

Diplomarbeit

„Mein Kind hat eine Batterie verschluckt“ - Die häufigsten pädiatrischen Notfälle und deren medikamentöse Therapie

eingereicht von

Julia Stöckert

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Lehrstuhl für Pharmakologie

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. i.R. Mag. Dr. Eckhard Beubler

Univ.-Ass. Mag. rer. nat. PhD. Julia Kargl

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 12.04.2021

Julia Stöckert eh

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meinem Betreuer Herrn Univ.-Prof. i.R. Mag. Dr. Eckhard Beubler bedanken, der mir die Möglichkeit gegeben hat diese Diplomarbeit zu verfassen und dies ohne seine Unterstützung nicht möglich gewesen wäre.

Ebenso gilt mein Dank Frau Univ.-Ass. Mag. rer. nat. PhD. Julia Kargl, die meine Arbeit freundlicherweise als Zweitbetreuerin begutachtet hat.

Einen ganz besonderen Dank möchte ich meiner Familie, insbesondere meinen Eltern aussprechen, die mir nicht nur das Medizinstudium ermöglicht und mich die letzten 5 Jahre bestmöglichst unterstützt haben, sondern mich auch stets ermutigten, mein Ziel konsequent weiterzuverfolgen.

Ich möchte mich von Herzen bei all den Menschen bedanken, die mich auf meinem Weg durchs Studium begleitet und unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	ii
Inhaltsverzeichnis	iii
Glossar und Abkürzungen	v
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	vii
Zusammenfassung	viii
Abstract	ix
1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	2
3. Allgemeiner Teil	3
3.1 Anatomische und Physiologische Besonderheiten im Kindesalter	3
3.1.1 Lebensabschnitte des Kindes	3
3.1.2 Körperoberfläche & Wasserhaushalt	3
3.1.3 Thermoregulation.....	4
3.1.4 Respiratorisches System	4
3.1.5 Herz-Kreislauf-System	6
3.2 Beurteilung der postnatalen Adaptation (Apgar Score)	8
3.3 Vorgehensweise bei kindlichen Notfällen	9
3.4 Physiologische Grenzwerte im Kindesalter	13
4. Spezieller Teil	14
4.1 Bewusstlosigkeit	14
4.2 Herzkreislaufstillstand & Kardiopulmonale Reanimation	16
4.3 Herzrhythmusstörungen	20
4.3.1 Bradykardie	21
4.3.2 Tachykardie	22
4.4 Respiratorische Notfälle	24
4.4.1 Pseudokrupp	25
4.4.2 Epiglottitis.....	26
4.4.3 Fremdkörperaspiration	26
4.4.4 Obstruktive Bronchitis	27
4.4.5 Asthma bronchiale	28
4.5 Neurologische Notfälle	29

4.5.1	Fieberkrampf.....	29
4.6	Anaphylaxie & Anaphylaktischer Schock.....	30
4.7	Unfälle	31
4.7.1	Verbrühungen & Verbrennungen	31
4.7.2	Ertrinkungsunfall	33
4.7.3	Elektrounfall	34
4.7.4	Schädel-Hirn-Trauma.....	35
4.8	Vergiftungen und Ingestionen	37
4.9	SIDS.....	42
4.10	Dehydratation	43
4.11	Schock	45
4.11.1	Hypovolämischer Schock.....	46
4.11.2	Distributiver Schock	46
4.11.3	Kardiogener Schock.....	47
4.11.4	Obstruktiver Schock.....	47
4.12	Pharmakologie der häufigsten Notfallmedikamente	49
4.12.1	Analgetika	49
4.12.2	Antiarrhythmika	53
4.12.3	Benzodiazepine	55
4.12.4	β 2-Adrenozeptor-Agonisten	56
4.12.5	Histaminrezeptor-Antagonisten.....	58
4.12.6	Katecholamine	60
4.12.7	Osmodiuretika	61
4.12.8	Synthetische Glucocorticoide.....	62
5.	Diskussion.....	64
6.	Literaturverzeichnis.....	66

Glossar und Abkürzungen

AZ	Allgemeinzustand
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CPP	zerebraler Perfusionsdruck
CPR	Kardiopulmonale Reanimation
CCT	kraniale Computertomographie
d	Tag
EEG	Elektroenzephalogramm
EKG	Elektrokardiogramm
ERC	European Resuscitation Council
EZ	Einzeldosis
FG	Frühgeborenes
FK	Fieberkrampf
GCS	Glasgow Coma Scale
HIB	Haemophilus influenzae Typ B
HKS	Herz-Kreislauf-Stillstand
HWZ	Halbwertszeit
HZV	Herzzeitvolumen
ICP	intrakranieller Druck
ICR	Intercostalraum
IgE	Immunglobulin E
i.m.	intramuskulär
i.o.	intraossär
i.v.	intravenös
J	Joule
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KK	Kleinkind
KOF	Körperoberfläche
µg	Mikrogramm
mg	Milligramm
mmol	Millimol

min	Minute
m ²	Quadratmeter
NA	Noradrenalin
NaCl	Natriumchlorid
NG	Neugeborenes
NSAR	Nichtsteroidales Antirheumatikum
QRS	Kammerkomplex
Rekap-Zeit	Rekapillarierungszeit
RR	Blutdruck
RS-Viren	Respiratorische Synzytial-Viren
s.c.	subkutan
SG	Säugling
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SIDS	Sudden Infant Death Syndrome
SK	Schulkind
SpO ₂	Sauerstoffsättigung
SVT	Supraventrikuläre Tachykardie
Tropf./kg	Tropfen pro Kilogramm
u.a.	unter anderem
V	Volt
VF	Kammerflimmern
VT	ventrikuläre Tachykardie
ZNS	Zentrales Nervensystem

