen und sind teils kostenfrei nutzbar – z.B. das System Epocrates (Abb. 1). Insgesamt existiert eine Vielzahl an auf mobilen Geräten verwendbaren Applikationen, deren medizinischer Nutzen bisher jedoch nicht ausreichend untersucht worden ist. Grundsätzlich kann schon bei der präklinischen Versorgung darauf zugegriffen werden – der Anwender muss jedoch mit dem konkreten Werkzeug vertraut sein, um es im Notfall sicher und zügig anwenden zu können. Im Einzelfall kann auch die telefonische Konsultation eines Kollegen auf einer pädiatrischen Intensivstation hilfreich sein.

Feststellung des Gewichts

In der Literatur wird vereinzelt das Wiegen des Kindes vor einer Medikamentenverordnung gefordert [32] – diese an sich wünschenswerte Maßnahme ist in der Notfall – und Intensivmedizin jedoch kaum praktikabel.

Ein erster wertvoller Schritt ist schon getan, wenn das Körpergewicht des Kindes überhaupt die ihm zukommende Beachtung findet.

Abbildung 1



Dazu gehört auch, das Gewicht zu dokumentieren und der weiterbehandelnden Einheit unter Angabe der Quelle zu übergeben. In vielen Fällen sind die Eltern verfügbar; sie geben das Gewicht ihres Kindes regelmäßig sehr zuverlässig an. In einem Vergleich von Gewichtsschätzungen an 410 Kindern waren die Eltern in der Lage, das Gewicht von 78% der eigenen Kinder mit einer Abweichung unter 10% zu schätzen [21]. Altersbezogene Gewichtsschätzungen schnitten in der genannten Untersuchung am schlechtesten ab. So führte die von der American Heart Association (AHA) für das APLS-Training (Advanced Pediatric Life Support) genannte Formel ($\text{Gewicht} = [\text{Alter} + 4] \times 2$) in nur 34% der Fälle zu einer korrekten Angabe.

Bei fehlender Angabe durch die Eltern ist die längenbezogene Gewichtsschätzung die zweitbeste Quelle.

Dabei wird anhand von Längenperzentilen auf das durchschnittliche Gewicht (als Idealgewicht) geschlossen, womit in 61% der Fälle das Gewicht innerhalb

einer 10%-Abweichung vom wahren Wert ermittelt wurde [21]. Bei adipösen Kindern ist die Dosierung aufgrund des Idealgewichts besonders vorteilhaft – bei ihnen ist der Anteil des für die Dosierung von Notfallmedikamenten relevanten EZV am Körpergewicht relativ geringer [16].

Errechnen der Dosis und der Zubereitung

Jede Reduktion der Kalkulationsschritte vermindert die Fehlerrate [33].

Nach Kenntnis der Dosierungsempfehlung und des Gewichtes kann die Dosis berechnet werden. Dabei sind elektronische Hilfsmittel (Taschenrechner, Computerprogramme) hilfreich, weil sie Rechenfehler nachweislich minimieren [32].

Im Krankenhaus ist es praktikabel, die im Haus üblichen Dosierungen sowie Medikamentenvorbereitungen in einem Tabellenkalkulationsprogramm zu hinterlegen, das nach Eintragen des Gewichtes ein Dosierungsschema für alle relevanten Medikamente erzeugen kann. Auf vielen

pädiatrischen Intensivstationen wird das individuelle Dosierungsschema ausgedruckt und offen in die Behandlungseinheit des betreffenden Kindes gelegt – dann können die Medikamente ohne erneute Herleitung der Dosis und Verdünnungsart unmittelbar abgelesen werden. Auch in der Anästhesie kann sich dieses Vorgehen bewähren.

Auch im präklinischen Bereich konnte durch den Einsatz einer Tabelle mit gewichts- und dosierungsbezogenen Angaben sowie definierten Medikamentenkonzentrationen und Volumenangaben ein positiver Effekt nachgewiesen werden [34]. Derartige Hilfsmittel ersetzen selbstverständlich nicht die individuelle ärztliche Entscheidung.

