



S. Wirtz<sup>1</sup> · C. Eich<sup>1,2,3</sup> · K. Becke<sup>2</sup> · S. Brenner<sup>3</sup> · A. Callies<sup>1</sup> · U. Harding<sup>1</sup> · C. Höhne<sup>2</sup> · F. Hoffmann<sup>3</sup> · J. Kaufmann<sup>2</sup> · B. Landsleitner<sup>2</sup> · H. Marung<sup>1</sup> · T. Nicolai<sup>3</sup> · F. Reifferscheid<sup>1</sup> · U. Trappe<sup>1</sup> · P. Jung<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup> Arbeitsgemeinschaft in Norddeutschland tätiger Notärzte e. V. (AGNN), Lübeck, Deutschland

<sup>2</sup> Wissenschaftlicher Arbeitskreis Kinderanästhesie (WAKKA), Deutschen Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin (DGAI), Nürnberg, Deutschland

<sup>3</sup> Sektion Pädiatrische Intensiv- und Notfallmedizin der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI), Berlin, Deutschland

<sup>4</sup> Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, Lübeck, Deutschland

# Anwendung kognitiver Hilfsmittel im Kindernotfall

## Interdisziplinär konsentizierte Stellungnahme

### Notfallbehandlung von Kindern – Allgemeines

Kindernotfälle sind im rettungsdienstlichen Alltag mit einem Anteil von etwa 4–10 % relativ selten [1, 2]. Sie stellen daher für Notarzt und Rettungsfachpersonal eine besondere Herausforderung dar und führen zu erhöhter Stressbelastung. Insbesondere in den Altersgruppen Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder ist eine adäquate Versorgungsroutine durch die notärztliche Praxis allein weder zu erlangen noch aufrechtzuerhalten. Aufgrund aktueller Untersuchungen muss von einer erhöhten Fehlerinzidenz bei der Behandlung kindlicher Notfälle ausgegangen werden [3, 4].

Bei Kindern unterschiedlicher Altersgruppen müssen spezifische Besonderheiten bezüglich der Pharmakodynamik und -kinetik von Medikamenten beachtet werden, die sich v. a. in altersgruppenspezifischen Dosierungsempfehlungen und Wirkdauern ausdrücken. Noch grundlegender ist jedoch die Notwendigkeit der individuellen Berechnung der Dosis anhand einer „passenden“ Dosierungsempfehlung bezogen auf das Körpergewicht. Eine solch genaue Berechnung ist im Gegensatz dazu beim Erwachsenen bei vielen Notfallmedikamenten (z. B. Adrenalin zur Reanimation) nicht notwendig. Erschwerend kommt hinzu, dass es bezüglich der errechneten Medikamenten-

menge beim Kind keine Vertrautheit mit der Dosis gibt [5]. Das bedeutet, dass eine grob von der korrekten Menge abweichende Dosierung (z. B. das 10-Fache der empfohlenen Dosis) beim Kind nicht unbedingt als solche augenscheinlich wird (wie beispielsweise beim Erwachsenen 10 Amp. statt einer). In diesem Zusammenhang kann es bei der Notfallbehandlung von Kindern in über 30 % der Fälle zu Medikationsfehlern kommen [3, 4, 6]. Somit bedarf es für die korrekte Dosierung in der notfallmedizinischen Versorgungssituation einer sicheren Anwendungserfahrung des Notarztes und einer entsprechenden Unterstützung durch Hilfsmittel.

Zusätzlich ist es für medizinisches Personal, das nicht regelmäßig in der Kinderakutmedizin tätig ist, sehr schwierig, altersgruppenspezifische und physiologische Normwerte (Herzfrequenz, Blutdruck, Atemzugvolumen, Atemfrequenz etc.) aus dem Gedächtnis abzurufen. Die Beachtung altersspezifischer Normwerte ist für den Therapieerfolg jedoch von großer Bedeutung [7].

Schlüsselherausforderungen bei der Notfallbehandlung von Kindern sind:

- Kenntnis altersentsprechender Normalwerte und -befunde,
- korrekte Auswahl der Medikamente und Applikationswege,
- korrekte Bestimmung des Körpergewichts,

- korrekte Berechnung der Medikamentendosis anhand des Körpergewichts,
- fehlerfreie Verdünnung und Vorbereitung der Medikamente,
- fehlerfreie Applikation der Medikamente,
- richtige Auswahl und Organisation der medizinischen Ausrüstung,
- Fehlervermeidung unter belastender Einsatzsituation.