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

ABBILDUNG 1: ERWEITERTE LEBENSRETTENDE MAßNAHMEN DER CPR BEIM KIND; ©SPRINGER NATURE, NOTFALL + RETTUNGSMEDIZIN, I.K. MACONOCHE ET AL, 2015; ÜBERNOMMEN AUS (22)	20
TABELLE 1: PUNKTEVERTEILUNG APGAR-SCORE. MODIFIZIERT NACH (1).....	9
TABELLE 2: BEURTEILUNG DES KLINISCHEN ZUSTANDS NACH DEM ABCDE-SCHEMA. MODIFIZIERT NACH (3).....	11
TABELLE 3: ALTERSABHÄNGIGE NORMWERTE DER VITALPARAMETER BEI KINDERN. MODIFIZIERT NACH (18).....	13
TABELLE 4: GLASGOW-COMA-SCALE. MODIFIZIERT NACH (19)	16
TABELLE 5: DIE HÄUFIGSTEN VERGIFTUNGSSUBSTANZEN IM KINDESALTER (<= 5 JAHRE). MODIFIZIERT NACH(37).....	38
TABELLE 6: KLINISCHE ALLGEMEINSYMPTOME, DIE AUF EINE VERGIFTUNG HINWEISEN. MODIFIZIERT NACH (19).....	39
TABELLE 7: ANTIDOTTHERAPIE. MODIFIZIERT NACH (19).....	42

Zusammenfassung

Die folgende Diplomarbeit befasst sich mit den häufigsten pädiatrischen Notfällen und den dazugehörigen Therapiemaßnahmen. Mit einer ausführlichen Beschreibung und Darstellung der am häufigsten vorkommenden pädiatrischen Notfälle und deren therapeutische Handhabung wird ein Überblick für alle Beteiligten verschafft. Es erfolgt zunächst eine grobe Untergliederung in einen allgemeinen und einen speziellen Teilbereich der Arbeit. In ersterem werden die anatomischen und physiologischen Besonderheiten bei Kindern, die Beurteilung des postnatalen APGAR-Scores, die Vorgehensweise bei kindlichen Notfällen sowie pathologische Grenzwerte der wichtigsten Vitalparameter im Kindesalter dargestellt. Der spezielle Teil entspricht dem Kernstück der Arbeit, hier werden schließlich die häufigsten pädiatrischen Notfallerkrankungen und Verletzungen herausgearbeitet. Diese werden in nachfolgende Untergruppen eingeteilt und nach entsprechender Reihenfolge analysiert: Bewusstlosigkeit, Herz-Kreislaufstillstand und CPR, kardiale Notfälle, respiratorische Notfälle, neurologische Notfälle, Anaphylaxie und Anaphylaktischer Schock, Unfälle, Vergiftungen und Ingestionen, SIDS, Dehydratation sowie Schockarten. Jeder Notfall wird dabei hinsichtlich seiner Ätiologie, klinischen Symptomatik, Diagnostik und möglichen Therapieoptionen beleuchtet. Da die medikamentöse Therapie im Hauptteil nur angeschnitten wird, erfolgt abschließend eine genauere Ausführung der wichtigsten Notfallmedikamente in der Pädiatrie. Diese werden bezüglich ihrer pharmakologischen Aspekte, Wirkmechanismen sowie ihren Dosierungen, Indikationen, Nebenwirkungen und Kontraindikationen näher beschrieben.

Abstract

Titel

“My child has swallowed a battery” - The most common pediatric emergencies

Background

This thesis deals with the most common pediatric emergencies and appropriate therapeutic measures for addressing them. To provide an overview, the most common pediatric emergencies and their therapeutic management are presented and described in detail. The thesis is divided into two subsections, one of a general nature and one of a more specific nature. The first subsection presents anatomical and physiological features particular to children, assessments of postnatal APGAR scores, approaches to pediatric emergencies, and pathological threshold values for the core of the most important vital signs in children. The second subsection, the core of the thesis, discusses the most common pediatric emergency conditions and injuries. These are divided into the following subgroups and analyzed in the following order: unconsciousness, cardiovascular arrest and CPR, cardiac emergencies, respiratory emergencies, neurological emergencies, anaphylaxis and anaphylactic shock, accidents, poisoning and ingestions, SIDS, dehydration, and shock types. Each type of emergency is considered in the context of etiology, clinical symptoms, diagnosis, and potential treatment options. While drug therapy is mentioned only briefly in the main section, the most important emergency medications in pediatrics are subsequently discussed in greater detail with regard to their pharmacological aspects,

1. Einleitung

Die Pädiatrie befasst sich mit allen Erkrankungen sowie therapeutischen Maßnahmen im Kindes- und Jugendalter. Es handelt sich dabei um ein sehr breitgefächertes klinisches Fach, welches die gesamte Innere Medizin und zum Teil auch andere Fachrichtungen umfasst. Der Satz „Kinder sind keine kleinen Erwachsenen“(1) ist in der Pädiatrie und besonders bei kindlichen Notfällen hervorzuheben. Die Kinder- und Jugendheilkunde unterscheidet sich nicht nur in anatomischen und physiologischen Besonderheiten vom Erwachsenen, auch die Dosierung von Medikamenten, die Kommunikation und der Umgang mit der jeweiligen Altersklasse stellen einen gravierenden Unterschied zur Erwachsenentherapie dar.(1)(2)

