



Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik für Kinder- und Jugendmedizin – Pädiatrische Kardiologie
-Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Christian Jux-

Gewichtsadaptierte Akutmedikation bei Notfällen im Kindesalter
durch standardisierte Volumina

Vergleichende Untersuchung zur Vermeidung von Dosierungsfehlern

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von Petr Navrátil
aus Teplitz-Schönau, Tschechoslowakei

2017

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-
Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Mathias Herrmann

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Hans Gerd Kehl

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Christoph Schmidt

Tag der mündlichen Prüfung: 03.05.2017

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik für Kinder- und Jugendmedizin – Pädiatrische Kardiologie
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Christian Jux –
Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Hans Gerd Kehl
Koreferent: Prof. Dr. med. Christoph Schmidt

ZUSAMMENFASSUNG

Gewichtsadaptierte Akutmedikation bei Notfällen im Kindesalter
durch standardisierte Volumina
Vergleichende Untersuchung zur Vermeidung von Dosierungsfehlern
Von Petr Navrátil

Akute, lebensbedrohliche Kindernotfälle treten relativ selten auf und sind somit keine Routine. Zur Vermeidung von Dosierungsfehlern in einer Notfallsituation stehen unterschiedliche Arbeitshilfen zur Verfügung. Handbücher, tabellarische Darstellungen und Kategorisierungs-Systeme sind hilfreich, erfordern aber bei mehreren Medikamenten unterschiedliche zu applizierende Volumina. Es hat sich erwiesen, dass dieser Prozess fehlerträchtig ist.

In dieser Untersuchung wurde ein neu entwickeltes Konzept Gewichts bezogener Dosierung (GNOM) mit vorab definierten Verdünnungen auf Basis einer Volumen-orientierten Dosierung von 0,1ml/kgKörpergewicht mit konventionellen Applikationsformen unverdünnter oder verschieden verdünnter Medikamentenlösungen verglichen.

Unter Verwendung eines Online-Fragebogens mit 104 Teilnehmern konnte bei der Ermittlung pädiatrischer Notfalldosierungen ein signifikanter Vorteil des GNOM-Konzepts gegenüber den konventionellen Applikationsformen in Bezug auf Fehlerreduktion, Zeitersparnis, und Stressreduktion gezeigt werden. Dieser Effekt war unabhängig von der Berufserfahrung und der beruflichen Qualifikation der Teilnehmer.

Der Ansatz einer Volumen-orientierten Dosierung von pädiatrischen Notfallmedikamenten könnte zukünftig eine sinnvolle Erweiterung bestehender Systeme für adäquate Behandlungen bei Notfällen im Kindesalter sein, wie z.B. dem farbcodierten Broselow-Tape oder dem Pädiatrischen Notfall-Lineal.

ERKLÄRUNG

Ich gebe hiermit die Erklärung ab, dass ich die Dissertation mit dem Titel:

„Gewichtsadaptierte Akutmedikation bei Notfällen im Kindesalter
durch standardisierte Volumina

Vergleichende Untersuchung zur Vermeidung von Dosierungsfehlern“

in der:

Klinik für Kinder- und Jugendmedizin – Pädiatrische Kardiologie
am
Universitätsklinikum Münster

unter der Anleitung von:

Priv.-Doz. Dr. med. Hans Gerd Kehl

1. selbständig angefertigt,
2. nur unter Benutzung der im Literaturverzeichnis angegebenen Arbeiten angefertigt und sonst kein anderes gedrucktes oder ungedrucktes Material verwendet,
3. keine unerlaubte fremde Hilfe in Anspruch genommen,
4. sie weder in der gegenwärtigen noch in einer anderen Fassung einer in- oder ausländischen Fakultät als Dissertation, Semesterarbeit, Prüfungsarbeit, oder zur Erlangung eines akademischen Grades, vorgelegt habe.

Ort, Datum

Name/ Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	5
1.1.	Medikamentenfehler bei Kindern.....	6
1.2.	„Memorisation and Mathematics“.....	6
1.3.	Medikamentenverordnungen und ihre Fehlerquellen.....	7
1.3.1.	Fachliche und alterspezifische Kenntnisse.....	7
1.3.2.	Gewichtsermittlung.....	8
1.3.3.	Dosisberechnung	9
1.3.4.	Übermittlung der Verordnung	9
1.3.5.	Vorbereitung der Verordnung	10
1.3.6.	Beschriftung	11
1.3.7.	Verabreichung der Verordnung.....	12
1.4.	Theoretische Überlegung zu Denkprozessen in der Notfallversorgung.....	12
1.4.1.	Automatisierte Denkaktivitäten.....	12
1.4.2.	Nicht-automatisierte Denkaktivitäten	13
1.4.3.	Zeitverzögerung.....	14
1.5.	Hilfsmittel zur Dosierung von Notfallmedikamenten bei Kindern.....	15
1.6.	Gewichtsadaptierte Notfallmedikamente – Das „GNOM-Konzept“	17
1.7.	Studienziel.....	19
2.	Material und Methoden	20
2.1.	Online-Fragebogen.....	21
2.2.	Datenaufbereitung	31
2.2.1.	Skalenniveaus.....	31
2.2.2.	Verwendete statistische Testverfahren	33
2.3.	Untersuchungsgruppe	34
3.	Ergebnisse.....	35
3.1.	Deskriptive Statistik der Untersuchungsgruppen.....	35
3.2.	Richtige Dosierungen	36
3.3.	Zeitbedarf	38
3.4.	Sicherheitsgefühl	39
3.5.	Hilfsmittel	41

4.	Diskussion	42
4.1.	Einfluss der Berufserfahrung auf Fehler bei Dosisberechnungen.....	43
4.2.	Einfluss von Berufserfahrung und Berufsgruppe auf den Zeitbedarf	45
4.3.	Einfluss von Berufserfahrung und -gruppe auf das Sicherheitsgefühl.....	45
4.4.	Verwendung von Hilfsmitteln.....	46
4.5.	Trainingseffekte	47
4.6.	Standardisierte pädiatrische Ampullen.....	48
4.7.	Variation des Verordnungsprozesses in der Notfallversorgung von Kindern	49
4.8.	Vorschlag einer standardisierten Notfallmedikation im Kindesalter	50
4.9.	Limitationen der Arbeit	50
4.9.1.	Studiendesign – nicht individualisierter online-Fragebogen.....	50
4.9.2.	Selektive Zusammensetzung des untersuchten Kollektivs	51
4.9.3.	Studiendesign – theoretische Abfrage praktischer Fertigkeiten.....	51
5.	Fazit.....	52
6.	Anhang.....	53
7.	Literatur	58
8.	Danksagung	66
9.	Lebenslauf	67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Verwendung von Hilfsmitteln.....	41
Tabelle 6.1: Notfall-Medikamente welche unverdünnt mit 0,1ml/kgKG dosiert werden.....	53

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Fragebogen: Einleitung , Erläuterung des Grundprinzips	21
Abb. 2.2: Fragebogen: Abfrage Qualifikation, Berufserfahrung, Geschlecht.....	22
Abb. 2.3: Fragebogen: Fallbeispiel Aufgabe nach M & M-Prinzip.....	24
Abb. 2.4: Fragebogen: Fallbeispiel Aufgabe nach GNOM-Konzept.....	25
Abb. 2.5: Fragebogen: Abfrage Hilfsmittel und Sicherheitsgefühls	26
Abb. 2.6: Fragebogen: Zwischenseite	27
Abb. 2.7: Fragebogen: Feedback, Angebot zweier weiterer Fallbeispiele	28
Abb. 2.8: Fragebogen: Zweite Runde Fallbeispiel nach M&M-Prinzip	30
Abb. 2.9: Fragebogen: Zweite Runde Fallbeispiel nach GNOM-Konzept	30
Abb. 2.10: Fragebogen: Zweite Runde Abfrage Hilfsmittel u. Sicherheitsgefühl	30
Abb. 2.11: Fragebogen: Ankündigung einer weiterführender Befragung	31
Abb. 2.12: Fragebogen: Letzte Seite - Rückmeldung der Ergebnisse	31
Abb. 3.1: Verteilung der Berufsgruppen unter den Teilnehmern	35
Abb. 3.2: Fehlerquote, Dosierungs-Aufgaben nach M&M und GNOM	37
Abb. 3.3: Zeitbedarf, benötigten Bearbeitungszeit unter M&M und GNOM	38
Abb. 3.4: Sicherheitsgefühl, bezüglich der Richtigkeit der Dosisermittlung	40
Abb. 6.1: Flyer Online-Studie	54
Abb. 6.2: Pediatape (Variation vom Broselow-Tape)	55
Abb. 6.3: GNOM-Buchversion	56
Abb. 6.4: Plakat – Standardverdünnungen beim Kindernotfall	57

Abkürzungsverzeichnis

ADE		adverse drug events
DIVI	=	Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin
g	=	Gramm
GNOM	=	Gewichtsadaptierte Notfallmedikamente beim Kindernotfall
i.v.	=	intravenös
ISMP	=	Institute for Safe Medical Practices
ISO	=	International Organization for Standardization
JCAHO		Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations
kg	=	Kilogramm
kgKG	=	Kilogramm Körpergewicht
KI	=	Konfidenzintervall
M&M	=	Memorisation and Mathematics
mg/kgKG	=	Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht
mg	=	Milligramm
µg	=	Mikrogramm
ml	=	Milliliter
p	=	Statistische Irrtumswahrscheinlichkeit
PädNFL	=	Pädiatrisches Notfall-Lineal
SPSS	=	Statistical Package for Social Sciences
URL	=	Uniform Resource Locator

1. Einleitung

Akute, lebensbedrohliche Kindernotfälle treten sowohl präklinisch als auch innerhalb der Klinik relativ selten auf und sind somit keine Routine. Sie stellen jedoch wegen der großen Gewichtsunterschiede zwischen Neugeborenen und Jugendlichen und der daraus resultierenden Notwendigkeit zur individuellen Dosisberechnung von Notfallmedikamenten eine besondere Herausforderung für die Erstversorger dar. Da die Notfallversorgung von Kindern präklinisch [22] nicht durch kinderspezifisches Personal und auch innerklinisch zum Teil von unerfahrenen Ärzten und Pflegekräften außerhalb von intensivmedizinischen oder anästhesiologischen Arbeitsbereichen erfolgt, ist in diesen Situationen besonders häufig mit Fehlern, insbesondere Dosierungsfehlern zu rechnen.

Medikamente zur intravenösen (i.v.) Gabe bei Kindern werden meist nach Milligramm (mg) pro Kilogramm Körpergewicht (kgKG) berechnet. Zur Vermeidung von Rechenfehlern in einer Notfallsituation stehen unterschiedliche Arbeitshilfen zur Verfügung. Keine dieser Hilfen erfüllt jedoch alle Anforderungen an ein ideales System. Neben Handbüchern und tabellarischen Darstellungen für gewichtsbezogene Dosierungen existieren Kategorisierungs-Systeme, bei denen die Patienten in Körperlängen-definierte Gruppen eingeteilt und auf diese Weise bestimmten Dosierungen zugeordnet werden.

Da die Notfallmedikamente, besonders für den Einsatz bei kleineren Kindern, häufig verdünnt werden müssen, besteht ein weiterer Ansatz darin, durch ein vorgegebenes definiertes Verdünnungsschema die zu applizierende Menge pro kgKG zu vereinheitlichen. In der Kinderklinik des St. Franziskus-Hospitals Münster, akademisches Lehrkrankenhaus der Universitätsklinik Münster, wurde ein System für „Gewichtsadaptierte Notfall-Medikamente“ GNOM etabliert. Das Konzept sieht vor, dass von jedem Medikament 0,1 Milliliter (ml)/kgKG (z. B. bei einem 5kg schweren Säugling 0,5ml) verabreicht werden, um den empfohlenen Dosisbereich zu erzielen. Neben einer erleichterten Dosisfindung soll hierdurch auch für den Fall, dass mehrere unterschiedliche Notfallmedikamente eingesetzt werden, die Gefahr von Verwechslung der Spritzen mit eventueller Über- oder Unterdosierung reduziert werden.

Das Ziel dieser Arbeit war es unter Verwendung eines Online-Fragebogens mit Simulation von Medikamentenapplikationen zu überprüfen, ob die Anwendung einer standardisierten Volumen/Gewichts-basierten Verdünnungsempfehlung (GNOM-Konzept) gegenüber den herkömmlichen Methoden der Medikamentendosierung Vorteile bietet.

1.1. Medikamentenfehler bei Kindern

Fehler im Umgang mit Medikamenten sind bei pädiatrischen Patienten ca. 3 x häufiger als bei Erwachsenen [40]. Dieses Problem und dessen Bedeutung sind seit längerem Inhalt systematischer Untersuchungen [28]. Die genaue Häufigkeit ist aufgrund eines zurückhaltenden Reportings von Fehlern schwierig zu ermitteln [19, 65]. Schätzungen gehen von ca. 50.000 Dosierungsfehlern pro Jahr im Vereinigten Königreich aus [64]. Im innerklinischen Bereich liegt die Häufigkeit von Dosierungsfehlern bei ca. 5,7% der Medikamentengaben [29]. Besonders betroffen sind neonatologische Patienten, bei denen Medikamentenfehler die häufigste Fehlerquelle insgesamt darstellen [29]. Gerade in dieser Patientengruppe wiegen Nebenwirkungen (adverse drug events, ADE) besonders schwer [58].

1.2. „Memorisation and Mathematics“

Traditionell werden Medikamente, welche in der Notfallversorgung Erwachsener zum Einsatz kommen, in identischen Konzentrationen und Verdünnungen auch für Kinder verwendet. Die effektive Dosis vieler für Erwachsene verwendeter Medikamente variiert in der Gewichtspanne Erwachsener erheblich geringer als die effektive Dosis pädiatrischer Patienten aufgrund der viel größeren Gewichtsunterschiede. Als Konsequenz daraus erfordern Medikationen in der Pädiatrie eine Berechnung der individuellen Dosis in Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht (mg/kgKG). Das zu injizierende Volumen in Milliliter (ml) wird unter Kenntnis der Konzentration in der Ampulle - ggf. nach vorherigem Verdünnen der ursprünglichen Lösung – per Dreisatz

mit Taschenrechner oder mental berechnet. Diese in der Literatur als „Memorisation and Mathematics“ bezeichnete Prinzip setzt voraus, dass der Anwender die Ampullengrößen und –konzentrationen sowie für jedes einzelne Medikament die gewünschte Dosierung (mg/kgKG) auswendig kennt („Memorisation“) oder zeitnah nachliest und in das zu applizierende Volumen in Milliliter umrechnet (Mathematics). Diese kognitive Last, die der Anwender trägt, ihn unter Stress setzt [44] und die er in einer akuten Notfallsituation – womöglich auch noch unvorbereitet – aus dem Gedächtnis abspulen muss, führt zu den erwähnten Fehlern. Es treten häufig Dosierungs- [40, 57] und Berechnungsfehler [51, 55] auf. Durch die erforderlichen Umrechnungs- und Kontrollschritte kommt es zu Verzögerungen in den Behandlungen [43].

1.3. Medikamentenverordnungen und ihre Fehlerquellen

Zum besseren Verständnis von Medikamentenfehlern im Kindesalter ist eine Analyse der einzelnen Schritte bis zur Medikamentengabe sowie den daraus resultierenden Fehlerquellen hilfreich. Es konnte festgestellt werden, dass Fehler auf allen Ebenen des Verordnungsprozesses entstehen können [66].

Die einzelnen Schritte setzen sich wie folgt zusammen:

1.3.1. Fachliche und alterspezifische Kenntnisse

Zu Beginn einer ärztlichen Maßnahme stehen eine Diagnose und die Überlegung, welche medikamentöse Therapie in welcher Dosis indiziert ist. Als Grundlage dienen gewichtsbezogene Dosisempfehlungen (mg/kgKG). Die typische Dosis und die Konzentrationen in den Ampullen sind dem Arzt bei häufig verwendeten Medikamenten in der Regel bekannt. Beispiele hierfür sind die Anwendung von Antipyretika, Analgetika, Antibiotika oder standardisierte Glukose-Elektrolytlösungen in typischen klinischen Situationen wie Kinder mit Pneumonie oder Nahrungsverweigerung. Auch im Gebiet der Kinderanästhesie sind die Anwender in der Regel mit den Standardmedikamenten vertraut, wie zum Beispiel für die Einleitung

einer Allgemeinanästhesie. Bei selteneren Ereignissen wie beispielsweise bei einem Status epilepticus, einem akuten Asthmaanfall oder einer Notfallintubation sind dem Anwender für jedes einzelne Medikament die empfohlene Dosis (mg/kgKG) sowie die Ampullengrößen und -konzentrationen nicht immer auswendig bekannt, sodass er auf geeignete Hilfsmittel wie Tabellen oder Nachschlagewerke angewiesen ist. Das kostet Zeit und ist fehlerträchtig. Der Notfall stellt keine Routine dar, sodass besonders bei Berufsanfängern oft eine falsche [30, 34, 37], oder aus Unsicherheit keine adäquate Medikation erfolgt (z.B. bei starken Schmerzen nur Paracetamol rektal appliziert statt eines Opiats intravenös) [43].