### Verantwortlichkeiten

Grundsätzlich liegt die Verantwortung für medizinische Maßnahmen beim behandelnden Arzt. Gleichwohl sollten verlässliche Referenzen und Informationsquellen genutzt werden, um die notwendigen Daten auch in Stresssituationen rasch und zuverlässig abrufen zu können. Die Nutzung kognitiver Hilfsmittel stellt dabei keine Beschneidung der ärztlichen Therapieentscheidung dar, sondern eine Unterstützung und Absicherung bei der Bewältigung der speziellen Herausforderungen in vergleichsweise seltenen akuten Notfallsituationen. Es ist dabei unbedingt notwendig, dass sich der Anwender vor der Nutzung eines solchen Hilfssystems mit diesem vertraut gemacht hat [9]; zum einen, um die bei vielen Hilfssystemen sehr unterschiedliche Systematik zu verstehen, und zum anderen, um sie bereits im Vorfeld auf ihre Korrektheit

zu überprüfen. Beide Punkte sind unabdingbar für den sicheren Einsatz eines kognitiven Hilfsmittels in der Stresssituation des pädiatrischen Notfalls. Zu beachten ist, dass die Verantwortung für die Therapie vollständig beim Anwender verbleibt und nicht auf das verwendete kognitive Hilfsmittel oder dessen Herausgeber übergeht. Insbesondere aufgrund ihres relevanten Einflusses auf die Therapie sollten, wo immer möglich, Hilfsmittel zum Einsatz kommen, die auf der Grundlage hinreichender Evidenz bzw. valider, maßgeblicher Quellen entwickelt wurden.

### „Off label use“ in der Kindernotfallbehandlung

Insbesondere in der Notfallbehandlung von Kindern werden Medikamente häufig außerhalb ihrer Zulassung (Alter, Indikation, Applikationsweg und/oder Dosis) angewendet („off label use“). Auch dafür trägt der behandelnde (Not-)Arzt die Verantwortung, indem er eine individuelle Abwägung von Nutzen und Risiken aufgrund guter klinischer Praxis („good clinical practice“, GCP) trifft. Die Anwendung von Medikamenten als „off label use“ durch den Arzt ist möglich, wenn eine individuelle Güterabwägung auf der Grundlage von GCP stattgefunden hat. Sie unterliegt grundsätzlich der Aufklärungspflicht, wobei dieser in der Notfallsituation vor Therapiebeginn regelhaft nicht nachgekommen werden kann.

### Körpergewicht als Grundlage von Medikamentendosierungen im Kindesalter

In der Kinderanästhesie werden Medikamente überwiegend nach dem aktuellen Körpergewicht dosiert, sodass diese gängige Praxis grundsätzlich als sicher gelten kann.

Wenn das Körpergewicht bekannt ist, kann die Dosierung von Medikamenten in aller Regel nach dem tatsächlichen Körpergewicht vorgenommen werden. Wenn Eltern auf Anfrage das Gewicht ihres Kindes schätzen können, kann dieses in der Regel hinreichend zuverlässig verwendet werden und bildet

damit eine gute Grundlage zur Berechnung von Medikamentendosierungen [13]. Ausnahmen stellen massive Abweichungen von der Normalverteilung dar (schweres Über-/Untergewicht, [10]). In diesen Fällen erscheint es für die Berechnung der korrekten Medikamentendosis valider, das Durchschnittsgewicht bei gegebener Körpergröße (Normalgewicht) zugrunde zu legen [11]. Eine Dosiszugabe für übergewichtige Patienten kann zur Überdosierung führen, da sich der Extrazellulärraum als Verteilungsraum für Medikamente bei Übergewicht anteilig, bezogen auf das Körpergewicht, verkleinert [2, 12].

Bei kindlichen Notfallpatienten im Rettungsdienst ist das aktuelle Körpergewicht oft unbekannt. Die Ermittlung anhand altersbezogener Schätzformeln (Advanced Pediatric Life Support (APLS/PALS), Paediatric Life Support (PLS), „best guess“, Luscombe and Owens) ist Gegenstand intensiver Forschung. Ihre Treffsicherheit wird kontrovers diskutiert [10, 13, 14]. Die alleinige Abschätzung des Körpergewichts durch den Behandler birgt Ungenauigkeiten und damit Risiken für die daraus abgeleiteten Therapieentscheidungen und Dosiskalkulationen.

### Kognitive Hilfsmittel

Als kognitive Hilfsmittel, im Englischen als „cognitive aids“ (CA) bezeichnet, sind in diesem Zusammenhang alle Veröffentlichungen in Druckform oder auf elektronischer Basis zu verstehen, die im Alltag genutzt werden, um oben genannte klinische Informationen bereitzustellen [8]. Insbesondere im Taschenbuchformat dienen kognitive Hilfsmittel seit Langem der schnellen Informationsbereitstellung.

Grundsätzlich sind kognitive Hilfsmittel in der Notfallbehandlung als Informationsquelle und zur Kontrolle von Maßen und Dosierungen ausdrücklich zu empfehlen, da sie dazu beitragen können, eine effektive Therapie sicherzustellen und die Fehlerhäufigkeit zu reduzieren [9, 23]. Sie stellen jedoch keine Alternative zu ärztlichem Sachverstand, Erfahrung und praktischen Fertigkeiten dar. Gleichwohl erleichtern und verbes-

sern sie das Ergebnis des Arbeitens unter Stress und sind in vielen Domänen mit hohen Sicherheitsanforderungen und zeitkritischen Entscheidungen (Luft- und Seefahrt, Kernkraftanlagen u. a.) in Form von Checklisten o. Ä. längst Standard. Auch in der Kindernotfallmedizin gibt es bereits eine große Anzahl solcher kognitiven Hilfsmittel, die sich im Wesentlichen in Bezug auf Darstellung, Umfang und Aufbereitung der Daten unterscheiden (Google-Stichworte: Kindernotfall, Taschenbuch: 5940 Einträge in deutscher Sprache, Stand 26.12.2016).