Pädiatrische Notfälle zählen mit 5-10% zu den selteneren Notfalleinsätzen. Dennoch stellt eine solche Situation eine besonders schwerwiegende Herausforderung für alle Beteiligten (Eltern, medizinisches Personal) dar.(3) Neben den zu beherrschenden Fähigkeiten und Fertigkeiten des/der Notarztes/-ärztin ist ein strukturiertes sowie zielorientiertes Handeln unter Beachtung der kindlichen Besonderheiten wichtig, um eine erfolgreiche Diagnostik und Therapie bei dem verletzten oder verunfallten Kind zu erzielen.(2)

Während pädiatrischen Notfalleinsätzen in der Luftrettung meist traumatische Ursachen zugrunde liegen, sind ca. zwei Drittel der bodengebundenen Einsätze nicht traumatisch bedingt.(2)

Da Notfalleinsätze bei Kindern ein sehr umfangreiches Gebiet darstellen, wird in dieser Diplomarbeit der Fokus auf die häufigsten Kindernotfälle und deren medikamentöse und nicht-medikamentöse Therapiemaßnahmen gerichtet.

2. Material und Methoden

Diese Diplomarbeit stellt eine Literaturrecherche über die häufigsten pädiatrischen Notfälle im Kindesalter und deren medikamentöse sowie nicht-medikamentöse Therapiemaßnahmen dar. Im Rahmen der Recherchearbeit dienten vor allem Fachbücher der Pädiatrie, Kinderanästhesie, Anatomie, Physiologie sowie Pharmakologie und Toxikologie als Quellenmaterial, um die Grundlagen der kindlichen Besonderheiten auszuarbeiten und die einzelnen pädiatrischen Notfälle zu erläutern. Ebenfalls wurden aktuelle Leitlinien zur Reanimation wie beispielsweise die Guidelines des „European Resuscitation Council“ (ERC) oder der „American Heart Association“ sowie Fachzeitschriften als weitere Quellen herangezogen. Zudem wurde für die Recherchearbeit insbesondere in Bezug auf die therapeutischen Maßnahmen der Kindernotfälle auf die medizinische Datenbank „PubMed“ zurückgegriffen, um Fachjournale der Pädiatrie und der pädiatrischen Notfallmedizin zu erlangen. Die dabei erworbenen Publikationen und Reviews waren überwiegend in englischer Sprache zu lesen.

Folgende Schlüsselwörter wurden im Rahmen der Literatursuche eingesetzt: „pediatric emergency“, „pediatric respiratory emergencies“, „pediatric resuscitation“, „anaphylaxis in children“, „pediatric shock“, „pediatric glasgow coma scale“, „corticosteroids pediatric age“, „pediatric electrical injuries“.

3. Allgemeiner Teil

3.1 Anatomische und Physiologische Besonderheiten im Kindesalter

3.1.1 Lebensabschnitte des Kindes

Da es sich bei folgender Arbeit um ein pädiatrisches Thema handelt und eine Abgrenzung der verschiedenen Altersgruppen für ein besseres Verständnis relevant ist, werden die unterschiedlichen Lebensabschnitte eines Kindes genauer erläutert.

Prinzipiell spricht man von einem Frühgeborenen (FG) bei einer Geburt vor der 37. Schwangerschaftswoche. Ein Neugeborenes (NG) bezeichnet ein geborenes Kind bis zum vollendeten 28. Lebenstag. Ab dem 29. Lebenstag bis zum vollendeten 12. Lebensmonat wird die Definition Säugling (SG) für das Geborene verwendet. Die Altersgruppe Kleinkind (KK) beginnt mit dem Beginn des 2. Lebensjahres und endet mit dem beendeten 5. Lebensjahr. Vom 6. bis zum vollendeten 14. Lebensjahr spricht man von einem Schulkind (SK).(4)

3.1.2 Körperoberfläche & Wasserhaushalt

Während bei einem unreifen Frühgeborenen die Körperoberfläche (KOF) weniger als 0,1 Quadratmeter (m²) beträgt, erreicht diese im Erwachsenenalter bis zu 1,7 m². Die Menge des Gesamtkörperwassers ändert sich ebenfalls im Zuge des Wachstums. Im Rahmen der kindlichen Entwicklung kommt es zu einer Reduktion des Gesamtkörperwassers von etwa 80% des Körpereigengewichts direkt nach der Geburt auf ca. 60%. Dies erklärt sich durch das Absinken des Wassergehalts außerhalb der Zellen (extrazellulär) von 40% auf 20%, wohingegen der intrazelluläre Wasseranteil mit 40% gleich bleibt. Vergleicht man das Volumen in den Gefäßen zwischen einem NG und einem Erwachsenen, ist festzustellen, dass das intravasale Volumen im Laufe der Kindesentwicklung deutlich abnimmt. Mit zunehmendem Alter kommt es zu einem Absinken des Flüssigkeitsbedarfs, welcher beim NG noch bei etwa 150 ml/kg KG am Tag liegt und bei Jugendlichen schon deutlich vermindert ist (40-50 ml/kg KG). Dies lässt sich unter anderem (u.a.) durch die noch nicht vollständig ausgereifte Nierenfunktion im Säuglingsalter erklären.(3)(5)