1.3.2. Gewichtsermittlung

Für eine Dosisberechnung sollte das Gewicht des Patienten möglichst durch Wiegen bestimmt werden. In der Notfallversorgung ist ein Wiegen oft nicht möglich, weil der klinische Zustand des Patienten es nicht zulässt oder in präklinischen Situationen keine Waage zur Verfügung steht. Mit altersbezogenen Schätzformeln wie $\text{kgKG} = (\text{Alter} \times 2) + 10$ (für Kinder 1-4 Jahre) oder $\text{kgKG} = \text{Alter} \times 4$ (für Kinder 5-14 Jahre) wurden in Untersuchungen nur in 42% das richtige Gewicht (in einer Variation von $\pm 10\%$) geschätzt. Deutlich korrekter war die Schätzung durch die Eltern in 78% der Fälle [38]. Eine weitere Methode zur Abschätzung des Körpergewichts besteht in einem farbcodierten Lineal, dem eine Längen-Gewichtskorrelation zugrunde liegt (Broselow-Tape). Hierbei waren die Werte nur in 61% korrekt [38]. Bessere Ergebnisse mit 79% $\pm 15\%$ wurden mit diesem System nur bei kleinen Kindern zwischen 3,5-10kg und 10-25kg erzielt [41]. Eine andere Beobachtungsstudie zeigte, dass Eltern das Gewicht ihrer Kinder genauer schätzen können als Kinderkrankenschwestern: 79% ($\pm 5\%$) versus 55%. Dabei fanden sich erstaunlicherweise keine Korrelationen zur Dauer der Berufserfahrung der Krankenschwestern [50]. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass im standardisierten Notarzteinsatzprotokoll gemäß den Empfehlungen der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) kein Feld für die Erfassung des Gewichtes vorgesehen ist [28]. Es lässt sich vermuten, dass im Alltag Medikamentendosierungen ohne konkrete

Schätzung des Gewichtes, sondern nur in Form einer groben Relation zur Erwachsenenendosis verabreicht werden [28].

1.3.3. Dosisberechnung

Der Arzt berechnet durch Multiplikation mit dem Körpergewicht des Patienten eine Dosis in Milligramm (mg). Es hat sich gezeigt, dass dies die häufigste Fehlerquelle ist [40, 66]. Allein die Tatsache, im Stress einer Notfallsituation rechnen zu müssen, birgt das Risiko von Fehlern [28, 30, 44]. In einer pädiatrischen Notaufnahme sind ca. 10% der Patienten von Dosierungsfehlern betroffen, besonders häufig sind Fehler bei kritisch kranken Patienten und bei Verordnungen durch Berufsanfänger [37, 51]. Dies konnte auch durch prospektive Simulationsstudien belegt werden [32, 34, 54]. Am gefährlichsten sind Überdosierungen aufgrund von Dezimalfehlern, die zu fehlerhaften Berechnungen mit dem Faktor 10 führen, dies entspricht einer Abweichung von 1000% [31, 32, 40]. Daraus können fatale Folgen resultieren [7, 56, 64]. Besonders gilt dies für Hochrisiko-Medikamente mit geringer therapeutischer Breite wie Katecholamine, Opiate, Narkotika, Insulin und Digoxin [10, 60]. Vom Institut for Safe Medical Practise (ISMP) wird jährlich eine „List of High-Alert-Medications in Acute Care Setting“ mit empfohlenen Vorsichtsmaßnahmen publiziert [24]. Da die meisten i.v. Medikamente in Konzentrationen zur Anwendung bei Erwachsenen hergestellt werden, sind Fehler dieser Art bei kleinen Säuglingen durch kleinere Volumina nicht sofort als Überdosierung erkennbar [33]. Beispielsweise enthält die kleinste verfügbare Ampulle Morphin 5mg/ml, dies würde bei einem Neugeborenen eine 10-20-fache Überdosierung verursachen können [36, 64].

1.3.4. Übermittlung der Verordnung

Der Arzt übermittelt die errechnete Dosis in mg oder (bei Verdünnung) die gewünschte Konzentration eines Wirkstoffs in mg/ml an seinen Assistenten. Diese Kommunikation ist ebenfalls fehleranfällig bedeutsam. Bei verbaler, wie auch handschriftlicher Übermittlung können Übermittlungsfehler durch Verwechslung ähnlich klingender Medikamentennamen (zum Beispiel Dolantin® / Dipidolor®, Dopamin / Dobutamin, Epinephrin / Ephedrin, Fentanyl / Sufentanil,) auftreten („look-alike“, „sound-alike“).

Zur Verdeutlichung dieses Problems publizierte das US-amerikanische Institute for Save Medical Practise (ISMP) jährlich eine Liste mit Namenspaaren, die für Verwechslungen prädisponieren, im Rahmen eines nationalen Reporting Programms [25].

Eine andere Fehlerquelle sind Verwechslungen der Dezimalstellen. Wird die aus dem Körpergewicht ermittelte absolute Menge in mg angegeben ohne zusätzlich die Richtdosis in mg/kgKG zu vermerken, hat der Assistent nicht die Möglichkeit die Rechnung nachzuvollziehen und mögliche Fehler zu erkennen. Beispiele für solche Fehler sind nicht selten [11, 60]. In einer prospektiven Simulationsstudie einer pädiatrischen Notaufnahme wurden in 17% die Verordnungen fehlerhaft übermittelt [34]. Der Gebrauch eines vorgedruckten Anordnungsbogens reduziert die Häufigkeit von Medikamentenfehlern in einer pädiatrischen Notfallaufnahme signifikant [35]. In einer akuten Notfallsituation ist eine schriftliche Kommunikation nicht immer zu gewährleisten. Umso wichtiger ist die Einhaltung einer klaren Kommunikationsstruktur bei der der Sender klare Ansagen zu Medikament und Dosis macht und der Empfänger diese zur Rückkopplung wiederholt (so genannte 2-Wege-Kommunikation), um Missverständnisse und mögliche Fehler aufzudecken.

1.3.5. Vorbereitung der Verordnung

Der Assistent nimmt eine Ampulle mit den Angaben zu Wirkstoff in mg und Volumen in ml, berechnet per Dreisatz, wie viel Volumen der geforderten Dosis entspricht und zieht dieses in einer geeigneten Spritze auf. Unter Umständen muss der Inhalt der Ampulle vorher verdünnt werden um ein praktikables Volumen zu erhalten. Dabei stellt sich die Frage womit und in welchem Verhältnis die Verdünnung erfolgen soll. Wurde dies bei der Anordnung mitgeteilt, ist auch hier eine präzise Kommunikation entscheidend um bei mehreren Medikamenten nichts zu verwechseln. Zu Verwirrungen führen oft Angaben wie „x mg plus“ oder „ad ml Lösungsmittel“. Hier ist im Vorfeld ein festgelegter standardisierter Sprachgebrauch essentiell. Ist kein klarer Standard definiert, ist oft zusätzliche Kommunikation zur Klärung häufiger Fragen erforderlich: „Wie soll ich das Medikament aufziehen?“, „Wie ist das Medikament aufgezo-gen?“, „Wie viel mg sind in 1ml?“ oder „Wie war noch mal die beabsichtigte Dosis in mg und das entsprechende Volumen in ml?“. Solche zusätzliche Kommunikation kostet Zeit

und verzögert die Rettungsmaßnahmen. Darüber hinaus wird das Denken der Helfer zusätzlich in Anspruch genommen und blockiert so weitere geforderte kognitive Leistungen der Behandler [44]. Auch das führt zu einer Stressbelastung der Helfer, zu Verzögerungen der Entscheidungsfindung und zum Auftreten von Fehlern.

Fehler in dieser Phase des Prozesses sind schwerer zu erfassen als solche bei der schriftlichen oder mündlichen Verordnung [60]. Sollten dem Assistenten bei der Zubereitung einer Verdünnung Fehler unterlaufen (falsches Medikament, falsche Verdünnung, falsche Dosis, falsche Beschriftung) sind diese Fehler im Nachhinein nur schwer bis gar nicht aufdeckbar.

1.3.6. Beschriftung

Nachdem der Inhalt einer Ampulle oder eine Verdünnung daraus in eine Spritze gefüllt wurde, muss diese beschriftet werden. Dabei ist neben dem Namen des Wirkstoffs auch die Menge der Substanz in mg sowie das Volumen aufzuführen um eine präzise Bezeichnung des Inhalts und eine Kontrollmöglichkeit zu gewährleisten. Oft erfolgt diese Beschriftung handschriftlich auf Blanks-Klebeetiketten, dies kann sich negativ auf die Lesbarkeit auswirken. Somit erhöht sich auch auf diesem Wege die Gefahr von Verwechslungen, insbesondere bei ähnlichen Namen („look-alike“). Auf die Bedeutung dieser Probleme macht ebenfalls die von dem Institute for Safe Medication Practices (ISMP) publizierte Liste verwirrender Medikamentennamen aufmerksam und gibt praktische Hinweise zur Gefahrenminimierung [25].

Im deutschen Raum sollen vorgefertigte Etiketten nach ISO 26825 diese Gefahren minimieren. Die klar gedruckten Wirkstoffnamen wie auch eine farbliche Kennzeichnung zur leichteren Unterscheidung von Wirkstoffgruppen sollen dazu beitragen und so die Sicherheit erhöhen [52].

Noch praktischer wären kommerziell verfügbare voretikettierte Spritzen. Diese sind aber wegen ihrer eingeschränkten Haltbarkeit gegenüber Ampullen erheblich teurer [28, 46]. Weitere Ansätze zur Verbesserung der Sicherheit sind computergestützte Verordnungssysteme mit Verwendung von Barcodes, „intelligente“ Spritzenpumpen zur Identifikation des Medikaments und des Patienten. In Notfallsituationen, insbesondere präklinisch, stehen solche Möglichkeiten meist nicht zur Verfügung [60].

1.3.7. Verabreichung der Verordnung

Der Arzt oder der beauftragte Helfer verabreichen dem Patienten die geplante Dosis der Medikation als entsprechendes Volumen der Original-Lösung oder einer Verdünnung daraus. Auch hier sind Fehler nur schwer zu erfassen. Dazu müssten alle verwendeten Spritzen nach einer Notfallsituation nochmals auf Ihren verbliebenen Inhalt überprüft und retrospektiv die applizierte Dosis ermittelt werden. Dies ist praktisch unmöglich. Dadurch sind auch etwaige Schäden durch eine falsche Medikation beim Patienten nicht unmittelbar auf den stattgehabten Fehler zurückzuführen und bleiben unerkannt. In einer prospektiven Observationsstudie fanden sich in 16% der verwendeten Spritzen Konzentrationsabweichungen von $\pm 20\%$, in 7% sogar Abweichungen von $\pm 50\%$ [34].

1.4. Theoretische Überlegung zu Denkprozessen in der Notfallversorgung

Bei der Notfallversorgung ist „critical thinking“ die intellektuelle Aktivität in der sich die Helfer den Patienten mit ihren spezifischen klinischen Bedingungen inklusive einer Zusammenführung und Beurteilung der Informationen widmen.

Daraus ergeben sich wichtige Überlegungen bezüglich Fehlermöglichkeiten im Entscheidungsprozess als Folge suboptimaler Bedingungen oder inadäquater Zeit für diese Entscheidungen. Zum besseren Verständnis der damit verbundenen Probleme lassen sich diese intellektuellen Herausforderungen in zwei grobe Gruppen einteilen [44].

1.4.1. Automatisierte Denkaktivitäten

Die erste Gruppe beinhaltet Denk-Aktivitäten, die wenig bis keine bewusste Aufmerksamkeit benötigen. Das Hauptmerkmal dieser Aktivitäten ist ihr hoher Grad an Vertrautheit. Daher kann man sie den automatisierten (passiven, gelernten, regelhaften) Denk-Aktivitäten zuordnen, die aus dem prozeduralen Gedächtnis des Helfers abgerufen werden [45]. Beispiele sind vor allem motorische Fertigkeiten: Aktivitäten wie Essen, Fahrradfahren aber auch komplexe, gewohnte Aktivitäten wie Klavierspielen

eines bekannten Musikstücks oder das Führen eines Autos auf bekannter Strecke zur Arbeitsstelle. Sie können auch als parallele Denkprozesse bezeichnet werden, da sie gleichzeitig ausgeführt werden können. Das heißt: Das Tun des einen beeinflusst oder beeinträchtigt nicht direkt erkennbar das Tun des anderen. Diese automatisierten Aktivitäten werden mit großer Genauigkeit ausgeführt und erfordern nur ein Minimum mentaler Anstrengungen.

1.4.2. Nicht-automatisierte Denkaktivitäten

Die zweite Art von Denk-Aktivitäten ist aufwendiger und benötigt deutlich mehr bewusste Konzentration. Kennzeichnend ist ihr höherer Anteil an Ungewohntem und Variablem. Daher ordnet man sie den nicht-automatisierten (aktiven, integrativen, Wissens-basierten) Denk-Aktivitäten zu, welche ihrem Ursprung nach im semantischen und episodischen, auch als deklarativ bezeichneten Gedächtnis zusammengefasst werden [45]. Diese können von einer einfachen Rechenaufgabe über das Lesen eines Zeitungsartikels, einer Autofahrt durch enge Strassen einer fremden Stadt bis zu hochkomplexen Aktivitäten wie der Einschätzung einer Notfallsituation und Planung der erforderlichen Maßnahmen reichen. Nicht-automatisierte Tätigkeiten sind aufwendig und anfällig für Störungen und Fehler. Sie können auch als ausschließliche Aktivitäten bezeichnet werden, da die Ausführung einer nicht-automatisierten Tätigkeit das Ausführen einer weiteren nicht-automatisierten Tätigkeit erheblich beeinflussen oder unmöglich machen kann.

Hieraus leitet sich ab, dass eine automatisierte Tätigkeit, wie ein Auto lenken oder Butterbrot essen, mit einer nicht-automatisierten Tätigkeit, wie dem Erstellen einer Einkaufsliste, kombiniert werden kann. Diese Kombination gelingt allerdings nicht für zwei nicht-automatisierte Tätigkeiten, wie das Lesen eines Kochrezeptes und Lösen einer komplexen Rechenaufgabe.

In Bezug auf eine Notfallversorgung von Kindern sind die Ermittlungen von Medikamentendosen, Verdünnungen, Medikamentenvolumina und Tidalvolumina etc. mit den variablen Größen und Gewichten, allesamt nicht-automatisierte Tätigkeiten. Daher können diese Berechnungen, die Einschätzung einer Notfallsituation sowie die

Planung der erforderlichen Maßnahmen, einer ebenfalls nicht-automatisierten Aktivität, sich erheblich behindern und ein hohes Potential von Fehlern bedeuten.

1.4.3. Zeitverzögerung

Neben der Zeit zur Beurteilung einer Situation, der Zeit zur Entscheidung zu einer Maßnahme und der Zeit zur Umsetzung in die Tat, führen beim Kindernotfall der höhere Aufwand für Berechnungen, im Vergleich zu Notfällen im Erwachsenenalter, zu mitunter deutlichen Zeitverzögerungen. Dies kann die Erfolgsaussichten der Notfallmaßnahmen reduzieren.

1.5. Hilfsmittel zur Dosierung von Notfallmedikamenten bei Kindern

Um dem Arzt zu helfen, die notwendige Dosis in einer pädiatrischen Notfallsituation zu ermitteln, das richtige Equipment auszuwählen und ihn von vermeidbarer kognitiver Last zu befreien, wurden verschiedene Konzepte entwickelt.

In einer großen prospektiven Studie wurden mehr als 500 Notfallmediziner aufgefordert, ohne Zeitdruck pädiatrische Dosierungen in einem Fragebogen zu berechnen. Randomisiert wurde der Hälfte der Teilnehmer eine Tabelle mit vorberechneten gewichtsbezogenen Dosierungen zu Hilfe gegeben. Mit dieser Tabelle konnten 94% der Probanden die Fragebögen vollständig korrekt ausfüllen. In der zweiten Gruppe, ohne die Hilfe der Tabelle, waren hingegen nur 65% der Teilnehmer dazu in der Lage [4].

Eine weitere Methode ist das Broselow/Luten-Tape, basierend auf Korrelationen zwischen Länge und Gewicht, welches dem Arzt eine einfache Arbeitshilfe für Kindernotfälle an die Hand gibt. Es dient vornehmlich zur Gewichtsbestimmung und der Equipmentauswahl. Für Letzteres ist es validiert und hinreichend präzise [1, 42]. Ein Nebenaspekt bei der Anwendung des Broselow/Luten-Tapes ist die Ermittlung der medikamentösen Dosis für pädiatrische Patienten. Verschiedene Studien zeigen jedoch eine falsch niedrige Dosis in ca. 60% der Fälle [48]. Auf der anderen Seite wurden schwere Dosierungsfehler (z.B. Dezimalfehler) in Reanimationssituationen gegenüber Kopfrechnung deutlich reduziert [27, 43, 57].

Die erste Ausgabe des Broselow/Luten-Tapes von 1998 gab die erforderliche Dosis in Milliliter an. Dies wurde in der Version von 2002 zu Angaben in Milligramm geändert. Dies verlangt vom Anwender wieder die Anwendung einer Dreisatzrechnung um das zu applizierende Volumen einer Medikamentenampulle oder einer Verdünnung daraus zu ermitteln. Zur Vermeidung von Kalkulationsfehlern bei der Dreisatzrechnung hat die Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations (JCAHO) die Verwendung von Standard-Lösungen empfohlen [8].