### Folgende kognitive Hilfsmittel lassen sich unterscheiden

- Lineale und Bänder zur Bestimmung des Körpergewichts anhand der Körperlänge mit entsprechenden Gewichtsklassen für Dosierungen und Maße,
- Bücher, Tabellen, Algorithmen in Papierform,
- Apps, Programme, Datenbanken in elektronischer Form für mobile Endgeräte.

Da die verschiedenen Systeme kognitiver Hilfsmittel in Aufbau, Systematik und Inhalt sehr unterschiedlich und größtenteils nicht selbsterklärend sind, muss vermieden werden, dass der Anwender erst in der Hektik und im Stress des Notfalls das jeweilige System kennenlernt. Dies sollte im Vorfeld, in Ruhe, bestenfalls in simulierten Notfallszenarien stattfinden.

MERKE: Kognitive Hilfsmittel sind in Aufbau, Systematik und Inhalt sehr unterschiedlich und größtenteils nicht selbsterklärend. Es muss vermieden werden, dass der Anwender erst in der Hektik und im Stress des Notfalls das jeweilige System kennenlernt. Der erste Umgang mit einem System sollte im Vorfeld, in Ruhe, bestenfalls in simulierten Notfallszenarien stattfinden.

Des Weiteren sollte dem Anwender bewusst sein, dass es aktuell keine einheitliche Zertifizierung der unterschiedlichen Systeme gibt. Die meisten der aktuell verfügbaren kognitiven Hilfsmittel sind nicht als Medizinprodukt gemäß Medizinproduktegesetz (MPG) anerkannt bzw. angemeldet, auch wenn dies

– da, streng genommen, eine Beeinflussung der Behandlung stattfindet – vermutlich notwendig und sinnvoll wäre. Somit unterliegen sie auch nicht der Aufsicht des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM). Die Richtigkeit der angegebenen Dosierungen wird also ausschließlich von den Autoren überprüft, was schlussendlich keine zuverlässige und gleichbleibende Aktualität und Qualität sicherstellen kann. Andere Zertifizierungen und Kennzeichnungen haben oftmals eher etwas mit der vermarktungstechnischen Zulassung in Europa zu tun. Hier besteht die Anforderung an die Aufsichtsorgane, kostengünstige, eindeutige und transparente Zertifizierungswege zur Verfügung zu stellen. Nur so können Qualität und Patientensicherheit sichergestellt werden.

### Hilfsmittel zur Bestimmung des Körpergewichts

In der kindlichen Entwicklung gibt es große interindividuelle Unterschiede hinsichtlich Körpergröße und Lebensalter, wobei die Größe zuverlässig mit dem Idealgewicht korreliert. Dies machen sich viele der auf dem Markt befindlichen Systeme zunutze: Über ein beigefügtes Instrument zur Längenbestimmung wird entweder ein (Ideal-)Gewicht ermittelt, mit dessen Hilfe Medikamente dosiert werden können, oder die Länge wird einem bestimmten, farbig gekennzeichneten Feld zugeordnet, das eine Gewichtsgruppe zusammenfasst (z. B. Broselow-Tape). Für diese Gewichtsgruppen sind dann Maße, Referenzwerte und Medikamentendosierungen vorgegeben.

Die in der Pädiatrie verwendeten Somatogramme bilden die Normalverteilung in der Bevölkerung ab und beschreiben den Zusammenhang zwischen Körperlänge und Körpergewicht in der kindlichen Entwicklung. Diese Zusammenhänge unterliegen sehr langfristigen Veränderungen (säkularer Trend), sodass die regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung der Datenbasis erforderlich ist [15]. Notfallbänder und -lineale nutzen den oben genannten statistischen Zusammenhang und erlauben so eine hinreichend genaue Abschätzung des Körper-

Anaesthesist DOI 10.1007/s00101-017-0310-8  
© Springer Medizin Verlag GmbH 2017

S. Wirtz · C. Eich · K. Becke · S. Brenner · A. Callies · U. Harding · C. Höhne · F. Hoffmann · J. Kaufmann · B. Landsleitner · H. Marung · T. Nicolai · F. Reifferscheid · U. Trappe · P. Jung