Übermittlung der Verordnung

Eine Verordnung ist – wo immer möglich – schriftlich zu übermitteln. Dadurch wird nicht nur der Dokumentationspflicht genügt, sondern der Empfänger der Verordnung kann diese bei Zweifeln auch wiederholt abrufen. In Notfallsituationen, etwa während einer Reanimation, wäre dies jedoch allenfalls durch eine Hilfsperson zu gewährleisten, die nur für die Dokumentation abgestellt wäre – was in den meisten Szenarien nicht realisierbar ist.

Grundsätzlich sollen – unabhängig von der Art der Übermittlung – alle für die Erstellung der Verordnung verwendeten Informationen deutlich kommuniziert werden.

Dazu zählt, dass die schrittweise Herleitung der Verordnung dem Notfallteam zur Kenntnis gebracht wird – nur so erhalten alle Teammitglieder die Gelegenheit, Fehler zu erkennen oder Unklarheiten zu hinterfragen.

Der Empfänger einer Verordnung soll diese zur Bestätigung einer korrekten Übernahme vollständig und deutlich wiederholen – eine derartige Kommunikationsstruktur gehört in vielen Arbeitsfeldern zum Standard und kann auch zur Reduzierung von Medikationsfehlern beitragen [27].

Vorbereitung und Verabreichung der Verordnung

Es sollen so wenige Konzentrationen und Verdünnungen benutzt werden, wie dies medizinisch vertretbar ist.

- Sofern nach der Medikamentengabe mit 0,9% NaCl o.ä. nachgespült wird, kann vielfach dieselbe (unverdünnte) Standardlösung wie bei Erwachsenen – jedoch in 1 ml Spritzen mit Teilstriichen zu 0,01 ml – benutzt werden.
- In anderen Fällen, so beim Einsatz von Adrenalin zur Reanimation, kann für alle Altersklassen dieselbe Medikamentenvorbereitung – als Verdünnung auf 1 : 10.000 (= 100 µg/ml) – benutzt werden. Bei einer empfohlenen i.v.-Dosis von 10 µg/kg KG wird das errechnete Volumen von 0,1 ml/kg KG dann je nach Gewicht mit einer 1 ml – oder 10 ml-Spritze verabreicht.

Das Mischungsverhältnis muss exakt eingehalten werden. Die Sicherheit wird durch zentral in einer Apotheke oder von einem Hersteller vorbereitete und etikettierte Spritzen erhöht, da der Herstellungsprozess hier der Qualitätskontrolle unterliegt [32] – nachteilig sind jedoch die relativ kurze Haltbarkeit und die Kosten.

Bei der Versorgung eines Patienten sollen niemals Spritzen mit verschiedenen Konzentrationen desselben Wirkstoffs verwendet werden. Darüber hinaus ist jede vorbereitete Spritze eindeutig mit Wirkstoff und Konzentration zu beschriften.

Mit der Kennzeichnung – und der damit verbundenen Aufmerksamkeit – erfolgt gleichzeitig eine wirksame Überprüfung des aufgezogenen Medikaments [35]. Vorteilhaft ist die Verwendung farblich einheitlich gestalteter Aufkleber, wie sie durch die DIVI empfohlen wird und in Form der ISO 26825 international festgelegt worden sind [36]. Es ist erwiesen, dass eine solche Kennzeichnungsnorm zumindest die Verwechslung zwischen Medikamentengruppen reduziert [32].

Im Folgenden werden Verbesserungsmöglichkeiten bei der Medikamentenverordnung dargestellt, die keinem der vorgenannten Punkte zuzuordnen sind oder mehrere Unterpunkte berühren.

Übergreifende Ansätze zur Verbesserung der Medikamentenverordnung

Ausbildungskonzepte der Mitarbeiter und Reporting-Systeme

Eine flächendeckende präklinische Versorgung durch Kinderärzte und Kinderpflegekräfte ist nicht zu gewährleisten. Umso wichtiger sind die Entwicklung strukturierter Ausbildungskonzepte und deren Implementierung in die klinische Praxis.

Große Erfahrung und intensive Ausbildung können die Fehlerraten reduzieren.