Weiterentwicklungen dieses Systems kategorisieren Kinder verschiedener Länge in 5-8 farbcodierten Kategorien und ordnen diesen Kategorien Taschen oder Schubladen zu, die der jeweiligen Gewichtsklasse entsprechende Ausrüstungsgegenstände bereithalten

[9, 39]. Das Prinzip, Kinder der Länge nach in farbcodierte Kategorien einzuteilen, wird im Allgemeinen als „color-coding“ bezeichnet.

Während es für das Original-System aktuell keine deutschsprachige Fassung gibt, existieren auf dem deutschen Markt Variationen, die auf der gleichen Grundidee basieren. Zu nennen sind exemplarisch das „Pediatape“ [67] (siehe dazu Abb. 6.2 im Anhang), das „Pädiatrische Notfall-Lineal“ (PädNFL) [28] und das „Paulino-System“ [62]. Auch hier wird jeweils Längen-basiert das Gewicht der Patienten geschätzt und eine Kategorie zugeordnet. In Tabellen kann dann die Kategorie aufgesucht und die Verdünnungsanleitung und Dosierung in „mg“ und „ml“ nachgesehen werden. Zusätzlich finden sich für die jeweilige Kategorie Angaben physiologischer Normwerte sowie das geeignete Equipment. Sowohl beim Original-System wie auch bei dem System für den deutschen Markt bestehen bei Notfallversorgungen unter Zeitdruck Probleme durch Verwechslungen und den daraus folgenden Fehldosierungen. Besonders kritisch daran ist, dass Verdünnungsanleitungen sehr unterschiedliche Volumina ergeben können (bis Faktor 5) [59].

In jüngster Zeit werden moderne Systeme in Form von Apps für Smartphones zur Dosisermittlung im pädiatrischen Notfall angeboten. Als eines der ausgereiftesten Systeme gilt die „eBroselow SafeDose-App“ [12], welche eine elektronische Weiterentwicklung des oben genannten „Broselow-Tapes“ darstellt. Mit Hilfe eines Gewichts- oder Längen-basierten Kategorisierungssystems wird hier die ermittelte Dosis und das zu applizierende Volumen in „ml“ angegeben.

Weitere Produkte wie „Notfallmedikamente“ [5] oder „Pedi Safe“ [23] geben die berechnete Dosierungen in „mg“ an. Hier ist der Anwender weiterhin gefordert das entsprechende Volumen selber zu bestimmen.

Aufgrund der derzeit sehr raschen Entwicklung und Verbreitung dieser mobilen Endgeräte kann deren Integration in die medizinische Regel- und Notfallversorgung noch nicht hinreichend beurteilt werden. Zukünftige Untersuchungen werden an dieser Stelle zur Beurteilung des Stellenwertes und der Sicherheit solcher Anwendungen notwendig.

Zusammenfassend kann derzeit für alle o. g. Hilfsmittel festgestellt werden, dass Mitarbeitern denen die verwendeten Hilfsmittel vertraut sind, damit eine wertvolle Hilfe bei der Versorgung von Notfällen an die Hand gegeben wird. Standardisierte Hilfsmittel reduzieren den Stress und die kognitive Anforderung für die Anwender in Extremsituationen [44].

Dennoch ist es wichtig hervorzuheben, dass alle vorgestellten Systeme bezüglich der intravenös zu verabreichenden Volumina bei der Verwendung unverdünnter Lösungen der verschiedenen Medikamente sehr unterschiedlich sind. Dieser Umstand wird bei erforderlichen Verdünnungen von Medikamenten durch unterschiedliche Verdünnungsvorschriften zusätzlich verkompliziert. Schlussendlich führt dies in Situationen, in denen mehrere Notfallmedikamente zum Einsatz kommen, zu der Aufgabe die Substanzen mit unterschiedlichen Spritzen in unterschiedlichen Volumina applizieren zu müssen. Dies setzt bei den Behandlern ein ständiges Bewusstsein voraus, welche Volumina welcher Medikamente welchen absoluten Dosierungen entsprechen. Das Denken der Helfer wird dadurch zusätzlich belastet [44].

1.6. Gewichtsadaptierte Notfallmedikamente – Das „GNOM-Konzept“

Das im Folgenden vorgestellte Konzept [15] besteht darin, erforderliche Notfallmedikamente, pur zu verwenden oder entsprechend zu verdünnen, dass eine Zieldosis der Medikamente von 0,1ml/kgKG erreicht wird. Bei der Medikamentenapplikation wird statt des konventionellen Weges, der sich an Substanzmengen in mg/kgKG orientiert, als Leitfaden das zu applizierende Volumen benutzt. Die Medikamente werden dazu im Vorfeld nach definierten, standardisierten Anleitungen verdünnt. Der anwendende Arzt hat dann von der hergestellten Verdünnungslösung, die in entsprechende Spritzen zur Vereinfachung der Gabe umgefüllt werden, einen vorgegebenen Zielbereich von 0,1ml/kgKG für die Applikation einer üblichen Dosis. Die Übersetzung der erforderlichen Substanzmenge von mg/kgKG in Spritzenvolumina von ml/kgKG findet statt in Form von standardisierten Verdünnungsvorschriften und eliminiert so den Bedarf zur Kopfrechnung mit Dreisatz

in Notfallsituationen weitestgehend. Den Anwendern wird ein leicht nachvollziehbares Prinzip an die Hand gegeben, welches bei bekanntem Gewicht des Patienten eine schnelle Dosisfindung für jedes vorbereitete Medikament ermöglicht.

Ein ähnliches Prinzip konnte in einer kleineren Untersuchung zeigen, dass die Medikamentengaben schneller, präziser und einfacher im Vergleich zu „color-coding“ Verfahren gelingen [17].

Die Grundidee der standardisierten Verdünnung wurde aus dem in der Intensivmedizin praktizierten System der „rule-of-six“ zur Dosierung von Spritzenpumpen in der Neonatologie hergeleitet. Bei diesem Prinzip werden Spritzenpumpen gewichtsbezogen nach dem Prinzip „6mg/kgKG Substanz auf 100ml Lösung“ aufgezogen. Bei einer Laufgeschwindigkeit von 1ml/h resultiert daraus eine Dosis von 1µg/kgKG/min. Im deutschsprachigen Raum wird wegen der Verwendung von 50ml-Spritzen, dieses Prinzip als „rule-of-three“ (3mg/kgKG auf 50ml) abgewandelt.

Im klinischen Alltag können mit diesem System alle Mitarbeiter an der Laufgeschwindigkeit der Spritzenpumpe schnell abschätzen, welche Dosis der Patient aktuell erhält. Diese und andere etablierte Standardisierungen von Infusionen und Medikamentengabe [3] sind in der Anwendung einfacher, verständlicher und weniger fehlerbehaftet [2, 21]. Außerdem reduzieren standardisierte Hilfsmittel die kognitiven Anforderungen und geben allen Beteiligten die Möglichkeit, den momentanen Dosisrahmen ohne umständliche Dreisatzrechnungen zu überprüfen [3]. Die vorher definierten Verdünnungsanleitungen lassen sich z.B. in Form einer Tabelle darstellen oder auch in farbcodierte Systeme integrieren. Eine Ausarbeitung von 85 Notfallmedikamenten ist im Buchhandel erhältlich [15] (siehe dazu auch Abb. 6.3 im Anhang).

In der pädiatrischen Klinik des St. Franziskus-Hospitals Münster, einem Lehrkrankenhaus der Universität Münster mit neonatologischer Schwerpunktversorgung, wurden für die 20 am häufigsten verwendeten Notfallmedikamente die „Standard-Verdünnungen“ in Form eines Posters an den Arbeitsplätzen der Notaufnahmen, und in den Untersuchungszimmern gut sichtbar angebracht (Abb. 6.4 im Anhang).

1.7. Studienziel

Ziel dieser Studie war es, standardisierte Volumen/Gewichts-basierte Verdünnungsempfehlung von Notfallmedikamenten im Kindesalter „GNOM“ mit der traditionellen Methode zur Dosisfindung von Notfallmedikamenten, der so genannten „Memorisation and Mathematics“ zu vergleichen.

Dabei sollte insbesondere untersucht werden, ob es Unterschiede gibt hinsichtlich:

- der Sicherheit bei der Dosisfindung
- der Häufigkeit von Fehldosierungen
- der benötigten Zeit für die Dosisermittlung
- einer eventuellen Reduktion in der subjektiven Belastung der Helfer
- dem Einfluss von Trainingseffekten.

2. Material und Methoden

Für das Ziel einer vergleichenden Untersuchung zwischen der standardisierten Volumen-Gewichts basierten Dosierungsmethode GNOM und der konventionellen Berechnungsmethode „Memorisation & Mathematics“ wurde mit der Software SoSci Survey (Version 2.3.03-i, Leiner DJ, München) (<http://www.soscisurvey.de>) ein Online-Fragebogen entwickelt. Dazu war es erforderlich neben der Erhebung einfacher deskriptiver Daten, den Antwortfeldern auch einfache Rechen-Algorithmen zu unterlegen, um Dreisatzrechnungen für die abzufragenden Verdünnungen erfassen und diese anschließend auf ihre Richtigkeit überprüfen zu können. Des Weiteren war die Einrichtung einer Zeiterfassung notwendig um die Bearbeitungszeiten der Aufgaben zu ermitteln. Ein Kontrollalgorithmus zur Überprüfung der Vollständigkeit der Angaben wurde aktiviert, so dass der Fortschritt innerhalb des Fragebogens nur nach Beantwortung der relevanten Fragen möglich war.

Nach Fertigstellung der ersten Testversion wurde in der Zeit vom 26.06.2011 bis 19.07.2011 ein Probelauf im Internet freigeschaltet. Hieran nahmen 5 eingeladene Probanden teil. Die anschließende Auswertung ergab einen nur geringen redaktionellen Änderungsbedarf. Unter anderem wurde die Darstellung der Kopf- und Fußzeile modifiziert und die Feedback-Seite verbessert, da nahezu alle Testteilnehmer sich eine Rückmeldung über die Richtigkeit ihrer Berechnungen wünschten.

Das Einverständnis der Direktoren der Klinik für Kinderheilkunde – Pädiatrische Kardiologie des Universitätsklinikums Münster und der Kinderklinik des St. Franziskus-Hospitals Münster zur Durchführung der Studie unter Verwendung der Klinik-Logos wurde eingeholt. Nach Auskunft des befragten klinischen Ethikkomitees war keine dezidierte Genehmigung für die Befragung notwendig.

Die Datenerhebung erfolgte im Zeitraum vom 21.07.2011 bis 04.12.2011 mit dem Online-Fragebogen (<http://www.soscisurvey.de/gnom-studie>)[47].

Der Fragebogen war so aufgebaut, dass nach einer Einleitung mit Vorstellung des Konzeptes zu „Gewichtsadaptierten Notfall-Medikamenten beim Kindernotfall - GNOM“, den Probanden zwei, auf Wunsch bis zu vier Dosierungsbeispiele, sowohl

nach dem GNOM-Konzept, als auch nach konventioneller Berechnungsmethode „Memorisation and Mathematics“, zur Bearbeitung vorgestellt wurden.

Der detaillierte Aufbau und die Funktionen des finalen Fragebogens werden im Folgenden dargestellt. Siehe dazu auch die Abb. 2.1-2.12.

2.1. Online-Fragebogen

Auf der Einleitungsseite erfolgte eine kurze Vorstellung des GNOM-Konzeptes, damit die Teilnehmer sich über die Grundidee des Fragebogens orientieren konnten.

0% ausgefüllt

UKM
Universitätsklinikum
Münster

ST. FRANZISKUS-HOSPITAL
MÜNSTER

Hallo und herzlich Willkommen beim Fragebogen zu GNOM!

Diese Onlinestudie soll dazu dienen, das unten vorgestellte Konzept zu "Gewichtsadaptierten Notfallmedikamenten beim Kindernotfall - GNOM" wissenschaftlich zu validieren.

Die zentrale Frage bei der Dosierung von Notfallmedikamenten im Kindernotfall lautet: "Wieviel soll ich dem Kind denn spritzen?"

Die konventionelle Kopfrechnung - wie unten im Schema gezeigt - wird mit GNOM durch ein für jedes gängige Notfallmedikament auf **0,1ml/kgKG** vereinfachtes Verdünnungsschema abgelöst, mit der in der Regel mit dem gewünschten Effekt zu rechnen ist. Es soll damit die **Sicherheit für den Patienten** erhöhen, die **Schnelligkeit** der Applikation steigern und das subjektive **Sicherheitsgefühl** für den (Not-)Arzt erhöhen.

Es wäre sehr nett, wenn Sie sich **3-6 Minuten Zeit** nehmen und mithelfen, herauszufinden, ob diese Ziele durch GNOM erreicht werden können. Ihnen werden zwei Dosierungsbeispiele vorgestellt, eines nach GNOM, eines mit konventioneller Kopfrechnung. Bitte beachten Sie, dass die Zeit, die Sie für die Antwort benötigen, ebenfalls erfasst wird. Wenn Sie dann noch Lust haben oder Ihre Neugierde geweckt wird, besteht die Möglichkeit, noch ein zweites Beispiel auszuprobieren.

Vielen herzlichen Dank für Ihre Mühen!

- Gewicht des Kindes [kgKG]
- Dosis in Ampulle [mg / ml]
- Gewünschte Dosis [mg / kgKG]

zu applizierende Menge [ml / kgKG]

kg

ml

Weiter

Korrespondenz:
[St. Franziskus-Hospital Münster](#), Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, [P. Navrátil](#), Hohenzollererring 72, 48149 Münster
[Universitätsklinikum Münster](#) - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - komm. Leiter
Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl

Abbildung 2.1: Einleitung, Darstellung der Seite 1 des Fragebogens mit Erläuterung des Grundprinzips eines Volumen/Gewichtsbezogenen Dosierungsschemas und der zu untersuchenden Fragestellungen, sowie des zu erwartenden Zeitaufwandes für die Teilnehmer.

Auf der 2. Seite wurden den Teilnehmern Fragen zu ihren medizinischen Qualifikationen (obligat) sowie zu den Jahren an Berufserfahrung (fakultativ) und ihres Geschlechts (fakultativ) gestellt. Eine Verifizierung der angegebenen Qualifikationen erfolgte nicht. Da der Fragebogen im Wesentlichen für die Anwendung bei Kindernotfällen gestaltet wurde, wurden als auswählbare Berufsgruppen Ärzte, Rettungsassistenten und Kinderkrankenschwestern dargestellt. Eine freie Eingabe einer anderen Qualifikation war ebenfalls möglich.

20% ausgefüllt

UKM
Universitätsklinikum
Münster

**ST. FRANZISKUS-HOSPITAL
MÜNSTER**

Bitte geben Sie uns einige Informationen zu Ihrer Person. Außer der medizinischen Qualifikation sind die Angaben freiwillig.
Der Test ist eigentlich an (Not-)Ärzte gerichtet, aber auch Angehörige anderer Berufsgruppen sind gerne eingeladen, teilzunehmen.

1. Welche medizinische Qualifikation besitzen Sie?

Arzt

Rettungsassistent

Kinderkrankenschwester / -pfleger

Sonstiges

2. Wieviele Jahre Berufserfahrung haben Sie kumulativ in den Gebieten Intensivmedizin (jeglichen Fachgebietes), Notfallmedizin, Anästhesie oder Neonatologie? *(freiwillige Angabe)*

Jahre

3. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an: *(freiwillige Angabe)*

männlich

weiblich

Weiter

Korrespondenz:
[St. Franziskus-Hospital Münster](#), Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, [P. Navrátil](#), Hohenzollernring 72, 48149 Münster
[Universitätsklinikum Münster](#) - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - komm. Leiter
Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl

Abbildung 2.2: Darstellung der Seite 2 des Fragebogens mit Angaben zu medizinischer Qualifikation (obligat) sowie Berufserfahrung und Geschlecht (fakultativ).

Auf der Seite des ersten Fallbeispiels wurde von den Teilnehmern die Ermittlung der Dosis eines Notfall-Medikaments nach dem „Memorisation and Mathematics“ Prinzip verlangt. Die Applikation eines Notfallmedikamentes wurde anhand der Ampullengröße, der gewünschten Dosis und dem Körpergewicht des Kindes simuliert. Die Anwender hatten die Möglichkeit, das Medikament pur zu verabreichen oder vor der Applikation nach eigenem Wunsch zu verdünnen. Danach mussten sie angeben, wie viele Milliliter der verdünnten oder unverdünnten Lösung appliziert werden sollte. Weiter wurde erfragt ob Hilfsmittel benötigt oder verwendet wurden und wie sicher sich die Teilnehmer mit der eigenen Berechnung waren. Hinsichtlich der Hilfsmittel war eine Vorauswahl verfügbar, die Angabe sonstiger Hilfsmittel als Freitexteingabe war ebenfalls möglich. Die subjektiv empfundene Sicherheit wurde mittels einer 6-gliedrigen Skala ermittelt. Kognitiv wird dadurch eine Analogie zu Schulnoten etabliert. Außerdem wurden den Teilnehmern klare Stellungnahmen in Bezug auf die eigenen Empfindungen in die Richtungen „sicher“ oder „unsicher“ abverlangt. Auf diesem Weise sollte neutrale Positionierung („weiß nicht“) vermieden werden.