### Anwendung kognitiver Hilfsmittel im Kindernotfall. Interdisziplinär konsentierete Stellungnahme

#### Zusammenfassung

Kindernotfälle sind im Bereich der präklinischen Notfallmedizin seltene Ereignisse und u. a. deshalb für Notärzte und Rettungsdienstkräfte oft mit Stress und Unsicherheit verbunden. Es existiert eine Vielzahl verschiedener kognitiver Hilfsmittel (Bücher, Apps, Lineale, gewichtsadaptierte Taschensysteme etc.), um im pädiatrischen Notfall die adäquate Versorgung sicherzustellen. Insbesondere die richtige Größenauswahl der Ausrüstung und die Dosierung der Notfallmedikamente sind bei Kindern individuell sehr unterschiedlich und abhängig von Kenngrößen wie der Körperlänge und dem Körpergewicht. Kognitive Hilfsmittel beinhalten deshalb oftmals die Möglichkeit der Längenmessung, von der wiederum auf das Gewicht als Leitwert zur Dosisberechnung von Medikamenten rückgeschlossen werden

kann. Zwar können diese Hilfsmittel die Fehldosierung und -behandlung von Kindern im Notfall verhindern helfen, ihr unkritischer und nicht im Vorfeld trainierter Einsatz birgt aber auch die Gefahr der falschen Anwendung. Diese Empfehlung bietet einen Überblick über die allgemeinen Anforderungen und Probleme verschiedener Arten kognitiver Hilfsmittel und soll dazu beitragen, die Rahmenbedingungen und die rationale Basis für den Einsatz und die Weiterentwicklung kognitiver Hilfsmittel in der Notfallmedizin zu verbessern.

#### Schlüsselwörter

Kognitive Hilfsmittel · Dosierungsfehler · Pädiatrischer Notfall · Pädiatrische Notfallmedizin

### Use of cognitive aids in pediatric emergency care. Interdisciplinary consensus statement

#### Abstract

Preclinical pediatric emergencies are rare events and are therefore often associated with stress and uncertainty for emergency medical service personnel. To ensure adequate treatment of pediatric patients a variety of different cognitive aids exist (e.g. books, apps, rulers, weight-adapted bag systems). Especially the size specifications of the medical equipment and the dosage of emergency medication are individually very different in children and are dependent on parameters, such as body height and weight. Therefore, cognitive aids often enable length measurement whereby it is possible to draw conclusions on body weight for calculating

the child's medication dosage. These aids may help to avoid the wrong medication dose or the wrong therapy of children but uncritical and untrained usage of these aids carries a potential risk of mistakes. This recommendation gives an overview of the general requirements and different problems of cognitive aids and should help improve the general framework and the rational basis for the use and further development of cognitive aids in emergency medicine.

#### Keywords

Cognitive aids · Dosage error · Pediatric emergency · Pediatric emergency care

gewichts anhand der Körperlänge (Referenzperzentile, [16]). Obwohl ein so ermitteltes Körpergewicht im Einzelfall vom tatsächlichen Gewicht abweichen kann, ist diese Gewichtsschätzung bei korrekter Anwendung schneller und zuverlässiger als andere zur Verfügung stehende Methoden. Damit ist dieses Vorgehen als Grundlage für die Therapieführung hinreichend genau. Zu beachten ist,

dass sich aus der Zusammenfassung von mehr oder minder breiten Gewichtsklassen zu einem gemeinsamen Dosisbereich mitunter große Spannweiten in der Medikamentendosierung ergeben können. Die verwendeten Produkte sind diesbezüglich kritisch zu prüfen, damit sich hieraus keine zusätzlichen Dosierungsrisiken ergeben.

Bezüglich der Genauigkeit längenbezogener Systeme ist die Wahl der Abschnitte, in denen das Gewicht geschätzt wird, von zentraler Bedeutung. Weil die relative Gewichtszunahme im Verhältnis zur absoluten Längenzunahme bei Säuglingen erheblich größer ist als bei größeren Kindern, müssen hier kleinere Abschnitte gewählt werden.

Ein längenbezogenes System sollte alle Informationen auf einen Blick zur Verfügung stellen. Das Blättern in beispielsweise durch Farbkodierung zugeordneten Begleitheften kann Ablesefehler bedingen. Durch das direkte Ablesen der endgültigen Information (also des zu verabreichenden Volumens in *ml* einer definierten Lösung) können notwendige Dreisatzrechnungen vermieden werden, was die Wahrscheinlichkeit von Fehlerberechnungen reduziert. Zusätzlich sollten längenbezogene Hilfsmittel überall dort, wo sie sinnvoll sind, neben den altersgruppenspezifischen Dosierungsempfehlungen auch physiologische Normwerte und passende Größen anderer Versorgungsmittel (Beatmungsbeutel, Beatmungsmaske, Tubus, Larynxmaske etc.) nennen.

Es gibt umfangreiche Literatur sowie zahlreiche Leitlinien und Empfehlungen zu Wirkstoffen, Medikamentendosierungen und Materialien für die Notfallversorgung von Kindern. Diese variieren je nach regionalen Besonderheiten (z. B. angloamerikanischer vs. deutscher Sprachraum) und Zielgruppe (Rettungsdienst vs. Anästhesie vs. Pädiatrie). So unterscheiden sich beispielsweise die Standardmedikamente zu Analgesie und Herzrhythmustherapie in angloamerikanischen Veröffentlichungen von den im deutschen Sprachraum gebräuchlichen. Wünschenswert wäre demnach die Möglichkeit, diese Systeme mit einfachen Mitteln zu ergänzen und so an lokale Gegebenheiten anpassen zu können. Wichtiger noch ist es, bereits im Vorfeld Überlegungen zu treffen, ob ein System für den jeweiligen Einsatzbereich wirklich geeignet ist.