Beispielsweise wurde nach Einführung von Unterricht über die Verordnung von Medikamenten in der Pädiatrie die Rate an Verschreibungsfehlern halbiert [37]. Weiter kann ein System zur Anzeige von Medikamentenfehlern, das keine Sanktion für den Anzeigenden impliziert, die Zahl an berichteten und in einer Klinik konstruktiv diskutierten Fehlern steigern [25]. Es liegt nahe, dass mit einer solchen Berichtskultur eine Reduktion zumindest von systematischen Fehlern erreicht wird, ohne dass dies bislang nachgewiesen werden konnte. Dagegen wurde durch Einführung einer externen Kontrolle der pädiatrischen Verordnungen durch einen Krankenhausapotheker die Rate an Fehldosierungen nachweislich reduziert [38]. Als ursächlich für diese Verbesserung ist die erhöhte Vigilanz der Mitarbeiter anzunehmen. Eine ähnliche retrospektive Kontrolle erscheint auch für den Bereich von präklinischen Notfallversorgungen umsetzbar.

Elektronische Verordnungssysteme

Beim Einsatz elektronischer Verordnungssysteme (siehe oben) werden Angaben zur gewünschten Dosis, zum Applikati-

onsweg und zur Frequenz der Verabreichung in eine Maske eingegeben und die erforderlichen Rechenschritte durch das Computersystem erledigt. Elektronische Verordnungssysteme können die Zahl lückenhafter Verordnungen reduzieren [39]. Durch Integration einer pädiatrisch-pharmakologischen Datenbank wird auch die Rate bedrohlicher Fehldosierungen gesenkt [40-42]. Je komplexer die Verordnungen sind (z.B. bei Kindern mit nephrologischen oder onkologischen Erkrankungen), desto größer ist der zu erwartende positive Effekt [24].

Das Pädiatrische Notfalllineal

Das Pädiatrische Notfalllineal unterstützt den Anwender in allen aufgezeigten Unterpunkten der Medikamentenverordnung.

Besonders im präklinischen Bereich, in dem einige der genannten Maßnahmen zur Erhöhung der Verordnungssicherheit wegen der strukturellen Gegebenheiten regelmäßig nicht zum Einsatz kommen (z.B. computergestützte Systeme, mehrere Personen mit vergleichbarer oder übergeordneter ärztlicher Kompetenz), kann der Einsatz des Pädiatrischen Notfalllineals sinnvoll sein (Abb. 2). Es ermöglicht eine präzise Gewichtsschätzung unter Vermeidung von durch Adipositas bedingter Überdosierung und enthält altersgruppenabhängige Dosierungsempfehlungen. Dank einer standardisierten, auf dem Lineal beschriebenen Medikamentenvorbereitung sind die Konzentrationen direkt ablesbar. Zusätzlich werden die daraus abgeleiteten Medikamentenvolumina angegeben und Mindest- und Höchstdosierungen leitlinienkonform berücksichtigt. Damit ist ein Großteil der kognitiven Leistungen der Medikamentenverordnungen im Lineal hinterlegt, und die Anforderungen an den Hilfeleistenden werden reduziert. Zusätzlich bietet das Lineal Hilfe bei der Auswahl von Ausrüstungsgegenständen, wobei die längenbezogene Wahl des Endotrachealtubus einer altersbezogenen Formel überlegen ist [43]. Auch physiologische Normalwerte sind abrufbar,

Abbildung 2



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

deren Einhaltung wesentlich zu einem optimalen Ergebnis – insbesondere bei einem Schädel-Hirn-Trauma – beitragen kann [44].

Der Nutzen eines ähnlichen Prinzips, des Broselow-Tape, ist eindeutig erwiesen – hier konnte in einer präklinischen Untersuchung die Rate an korrekten Adrenalingaben nahezu verdoppelt werden

[29]. Der nachgewiesene Nutzen des Lineals hat zu einer Empfehlung in den Reanimations-Leitlinien der American Heart Association (AHA) geführt [45], wobei bisher nur die Möglichkeit zur Tubuswahl in die Leitlinie des European Resuscitation Council (ERC) übernommen wurde [12].