Sie möchten einem traumatisierten Kind Medikament X i.v. verabreichen in der Dosierung $0,1\text{mg/kgKG}$. In der vorgehaltenen 2ml-Ampulle befinden sich $10\text{mg}/2\text{ml}$ (1ml enthält also 5mg). Das Kind wiegt 20kgKG .

4. Wie lassen Sie sich das Medikament aufziehen?

- pur
- verdünnt, und zwar die komplette Ampulle (s.o.) + zusätzlich ml NaCl-0,9%

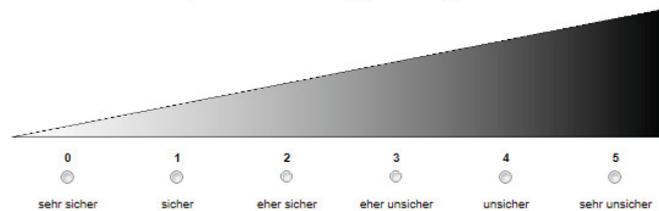
5. Wieviel ml verabreichen Sie von dem (ggf. wie von Ihnen angegeben verdünnten) Medikament, um die oben gewünschte Dosis bei diesem Kind zu erreichen?

Ich appliziere ml

6. Haben Sie dafür ein Hilfsmittel benötigt?

- Ich habe keine Hilfsmittel benötigt
- Zettel und Stift
- Taschenrechner
- Medikamentenbuch
- Sonstiges

7. Wie sicher sind Sie sich, dass die von Ihnen angegebene Menge korrekt ist?



Weiter

Korrespondenz:

St. Franziskus-Hospital Münster, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, P. Navrátil, Hohenzollererring 72, 48149 Münster
 Universitätsklinikum Münster - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - komm. Leiter
 Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl

Abbildung 2.3: „Memorisation and Mathematics“, Darstellung der Seite 3 des Fragebogens mit Fallbeispiel einer Aufgabe nach „Memorisation and Mathematics“-Prinzip. Zusätzlich Abfrage benötigter Hilfsmittel und des empfundenen Sicherheitsgefühl bezüglich der eigenen Berechnung.

Auf der Seite des Fragebogens zum GNOM-Konzept wurde ebenfalls eine Medikamentengabe simuliert, diesmal anhand einer Beispielseite, die die GNOM-Verdünnungsvorschrift und Dosierungsangaben enthielt, zusätzlich zum Körpergewicht des fiktiven Kindes. Ebenso wie im „Memorisation & Mathematics“-Beispiel mussten die Teilnehmer die zu applizierende Menge, den Gebrauch von Hilfsmitteln und ihr subjektives Sicherheitsgefühl angeben.

60% ausgefüllt



UKM
Universitätsklinikum
Münster

ST. FRANZISKUS-HOSPITAL
MÜNSTER



Sie möchten bei einem traumatisiertem Kind Medikament Y i.v. applizieren und verwenden dafür das u.g. GNOM-Schema. Das Medikament wird entsprechend dem u.g. Schema verdünnt und aufgezogen. Das Kind wiegt **25kgKG**.

Medikament Y


50 mg / 2 ml

8 ml NaCl-0,9% +
2 ml aus der Ampulle



10 ml-Spritze

Dosis 0,1 ml/kgKG
bis max. 0,2 ml/kgKG

Indikation	Intubationsnarkose (0,5 mg/kgKG ± 0,1 ml/kgKG)
Hinweise	GNOM verdünnt jedes Notfallmedikament auf eine Dosis von 0,1ml/kgKG.
Altersgrenze	Keine
Alternativen	Opiate, Ketamin

8. Wieviel ml verabreichen Sie von dem nach GNOM verdünnten Medikament, um die gewünschte Wirkung bei diesem Kind zu erreichen?

Ich appliziere ml

Abbildung 2.4: GNOM Aufgabe, Darstellung des ersten Teils der Seite 4 des Fragebogens mit fiktivem Fallbeispiel einer Aufgabe nach GNOM-Konzept

9. Haben Sie dafür ein Hilfsmittel (außer dem oben dargestellten Verdünnungsschema) benötigt?

Ich habe keine Hilfsmittel benötigt

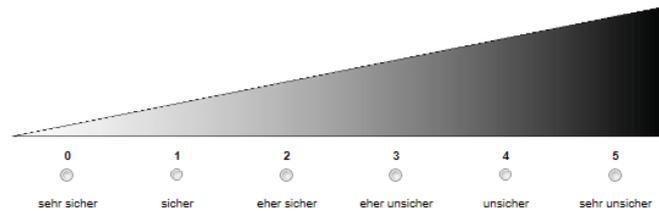
Zettel und Stift

Taschenrechner

Medikamentenbuch

Sonstiges

10. Wie sicher sind Sie sich, dass die von Ihnen angegebene Menge korrekt ist?



Weiter

Korrespondenz:

[St. Franziskus-Hospital Münster](#), Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, [P. Navrátil](#), Hohenzollertring 72, 48149 Münster
[Universitätsklinikum Münster](#) - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - komm. Leiter
Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl

Abbildung 2.5: Darstellung des zweiten Teils der Seite 4 des Fragebogens nach Fallbeispiel einer Aufgabe im GNOM-Konzept mit Abfrage benötigter Hilfsmittel und des empfundenen Sicherheitsgefühls bezüglich der eigenen Berechnung

Auf Seite 5 des Fragebogens fanden, unsichtbar für die Teilnehmer, automatische Umrechnungsaktionen statt, die die Ergebnisse der Teilnehmer zur späteren Auswertung aufbereiteten. Hier wurden z.B. im Hintergrund die Dosierungsberechnungen durchgeführt und eine automatisierte Einteilung in „richtig“ oder „falsch“ vorgenommen sowie eine prozentuale Abweichung vom Zielwert berechnet.



Abbildung 2.6: Zwischenseite, Darstellung der Seite 5 des Fragebogens, während derer im Hintergrund automatische Auswertungen der von den Teilnehmern gemachten Angaben erfolgten.

Die letzte Seite im ersten Abschnitt des Fragebogens schloss mit einem spezifischen Feedback für jeden einzelnen Teilnehmer, indem Rückmeldungen zu den ermittelten Dosen und deren Richtigkeit gegeben wurden.

Hatte ein Teilnehmer Interesse, einen zweiten Fragebogen zu bearbeiten, wurde hier die Möglichkeit gegeben, auf den nächsten Fragebogen zu wechseln, dessen Ergebnisse separat erfasst wurden. Bearbeitete der Proband den zweiten Fragebogen nicht, war die Datenerfassung des Fragebogens vollständig abgeschlossen.



Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Wir möchten uns ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken.

Ihre gewählte Dosierung beim Rechenbeispiel ("Memorization and Mathematics"), also der reinen Berechnung der Dosierung im Kopf oder ggf. mit Hilfsmitteln waren 1ml einer Lösung der Konzentration 10mg / 2ml, entsprechend einer Dosis von 5mg. Damit war Ihre Antwort **falsch**. Bislang haben 75 % aller Befragten diese Frage richtig beantwortet.

Ihre gewählte Dosierung beim GNOM-Beispiel waren 1ml, entsprechend 5mg. Diese Antwort war **falsch**. Diese Frage wurde bislang von 87 % aller Befragten richtig beantwortet.

Wenn Sie noch Lust haben, versuchen Sie es doch noch einmal mit zwei anderen Medikamenten! Dazu klicken Sie bitte hier:

[Zweites Fallbeispiel rechnen und weitergehende Informationen](#)

Literatur:

C. G. Erker, GNOM - Gewichtsadaptierte Notfallmedikamente beim Kindernotfall. akaMedica Verlag, Münster, 2011. ISBN 978-3-9812965-4-9

Korrespondenz:

St. Franziskus-Hospital Münster, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, P. Navrátil, Hohenzollerling 72, 48149 Münster
Universitätsklinikum Münster - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - komm. Leiter
Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl

Abbildung 2.7: Feedback, Darstellung der Seite 6 des Fragebogens mit individueller Rückmeldung zu den berechneten Dosen und deren Korrektheit. Darüber hinaus Angabe der von allen bisherigen Teilnehmern richtig gelösten Aufgaben in Prozent sowie die Hinweise für die Möglichkeit zwei weitere Fallbeispiele zu berechnen.

Erfasst wurden die Richtigkeit der jeweils ermittelten Dosierungen, die für die einzelnen Dosierermittlungen benötigten Zeiten, die bei jedem Abschnitt subjektiv empfundene Sicherheit der Teilnehmer, sowie die verwendeten Hilfsmittel. Ferner lagen der Auswertung die Daten der obligat anzugebenden medizinischen Qualifikationen und die Daten der fakultativ angegebenen Jahre der Berufserfahrung in den Gebieten

Intensivmedizin, Notfallmedizin, Anästhesie oder Neonatologie sowie das Geschlecht vor. Die Pflichtfelder konnten für die Fortführung des Fragebogens und den Seitenwechsel nicht leer gelassen werden. Bei einem bis zur letzten Seite bearbeiteten Fragebogen resultierte somit immer ein vollständiger Datensatz.

Der zweite, fakultativ auszufüllende Fragebogen war im Wesentlichen identisch aufgebaut. Zu zwei weiteren Fallbeispielen mittels „Memorisation and Mathematics“ und GNOM gab es ebenfalls eine Feedback-Seite. Zusätzlich wurde in diesem Fragebogen noch fakultativ die email-Adresse des Teilnehmers erfasst, für den Fall, dass die Teilnehmer Interesse an Rückmeldungen zu den Fragebögen hatten oder die eventuelle Teilnahme an einem möglichen Nachfolgeprojekt haben sollten. Die Email-Adressen wurden separat erfasst und unabhängig verschlüsselt gespeichert.

0% ausgefüllt



ST. FRANZISKUS-HOSPITAL
MÜNSTER



Sie möchten einem Kind Medikament A i.v. verabreichen in der Dosierung **0,1mg/kgKG**. In der vorgehaltenen **1ml-Ampulle** befinden sich **5mg/1ml** (1ml enthält also 5mg). Das Kind wiegt **10kgKG**.

1. Wie lassen Sie sich das Medikament aufziehen?

pur

verdünnt, und zwar die komplette Ampulle (s.o.) + zusätzlich ml NaCl-0,9%

2. Wieviel ml verabreichen Sie von dem (ggf. wie von Ihnen angegeben verdünnten) Medikament, um die oben gewünschte Dosis bei diesem Kind zu erreichen?

Ich appliziere ml

3. Haben Sie dafür ein Hilfsmittel benötigt?

Ich habe keine Hilfsmittel benötigt

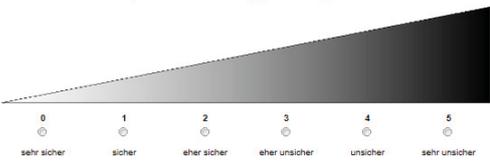
Zettel und Stift

Taschenrechner

Medikamentenbuch

Sonstiges

4. Wie sicher sind Sie sich, dass die von Ihnen angegebene Menge korrekt ist?



0 1 2 3 4 5
sehr sicher sicher eher sicher eher unsicher unsicher sehr unsicher

Korrespondenz:
St. Franziskus-Hospital Münster, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, P. Neuvähti, Hohenzollernring 72, 48149 Münster
Universitätsklinikum Münster - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - komm. Leiter
Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl

Abb. 2.8

33% ausgefüllt



ST. FRANZISKUS-HOSPITAL
MÜNSTER



Sie möchten bei einem Kind Medikament B i.v. applizieren und verwenden dafür das u.g. GNOM-Schema. Das Medikament wird entsprechend dem u.g. Schema verdünnt und aufgezogen. Das Kind wiegt **15kgKG**.

Medikament B

10 mg / 1 ml

**9 ml NaCl-0,9% +
1 ml aus der Ampulle**



10ml-Spritze

Dosis 0,1 ml / kgKG

Indikation Analgesie
 (0,1 mg / kgKG ± 0,1 ml / kgKG)

Hinweise GNOM liefert für über 80 Notfallmedikamente
 Verdünnungsvorschriften auf 0,1ml/kgKG

Altersgrenze Keine

Alternativen Piritramid, Pethidin, Ketamin, Esketamin

5. Wieviel ml verabreichen Sie von dem nach GNOM verdünnten Medikament, um die gewünschte Wirkung bei diesem Kind zu erreichen?

Ich appliziere ml

Abb.2.9

6. Haben Sie dafür ein Hilfsmittel (außer dem oben dargestellten Verdünnungsschema) benötigt?

Ich habe keine Hilfsmittel benötigt

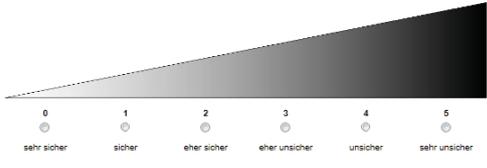
Zettel und Stift

Taschenrechner

Medikamentenbuch

Sonstiges

7. Wie sicher sind Sie sich, dass die von Ihnen angegebene Menge korrekt ist?



0 1 2 3 4 5
sehr sicher sicher eher sicher eher unsicher unsicher sehr unsicher

Korrespondenz:
St. Franziskus-Hospital Münster, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, P. Neuvähti, Hohenzollernring 72, 48149 Münster
Universitätsklinikum Münster - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - komm. Leiter
Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl

Abb.2.10

Abbildungen 2.8 - 2.10: Darstellung der Seiten 7-8 eines optional zweiten Fragebogens. Fallbeispiele nach „Memorisation and Mathematics“ Prinzip und im GNOM-Konzept mit Abfrage benötigter Hilfsmittel und des empfundenen Sicherheitsgefühls bezüglich der eigenen Berechnung.

67% ausgefüllt



ST. FRANZISKUS-HOSPITAL
MÜNSTER



Vielen Dank fürs Ausfüllen des zweiten Falles!

Auf dieser Erhebung aufbauend ist eine weitergehende Befragung innerhalb einer kleineren Zielgruppe geplant. Dabei soll anhand eines Fragebogens die Dosierung innerhalb von dargestellten Szenarien mit 3 verschiedenen, genau definierten Medikamenten untersucht werden.

Gerne würden wir Sie dazu einladen, wenn Sie Lust haben, bei der Nachfolgestudie mitzumachen! Wenn Sie das möchten, tragen Sie doch unten Ihre email-Adresse ein und wir senden Ihnen Ihre persönliche Einladung zu der Studie, sobald diese online geschaltet wird.

Wenn Sie das **nicht möchten**, bedanken wir uns für Ihre Teilnahme an dieser Studie und Ihre Zeit. Durch Klicken auf "Weiter" kommen Sie zur Abschlussseite, auf dem Ihre Ergebnisse des zweiten Durchlaufes dargestellt werden.

Ihre email-Adresse:

Korrespondenz:
St. Franziskus-Hospital Münster, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, P. Nawrath, Höhenzollerweg 72, 48149 Münster
Universitätsklinikum Münster - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - komm. Leiter
Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl



ST. FRANZISKUS-HOSPITAL
MÜNSTER



Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Wir möchten uns ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken. Hier ein kurzes Feedback zu Ihrem zweiten Beispiel:

Ihre gewählte Dosierung beim Rechenbeispiel ("Memorization and Mathematics") waren 1ml einer Lösung der Konzentration 5mg / 1ml, entsprechend einer Dosis von 5mg. Damit war Ihre Antwort **falsch**. Bislang haben 75 % aller Befragten diese Frage richtig beantwortet.

Ihre gewählte Dosierung beim GNOM-Beispiel waren 1ml, entsprechend 1mg. Diese Antwort war **falsch**. Diese Frage wurde bislang von 87 % aller Befragten richtig beantwortet.

Literatur:
C. G. Erker. GNOM - Gewichtsadaptierte Notfallmedikamente beim Kindernotfall. akaMedica Verlag, Münster, 2011. ISBN 978-3-9812965-4-9

Korrespondenz:
St. Franziskus-Hospital Münster, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, P. Nawrath, Höhenzollerweg 72, 48149 Münster
Universitätsklinikum Münster - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - komm. Leiter
Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl

Abbildungen 2.11 u. 2.12: Darstellung der Seiten 9-10 eines optional zweiten Fragebogens. Auf der vorletzten Seite Ankündigung einer weiterführender Befragung und bei Interesse an einer Teilnahme Möglichkeit zur Hinterlegung einer email-Adresse. Die letzte Seite des Fragebogens zeigte eine individuelle Rückmeldung zu den berechneten Dosen und ihrer Korrektheit sowie Angabe der von den bisherigen Teilnehmern richtig gelösten Aufgaben in Prozent.

2.2. Datenaufbereitung

Die statistischen Analysen der ermittelten Daten erfolgten mit folgenden Programmen:

- SPSS Statistics 20 (IBM, Armonk, USA; <http://www.ibm.com>)
- MedCalc Statistical Software 14.10.2 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium; <http://www.medcalc.org>)
- Microsoft Excel 2010 (Microsoft, Redmont, USA; <http://www.microsoft.de>)

2.2.1. Skalenniveaus

Die Merkmalsausprägungen der einzelnen Variablen wurden Skalen zugeordnet.

Es wurden 4 verschiedene Skalenniveaus verwendet [6].