Handbücher mit einem hohen Anteil an Informationen zu Diagnostik und Therapie sind von Dosierungshilfen mit dem Schwerpunkt Gewichtsbestimmung, Medikamentenvorbereitung und

-dosierung zu unterscheiden. Im Taschenformat fehlt ihnen üblicherweise ein Hilfsmittel zur Abschätzung des Körpergewichts. Hierbei wäre denkbar, ein handelsübliches Längenmaßband im jeweils vorgehaltenen Kinderequipment vorzuhalten.

### Bücher, Tabellen, Algorithmen in Papierform

Viele Notärzte greifen bei der Behandlung pädiatrischer Notfälle auf Taschenbücher, Tabellen oder Algorithmen zurück, um sich direkt vor oder während der Behandlungssituation der richtigen Anwendung von Medikamenten und deren Dosierung zu versichern. Die Angaben basieren in der Regel auf dem Körpergewicht. Die Kenntnis des Körpergewichts wird also bei diesen Hilfsmitteln vorausgesetzt. Ohne sichere Kenntnis des Körpergewichts oder Zuhilfenahme weiterer Hilfsmittel zu dessen Abschätzung können hier folglich erhebliche Dosierungsfehler entstehen.

Andererseits sind Bücher und Tabellen relativ ressourcenunabhängig einsetzbar. Sie benötigen z. B. keinen Strom und sind auch bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen meist besser ablesbar als elektronische Displays. Eine regelmäßige Aktualisierung dieser Hilfsmittel mithilfe der neueren Literatur durch den Anwender ist zwingend erforderlich, muss aktiv und zuverlässig durchgeführt werden und kann bei Vernachlässigung zur Verwendung veralteter, ggf. fehlerhafter Dosiertabellen und Therapievorschläge führen.

Auch wenn der Nachweis im klinischen Kontext noch aussteht, konnte in simulierten Szenarien eine erhebliche Fehlerreduktion durch Verwendung von Tabellen o. Ä. gezeigt werden. Beispielsweise wurden 9 von 10 Dosierungsfehlern von Adrenalin zur Reanimation, bei denen es zu einem Faktor-10-Fehler kam (Verrechnung um eine Zehnerpotenz), vermieden [17]. In einer aktuellen Untersuchung wurden retrospektiv erstmals gravierende Überdosierungen von Adrenalin (>800 % der empfohlenen Dosis) auch für den präklinischen Bereich gefunden [18]. Dies hat eine hohe Relevanz, da bekannt ist, dass die Überdosierung

von Adrenalin in dieser Größenordnung mit einem signifikant schlechteren Überleben verbunden ist [19]. Sie sollte demnach zwingend vermieden werden [20].

### Apps, Programme und Datenbanken für mobile Endgeräte

Vorteile der digitalen Anwendungen sind der große Datenumfang sowie die potenziell einfache, zuverlässige und zeitnahe Aktualisierung von Daten. Die Nutzung kann jedoch im Einzelfall durch Akkukapazität, fehlende Netzanbindung, Systemfehler oder Umgebungsbedingungen eingeschränkt sein.

Zu beachten ist, dass sich insbesondere in nordamerikanischen Veröffentlichungen (und deren deutschsprachigen Übersetzungen) bei den Medikamenten regelmäßig Unterschiede zu den in Deutschland gebräuchlichen Notfallmedikamenten in Bezug auf Medikamentennamen und Wirkstoffbezeichnungen (z. B. Epinephrin/Adrenalin, Metamizol/Dipyrone oder Paracetamol/Acetaminophen) sowie bei Indikationen, Dosierungen und Darreichungsformen finden. Die Schätzung des Körpergewichts muss auch hier separat erfolgen und kann damit analog zu den oben genannten Problemen und Einschränkungen führen. Die uneingeschränkte Anwendung nordamerikanischer Apps ist im deutschsprachigen Raum somit nicht ohne Weiteres möglich. Eine Kennzeichnung über die Eignung für das deutsche Rettungswesen findet sich regelmäßig nicht.

In den USA wurde durch die Food and Drug Administration (FDA) ein Zulassungsrahmen für Software und elektronische Applikationen definiert, die bei der medizinischen Versorgung von Patienten zum Einsatz kommen. In Deutschland steht ein derartiges Regulatorium bisher aus. Von den Herstellern sollte dennoch gefordert werden, ihre Anwendung als Medizinprodukt gemäß MPG zu vermarkten und die entsprechend erforderlichen Zertifizierungen zu erfüllen [21]. Zusätzlich ist zu fordern, dass der Gesetzgeber diese Zertifizierungsprozesse sinnvoll reguliert. Transparenz, die Verwen-



derung wissenschaftlich anerkannter und aktueller Normen und Behandlungsweisen sowie die Prüfung der Richtigkeit der (Dosierungs-)Angaben stehen hier im Vordergrund. Außerdem muss dieser Zertifizierungsvorgang kostengünstig und bürokratisch einfach bestreitbar sein.