3.1.3 Thermoregulation

Die Funktion der Aufrechterhaltung einer konstanten Körpertemperatur kann aufgrund der unvollständigen Reife der Früh- und Neugeborenen nicht vollständig erfüllt werden. Kinder, im Speziellen Neugeborene und Säuglinge, weisen im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht eine relativ große KOF auf, womit ein erhöhter Wärmeverlust verbunden ist. Die adulte Fähigkeit zur Wärmeproduktion durch Muskelzittern ist beim Neugeborenen noch nicht ausgeprägt. Da Frühgeborene und Neugeborene nur bedingt auf Veränderungen ihrer Umgebungstemperatur reagieren können, sollte zur Prävention einer Hypothermie stets auf eine ausreichende Warmhaltung des Kindes geachtet werden.(3)(6)(7)

3.1.4 Respiratorisches System

3.1.4.1 Aufbau und Funktion

Der funktionelle oder physiologische Totraum beinhaltet alle Anteile des Respirationstraktes, in denen kein Gasaustausch erfolgt. Im Unterschied zum anatomischen Totraum gehören dazu auch jene Alveolarräume, die zwar belüftet, aber nicht perfundiert werden. Der anatomische Anteil des Totraums ist bei einem gesunden Menschen fast gleich groß wie der funktionelle Totraumanteil, da es kaum Alveolen gibt, die ventiliert werden, jedoch nicht am Gasaustausch teilnehmen.(8) Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen den Atemwegen eines Neugeborenen und eines Erwachsenen ist somit der funktionelle Totraum. Dieser liegt bei einem Neugeborenen bei etwa 40%, hingegen sind es beim Adoleszenten lediglich 30% des normalen Atemzugvolumens. Mit 7-9 ml/kg Körpergewicht (KG) gleicht das kindliche Atemzugvolumen dem des Erwachsenen.(3)(5)

Bei Säuglingen sind die Nasengänge und auch die unteren Atemwege sehr eng, weshalb es bei einer Obstruktion der Nase zu schweren Belüftungsstörungen kommen kann. Anatomisch betrachtet weisen kleine Kinder einen relativ kurzen Hals und eine große Zunge auf, weshalb es in Notfällen zu Problemen bei der Intubation kommen kann. Im Bereich des 3.-4. Halswirbelkörpers befindet sich bei einem Säugling der Kehlkopf und liegt somit in einer höheren Position als der eines Erwachsenen. Auch gibt es in den verschiedenen Altersklassen Längenunterschiede der Luftröhre. Generell ist die Trachea bei Kindern kürzer als

beim erwachsenen Menschen. So hat ein neugeborenes Kind eine Trachealänge von etwa 4 cm, hingegen sind es 6 cm bei einem Schulkind. Nicht nur die Länge unterscheidet sich beim Kind vom Erwachsenen, auch der Durchmesser ist beispielsweise mit rund 5 mm beim Säugling sehr eng. Beim ausgewachsenen Menschen verläuft der rechte Hauptbronchus steiler als der linke und ist zusätzlich kürzer. Im Gegensatz dazu stehen im Kindesalter die beiden Hauptbronchien noch relativ im gleichen Winkel, weshalb es bei einer endotrachealen Intubation versehentlich zu einem Verschieben des Tubus in den rechten oder linken Bronchus kommen kann.(5)(9)(10)(11)

Betrachtet man die Compliance der Lunge, damit ist die Lungendehnbarkeit gemeint, entfaltet sich diese erst im Laufe der Kindesentwicklung und ist anfangs zur Geburt noch geringfügig ausgeprägt.(9)(11)

Der Durchmesser der Alveolen ist beim Säugling deutlich kleiner als beim Erwachsenen, weshalb die Funktion des Surfactants besonders wichtig ist. Surfactant wird von bestimmten Alveolarzellen hergestellt und besteht überwiegend aus Fetten und Proteinen. Die Aufgabe dieser Substanz ist es die Oberflächenspannung der Alveolen herabzusetzen, um ein Kollabieren zu verhindern.(9)(11)

Eine weitere anatomische Besonderheit beim Kleinkind ist der horizontale Verlauf der Rippen. Da die Muskulatur im Zwischenrippenraum im Vergleich zum Erwachsenen noch nicht so stark ausgeprägt ist, kann diese die Brustkorbbewegungen während der Atmung nur minimal unterstützen. Neben der Interkostalmuskulatur ist das Zwerchfell beim Neugeborenen ebenfalls nicht vollständig ausgereift, weshalb Säuglinge auch als „Bauchatmer“ bezeichnet werden. Kommt es durch einen, womöglich durch Krankheitsprozesse ausgelöst, gesteigerten intraabdominellen Druck zu einer Störung der Zwerchfellatmung, hat dies eine gesteigerte Atmung mit anschließender Erschöpfung der Atemmuskulatur zur Konsequenz. Im weiteren Verlauf kann eine vollständige Ateminsuffizienz folgen.(3)(9)

Die zentrale Atemregulation wird durch den Sauerstoffpartialdruck, den Kohlendioxidpartialdruck sowie den pH-Wert reguliert. Damit funktioniert die Regulation der Atmung identisch mit der eines Erwachsenen. Kommt es zu einem Sauerstoffpartialdruck über 100 mmHg ist eine Hypoventilation als Kompensation die Folge. Liegt eine Hypoxämie vor, hängt die Reaktion von der jeweiligen