Literatur

- Sharek PJ, Classen D: The incidence of adverse events and medical error in pediatrics. *Pediatr Clin North Am* 2006;53:1067-77
- Pham JC, Aswani MS, Rosen M, Lee H, Huddle M, Weeks K, et al: Reducing medical errors and adverse events. *Annu Rev Med* 2011;63:447-63
- Gonzales K: Medication administration errors and the pediatric population: A systematic search of the literature. *J Pediatr Nurs* 2010;25:555-65
- 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; 285:2114-20
- Bates DW, Leape LL, Petrycki S: Incidence and preventability of adverse drug events in hospitalized adults. *J Gen Intern Med* 1993;8:289-94
- Foresman-Capuzzi J: Delivering resuscitation medications to pediatric patients. *J Emerg Nurs* 2011;37: 194-99
- Kozer E, Scolnik D, Keays T, Shi K, Luk T, Koren G: Large errors in the dosing of medications for children. *N Engl J Med* 2002;346:1175-76
- 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
- Otero P, Leyton A, Mariani G, Ceriani Cernadas JM, Patient Safety C: Medication errors in pediatric inpatients: Prevalence and results of a prevention program. *Pediatrics* 2008;122: e737-43
- Kozer E, Scolnik D, Jarvis AD, Koren G: The effect of detection approaches on the reported incidence of tenfold errors. *Drug Saf* 2006;29:169-74
- 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;350:1722-30
- Biarent D, Bingham R, Eich C, Lopez-Herce J, Maconochie I, Rodriguez-Nunez A, et al: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010: Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2010;81:1364-88
- 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
- McDonald S: Aspirin use to be banned in under 16 years olds. *Bmj* 2002;325:988
- Kearns GL, Abdel-Rahman SM, Alander SW, Blowey DL, Leeder JS, Kauffman RE: Developmental pharmacology-drug disposition, action, and therapy in infants and children. *N Engl J Med* 2003;349: 1157-67
- Luten RC, Zaritsky A, Wears R, Broselow J: The use of the Broselow tape in pediatric resuscitation. *Acad Emerg Med* 2007;14:500-501; author reply 501-502
- Coté CJ, Lermann J, Todres ID: A practice of anesthesia for infants and children. 4th Ed. Philadelphia: Saunders; 2009
- Welzing L, Kribs A, Eifinger F, Hünseler C, Oberthuer A, Roth B: Propofol as an induction agent for endotracheal intubation can cause significant arterial hypotension in preterm neonates. *Paediatr Anaesth* 2010;20:605-11
- Batra YK, Al Qattan AR, Ali SS, Qureshi MI, Kuriakose D, Migahed A: Assessment of tracheal intubating conditions in children using remifentanyl and propofol without muscle relaxant. *Paediatr Anaesth* 2004;14:452-56
- Greig A, Ryan J, Glucksman E: How good are doctors at estimating children's weight? *J Accid Emerg Med* 1997;14:101-103
- Krieser D, Nguyen K, Kerr D, Jolley D, Clooney M, Kelly AM: Parental weight estimation of their child's weight is more accurate than other weight estimation methods for determining children's weight in an emergency department? *Emerg Med J* 2007;24:756-59
- Schlechtriemen T, Bradschettl G, Stolpe E, Altemeyer KH: Entwicklung eines erweiterten Mindestdatensatz Notfallmedizin für die Luftrettung. *Notfall Rettungsmed* 2001;4:76-89
- Messelken M, Schlechtriemen T, Arntz HR, Bohn A, Bradschettl G, Brammen D, et al: Der minimale Notfalldatensatz MIND3. *Anästh Intensivmed* 2011;52:S738-S743
- Davis T: Paediatric prescribing errors. *Arch Dis Child* 2011;96:489-91
- Neuspiel DR, Stubbs EH, Liggin L: Improving reporting of outpatient