- Nominalskala

Hierbei handelt es sich um nominalskalierte (diskrete) Variablen, bei denen lediglich eine "Gleich oder Ungleich-Beziehung" zwischen den Ausprägungen herrscht. Es handelt sich also nur um qualitative Merkmale. Die Werte können aber nicht der Größe nach sortiert werden, im Sinne von „ist größer als“ oder „besser als“. In der vorliegenden Untersuchung finden sich dieser Art von Variablen im Geschlecht und der beruflichen Qualifikation der Teilnehmer.

- Ordinalskala

Bei ordinalskalierten Variablen sind neben der Ausprägung "gleich oder ungleich" auch Vergleiche wie „größer/kleiner“, „mehr/weniger“ oder „stärker/schwächer“ möglich, wodurch eine Rangfolge ermöglicht wird. Die Abstände zwischen diesen benachbarten Werten sind nicht gleich. Meist handelt es sich um qualitative Merkmale, wie zum Beispiel Schulnoten: Note 1 ist besser als Note 2. Es gibt aber keine Auskunft darüber, ob der Unterschied zwischen Note 1 und 2 gleich groß ist wie der zwischen Note 3 und Note 4. Die Abfrage des subjektiv empfundenen Sicherheitsempfindens der Teilnehmer entspricht diesem Skalenniveau.

- Intervallskala

Die Ausprägungen intervallskalierter (metrischer) Variablen entsprechen reellen Zahlen mit gleich unterteilten Einheiten (Intervallen) auf einer Skala wie z.B. Datum oder Alter. Es sind Aussagen über den Betrag der Unterschiede zwischen zwei Gruppen möglich. Die Unterschiede der Merkmalswerte können durch Differenzbildung quantifiziert werden.

- Verhältnisskala (Ratioskala).

Das höchste Skalenniveau ist eine Verhältnisskala (Ratioskala). Dabei handelt es sich um eine metrische Skala. Im Unterschied zur Intervallskala besteht hier ein absoluter Nullpunkt (Beispiel sind: Lebensalter, Blutdruck, Längenmaße). Nur bei diesem Skalenniveau sind Multiplikation und Division sinnvoll möglich. Verhältnisse von Merkmalswerten dürfen gebildet werden (zum Beispiel: „A“ ist doppelt so alt wie „B“.)

Metrische Variablen der vorliegenden Untersuchung sind die Berufserfahrung in Jahren, die jeweils benötigte Zeit zur Berechnung der Dosis, sowie die Abweichung der ermittelten Dosis von der korrekten Dosis in Prozent.

2.2.2. Verwendete statistische Testverfahren

- Chi-Quadrat-Test

Dient dazu Abhängigkeiten nominaler Variablen voneinander zu beschreiben.

Beispiel: Hat das Geschlecht / die berufliche Qualifikation der Teilnehmer Einfluss auf die korrekte Dosisberechnung oder die Verwendung von Hilfsmitteln?

- Mann-Whitney-U-Test

Dient dazu zwei unabhängige Stichproben einer metrischen Variable miteinander zu vergleichen.

Beispiel: Gibt es Unterschiede in der Bearbeitungsdauer (Variable Zeit) zwischen weiblichen und männlichen Teilnehmern?

- Kruskal-Wallis-Test

Dient dazu mehr als zwei unabhängige Stichproben einer metrischen Variablen miteinander zu vergleichen.

Beispiel: Gibt es einen Zusammenhang zwischen der beruflichen Qualifikation der Teilnehmer und der jeweils benötigten Zeit zur Berechnung der Dosis.

- Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

Dient dazu zwei metrische Variablen bei einem Individuum zu vergleichen (gepaarte Stichproben).

(Beispiel: Die benötigten Zeiten für die Dosisermittlung durch „Memorisation & Mathematics“-Prinzip und GNOM-Konzept werden für jeden Teilnehmer der Stichproben miteinander verglichen.

Als signifikant wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von unter 5% ($p < 0,05$) gewählt. Dargestellte Werte werden – soweit nicht anders gekennzeichnet – im Format „Median (95%-Konfidenzintervall)“ dargestellt.

Grafiken wurden erstellt mittels SPSS Statistics 20 oder mit dem Programm Microsoft Excel 2010 (Microsoft, Redmont).

2.3. Untersuchungsgruppe

Der Fragebogen war im Internet unter der URL www.soscisurvey.de/gnom-studie öffentlich zugänglich.

Die Teilnehmer rekrutierten sich im Wesentlichen aus Mitarbeitern der umliegenden Kliniken und Rettungsdienstbereichen, in welchen die Untersuchung speziell bekannt gemacht wurde. Hierzu dienten unter anderem fünf Fortbildungsveranstaltungen.

- Fortbildung der Klinik für Pädiatrische Kardiologie im Rahmen der Mittags-Fortbildung der Kliniken für Kinder und Jugendmedizin am Universitätsklinikum Münster am 29.06.2011
- Fortbildung der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin des St. Franziskus-Hospital Münster im Rahmen der wöchentlichen Fortbildung am 19.05.2011
- Fortbildung der Klinik für Anästhesie und operative Intensivmedizin des St. Franziskus-Hospital Münster im Rahmen der Monatsfortbildung am 07.11.2011
- Treffen des Arbeitskreises Notärzte in Münster (Berufsfeuerwehr Münster) am 08.08.2011
- Kolloquium Notfallmedizin von St. Franziskus-Hospital Münster und Kreis Warendorf (Rettungswache Telgte) am 21.07.2011

Den Teilnehmern wurde ein DIN A5-Flyer mit der URL ausgehändigt (Abb. 6.1)

Grundsätzlich stand die Teilnahme aber allen Interessierten offen, welche über Mund-zu-Mund-Propaganda davon erfuhren.

3. Ergebnisse

3.1. Deskriptive Statistik der Untersuchungsgruppen

Insgesamt füllten 104 Teilnehmer vollständig verwertbare Fragebögen aus. Von diesen Teilnehmern bearbeiteten 71 (68,3%) auch den zweiten Fragebogen vollständig. Es konnten somit 175 komplette Datensätze ausgewertet werden.

Die mittlere Bearbeitungszeit für den gesamten online-Fragebogen betrug 302 Sekunden (95% Konfidenzintervall: 238-366s). Aufgeteilt auf die beiden Teile des Fragebogens waren es 405s (95% Konfidenzintervall: 304-506s) für den ersten Teil und 152s (95% Konfidenzintervall: 119-184s) für den zweiten Teil.

Die Untersuchungsgruppe der 104 freiwilligen Teilnehmer setzte sich aus 60 Ärzten (57,7% der Gesamtgruppe, davon 31 männlich, 28 weiblich, 1 unbekannt), 34 Rettungsassistenten (32,7%, davon 31 männlich, 2 weiblich, 1 unbekannt), 4 Kinderkrankenschwestern/-pflegern (3,8%, davon 4 weiblich), und 6 sonstigen Berufsgruppen (5,8%, davon 4 männlich, 2 weiblich) zusammen (Abb. 3.1).

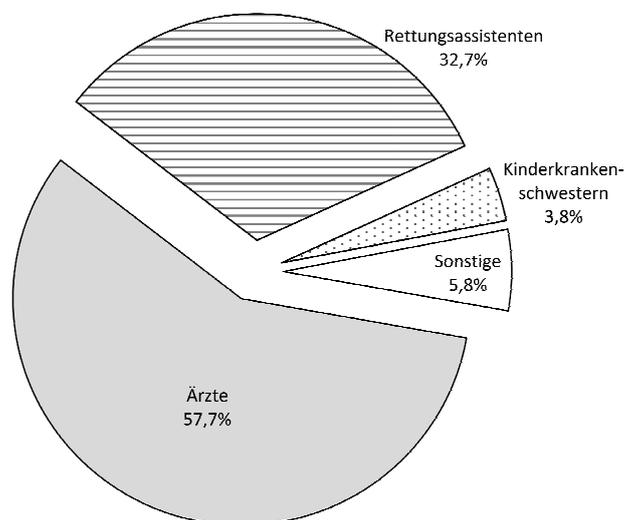


Abbildung 3.1: Verteilung der Berufsgruppen unter den 104 Teilnehmern der auswertbaren Online-Fragebögen

Die Geschlechtsverteilung zeigte signifikante Unterschiede ($p < 0,01$) zwischen den Berufsgruppen Rettungsassistent (vorwiegend Männer) und Kinderkrankenschwester (ausschließlich Frauen).

Die durchschnittliche Berufserfahrung betrug im Median in der Gruppe der Ärzte 5 Jahre, bei den Rettungsassistenten 7 Jahre, bei den Kinderkrankenschwestern/-pflegern 3 Jahre und bei den sonstigen Berufsgruppen 1 Jahr. Die männlichen Teilnehmer verfügten über eine signifikant längere Berufserfahrung als die weiblichen Teilnehmer, im Median waren es 7 Jahre (95%-KI 5-10,7) vs. 4 Jahre (3-6,2); $p < 0,01$).

3.2. Richtige Dosierungen

Nach dem „Memorisation and Mathematics“ (M&M) Prinzip machten die Teilnehmer signifikant häufiger Fehler mit 41 Fehldosierungen (23%) gegenüber dem GNOM-Konzept mit 19 Fehldosierungen (11%; $p < 0,001$, siehe dazu auch Abb. 3.2).

Die Spannbreite der Abweichung betrug bei M&M 10% - 1250% gegenüber der korrekten Dosis, der Mittelwert der Abweichung betrug das 1,43-fache davon (95%-KI: 1,09-1,53-fach). Mehr als 10-fache Überdosierungen kamen bei M&M in 3 sporadischen Fällen (1,7%) vor.

Die Spannweite der Abweichungen nach dem GNOM-Konzept betrug 40% - 1000%, die mittlere Abweichung lag bei dem 1,23-fachen (95%-KI: 1,03-1,44-fach). Abweichungen um den Faktor 10 kamen in 4 Fällen (2,2%) bei 2 Teilnehmern vor.

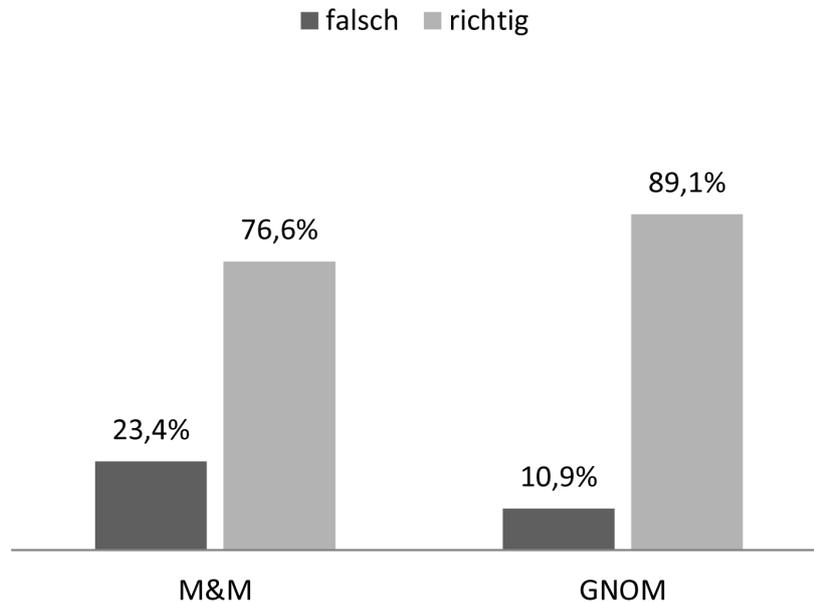


Abbildung 3.2: Fehlerquote, vergleichende Darstellung der richtig (hell) und falsch (dunkel) gelösten Dosierungs-Aufgaben nach „Memorisation and Mathematics“-Prinzip (M&M) und nach GNOM-Konzept

Ein signifikanter Einfluss der Berufserfahrung auf die Korrektheit der berechneten Dosis konnte weder bei M&M Prinzip ($p=0,32$) noch bei GNOM-Konzept ($p=0,54$) festgestellt werden. Eine Geschlechtsabhängigkeit auf die Korrektheit der berechneten Dosis fand sich ebenfalls nicht (M&M $p=0,75$ respektive GNOM $p=0,93$).

Beim M&M Prinzip zeigten Rettungsassistenten (35% Fehlerquote) und Kinderkrankenschwestern (38% Fehlerquote) im Vergleich zu Ärzten (12% Fehlerquote) eine signifikant höhere Fehlerrate ($p<0,01$).

Bei der Verwendung von GNOM durch Fachpersonal (Gruppe der „Sonstige“ in der Auswertung ausgenommen) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der Häufigkeit von Fehlern unter den Berufsgruppen Ärzte versus Rettungsassistenten versus Kinderkrankenschwestern ($p=0,31$).

Beim zweiten Durchlauf zeigten die Teilnehmer beim GNOM-Konzept einen Trainingseffekt mit signifikant weniger Fehlern. Beim ersten Durchlauf waren es 16 Fehler bei 104 Fragebögen (Fehlerquote 15%) gegenüber dem zweiten Durchlauf 3 Fehler bei 71 Fragebögen (Fehlerquote 4%; $p=0,037$). Ein solcher Trainingseffekt konnte bei dem M&M Prinzip nicht gezeigt werden. Im ersten Durchlauf waren es 26

Fehler bei 104 Fragebögen (Fehlerquote 25%), gegenüber dem zweitem Durchlauf 15 Fehler bei 71 Fragebögen (Fehlerquote 21%; $p=0,68$).

3.3. Zeitbedarf

Bei der Betrachtung der zur Dosisermittlung benötigten Zeit fand sich eine signifikant längere Dauer der Bearbeitung beim M&M Prinzip. Im Median wurden beim M&M Prinzip 83 Sekunden (95%-Konfidenzintervall 76,1-92,9) benötigt, dagegen beim GNOM-Konzept nur 53 Sekunden (95%-KI 45,0-66,0) ($p<0,001$, siehe Abb. 3.3).

Im zweiten Durchlauf zeigte sich in beiden Methoden ein signifikanter Trainingseffekt mit jeweils ca. 50% schnellerer Bearbeitungszeit. Beim M&M Prinzip wurden für den ersten Fragebogen 115s gegenüber 60s für den zweiten Fragebogen benötigt ($p<0,01$). Bei GNOM wurden für den ersten Fragebogen 77s und für den zweiten 32s benötigt ($p<0,01$). Die Unterschiede zwischen M&M und GNOM blieben in beiden Durchläufen signifikant ($p<0,001$ beim ersten Durchgang versus $p<0,001$ beim zweiten Durchgang).

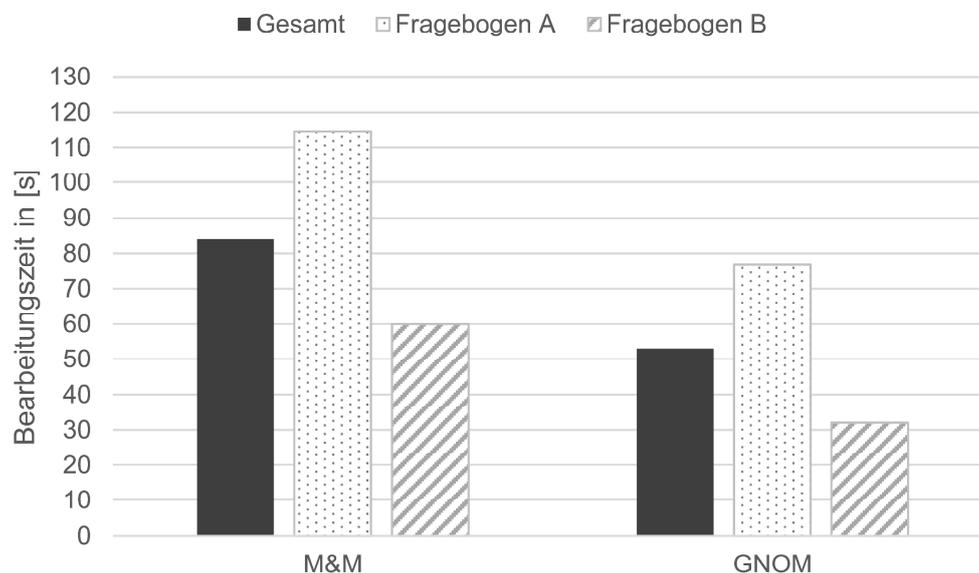


Abbildung 3.3: Zeitbedarf, vergleichende Darstellung der benötigten Bearbeitungszeit unter Anwendung von „Memorisation and Mathematics“ (M&M) und GNOM für beide Fragebögen, nur Fragebogen A, nur Fragebogen B

Eine Abhängigkeit der Bearbeitungszeit von der Berufserfahrung zeigte sich weder bei M&M ($p=0,71$) noch bei GNOM ($p=0,86$).

Ein statistisch signifikanter Einfluss der Berufsgruppe auf die Bearbeitungszeit zeigte sich ebenfalls nicht bei M&M (Ärzte 80s, Rettungsassistenten 91s, Krankenschwestern 112s; $p=0,12$). Demgegenüber fand sich bei der Verwendung von GNOM eine signifikant schnellere Bearbeitung von Krankenschwestern (Median 32s) gegenüber Ärzten (Median 50s) und Rettungsassistenten (Median 66s); ($p=0,02$).