Altersklasse ab. Neugeborene kompensieren die Hypoxie zunächst mit einer Hyperventilation, welche anschließend in eine Hypoventilation übergeht. Befindet sich der Körper gleichzeitig in einem Unterkühlungszustand, wird das Stadium der kompensatorischen Hyperventilation ausgelassen und die Hypoxämie geht direkt in einen Atemstillstand über.(9)

3.1.4.2 Physiologie des Gasaustausches

Der Gasaustausch in der Lunge findet erst nach der Geburt statt. Noch während sich der Fetus in der Gebärmutter befindet, zeigt sich die Lunge als ein mit Flüssigkeit gefülltes Organ. Diese Lungenflüssigkeit strömt über den Bronchialbaum weiter Richtung Trachea, um schließlich im Fruchtwasser zu enden. Bereits kurz nach der Geburt findet die Umstellung auf eine gleichmäßig belüftete Lunge statt. Mit dem Einsetzen des ersten Atemzugs wird das Organ größtenteils mit Luft befüllt. Der intrauterin hohe pulmonale Widerstand kommt zum Absinken und kontinuierliche Atemzüge werden erzeugt. Diese Anpassungsvorgänge beginnen bereits ein paar Tage vor der Geburt. Der Flüssigkeitseinstrom geht langsam zurück und die Alveolen beginnen die Flüssigkeit aufzunehmen. Die Resorption der verbleibenden Flüssigkeit erfolgt binnen weniger Stunden.(5)(12)

Die Atemfrequenz ist beim Neugeborenen mit 30-40 Atemzügen pro Minute (min) deutlich höher als beim erwachsenen Menschen. Im Laufe der körperlichen Entwicklung fällt sie auf 12-15 ab.(5)(13)

3.1.5 Herz-Kreislauf-System

3.1.5.1 Aufbau und Funktion

Das Herz-Kreislauf-System besteht aus dem Herzen, welches der Pumpfunktion zugeordnet ist, sowie den Blutgefäßen, die der Funktion des Bluttransports dienen. (10)

Alle Blutgefäße bilden ein in sich geschlossenes System, durch welches das Blut ständig zirkuliert. Neben Nährstoffen, Atemgasen und Stoffwechselendprodukten werden auch Wasser und Elektrolyte zur Aufrechterhaltung des Mineralhaushalts transportiert. Der Transport von Hormonen zur Kommunikation sowie Säuren und Basen zur Regulation des pH-Wertes gehören ebenfalls zu den Aufgaben des

kardiovaskulären Systems. Der Blutkreislauf dient neben der Transportfunktion der Aufrechterhaltung eines kontinuierlichen inneren Milieus des Organismus, der sogenannten Homöostase. (14)(15)

3.1.5.2 Kleiner und großer Kreislauf

Prinzipiell wird ein kleiner (auch Lungenkreislauf genannt) von einem großen Kreislauf (Körperkreislauf) differenziert. Die Funktion des Lungenkreislaufs besteht in dem Transport des Blutes zur Lunge zum dortigen Gasaustausch und leitet das mit Sauerstoff angereicherte Blut zurück zum Herzen. Der kleine Kreislauf beginnt somit in der rechten Herzkammer. Das desoxygenierte Blut gelangt über die Lungenarterien zum Ort des Gasaustausches, den Alveolen. Dort wird Kohlenstoffdioxid abgegeben und gleichzeitig Sauerstoff aufgenommen. Von hier aus wird das nun sauerstoffreiche Blut über die Lungenvenen zum linken Vorhof und im Anschluss zur linken Kammer gepumpt.(10)(15)

3.1.5.3 Unterschiede zwischen prä- und postnatalem Kreislauf

Generell lässt sich ein vorgeburtlicher Blutkreislauf, auch pränatal genannt, von einem postnatalen, nachgeburtlichen Kreislauf, unterscheiden. Über das mütterliche Blut gelangen bis zum Zeitpunkt der Geburt Sauerstoff sowie andere Nährstoffe zum Fetus. Gleichzeitig werden auf demselben Weg Kohlenstoffdioxid und weitere Abfallstoffe über das Blut der Mutter wieder abtransportiert.(10)

3.1.5.4 Pränataler Kreislauf

Das kindliche Blut wird in der Plazenta mit lebenswichtigen Nährstoffen und Sauerstoff angereichert. Von dort gelangt es über die V. umbilicalis, der Nabelschnurvene, zur Pfortader, bei der ein kleiner Blutanteil über das Pfortadersystem weiter zur Leber gelangt. Der Hauptteil des Blutes fließt allerdings über eine Kurzschlussverbindung, den Ductus venosus Arantii, weiter Richtung V. cava inferior und anschließend in den rechten Vorhof. Hier wird das sauerstoffreiche Blut mit sauerstoffarmem Blut aus der oberen und unteren Körperhälfte vermischt. Von dort aus strömt das Mischblut entweder über das Foramen ovale, einer Öffnung in der Wand zwischen rechtem und linkem Vorhof, in den linken Vorhof und gelangt weiter in das linke Herz und im Anschluss in den Körperkreislauf. Andernfalls fließt das mit Sauerstoff angereicherte Blut vom

rechten Vorhof weiter Richtung rechte Kammer und über den Truncus pulmonalis und eine erneute Kurzschlussverbindung, dem Ductus arteriosus Botalli, in die Hauptschlagader und damit in den Körperkreislauf. Über die Aa. umbilicales, die Nabelarterien, strömt ein gewisser Anteil des Blutes zurück zur Plazenta.(10)