## Errechnung der Medikamentendosis anhand des Körpergewichts

Die korrekte Berechnung einer Medikamentendosis anhand des Körpergewichts ist, insbesondere im Kontext einer Notfallbehandlung, fehleranfällig. Die Anwendung des Vieraugenprinzips, also die gemeinsame Überprüfung der Medikamentengabe von der Dosisberechnung bis zur Applikation durch 2 Teammitglieder ist ein wesentlicher Bestandteil von Konzepten zur Fehlervermeidung [2]. Die Berechnung von Medikamenten anhand des Körpergewichts in Tabellenform vor Behandlungsbeginn hilft außerdem, Medikamentenfehdosierungen aufgrund von Rechenfehlern in Stresssituationen zu vermeiden. Das zugrunde liegende Prinzip vorab errechneter Daten in Tabellenform wird z. B. in der Luftfahrt seit Langem mit Erfolg angewendet.

Ziel der Berechnung und der Angabe in den Tabellen ist die Summe eines Medikaments in der Einheit Milligramm [mg] und zusätzlich auch in Milliliter [ml] einer Standardkonzentration für ein gegebenes Körpergewicht. Je nach Literatur unterscheiden sich allerdings die empfohlenen Medikamentendosierungen, insbesondere bei der Applikation über alternative Applikationswege. Beispielsweise finden sich bei der intranasalen Gabe von Medikamenten per Mucosal Atomization Device (MAD®) in der Literatur erhebliche Unterschiede in den Dosierungsempfehlungen [22].

Zur Überprüfung der errechneten Dosis sollte vor Applikation des Medikaments eine kurze Kontrolle stattfinden. Dies kann neben dem Vieraugenprinzip und dem Aufschreiben der zugrunde liegenden Dreisatzrechnung auch mit einer einfachen Plausibilitätskontrolle erfolgen. Dabei wird z. B. die errechnete

Wirkstoffmenge auf ein Körpergewicht von 50 kg hochgerechnet; wenn das Ergebnis stark von den Erfahrungswerten aus der Erwachsenenmedizin abweicht, sollte ein Rechenfehler vermutet und die Rechnung wiederholt werden. Auf jeden Fall sollte der Anwender direkt vor der Applikation einmal kurz innehalten und überprüfen, welches Medikament er wem und warum und in welcher Menge applizieren will.

## Verdünnung und Vorbereitung von Medikamenten

Die Verdünnung von Medikamenten stellt grundsätzlich eine eigene Gefahrenquelle für Fehldosierungen dar. Hinzu kommt, dass viele Medikamente in unterschiedlichen Wirkstoffkonzentrationen angeboten werden. Schließlich sind die Wirkstoffkonzentrationen und Verpackungsmengen in Ampullen in der Regel nicht an die Dosierungsmengen kleiner Kinder angepasst. Nichtsdestotrotz trägt die unverdünnte Applikation von Medikamenten in der Kinderanästhesie dazu bei, die Häufigkeit von Medikamentenfehdosierungen aufgrund von Verdünnungsfehlern zu verringern [11].

In den meisten Empfehlungen wird eine Verdünnung generell vermieden oder zumindest klaren Regeln unterworfen. Bei unverdünnter Anwendung von Medikamenten muss jedoch die resultierende Dosisempfehlung auch realisierbar sein. Insbesondere mehrere Nachkomastellen sind für die Umsetzung im Alltag unzuverlässig und können leicht zu Fehlern führen. Abhilfe schafft hier der innerklinisch bewährte Einsatz von 1-ml-Spritzen mit 0,1-ml-Skalierung. Diese Spritzen sind im Rettungsdienst allerdings bisher nicht in der Notfalleinrichtung nach DIN 13232 berücksichtigt und werden daher nicht routinemäßig vorgehalten. Im innerklinischen Alltag helfen 1-ml-Spritzen bewährtermaßen, die meisten Verdünnungen und damit assoziierte Rechenfehler zu vermeiden, weshalb auch eine Einführung in die Präklinik zu befürworten ist.

Eine Verdünnung der Wirkstoffe nach festgelegten Regeln ist grundsätzlich eine Alternative, führt aber nur dann zu einer hohen Medikationssicherheit, wenn

die Verdünnungsregeln eindeutig sind und strikt eingehalten werden. Falls mit Verdünnungen gearbeitet wird, sollte für jeden Standort eine eindeutige Vorgabe gemacht werden, nach welchen Verdünnungsregeln verfahren wird.

Eine weitere Möglichkeit, einen Medikationsfehler bzw. eine Medikamentenverwechslung zu vermeiden, ist die eindeutige, gut lesbare Beschriftung der Spritze. Dies erhöht nachweislich die Patientensicherheit, wird aber augenscheinlich nicht in allen präklinischen Notfalleinsätzen umgesetzt. Als deutlich sicherere Alternative zum Folienstift zur einfachen und schnellen Spritzenbeschriftung sind standardisierte, farb-kodierte Klebeetiketten zu empfehlen, die beispielsweise in Form von RET-Tiketten als fertige Bogen im Layout der Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI)-Standardaufkleber verfügbar sind (DIVI-Empfehlung von 2012; [http://www.divi.de/images/Dokumente/Empfehlungen/Spritzenetiketten/DIVI-Etiketten-Empfehlung\\_2012\\_07\\_02.pdf](http://www.divi.de/images/Dokumente/Empfehlungen/Spritzenetiketten/DIVI-Etiketten-Empfehlung_2012_07_02.pdf)).