Unterschiede in der Bearbeitungszeit in Abhängigkeit vom Geschlecht waren weder bei M&M (Männer 100s, Frauen 137s; $p=0,07$) noch beim GNOM-Konzept (Männer 78s, Frauen 75s; $p=0,79$) feststellbar.

3.4. Sicherheitsgefühl

Hinsichtlich der von den Probanden subjektiv eingeschätzten Sicherheit der Richtigkeit ihrer Dosisermittlung fanden sich, als Skala analog zu Schulnoten ausgedrückt (0=sehr sicher; 5= sehr unsicher), für das M&M Prinzip im Mittel 2.08 (95%-KI: 1,89 - 2,27) gegenüber dem GNOM-Konzept im Mittel 1.84 (95% KI: 1,67 - 2,01). Dieser Unterschied in den Berufsgruppen war signifikant ($p=0.018$) (siehe dazu Abb. 3.4).

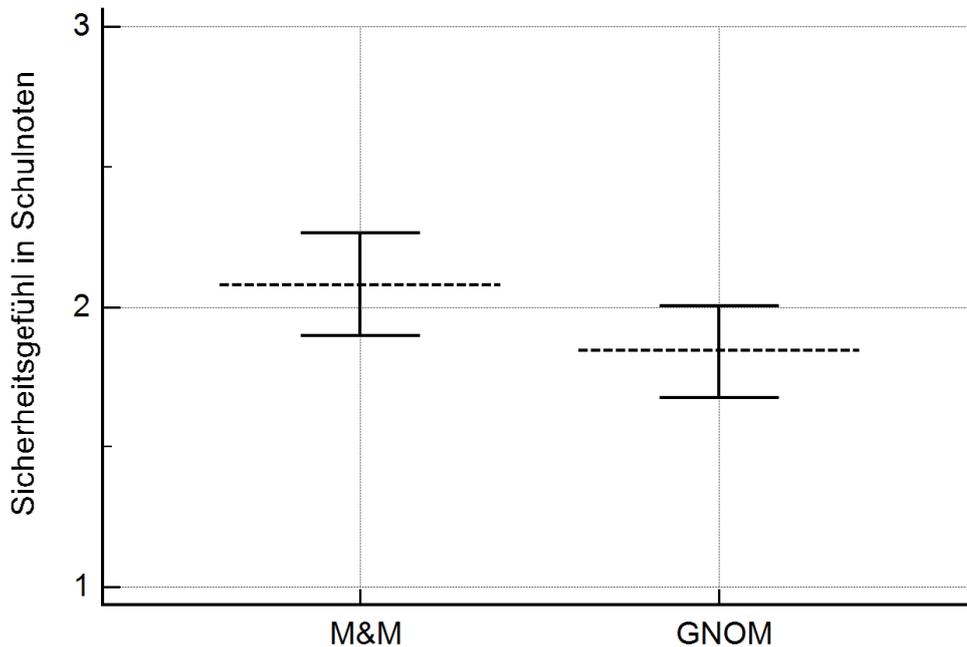


Abbildung 3.4: Sicherheitsgefühl, vergleichende Darstellung des subjektiv empfundenen Sicherheitsgefühls bezüglich der Richtigkeit der Dosisermittlung unter Anwendung von „Memorisation and Mathematics“ (M&M) und GNOM nach Schulnoten (1=sehr gut, 6=ungenügend)

Unterschiede in der subjektiv wahrgenommenen Sicherheit waren zwischen den Geschlechtern für beide Berechnungsverfahren nicht nachweisbar (M&M: Männer 2,2; Frauen 2,1; $p=0,63$; GNOM: Männer 2,0; Frauen 2,0 als Schulnote; $p=0,82$).

Ein signifikanter Einfluss der Berufsgruppe auf die subjektiv empfundene Sicherheit bei Verwendung von GNOM (Ärzte 1,7; Rettungsassistenten 1,9; Krankenschwestern 1,5 als Schulnote; $p=0,66$) zeigte sich ebenfalls nicht. Ärzte geben beim M&M Prinzip ein höheres Sicherheitsgefühl an als Rettungsassistenten oder Kinderkrankenschwestern (Ärzte 1,7; Rettungsassistenten 2,3; Krankenschwestern 3,1 als Schulnote; $p<0,01$).

Differenziert man das Sicherheitsgefühl zwischen erstem und zweitem Durchlauf ergibt sich beim GNOM-Konzept ein signifikant höheres Sicherheitsgefühl durch die Wiederholung (2,1 vs. 1,5; $p<0,01$). Ein solcher Effekt lässt sich beim M&M Prinzip nicht nachweisen (2,2 vs. 1,9; $p=0,23$).

3.5. Hilfsmittel

Der Gebrauch von Hilfsmitteln wie Zettel und Stift, Taschenrechner oder Medikamentenbuch wurde bei M&M 28 mal (16%) dagegen bei GNOM nur 7 mal (4%) angegeben ($p < 0.001$). Die Verteilung der Hilfsmittel für beide Fragebögen ist in Tabelle 3.1 dargestellt:

Tabelle 3.1: Verwendung von Hilfsmitteln

	M&M	GNOM
Zettel und Stift	16 (9,1%)	3 (1,7%)
Taschenrechner	7 (4,0%)	4 (2,3%)
Medikamentenbuch	4 (2,3%)	-
Sonstiges	1 (0,6%)	-
Kein Hilfsmittel	147 (84,0%)	168 (96,0%)

Geschlechtsunterschiede gab es bei der Verwendung von Hilfsmitteln nicht (Hilfsmittelverwendung bei M&M: Männer 14%, Frauen 28%; $p = 0,14$; Hilfsmittelverwendung bei GNOM: Männer 3%, Frauen 11%; $p = 0,22$). Bei den Berufsgruppen zeigten sich für M&M eine häufigere Verwendung von Hilfsmitteln (Krankenschwestern 75%, Ärzte 12%, Rettungsassistenten 14%; $p < 0,01$). Dies war auch bei GNOM nachweisbar (Krankenschwestern 25%, Ärzte 4%, Rettungsassistenten 2%; $p < 0,01$).

Bei der Verwendung von Hilfsmitteln waren keine signifikanten Trainingseffekte erkennbar (M&M: erster Fragebogen 19%, zweiter Fragebogen 11%; $p = 0,23$; GNOM: erster Fragebogen 6%, zweiter Fragebogen 1%; $p = 0,29$).

4. Diskussion

Akute, lebensbedrohliche Notfälle bei Kindern sind seltene Ereignisse und somit keine Routine. Die bei Kindern bestehende Notwendigkeit zur individuellen Dosisberechnung von Notfallmedikamenten stellt ein wichtiges Problem für die Erstversorger dar.

Da die Notfallversorgung von Kindern präklinisch [22] oft nicht durch spezifisches Personal und auch innerklinisch zum Teil von unerfahrenen Ärzten und Pflegekräften außerhalb von intensivmedizinischen oder anästhesiologischen Arbeitsbereichen erfolgt, ist in diesen Situationen häufiger mit Fehlern, insbesondere Dosierungsfehlern zu rechnen.

Der Einsatz geeigneter Hilfsmittel zur Fehlervermeidung ist sehr wichtig [28]. Jedoch erfüllt keines der gängigen Hilfsmittel alle Anforderungen an ein ideales System, wie in Abschnitt 1.5 dargestellt wurde.

Zur Verbesserung dieser Situation wurde das Konzept einer Gewichtsadaptierten Notfallmedikation (GNOM) entwickelt [15].

In der hier dargestellten Studie zeigten sich für das GNOM-Konzept gegenüber herkömmlichen Dosisermittlungen signifikant weniger Fehler, eine kürzere Bearbeitungszeit zur Ermittlung der gewünschten Dosis sowie ein geringerer Bedarf für zusätzliche Hilfsmitteln. Die Anwender des GNOM-Konzepts empfanden zudem eine signifikant höhere subjektive Sicherheit im Vergleich zu den bisherigen Methoden der Dosisermittlung.

Die besonders bedrohlichen Fehldosierungen um den Faktor 10 traten bei beiden Methoden in vergleichbarer Häufigkeit auf. Gerade im Säuglingsalter ist diese Fehlerquelle relevant, da hier noch vergleichsweise kleine Volumina appliziert werden und eine Überdosis um den Faktor 10 ein noch tatsächlich applizierbares Volumen ergibt. In der Praxis wird eine solche Überdosierung beim GNOM-Konzept jedoch dadurch relativiert, dass im Kleinkind- und Schulkindalter durch die aufgezogenen Spritzen eine Volumen- und damit Dosisbegrenzung gegeben ist.

Ähnliche Ergebnisse, wie die der vorliegende Studie, ergaben sich für das GNOM-Konzept in einer vorangegangenen Untersuchung mit einer kleinen Gruppe von

insgesamt 16 Mitarbeitern der anästhesiologischen Abteilung des Franziskus-Hospitals Münster. Hierbei wurde für verschiedene pädiatrische Notfallsituationen mit jeweils 3 Notfallmedikamenten untersucht, wie herkömmliche Berechnungen im Vergleich zum GNOM-Verfahren, bei der Narkoseeinleitung eines 25kg schweren Kindes bzw. beim Status epilepticus eines 15kg schweren Kindes bewältigt wurden [16].

Die hier gezeigten Ergebnisse stimmen auch gut mit einer Simulationsstudie überein, bei der standardisierte Volumen-Gewichtsbasierte Dosierungen pädiatrischer Notfallmedikamente mit Dosierungen nach dem Broselow-Tape verglichen wurden. Es konnte eine schnellere Verabreichung der Medikation ohne Einbußen in der Genauigkeit der Dosis nachgewiesen werden [17].

4.1. Einfluss der Berufserfahrung auf Fehler bei Dosisberechnungen

Ein auffallendes Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist die Tatsache, dass für das GNOM-Konzept die Berufserfahrung keine entscheidende Auswirkung auf die Korrektheit der Dosisberechnung hat. Dies steht im Gegensatz zu zahlreichen Untersuchungen, die einen klaren Zusammenhang zwischen fehlender Berufserfahrung und dem Auftreten von Dosierungsfehlern in der pädiatrischen Notfallversorgung nachweisen.

So zeigte eine Beobachtungsstudie an 150 Ärzten eines Lehrkrankenhauses [54] mittels Fragebögen, dass die Fähigkeiten unerfahrener Krankenhausärzte zur Berechnung von Medikamenten-Dosen noch mangelhaft sind. Insbesondere bei unterschiedlichen Konzentrationsangaben (mg/ml), Verdünnungen (z.B. 1:1000) oder Prozent-Konzentrationen (1%) traten Fehler auf. Die Hälfte der Probanden war nicht in der Lage, Dosen von einer Prozent-Konzentration in eine konventionelle Massenkonzentration umzurechnen. Junge, unerfahrene Ärzte zeigten am häufigsten Fehler. Chirurgen oder Internisten waren deutlich schlechter in den Dosisberechnungen als Anästhesisten. Von 11 Probanden, welche mit der Beschriftung in Prozent-Konzentration subjektiv zufrieden waren hatten 6 keine einzige Frage richtig beantwortet. 42 Teilnehmer gaben an, ein gezieltes Teaching zur korrekten

Dosisberechnung erhalten zu haben, davon beantworteten nur 19 alle Fragen richtig. In der anschließenden Befragung bevorzugten 2/3 der Probanden eine Beschriftung der Ampullen in mg/ml.

Bei einem Rechentest aller Mitarbeiter einer neonatologischen Intensivstation fanden sich in 60% Fehler [32]. Davon waren 6% der Fehler solche mit dem Faktor 10. Bezüglich der Berufserfahrung war auffallend, dass junge Schwestern nach dem Examen mit 6% deutlich weniger Fehler machten, als Schwestern mit mehr als 10 Jahren Berufserfahrung, welche eine Fehlerhäufigkeit von 50% aufwiesen. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die meisten erfahrenen Schwestern Leitungsfunktionen ausüben und solche Berechnungen nicht mehr zu ihrer täglichen Praxis gehören. Dieser Punkt erscheint besonders wichtig, da eine Methode zum Aufdecken von Rechenfehlern die Überprüfung und Gegenzeichnung durch eine erfahrene Kollegin ist (Double-Check) [32].

Eine Studie an Junior-Ärzten (Hausärzte / Kinderärzte) mit der Aufgabe Einheiten umzurechnen (% oder 1:1000 in mg/ml) sowie absolute Volumen-Dosen aus den Angaben kg, mg/kg und Konzentration zu berechnen zeigte, dass das Risiko von Dosierungsfehlern bei jungen Ärzten mit 42-58 % sehr hoch ist [51].

Eine weitere Simulationsstudie, welche auch Rechenaufgaben zu pädiatrischen Dosierungen beinhaltete, ergab, dass alle Assistenzärzte Fehler machen. Jungen Assistenten unterlaufen dabei häufiger Dezimal-Fehler mit dem Faktor 10. In die Simulation eingestreute falsch hohe Dosen wurden in 60% nicht erkannt. Auch in diesem Punkt zeigte sich eine Abhängigkeit von der Berufserfahrung [55].

Eine retrospektive Kohortenstudie in einer tertiären Klinik ergab, dass ca. 10% der Patienten, die in einer pädiatrischen Notaufnahme gesehen wurden von Medikamentenfehlern betroffen waren. Besonders häufig waren Fehler bei kritisch kranken Patienten und Verordnungen durch Berufsanfänger, sowie Verordnungen während des Nachtdienstes in den frühen Morgenstunden [37].

In einer retrospektiven Studie wurden die Anordnungen einer pädiatrischen Notaufnahme überprüft. Dabei erwiesen sich ebenfalls 10% der Anordnungen als fehlerhaft. Als Risiko-Faktoren identifizierten die Autoren Berufsanfänger sowie die Schwere der Erkrankung des Kindes (Notsituationen) [30].

Alle diese Untersuchungen unterstreichen, dass besonders in der Notfallversorgung von Kindern die Verwendung standardisierter Hilfsmittel Anwendung finden sollte um diesen Kindern zusätzliche Gefährdungen zu ersparen und dem medizinischen Personal, insbesondere Berufsanfängern, eine bessere Bewältigung solcher herausfordernder Situationen zu ermöglichen.

Der Gebrauch des GNOM-Konzeptes zeigte in der vorliegenden Arbeit keine negativen Einflüsse geringer Berufserfahrung bzw. der Berufsgruppe hinsichtlich der Fehlerrate. Das spricht dafür, dass das GNOM-Konzept auch für Nutzer mit wenig Erfahrungen leicht nachvollziehbar und sicher anwendbar ist.

4.2. Einfluss von Berufserfahrung und Berufsgruppe auf den Zeitbedarf

Die Ergebnisse zum Zeitbedarf waren ähnlich denen zur Korrektheit der Berechnungen. Gegenüber dem konventionellen M&M Prinzip waren die Zeiten für die Berechnungen mit dem GNOM-Verfahren signifikant kürzer. Die Dauer der Berufserfahrung oder die Berufsgruppen zeigten beim GNOM-Konzept keine signifikanten Unterschiede.

4.3. Einfluss von Berufserfahrung und -gruppe auf das Sicherheitsgefühl

Das von den Teilnehmern subjektiv empfundene Sicherheitsgefühl zur Korrektheit ihrer Dosisberechnungen war bei der Anwendung des GNOM-Konzeptes signifikant höher. Diese subjektive Empfindung wird durch die geringere Fehlerrate bestätigt.

Bei dem konventionellen „Memorisation & Mathematics“ Prinzip fand sich in der Gruppe der Ärzte ein besseres Gefühl im Vergleich zu Rettungsassistenten und Pflegekräften. Diese subjektive Empfindung deckt sich mit der bei Ärzten signifikant niedrigeren Fehlerquote bei M&M von 12% gegenüber 35% bei Krankenschwestern und 37% bei Rettungsassistenten ($p=0,001$).

Eine Fragebogenerhebung unter Notärzten zur Einschätzung von Kindernotfällen kam zu ähnlichen Ergebnissen. Dabei stellte sich heraus, dass die Wahrnehmung realistisch und differenziert erfolgte und das Sicherheitsgefühl mit dem Alter des Kindes und der Berufserfahrung der Teilnehmer stieg [13].

Solche Unterschiede waren beim GNOM-Verfahren nicht nachweisbar. Dies spricht zusammen mit der subjektiv empfundenen höheren Sicherheit für eine Stressreduktion bei Arbeit mit dem GNOM-Konzept.

4.4. Verwendung von Hilfsmitteln

Der Gebrauch von Hilfsmitteln wie Zettel und Stift, Taschenrechner oder Medikamentenbuch wurde bei M&M signifikant häufiger angegeben als bei GNOM.

Studien zeigen, dass Hilfsmittel, wie der Gebrauch eines vorgedruckten

Anordnungsbogens, die Häufigkeit von Dosierungsfehlern in einer pädiatrischen

Notfallaufnahme signifikant reduzieren [35]. Dies wurde auch für den Gebrauch einer

pädiatrischen Notfall-Karte belegt, welche Nothelfern im prähospitalen Setting hilft

gewichtsbezogene Medikamentendosen und Volumina sowie die Größe von

Endotrachealtuben präziser und in kürzerer Zeit zu ermitteln als ohne Karte [4].

Dass die Teilnehmer bei der Anwendung des GNOM-Konzeptes seltener zusätzliche

Hilfsmittel zur Dosisberechnung benutzten unterstreicht die einfache Handhabung ohne

Einbußen an Zeitaufwand und Präzision.