3.1.5.5 Postnataler Kreislauf

Mit Eintreten der Geburt des Kindes kommt es zu einer Umstellung des Kreislaufs. Dabei werden die oben beschriebenen Kurzschlussverbindungen des fetalen Kreislaufs geschlossen. Aufgrund des ersten Atemzugs des Neugeborenen verändern sich die Druckverhältnisse im Herzen und es kommt zu einem Verschluss des Foramen ovale. Die Lungendurchblutung setzt daraufhin ein, welche zu einem Druckabfall des rechten Herzens und einem Anstieg des Druckes im linken Herz führt. Zudem verschließen sich der Ductus arteriosus und Ductus venosus, woraufhin beide Gefäße durch den dauerhaften Verschluss zu Bindegewebssträngen, dem Ligamentum arteriosum und Ligamentum venosum, verwandelt werden. (10)(15)

Das Blut des Kindes wird von nun an in der Lunge mit Sauerstoff angereichert. (1)

3.2 Beurteilung der postnatalen Adaptation (Apgar Score)

Der nach der amerikanischen Anästhesistin benannte Apgar-Score, dient der Ermittlung der postnatalen Adaptation eines Neugeborenen und wird 1, 5 und 10 Minuten nach der Geburt bestimmt. Der 5- und 10-Minuten-Wert hat eine besondere Bedeutung für die weitere Prognose des Kindes. Für die Kriterien Aussehen, Herzfrequenz, Muskeltonus, Absaugreflexe und Atmung werden je nach Vitalitätszustand des Kindes 0-2 Punkte vergeben. Insgesamt können bei einem gesundheitlich unauffälligen Kind maximal 10 Punkte erreicht werden. Liegt der Gesamtwert unter 6 Punkten, liegt womöglich eine Asphyxie vor, welche eine unmittelbare intensivmedizinische Betreuung nach sich zieht. Zeigt sich die Haut des Neugeborenen als blass oder blau, werden 0 Punkte vergeben. Liegen eine rosige Farbe im Stammbereich sowie blau gefärbte Extremitäten vor, wird 1 Punkt vergeben. Ist der Körper des Kindes gänzlich rosig wird das Aussehen mit 2 Punkten beurteilt. Die normale Herzfrequenz eines Neugeborenen liegt bei über 100 Schlägen pro Minute und verdient 2 Punkte nach dem Apgar-Schema. Liegt

sie deutlich unter 100 Herzschlägen pro Minute oder bleibt sie sogar ganz aus, werden entweder 1 oder keine Punkte für die Beurteilung der Herzfrequenz vergeben. Zeigt das frisch geborene Kind weder Atmung noch Absaugreflexe oder einen schlaffen Muskeltonus, werden die jeweiligen Kriterien mit 0 Punkten bewertet. Ist das Kind jedoch in der Lage zu schreien und sich spontan zu bewegen, deutet dies auf eine normale Atmung sowie einen adäquaten Muskeltonus hin und es werden jeweils 2 Punkte verteilt.(1)(12)

Kriterien	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte
Aussehen	Blass, blau	Zentral rosig, Extremitäten blau	Rosige Hände und Füße
Puls	Keiner	<100/min	>100/min
Grimassieren beim Absaugen	Keines	Mäßiges Grimassieren	Schreien, Husten, Niesen
Aktivität	Schlaff, keine Spontanbewegung	Mäßig gebeugte Extremitäten	spontane Bewegung
Respiration	Keine	Langsam, unregelmäßig	Kräftiges Schreien

Tabelle 1: Punkteverteilung Apgar-Score. Modifiziert nach (1)

3.3 Vorgehensweise bei kindlichen Notfällen

Zu den initialen Maßnahmen bei kindlichen Notfällen zählt zum einen die subjektive Einschätzung des/der Notarztes/-ärztin, ob es sich um einen lebensbedrohlichen Krankheitszustand handelt oder nicht. Zum anderen ist die Erhebung der Vitalparameter in der Erstversorgung von großer Bedeutung, um sich ein Bild über Atmung, Kreislauf und Bewusstsein des betroffenen Kindes zu machen. Zusätzlich wird anhand der Rekapillarierungszeit (Rekap-Zeit) und der Beurteilung der Hautfarbe eine grobe Einschätzung der peripheren Durchblutung und des Volumenstatus gewonnen. Dabei wird ein Finger gegen die Stirn oder das Sternum des Kindes gedrückt, bis die Druckstelle hellrot bis weiß erscheint. Im Anschluss wird nach dem Loslassen die Zeit bis zur Wiederbefüllung beobachtet.

Im Normalfall sollte die Rekap-Zeit weniger als 2 Sekunden betragen. Werden die 2 Sekunden deutlich überschritten, liegt eine Störung der peripheren Durchblutung vor. Bei Säuglingen wird zur Bewertung des Volumenzustandes die Palpation der Fontanelle bevorzugt. Das sogenannte ABCDE-Schema kann bei Beurteilung des klinischen Zustands eines/einer Notfallpatienten/-in zur Unterstützung dienen und ermöglicht ein klares und strukturiertes Vorgehen in einer akuten Notfallsituation.(3) A steht hierbei für „Airway“ und bezieht sich auf die Sicherung der Atemwege. Der/die Notfallmediziner/-in sollte somit kontrollieren, ob die Atemwege frei oder verlegt sind. B bedeutet „Breathing“ und dient der Beurteilung der Atmung und möglich vorliegender Störungen des Respirationstrakts. Hierbei sollte darauf geachtet werden, ob die Atemfrequenz normal ist oder ob eine zu schnelle (Tachypnoe) oder verlangsamte Atmung (Bradypnoe) vorliegt. Zudem sollte auf Atemgeräusche, Einziehungen, Nasenflügeln oder einen Einsatz der Atemhilfsmuskulatur geachtet werden. Auch die Beurteilung der Hautfarbe (rosig, blass oder zyanotisch) sollte unter dem Punkt „Breathing“ erfasst werden. „Circulation“ (C) beschäftigt sich mit der Einschätzung des Kreislaufzustandes des Patienten und umfasst neben der Herzfrequenz die Messung des Blutdrucks und die Bewertung der peripheren Durchblutung mittels Rekapillarierungszeit. Unter „Disability“ (D) sollen neurologische Defizite erfasst werden. E steht für „Exposure“ und dient der vollständigen körperlichen Untersuchung, um mögliche Verletzungen ausschließen zu können.(3)(16)