## Applikationswege

Für viele Medikamente sind sowohl invasive als auch nicht- oder gering-invasive Applikationswege üblich. Bei gleichem Ergebnis sollte immer der weniger invasive Applikationsweg favorisiert werden. Auch wenn kein i. v.-Zugang zu etablieren ist, darf ein wichtiges Notfallmedikament, wie beispielsweise ein Analgetikum, einem Patienten nicht vorenthalten bleiben. Daher sollten alle fachlich vertretbaren und erfolgversprechenden Applikationswege (einschließlich der intranasalen Applikation), auch unter Inkaufnahme einer evtl. „Off-label“-Anwendung, Berücksichtigung finden.

In den kognitiven Hilfsmitteln (z. B. Tabellen) sollte die Darstellung verschiedener Applikationswege eines Medikaments durch klare Kennzeichnung hervorgehoben werden, da durch unmittelbare Nachbarschaft verschiedener Dosierungsangaben (z. B.: Esketamin i. v., intranasal, i. m.) u. U. schwerwiegende Dosierungsfehler entstehen können. Daher sollten die Applikationswege hier durchgehend und auffällig gekenn-

zeichnet werden. Eine alleinige Markierung am Zeilenbeginn (z. B. i. v./i.o./e.b./supp.) erscheint dafür nicht ausreichend.

### Medizinprodukte

Die Auswahl der Ausrüstung zur Behandlung von Kindernotfällen sollte dem aktuellen Wissensstand, den einschlägigen Empfehlungen (z. B. von AGNN, WAKKA, DIVI) und den lokalen Erfordernissen angepasst sein. Der systematischen Organisation von Notfallausrüstung für Kinder sollte analog zur Notfallmedizin bei Erwachsenen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die in der deutschen Notfallmedizin etablierte Organisation der Ausrüstung für A/B (Atemwege/Atmung) und separat für C (Kreislauf/Zugang) erscheint auch für Kindernotfälle sinnvoll und erlaubt im Notfall eine zielgerichtete, parallele Versorgung durch mehrere Helfer. Die Vorhaltung von gewichtsbezogenen Taschen hingegen, in denen sämtliches Material für jeweils eine Gewichtsklasse verfügbar ist, hat zwar potenzielle Vorteile für eine erleichterte Größenzuordnung, erfordert jedoch eine erhebliche Redundanz in der Vorhaltung. Es gibt letztlich keine Evidenz, welches Packsystem (gewichtsbezogen vs. ABCDE-orientiert) derzeit empfohlen werden kann.

### Fazit

Die meisten primären Notfallteams besitzen in der notfallmedizinischen Versorgung von Kindern wenig Routine. Eine besondere Herausforderung stellt hierbei die korrekte, gewichtsadaptierte Dosierung von Medikamenten dar. Die bestehende Vielfalt kognitiver Hilfsmittel für prä- und innerklinische Kindernotfälle kann als Ausdruck der Sorge aufseiten der Anwender gesehen werden, Kinder sicher, zügig und fachgerecht zu versorgen. Gleichzeitig kann festgestellt werden, dass geeignete kognitive Hilfsmittel zur Verbesserung der Notfallversorgung beitragen können. Das gilt insbesondere für die korrekte Dosierung von Notfallmedikamenten im Kindesalter. Auch wenn große, randomisierte, kontrollierte Studien noch fehlen, so gibt es nun

doch erste Hinweise, dass die Benutzung kognitiver Hilfsmittel eine fatale Medikationsfehl- bzw. Medikamentenüberdosierung verhindern kann [18].

Die Qualität der einzelnen Produkte und ihre Eignung für den Bereich deutscher Rettungsdienste variieren stark.

Als wichtiger Grundsatz gilt, dass sich der Anwender bereits *im Vorfeld* mit dem genutzten System vertraut macht und dessen Systematik und Struktur kennt. Ein Kennenlernen in der Stresssituation des Einsatzgeschehens bei kindlichem Notfall ist unzuverlässig.

Diese Empfehlung soll dazu beitragen, die Rahmenbedingungen und die rationale Basis für den Einsatz und die Weiterentwicklung kognitiver Hilfsmittel in der Notfallmedizin zu verbessern.

Folgende Auswahlkriterien zu kognitiven Hilfen zur Behandlung von Kindernotfällen sind empfohlen:

- körperlängenbasierte Gewichtsbestimmung mittels zertifiziertem Medizinprodukt gemäß MPG,
- Sicherstellung einer regelmäßigen Überprüfung und Anpassung durch den Herausgeber,
- Anpassung an Medikamente, Medizinprodukte und Algorithmen, die in der deutschsprachigen Notfallmedizin verwendet werden,
- Berücksichtigung aktueller Applikationsformen und adäquater Dosierungen,
- Applikation unverdünnter Medikamente, wann immer möglich und sinnvoll,
- Vorgabe standardisierter Verdünnungen zur Vermeidung von Verdünnungsfehlern, falls eine Verdünnung zwingend notwendig ist,
- Mindeststandard an Medikamenten und Materialien gemäß den Empfehlungen der AGNN, des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie (WAKKA) der DGAI und der DIVI.