- pediatric medical errors. *Pediatrics* 2011;128:e1608-e1613
26. Kozar E, Scolnik D, Macpherson A, Keays T, Shi K, Luk T, et al: Variables associated with medication errors in pediatric emergency medicine. *Pediatrics* 2002;110:737-42
 27. Pruitt CM, Liebelt EL: Enhancing patient safety in the pediatric emergency department: teams, communication, and lessons from crew resource management. *Pediatr Emerg Care* 2010;26:942-48
 28. Valentin A, Capuzzo M, Guidet B, Moreno R, Metnitz B, Bauer P, et al: Errors in administration of parenteral drugs in intensive care units: Multinational prospective study. *Bmj* 2009;338:b814
 29. 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
 30. Mullett CJ, Evans RS, Christenson JC, Dean JM: Development and impact of a computerized pediatric anti-infective decision support program. *Pediatrics* 2001;108:E75
 31. Sard BE, Walsh KE, Doros G, Hannon M, Moschetti W, Bauchner H: Retrospective evaluation of a computerized physician order entry adaptation to prevent prescribing errors in a pediatric emergency department. *Pediatrics* 2008;122:782-87
 32. Merry AF, Anderson BJ: Medication errors – New approaches to prevention. *Paediatr Anaesth* 2011;21:743-53
 33. Luten R, Wears RL, Broselow J, Croskerry P, Joseph MM, Frush K: Managing the unique size-related issues of pediatric resuscitation: Reducing cognitive load with resuscitation aids. *Acad Emerg Med* 2002;9:840-47
 34. Bernius M, Thibodeau B, Jones A, Clothier B, Witting M: Prevention of pediatric drug calculation errors by prehospital care providers. *Prehosp Emerg Care* 2008;12:486-94
 35. Merry AF, Shipp DH, Lowinger JS: The contribution of labelling to safe medication administration in anaesthetic practice. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2011;25:145-59
 36. Sybrecht GW, Prien T: Arzneimittelsicherheit: Standard-Spritzenaufkleber in der Akutmedizin. *Dtsch Arztebl* 2010;107: A-1031
 37. Davey AL, Britland A, Naylor RJ: Decreasing paediatric prescribing errors in a district general hospital. *Qual Saf Health Care* 2008;17:146-49
 38. 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;97:1591-94
 39. Taylor JA, Loan LA, Kamara J, Blackburn S, Whitney D: Medication administration variances before and after implementation of computerized physician order entry in a neonatal intensive care unit. *Pediatrics* 2008;121:123-28
 40. Campino A, Lopez-Herrera MC, Lopez-de-Heredia I, Valls-i-Soler A: Educational strategy to reduce medication errors in a neonatal intensive care unit. *Acta Paediatr* 2009;98:782-85
 41. King WJ, Paice N, Rangrej J, Forestell GJ, Swartz R: The effect of computerized physician order entry on medication errors and adverse drug events in pediatric inpatients. *Pediatrics* 2003;112:506-509
 42. Potts AL, Barr FE, Gregory DF, Wright L, Patel NR: Computerized physician order entry and medication errors in a pediatric critical care unit. *Pediatrics* 2004;113:59-63
 43. Hofer CK, Ganter M, Tucci M, Klaghofer R, Zollinger A: How reliable is length-based determination of body weight and tracheal tube size in the paediatric age group? The Broselow tape reconsidered. *Br J Anaesth* 2002;88:283-85
 44. Chambers IR, Jones PA, Lo TY, Forsyth RJ, Fulton B, Andrews PJ, et al: Critical thresholds of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure related to age in paediatric head injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2006;77:234-40
 45. Kleinman ME, Chameides L, Schexnayder SM, Samson RA, Hazinski MF, Atkins DL, et al: Special Report - Pediatric Advanced Life Support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardio-pulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Pediatrics* 2010; 126: e1361-e1399.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Jost Kaufmann**

Abteilung Kinderanästhesie
Kinderkrankenhaus
Kliniken der Stadt Köln gGmbH
Amsterdamer Straße 59
50735 Köln, Deutschland
Tel.: 0221 8907-15199
E-Mail: kaufmannj@kliniken-koeln.de

Alle wissenschaftlichen Beiträge seit März 1999
finden Sie online unter

www.ai-online.info

Zugangsdaten können Sie unter Angabe Ihrer Mitglieds- oder Abonummer anfordern
unter der E-Mail-Adresse: ai@aktiv-druck.de