Für ein besseres Verständnis wird das oben beschriebene ABCDE-Schema noch einmal tabellarisch dargestellt:

A „Airway“	Sicherung der Atemwege	<ul style="list-style-type: none"> • Sind die Atemwege frei? • Besteht ein Verlegungsrisiko? • Sind Atemwege bereits verlegt?
B „Breathing“	Beurteilung und Behandlung der respiratorischen Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> • Atemfrequenz • Tidalvolumen (Thoraxexkursionen, Atemgeräusche) • Atemarbeit (Nasenflügeln, Einziehungen, Atemhilfsmuskulatur) • Oxygenierung (Zyanose, Blässe)
C „Circulation“	Beurteilung und Behandlung der Kreislauffunktionen	<ul style="list-style-type: none"> • Herzfrequenz • Blutdruck • Periphere Perfusion (Hauttemperatur, Hautfarbe, kapilläre Füllungszeit) • Vorlast (gestaute Halsvenen, feuchte Rasselgeräusche)
D „Disability“	Feststellung neurologischer Defizite	
E „Exposure“	Vollständige körperliche Untersuchung auf Verletzungshinweise	

Tabelle 2: Beurteilung des klinischen Zustands nach dem ABCDE-Schema. Modifiziert nach (3)

Eine gezielte Anamnese durch die Eltern kann die Einleitung von Akutmaßnahmen in Notfallsituationen beschleunigen. Dabei ist das SAMPLE-Schema eine unterstützende Hilfe. Das „S“ steht für die Symptomatik und umfasst die klinischen Symptome, die ein Kind in einer lebensbedrohlichen Situation aufweist. Es wird gezielt nach Beginn, Dauer, Lokalisation, Qualität und Stärke der Beschwerden

gefragt, um sich einen genaueren Überblick zu verschaffen. „A“ steht für Allergien, welche möglicherweise vorliegen und im Rahmen der Anamnese unbedingt erfragt werden sollten. Der Buchstabe „M“ bezieht sich auf eine kürzlich oder dauerhafte Einnahme von Medikamenten des Patienten. „P“ steht für die Patientenvorgeschichte und umfasst alle damit verbundenen Vorerkrankungen. Eine gerichtete Frage über die letzte Nahrungsaufnahme „L“ ist ebenfalls wichtig in der Notfallanamnese, um Informationen über die Menge, den Zeitpunkt und die Qualität der zuletzt eingenommenen Mahlzeit zu eruieren. Unter „E“ wird nach den Ereignissen gefragt, welche vor dem eingetretenen Notfall stattgefunden haben.(3) Neben einer gezielten Anamnese und Erfassung des klinischen Zustands ist die apparative Überwachung bei einem pädiatrischen Notfallpatienten von hoher Bedeutung. Die Erfassung eines Elektrokardiogramms (EKG) und die Blutdruckmessung zählen zur grundlegenden Diagnostik des Monitorings. Aber auch die mittels Pulsoxymetrie durchgeführte Überprüfung der Sauerstoffsättigung sowie die Messung des Kohlenstoffdioxidgehalts und der Körperkerntemperatur sind dabei relevant.(3) Die Durchführung diagnostischer Maßnahmen könnte sich aufgrund mangelnder Kooperation von Seiten des Kindes als äußerst schwierig gestalten. Dies kann so weit führen, dass manche Maßnahmen oder Untersuchungen nicht vom Kind toleriert werden und somit nicht durchgeführt werden können. Besonders akut erkrankte oder verunfallte Säuglinge und Kleinkinder können durch schreiendes Verhalten oder Abwehrbewegungen die Diagnostik deutlich erschweren.(17)

Um im weiteren Vorgehen eines pädiatrischen Notfalls dem/der Patienten/-in Medikamente verabreichen zu können, ist das Platzieren einer Venenverweilkanüle meist unabdingbar. Doch dies stellt besonders im KK-Alter eine Herausforderung für den/die durchführenden Arzt/-in dar. Kleinkinder haben anatomisch betrachtet sehr kleine Blutgefäße, zudem ist der Anteil an subkutanem Fett deutlich höher als bei größeren Kindern oder Erwachsenen. Sind die Venenverhältnisse beim betroffenen Kind schwierig oder erfolgen 3 venöse Fehlpunktionen besteht die Indikation für einen intraossären Zugang. Im Rahmen der kardiopulmonalen Reanimation bei Kindern unter 6 Jahren ist der intraossäre Zugangsweg als primärer Gefäßzugang indiziert. Hierbei erfolgt die Punktion am oberen Ende der Tibia Vorderseite.(2)(3)(7)

3.4 Physiologische Grenzwerte im Kindesalter

Die folgende Tabelle soll einen Überblick über die wichtigsten physiologischen Vitalparameter (Atemfrequenz, Blutdruck sowie Herzfrequenz) im Kindes- und Jugendalter verschaffen.