4.5. Trainingseffekte

Auffallend ist sowohl bei den Fehlerhäufigkeiten als auch beim Zeitbedarf und der subjektiven Sicherheit, dass zwischen dem ersten und dem fakultativen zweiten Durchlauf ein deutlicher Trainingseffekt zu verzeichnen war. Das betont die Grundsätze von aktuellen Qualitäts-Management-Bestrebungen und dem Konzept der „Human Factors“. Es zeigt auf, dass praktische Übungen und Trainingseinheiten, z.B. im Rahmen eines Simulatortrainings, einen sinnvollen und notwendigen Platz haben bei der Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitern im Bereich Notfall- & Intensivmedizin [49, 53].

Eine randomisierte, kontrollierte Studie mittels schriftlicher Tests zu pädiatrischen Verordnungen ergab, dass ein kurzes, kostengünstiges e-learning-Programm die Verordnungsfähigkeiten von jungen Assistenzärzten signifikant verbessert. Dieser Effekt war auch 3 Monate später noch nachweisbar [20]. Eine weitere randomisierte kontrollierte Multicenter-Studie untersuchte die Auswirkung eines Web-basierten Lernprogramms zur Nutzung des Broselow-Tapes in Abhängigkeit von einer vorangegangenen Schulung. Mit Schulung ergaben sich signifikant weniger Fehlodosierungen sowie eine signifikant schnellere Durchführung der Notmaßnahmen [18].

Eine weitere Studie zeigte, dass Simulations-gestütztes Training von Kindernotfällen die Sicherheit bei der Durchführung der Maßnahmen erhöht und Stress und Angst bei den Helfern reduziert [61].

Darüber hinaus ist hervorzuheben, dass Simulations-gestützte Trainings im Bereich der pädiatrischen Anästhesie und Notfallversorgung neben technischen Fertigkeiten wie Atemwegsmanagement, kardiopulmonaler Reanimation, intravenösen Zugängen, verschiedenen Drainagen auch sogenannte nicht-technische Fertigkeiten wie Situationsbewusstsein, Führungskompetenz, Teambildung, Aufgabenverteilung und Entscheidungsfindung vermitteln können [26].

Diese Fähigkeiten sind schwer zu erwerben, in Simulationen im Behandlungsteam aber trainierbar. So schaffen Übungen in gewohnter Umgebung Routine im Umgang mit dem Equipment. Zusätzlich können lokal vorhandene Schwachstellen aufgedeckt werden [14].

4.6. Standardisierte pädiatrische Ampullen

Der Grundgedanke des GNOM-Konzeptes liegt in der Vermeidung fehlerträchtiger Umrechnungsschritte von mg/kgKG in ml/kgKG. Neben dem fest vorgegebenen Verdünnungs-Schema für die nicht pur verwendbaren Medikamenten in der Pädiatrie wäre eine optimale Alternative die industrielle Herstellung standardisiert verdünnter „pädiatrischer Ampullen“ mit einer einheitlichen volumenbezogenen Dosis von 0,1ml/kgKG denkbar. Dies Prinzip wird auch von der Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations (JCAHO) vertreten, welche den Einsatz von standardisierten Infusionskonzentrationen empfiehlt [8].

Solche Erweiterungen im Sinne eines pädiatrischen „Notfall-Ampullariums“ bedürften allerdings der konzertierten Aktion verschiedenster Organisationen (Pharmazeutische Unternehmen, medizinische Fachgesellschaften, staatliche Behörden), bevor eine Umsetzung realisiert werden könnte.

Für die Praxis ergibt sich bei genauerer Betrachtung, dass bereits jetzt 43% der im GNOM-Konzept aufgeführten Medikamente pur aufgezogen werden können um in der Volumendosis von 0,1ml/kgKG zur Verfügung zu stehen (siehe Tabelle 6.1 im Anhang). Damit entfallen für diese Substanzen die Fehler-anfälligen und Zeit-verzögernden Verdünnungen.

Sich die o.g. Wirkstoffe als nicht zu verdünnende Substanzen zu merken ist aufgrund der großen Anzahl nur schwer leistbar („Memorisation“). Daher ist es hilfreich, diese Medikamente im Rahmen des GNOM-Konzeptes rasch als Fertigmischkonzentrationen zu erkennen. Zusammen mit den standardisierten Verdünnungsvorschriften der übrigen Notfallmedikamente kann der Anwender dann leichter mit den zu applizierenden Volumina umgehen.

4.7. Variation des Verordnungsprozesses in der Notfallversorgung von Kindern

Der im Kapitel 1.3 dargestellte Verordnungsprozess wird im klinischen Alltag oft vereinfacht. Es ergeben sich damit folgende Änderungen:

Ad Schritt 3. Dosisberechnung

Der Arzt stellt die Indikation zu einer medikamentösen Therapie mit einem Wirkstoff ohne eine präzise Dosis anzugeben. Diese erfolgt erst bei Schritt 7.

Ad Schritt 4. Übermittlung der Verordnung

Der Arzt fordert das gewünschte Medikament in einer standardisierten Zubereitung (pur oder als definierte Verdünnung) an.

Ad Schritt 5. Vorbereitung der Verordnung

Der Assistent zieht aus der Ampulle die Lösung pur oder eine standardisierte Verdünnung in ein definiertes Spritzenvolumen auf.

Ad Schritt 7. Verabreichung der Verordnung

Erst jetzt findet unter Berücksichtigung des Patientengewichts die individuelle Dosisberechnung und damit die Bestimmung des zu applizierenden Volumens statt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Anwender für jedes einzelne Medikament die verwendete Konzentrationen (mg/ml) sowie die gewünschte Dosierung (mg/kgKG) auswendig wissen oder zeitnah nachlesen muss um das zu applizierende Volumen in Milliliter umrechnen zu können.

Diese Variation des Verordnungsprozesses entspricht weitgehend dem gängigen Vorgehen im Notfall. Die unter Punkt 1.3. dargestellten Fehlerquellen verschieben sich in diesem Falle auf einen anderen Schritt des Verordnungsprozesses, bestehen aber im Prinzip weiterhin fort.

4.8. Vorschlag einer standardisierten Notfallmedikation im Kindesalter

Durch den Einsatz des GNOM-Konzeptes wären die Schritte 3 bis 5 standardisiert, was die Übermittlung und Vorbereitung der Verordnung erleichtert. Schließlich wäre die Dosisberechnung im abschließenden Schritt 7 vereinfacht. Darüber hinaus ist bei Verwechslung der Spritzen die Gefahr von extremen Überdosierungen, z. B. mit Faktor 10, durch die üblicherweise zu applizierende Volumina nahezu ausgeschlossen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung könnten somit eine Bedeutung für die gegenwärtige Praxis in der Notfallversorgung von pädiatrischen Patienten haben.

Das GNOM-Konzept erscheint als eine sinnvolle Erweiterung bestehender Systeme wie dem farbcodierten Broselow-Tape oder dem Pädiatrischen Notfall-Lineal. Deren in Studien mehrfach belegten Vorteile bei der Gewichtsermittlung und der Equipment-Auswahl [1, 28, 39, 43, 63] würden durch eine standardisierte Volumen-Gewichtsbasierte Medikamentendosierung, welche das Hantieren mit unterschiedlichen Volumina vermeidet, sinnvoll ergänzt. Dies könnte die Sicherheit und Effizienz bei der Behandlung pädiatrischer Notfälle erhöhen.

4.9. Limitationen der Arbeit

Die bisher aufgeführten einzelnen Aspekte der Untersuchung zeigen, für die standardisierte Verdünnung nach dem GNOM-Konzept, deutliche Vorteile gegenüber den bisherigen Berechnungsmethoden. Dennoch müssen die ermittelten Ergebnisse zusammen mit den Limitierungen der hier vorgestellten Untersuchung betrachtet werden:

4.9.1. Studiendesign – nicht individualisierter online-Fragebogen

Die Untersuchung erfolgte ohne neutrale Beobachter. Die Angaben der Teilnehmer zu ihrer Qualifikation, Berufserfahrung, dem Geschlecht und den verwendeten Hilfsmitteln

waren nicht überprüfbar. Auch sind Manipulationen durch mehrfache Teilnahme unter anderem Pseudonym nicht ausgeschlossen. Technische Begrenzungen, z.B. durch die gezielte Versendung individueller Zugangscodes, hätten Mehrfachteilnahmen ausgeschlossen, wären aber mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand verbunden gewesen. Darüber hinaus wären willentliche Fehlangaben hierdurch nicht gänzlich vermeidbar. In der Studie wurde im Einleitungstext auf die Teilnahmebedingungen hingewiesen und auf die Ehrlichkeit der Probanden vertraut.

4.9.2. Selektive Zusammensetzung des untersuchten Kollektivs

Die Teilnehmer rekrutierten sich im Wesentlichen aus Mitarbeitern der umliegenden Kliniken und Rettungsdienstbereichen, in welchen die Untersuchung bekannt gemacht wurde. Grundsätzlich stand die Teilnahme aber allen Interessierten offen. Dies entspricht möglicherweise nicht einer repräsentativen Stichprobe der in Deutschland an der pädiatrischen Notfallversorgung beteiligten Personen. Diese Verzerrung entspricht einem Selection-Bias, welcher in nachfolgenden Untersuchungen durch Bildung eines breiteren und im Vorfeld definierten Kollektivs umgangen werden könnte.

4.9.3. Studiendesign – theoretische Abfrage praktischer Fertigkeiten

Da in der Studie praktische Abläufe nur theoretisch durchgespielt werden, kann es sein, dass sich in der Praxis die teilweise obligat vorzunehmende Verdünnung als Zeitverlust gegenüber einer direkten Verwendung der unverdünnten Stammlösung auswirkt. In der praktischen Anwendung in der pädiatrischen Abteilung der Klinik des Autors, deutet sich an, dass die Mitarbeiter sich rasch an den Umgang mit dem GNOM-Konzept gewöhnen und in der Handhabung eine große Sicherheit entwickeln. Zur besseren Übersicht wurden die 20 am häufigsten verwendeten Notfallmedikamente als „GNOM-Verdünnungen“ in Form eines Posters an den Arbeitsplätzen der Notaufnahme, und Untersuchungszimmern gut sichtbar angebracht (Abb. 6.4 im Anhang).

Es bleibt zukünftigen Studien überlassen zu zeigen, ob auch in der klinischen praktischen Anwendung, die in der vorliegenden Arbeit erhobenen Vorteile des GNOM-Konzeptes belegt werden können.

5. Fazit

Zusammenfassend fanden sich bei der GNOM-Anwendung signifikant weniger Dosierungsfehler, kürzere Zeiten zur Ermittlung der gewünschten Dosis sowie eine geringere Notwendigkeit für weitere Hilfsmitteln.

Zudem ergaben sich Hinweise für eine deutliche Stressreduktion durch subjektiv empfunden höhere Sicherheit bei der Arbeit mit dem GNOM System.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten nun in praxisnahen und möglichst situationsbezogenen Simulationen auf ihre Vorteile weiter verifiziert werden. Sowohl der in dieser Untersuchung vorhandene Selection-Bias und die potentielle Möglichkeit einer Verlagerung des Fehler- und Zeitproblems von der Phase der Dosisberechnung in die Phase der Medikamentenverdünnung und -applikation sollten weiter untersucht werden.

6. Anhang

Tabelle 6.1: Notfall-Medikamente welche unverdünnt dem GNOM-Konzept entsprechen und mit 0,1ml/kgKG dosiert werden. (nach [15])

Wirkstoff	Konzentration	Dosis /kgKG	Bemerkungen
Acetylsalicylsäure	100mg/ml	10mg	
Ajmalin	5mg/ml	0,5mg	
Amiodaron	50mg/ml	5mg	
Clemastin	0,4mg/ml	0,04mg	
Dexamethason	4mg/ml	0,4mg	
Dimenhydrinat	6,2mg/ml	0,62mg	
Esketamin	5 mg/ml	0,5mg	CAVE auch 25mg/ml
Etomidat	2 mg/ml	0,3mg	0,15ml/kgKG
Fentanyl	50µg/ml	5µg	
Flumazenil	0,1mg/ml	0,01mg	
Furosemid	10mg/ml	1mg	
Ketamin	10mg/ml	1mg	CAVE auch 50mg/ml
Methylprednisolon	50mg/ml	5mg	
Midazolam	1mg/ml	0,1mg	CAVE auch 5mg/ml
Neostigmin	0,5mg/ml	0,05mg	
Prednisolon	50mg/ml	5mg	
Physostigmin	0,4mg/ml	0,04mg	
Propofol	10mg/ml	1mg	
Ranitidin	10mg/ml	1mg	
Rocuronium	10mg/ml	1mg	
Sufentanil	50µg/ml	5µg	
Tenecteplase	1000U/ml	100U/kgKG	
Theophyllin	20mg/ml	2mg	
Thiopental	50mg/ml	5mg	
Vecuronium	1mg/ml	0,1mg	
Pancuronium	1 mg/ml	0,1mg	
Succinylcholin	20 mg/ml	2mg	

GNOM soll die Applikation von Notfallmedikamenten beim Kindernotfall sicherer, schneller und stressfreier ermöglichen. Um diese Grundidee wissenschaftlich zu validieren, ist in Kooperation des Universitätsklinikums Münster – Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin – Pädiatrische Kardiologie (Priv.-Doz. Dr. H. G. Kehl) und des St. Franziskus-Hospitals Münster – Klinik für Kinder- und Jugendmedizin (P. Navrátil) ein mehrstufiges Studienkonzept geplant.

1. Stufe: „GNOM-Online-Studie“

- je ein Rechenbeispiel mit und ohne GNOM müssen bewältigt werden
- während des Durchlaufs lernen Sie das Konzept kennen
- GNOM wird nicht für das Ausfüllen des Fragebogens benötigt, evtl. aber Stift, Zettel und/oder ein Taschenrechner
- Er dauert 3-6 Minuten, zum Schluss gibt es ein Feedback und auf Wunsch nochmal ein zweites Rechenbeispiel



Bitte mitmachen und weitersagen!



<http://www.soscisurvey.de/gnom-studie>

Abbildung 6.1: Flyer Online-Studie, dieser wurde bei Veranstaltungen zur Bekanntmachung der Studie den Teilnehmern ausgehändigt - Format DIN A5

0% ausgefüllt



ST. FRANZISKUS-HOSPITAL
MÜNSTER



Hallo und herzlich Willkommen beim Fragebogen zu GNOM!

Diese Onlinestudie soll dazu dienen, das unten vorgestellte Konzept zu "Gewichtsadaptierten Notfallmedikamenten beim Kindernotfall - GNOM" wissenschaftlich zu validieren.

Die zentrale Frage bei der Dosierung von Notfallmedikamenten im Kindernotfall lautet: "Wieviel soll ich dem Kind denn spritzen?"

Die konventionelle Kopfrechnung - wie unten im Schema gezeigt - wird mit GNOM durch ein für jedes gängige Notfallmedikament auf 0,1mg/kgKG vereinfachtes Verdünnungsschema abgelöst, mit der in der Regel mit dem gewünschten Effekt zu rechnen ist. Es soll damit die Sicherheit für den Patienten erhöhen, die Schnelligkeit der Applikation steigern und das subjektive Sicherheitsgefühl für den (Not-)Arzt erhöhen.

Es wäre sehr nett, wenn Sie sich 3-6 Minuten Zeit nehmen und mithelfen, herauszufinden, ob diese Ziele durch GNOM erreicht werden können. Ihnen werden zwei Dosierungsbeispiele vorgestellt, eines nach GNOM, eines mit konventioneller Kopfrechnung. Bitte beachten Sie, dass die Zeit, die Sie für die Antwort benötigen, ebenfalls erfasst wird. Wenn Sie dann noch Lust haben oder Ihre Neugierde geweckt wird, besteht die Möglichkeit, noch ein zweites Beispiel auszuprobieren.

Vielen herzlichen Dank für Ihre Mühen!