### Korrespondenzadresse

#### Dr. P. Jung

Klinik für Kinder- und Jugendmedizin,  
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein,  
Campus Lübeck  
Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck,  
Deutschland  
philipp.jung@uksh.de

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** J. Kaufmann ist Herausgeber und Patenthalter des pädiatrischen Notfalllineals (PädNFL); U. Trappe ist Herausgeber des PAULINO-Systems; S. Wirtz, C. Eich, K. Becke, S. Brenner, A. Callies, U. Harding, C. Höhne, F. Hoffmann, B. Landsleitner, H. Marung, T. Nicolai, F. Reifferscheid und P. Jung geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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

### Literatur

1. Eich C, Russo SG, Heuer JF et al (2009) Characteristics of out-of-hospital paediatric emergencies attended by ambulance- and helicopter-based emergency physicians. *Resuscitation* 80(8):888–892
2. Schleichtriemen T, Masson R, Burghofer K et al (2005) Pädiatrische Notfälle in der präklinischen Notfallmedizin. *Anaesthesist* 55:255–262
3. Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2012) Medication errors in pediatric emergencies – a systematic analysis. *Dtsch Arztebl Int* 109(38):609–616. doi:10.3238/arztebl.2012.0609
4. Hoyle JD, Davis AT, Putman KK et al (2012) Medication dosing errors in pediatric patients treated by emergency medical services. *Prehosp Emerg Care* 16:59–66
5. Kozler E, Scolnik D, Keays T et al (2002) Large errors in the dosing of medications for children. *N Engl J Med* 346:1175–1176
6. Marcin JP, Dharmar M, Cho M et al (2007) Medication errors among acutely ill and injured children treated in rural emergency departments. *Ann Emerg Med* 50:361–367
7. Chambers IR, Jones PA, Lo TY et al (2006) Critical thresholds of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure related to age in paediatric head injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 77:234–240
8. Goldhaber-Fiebert SN, Howard SK (2013) Implementing emergency manuals: can cognitive aids help translate best practices for patient care during acute events? *Anesth Analg* 117:1149–1161
9. Rall M, Gabba DM, Howard SK et al (2009) Human performance and patient safety. In: Miller RD et al (Hrsg) *Miller's Anaesthesia*, 7. Aufl. Elsevier Churchill Livingstone, Philadelphia
10. Hofer CK, Ganter M, Tucci M et al (2002) How reliable is length-based determination of body weight and tracheal tube size in the pediatric age group? The Broselow tape reconsidered. *Br J Anaesth* 88:283–285

- 
11. Kaufmann J, Letschat M, Wappler F (2013) Medikamentenfehler bei Kindernotfällen – Ursachen und Lösungsansätze. *Anästh Intensivmed* 54:286–294
  12. Luten RC, Zaritsky A, Wears R et al (2007) The use of the Broselow tape in pediatric resuscitation. *Acad Emerg Med* 14:500–501 (author reply 501–502)
  13. Krieser D, Nguyen K, Kerr D et al (2007) 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* 24:756–759
  14. Graves L, Chayen G, Peat J et al (2014) A comparison of actual to estimated weights in Australian children attending a tertiary children's hospital, using the original and updated APLS, Luscombe and Owens, Best Guess formulae and the Broselow tape. *Resuscitation* 85:392–396
  15. Gohlke B, Wöfle J (2009) Größenentwicklung und Pubertät bei deutschen Kindern. *Dtsch Arztebl* 23:377–382
  16. Neuhauser H (2013) Referenzperzentile für anthropometrische Maßzahlen und Blutdruck aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS). Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Robert Koch-Institut, Berlin. ISBN 978-3896062185
  17. Bernius M, Thibodeau B, Jones A et al (2008) Prevention of pediatric drug calculation errors by prehospital care providers. *Prehosp Emerg Care* 12:486–494
  18. Kaufmann J, Roth B, Engelhardt T et al (2016) 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* 7:1–8
  19. Perondi MB, Reis AG, Paiva EF et al (2004) A comparison of high-dose and standard-dose epinephrine in children with cardiac arrest. *N Engl J Med* 350:1722–1730
  20. Maconochie IK, Bingham R, Eich C et al (2015) European resuscitation council guidelines for resuscitation 2015. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 95:223–248
  21. Pramann O, Gärtner A, Albrecht U et al (2012) Medical Apps: Mobile Helfer am Krankenbett. *Dtsch Arztebl* 109:A-1201
  22. Arbeitsgemeinschaft norddeutscher Notärzte e. V. (2015) Therapiempfehlungen für die Notfallmedizin 2016. ISBN 978-3000552403
  23. Kerner T, Schmidbauer W, Tietz M et al (2017) Use of checklists improves the quality and safety of prehospital emergency care. *Eur J Emerg Med* 24(2):114–119