Gewicht des Kindes	[kgKG]
Dosis in Ampulle	[mg / ml]
Gewünschte Dosis	[mg / kgKG]



zu applizierende Menge [ml / kgKG]

Weiter

Korrespondenz:
 St. Franziskus-Hospital Münster, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, P. Navrátil, Hohenzollernring 72, 48149 Münster
 Universitätsklinikum Münster - Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin - Pädiatrische Kardiologie - Komm. Leiter
 Priv.-Doz. Dr. med. H. G. Kehl

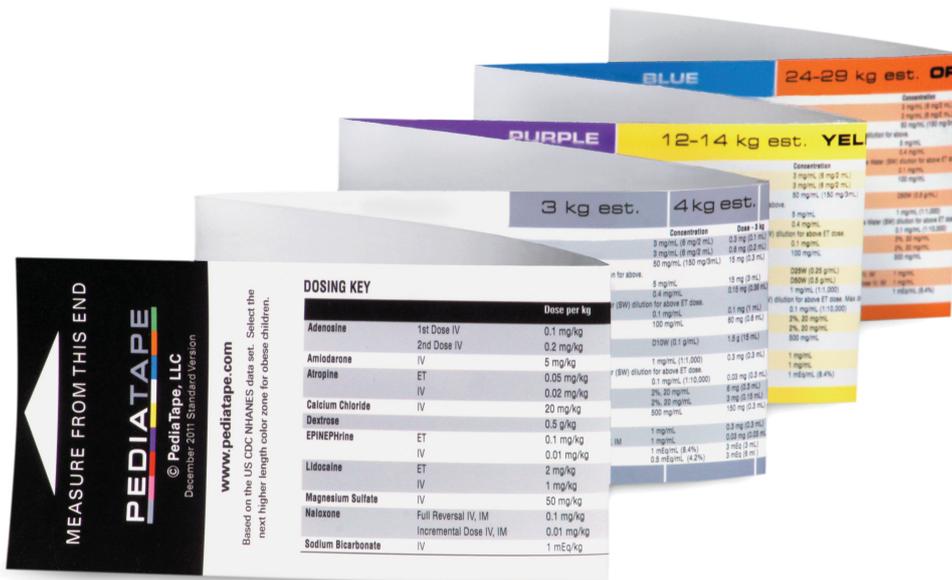


Abbildung 6.2: Peditape (Variation vom Broselow-Tape) [67]



Abbildung 6.3: GNOM, Darstellung der in Form einer Fächerbindung veröffentlichten GNOM-Buchversion [15]

7. Literatur

- [1]. Agarwal S (2005). Comparing the Utility of a Standard Pediatric Resuscitation Cart With a Pediatric Resuscitation Cart Based on the Broselow Tape: A Randomized, Controlled, Crossover Trial Involving Simulated Resuscitation Scenarios. *Pediatrics* 116(3): e326. doi: 10.1542/peds.2005-0320.
- [2]. Apkon M (2004). Design of a safer approach to intravenous drug infusions: failure mode effects analysis. *Quality and Safety in Health Care* 13(4): 265–271. doi: 10.1136/qshc.2003.007443.
- [3]. Barata I, Benjamin L, Mace S et al (2007). Pediatric patient safety in the prehospital/emergency department setting. *Pediatric Emergency Care* 23(6): 412–418.
- [4]. Bernius M, Thibodeau B, Jones A et al (2008). Prevention of Pediatric Drug Calculation Errors by Prehospital Care Providers. *Prehosp Emerg Care* 12(4): 486–494. doi: 10.1080/10903120802290752.
- [5]. Boerm Bruckmeier Verlag GmbH. Notfallmedikamente pocket. Apple iTunes Store. Zugegriffen: 09. Juli 2013.
- [6]. Bühl A (2012). *SPSS 20. Einführung in die moderne Datenanalyse*, 13th edn. Always learning. Pearson, München. ISBN 978-3868941500.
- [7]. Cousins D, Clarkson A, Conroy S et al (2002). Medication Errors in Children - an Eight Year Review Using Press Reports. *Paediatric and Perinatal Drug Therapy* 5(2): 52–58.
- [8]. DeBoer S, Broselow J (2005). Color Coding to reduce Errors. The Broselow-Luten system streamlines pediatric emergency treatment. *AJN* 105(8): 68–71.

- [9]. DeBoer S, Seaver M, Broselow J (2005). Do you know your ABCs? Airway, breathing and color-coding! *Australasian Emergency Nursing Journal* 8(1-2): 35–41. doi: 10.1016/j.aenj.2005.04.006.
- [10]. Doherty C, Mc Donnell C (2012). Tenfold Medication Errors: 5 Years' Experience at a University-Affiliated Pediatric Hospital. *Pediatrics* 129(5): 916–924. doi: 10.1542/peds.2011-2526.
- [11]. Dowdell E B (2004). Pediatric Medical Errors Part 1: The Case. A Pediatric Drug Overdose Case. *Pediatric Nursing* 4: 328–330.
- [12]. eBroselow LLC. SafeDosePro v4.5. Apple iTunes Store. Zugegriffen: 17. November 2015.
- [13]. Eich C, Roessler M, Timmermann A et al (2009). Präklinische Kindernotfälle. *Anaesthesist* 58(9): 876–883. doi: 10.1007/s00101-009-1603-3.
- [14]. Eich C, Timmermann A, Russo SG et al (2007). Simulator-based training in paediatric anaesthesia and emergency medicine - Thrills, skills and attitudes. *British Journal of Anaesthesia* 98(4): 417–419. doi: 10.1093/bja/aem051.
- [15]. Erker C (2011). GNOM - Gewichtsadaptierte Notfall-Medikamente beim Kindernotfall. akaMedica, Münster. ISBN 978-3-9812965-4-9.
- [16]. Erker C, Santamaria M, Möllmann M (2012). Hilfsmittel für die Dosierung von Notfallmedikamenten im Kindesalter. *Anaesthesist* 61(11): 965–970. doi: 10.1007/s00101-012-2096-z.
- [17]. Fineberg SL, Arendts G (2008). Comparison of Two Methods of Pediatric Resuscitation and Critical Care Management. *Annals of Emergency Medicine* 52(1): 35–40.e13. doi: 10.1016/j.annemergmed.2007.10.021.
- [18]. Frush K (2006). Evaluation of a Web-Based Education Program on Reducing Medication Dosing Error: A Multicenter, Randomized Controlled Trial. *Pediatric Emergency Care* 22(1): 62–70.

- [19]. Ghaleb M, Barber N, Franklin B et al (2006). Systematic review of medication errors in pediatric patients. *Ann Pharmacother.* 40(10): 1766–1776.
- [20]. Gordon M (2011). Improved junior paediatric prescribing skills after a short e-learning intervention: a randomised controlled trial. *Archives of Disease in Childhood* 96(12): 1191–1194.
- [21]. Hilmas E, Sowan A, Gaffoor M et al (2009). Implementation and evaluation of a comprehensive system to deliver pediatric continuous infusion medications with standardized concentrations. *American Journal of Health-System Pharmacy* 67(1): 58–69. doi: 10.2146/ajhp080598.
- [22]. Hoyle JD, Davis AT, Putman KK et al (2012). Medication dosing errors in pediatric patients treated by emergency medical services. *Prehosp Emerg Care* 16(1): 59–66. doi: 10.3109/10903127.2011.614043.
- [23]. iAnesthesia LLC. *Pedi Safe - ICU, OR, ED Medications*. Apple iTunes Store. Zugegriffen: 29. Oktober 2014.
- [24]. ISMP Institut for Save Medical Practices (2014). *List of High Alert Medications in Acute Care Settings*. <https://www.ismp.org/tools/highalertmedicationLists.asp>. Zugegriffen: 01. Dezember 2015.
- [25]. ISMP Institut for Save Medical Practices (2015). *List of Confused Drug Names*. <https://www.ismp.org/tools/confuseddrugnames.pdf>. Zugegriffen: 01. Dezember 2015.
- [26]. Jordi Ritz E, Eich C, Gisin S et al (2009). Kindersimulation heute und morgen. *Anaesthesist* 58(12): 1231–1238. doi: 10.1007/s00101-009-1642-9.
- [27]. Kaji AH, Gausche-Hill M, Conrad H et al (2006). Emergency Medical Services System Changes Reduce Pediatric Epinephrine Dosing Errors in the Prehospital Setting. *Pediatrics* 118(4): 1493–1500. doi: 10.1542/peds.2006-0854.

- [28]. Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2012). Medikamentenfehler bei Kindernotfällen. Eine systematische Analyse. Dt Ärzteblatt Int(109): 609–616. doi: 10.3238/arztebl.2012.0609.
- [29]. Kaushal R (2001). Medication Errors and Adverse Drug Events in Pediatric Inpatients. JAMA 285(16): 2114–2120.
- [30]. Kaushal R (2004). Pediatric Medication Errors: What Do We Know? What Gaps Remain? Ambulatory Pediatrics(4): 73–81.
- [31]. Koren G (1986). Tenfold Errors in Administration of Drug Doses: A Neglected Iatrogenic Disease in Pediatrics. Pediatrics 77(6): 848–849.
- [32]. Koren G (1994). Pediatric medication errors. Predicting and Preventing Tenfold Disasters. Journal of clinical Pharmacology 34: 1043–1045.
- [33]. Koren G (2002). Trends of Medication Errors in Hospitalized Children. J Clin Pharmacol 42: 707–710.
- [34]. Kozer E (2004). Prospective observational study on the incidence of medication errors during simulated resuscitation in a paediatric emergency department. BMJ 329: 1321.
- [35]. Kozer E (2005). Using a Preprinted Order Sheet to Reduce Prescription Errors in a Pediatric Emergency Department: A Randomized, Controlled Trial. Pediatrics 116(6): 1299–1302. doi: 10.1542/peds.2004-2016.
- [36]. Kozer E, Scolnik D, Keays T et al (2002). Large Errors in the Dosing of Medications for Children. N Engl J Med 346(15): 1175–1176. doi: 10.1056/NEJM200204113461518.
- [37]. Kozer E, Scolnik D, Macpherson A et al (2002). Variables Associated With Medication Errors in Pediatric Emergency Medicine. Pediatrics 110(4): 737–742. doi: 10.1542/peds.110.4.737.

- [38]. 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? *Emergency Medicine Journal* 24(11): 756–759. doi: 10.1136/emj.2007.047993.
- [39]. Lancaster L (2005). Mission impossible: minimising the terror of paediatric resuscitation for staff in the ED. *Accident and Emergency Nursing* 13(1): 24–28. doi: 10.1016/j.aaen.2004.11.003.
- [40]. Lesar T S (1998). Errors in the Use of Medication Dosage Equations. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 152: 340–344.
- [41]. Lubitz D S (1988). A rapid method for estimating weight and resuscitation drug dosages from length in the pediatric age group. *Annals of Emergency Medicine* 17(6): 576–581.
- [42]. Luten R (1993). Length-based endotracheal tube and emergency equipment in pediatrics. *Annals of Emergency Medicine* 21(8): 900–904.
- [43]. Luten R (1998). Rainbow Care - The Broselow-Luten System: Color-Coded Zones for Pediatric Emergencies and Implications for Universal Application. *Rancho Mirage* 11: 249–252.
- [44]. Luten R (2002). Managing the Unique Size-related Issues of Pediatric Resuscitation: Reducing Cognitive Load with Resuscitation Aids. *Academic Emergency Medicine* 9(8): 840–847.
- [45]. Markowitsch H (2002). *Dem Gedächtnis auf der Spur: Vom Erinnern und Vergessen.* Wissenschaftliche Buchgesellschaft und PRIMUS-Verlag, Darmstadt. ISBN 978-3896784476.
- [46]. Merry AF, Anderson BJ (2011). Medication errors - new approaches to prevention. *Pediatric Anesthesia* 21(7): 743–753. doi: 10.1111/j.1460-9592.2011.03589.x.

- [47]. Navratil P, Kehl G (2011). Gewichtsadaptierte Notfall-Medikamente beim Kindernotfall - GNOM-Online-Studie. <http://www.soscisurvey.de/gnom-studie>. Zugegriffen: 05. Dezember 2011.
- [48]. Nieman CT, Manacci CF, Super DM et al (2006). Use of the Broselow Tape May Result in the Underresuscitation of Children. *Academic Emergency Medicine* 13(10): 1011–1019. doi: 10.1197/j.aem.2006.06.042.
- [49]. Otero P, Leyton A, Mariani G et al (2008). Medication Errors in Pediatric Inpatients: Prevalence and Results of a Prevention Program. *Pediatrics* 122(3): e737. doi: 10.1542/peds.2008-0014.
- [50]. Patridge R L (2009). Analysis of Parental and Nurse Weight Estimates of Children in the Pediatric Emergency Department. *Pediatric Emergency Care* 25: 816–818.
- [51]. Potts MJ PKW (1996). Deficiencies in calculation and applied mathematics skills in pediatrics among primary care interns. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 150: 748–752.
- [52]. Prien T (2009). Empfehlung der DGAI zur farblichen Kennzeichnung von Spritzen. *Anästh Intensivmed* 50: 333–334.
- [53]. Rall M, Oberfrank S (2013). "Human factors" und "Crisis resource management": Erhöhung der Patientensicherheit. *Der Unfallchirurg*(116 (10)): 892–899. doi: 10.1007/s00113-013-2447-5.
- [54]. Rolfe S (1995). Ability of hospital doctors to calculate drug doses. *BMJ* 310: 1173–1174.
- [55]. Rowe C (1998). Errors by Paediatric Residents in calculating Drug Doses. *Archives of Disease in Childhood* 79: 56–58.
- [56]. Selbst SM, Fein JA, Osterhoudt K et al (1999). Medication errors in a pediatric emergency department. *Pediatric Emergency Care* 15(1): 1–4.

- [57]. Shah A N (2003). Effect of an Intervention Standardization System on Pediatric Dosing and Equipment Size Determination. A Crossover Trial Involving Simulated Resuscitation Events. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 157: 229–236.
- [58]. Skapik JL, Pronovost PJ, Miller MR et al (2009). Pediatric Safety Incidents From an Intensive Care Reporting System. *Journal of Patient Safety* 5(2): 95–101. doi: 10.1097/PTS.0b013e3181a70c68.
- [59]. Strauß J (2013). Dosierung von Medikamenten bei pädiatrischen Notfällen. Lineale, Tabellen, Apps - sind dem unerfahrenen Arzt keine Hilfen. 10. Symposium für Kinderanästhesie und Notfallmedizin, Celle (29.-30. November 2013).
- [60]. Sullivan JE, Buchino JJ (2004). Medication errors in pediatrics - The octopus evading defeat. *J. Surg. Oncol.* 88(3): 182–188. doi: 10.1002/jso.20126.
- [61]. Toback Seth L (2006). Impact of a Pediatric Primary Care Office-based Mock Code Program On Physician and Staff Confidence to Perform Life-saving Skills. *Pediatric Emergency Care* 22(6): 415–422.
- [62]. Trappe U. Paulino-System für Kindernotfallmedizin. Altonaer Werbewerkstatt, Hamburg. ISBN 987-3-00-038349-6.
- [63]. Vilke G M (2001). Estimation of Pediatric Patient Weight By EMT-PS. *The Journal of Emergency Medicine* 21(2): 125–128.
- [64]. Wong ICK, Ghaleb MA, Franklin BD et al (2004). Incidence and Nature of Dosing Errors in Paediatric Medications. A Systematic Review. *Drug Safety* 27(9): 661–670.
- [65]. Wong ICK, Wong LYL, Cranswick NE (2008). Minimising medication errors in children. *Archives of Disease in Childhood* 94(2): 161–164. doi: 10.1136/adc.2007.116442.

- [66]. Yamamoto L, Kanemori J (2010). Comparing errors in ED computer-assisted vs conventional pediatric drug dosing and administration. *The American Journal of Emergency Medicine* 28(5): 588–592. doi: 10.1016/j.ajem.2009.02.009.
- [67]. Zugck TO (2012). Medikamentendosierung bei Kindern.: Das Ende der Problemnullen. *Rettungsdienst* 35(10): 86–87.

8. Danksagung

Bei der Erstellung dieser Arbeit haben mich viele Menschen begleitet und unterstützt, denen ich zu großem Dank verpflichtet bin. Einigen von Ihnen möchte ich an dieser Stelle persönlich danken.

Mein erster Dank gilt meinem Doktorvater und Lehrer Hans Gerd Kehl, mit dem ich schon während meiner klinischen Weiterbildung auf der interdisziplinären Intensivstation der Kinderklinken der Universität Münster zusammenarbeiten durfte. Auch nachdem sich zwischenzeitlich unsere Wege trennten, hatte er immer ein offenes Ohr für mich, wenn ich knifflige kinder-kardiologische Fragen klären musste. Bei der Erstellung dieser Arbeit hat er mich mit konstruktiver Kritik und unsagbarer Geduld immer wieder ermutigt, das gesteckte Ziel nicht aus den Augen zu verlieren. Ich hoffe, dass wir in Zukunft gemeinsam noch durch so manches „Prebischtor“ schreiten werden. Ein großer Dank geht auch an meinen ehemaligen Assistenten Christian Erker, welcher der „Erfinder“ des GNOM-Konzeptes ist. Er hat mir freundlicher Weise die Daten und Grafiken aus dem GNOM zur Verfügung gestellt. Ich bin gespannt, welchen Geistesblitz er als nächstes präsentieren wird und wünsche ihm für seine Ziele gutes Gelingen.

Besonders danken möchte ich ebenfalls Frau Julia Völker vom Zentrum für Informationsverarbeitung der WWU Münster, welcher es gelungen ist, mir als „älterem Semester“ den Umgang mit dem SPSS-Programm näher zu bringen und die mich bei der statistischen Auswertung der erhobenen Daten geduldig unterstützte.

Aus der Rückschau betrachtet ist die Erinnerung an die vielen Tage, die ich neben meiner beruflichen Tätigkeit an meiner Promotion gearbeitet habe, schnell vergessen. Während dieser Zeit musste ich jedoch manches Tief durchschreiten, was mir ohne die Hilfe meiner Familie und guter Freunde nicht gelungen wäre.

Mein größter Dank geht daher an meine Frau Chrissi sowie unsere Kinder Frida und Milan. Sie mussten oft auf meine Gesellschaft verzichten und haben mich stets mit ihrem Verständnis unterstützt. Ihre Liebe sowie die exzellenten Kochkünste aller Drei haben mich immer wieder gestärkt und durch diese Arbeit getragen.

Münster, im August 2016

Petr Navrátil

9. Lebenslauf

Münster, den 24.08.2016

Unterschrift