Alter	Herzfrequenz (Schläge/min)	Blutdruck in mmHg (systolisch/diastolisch)	Atemfrequenz (Atemzüge/min)
NG bis 10 Tage	70-170	74/51	36-55
10 Tage bis 2 Monate	70-170	74/51	36-42
2 bis 6 Monate	70-170	85/64	24-34
6 bis 12 Monate	80-160	87/64	23-29
1 bis 3 Jahre	80-130	91/63	19-26
3 bis 5 Jahre	80-120	95/59	19-26
5 bis 7 Jahre	75-115	95/58	19-26
7 bis 9 Jahre	70-110	97/58	18-22
9 bis 11 Jahre	70-110	100/61	18-22
11 bis 13 Jahre	65-105	104/66	18-22
13 bis 14 Jahre	60-100	109/70	16-20

Tabelle 3: Altersabhängige Normwerte der Vitalparameter bei Kindern. Modifiziert nach (18)

Im anschließenden Teil werden nun die häufigsten Kindernotfälle dargestellt und die jeweiligen diagnostischen Schritte sowie therapeutische Maßnahmen (medikamentös und nicht-medikamentös) erläutert. Eine umfangreichere und detailliertere Darstellung der dabei wichtigsten Medikamente erfolgt in Kapitel 4.12.

4. Spezieller Teil

4.1 Bewusstlosigkeit

Das Auftreten einer Bewusstlosigkeit bei einem Kind kann durch verschiedene Ursachen ausgelöst werden. Zu den wichtigsten Auslösern gehören eine Hypoglykämie, Meningitis, Intoxikationen, Traumata sowie ein Kreislaufschock. Häufig zeigt sich ein bestehender oder bereits stattgefundener Krampfanfall. Ein schnelles Handeln ist daher wichtig, um schwerwiegende Folgen zu vermeiden.(17)

Die Anwendung eines Algorithmus bei einem bewusstlosen Kind dient der Vereinfachung bei der Vorgehensweise. Dabei ist zunächst darauf zu achten, ob bereits ein Herzkreislaufstillstand beim betroffenen Kind eingetreten ist und entsprechende Reanimationsmaßnahmen einzuleiten sind. Ist der Kreislauf jedoch intakt, sollte möglichst eine Intubation eingeleitet werden, sofern der/die Patient/-in weder auf Schmerzreize reagiert noch Schutzreflexe vorhanden sind. Liegt zusätzlich ein Krampfanfall vor, sollte dieser möglichst mit antikonvulsiven Medikamenten wie Diazepam in einer Dosierung von 5-10 mg rektal unterbrochen werden. Eine Intubation ist in diesem Fall nicht indiziert, die Sauerstoffgabe über eine Maske ist ausreichend. Auch ein bereits stattgefundener Krampfanfall muss dringend in einer Kinderklinik weiter abgeklärt werden. Um weitere Ursachen für die Bewusstlosigkeit ausschließen zu können, ist eine Blutzuckermessung unumgänglich. Liegt aufgrund eines zu niedrigen Blutzuckerwertes eine entsprechende Hypoglykämie vor, sollte Glukose 20% intravenös (i.v.) in einer Dosierung von 2,5 milligramm pro Kilogramm Körpergewicht (mg/kg KG) verabreicht werden. Die Überprüfung der Rekap-Zeit dient dem Informationsgewinn, ob ein Schockgeschehen vorliegt oder nicht. Beträgt die Rekapillarierungszeit mehr als 3 Sekunden, spricht dies für das Vorliegen eines Schocks, weshalb eine Sauerstoffgabe mittels Maske sowie die Gabe von 20ml/kg KG NaCl 0,9% als Bolus i.v. folgen sollten. Durch Erhebung der Vitalparameter und Überprüfung der Pupillenreaktion sollte zudem eine Intoxikation des Kindes ausgeschlossen werden. Auch an ein Trauma oder eine mögliche Kindesmisshandlung sollte als Ursache für die Bewusstlosigkeit gedacht werden. Hierbei sind anisocore, weite und lichtstarre Pupillen eine Bestätigung des

traumatischen Verdachts, weshalb unverzüglich eine Intubation sowie eine Weiterleitung an eine neurochirurgische Abteilung eingeleitet werden sollte. Ist neben einer unauffälligen Pupillenreaktion (isocor, mittelweit, lichtreagibel) eine ausreichende Spontanatmung des Kindes gegeben, sollte ein zügiger Transport in eine Kinderklinik erfolgen. Das Vorhandensein von Herzrhythmusstörungen wie beispielsweise einer Tachykardie (über die Altersnorm erhöhte Herzfrequenz) oder Bradykardie (unter der Altersnorm gelegene Herzfrequenz) könnte folglich zur Bewusstlosigkeit beim Kind führen und sollte daher stets ausgeschlossen werden. Liegt eine Bradykardie vor, kann Atropin zur Steigerung der Herzfrequenz gegeben werden. Die Gabe von Adenosin sowie eine Vagusreizung sind Maßnahmen bei einer Tachykardie. Differentialdiagnostisch sollte auch an eine Meningitis, verschiedene Stoffwechselerkrankungen, Hirnblutungen oder das Vorliegen einer Ketoazidose gedacht werden.(12)(17)

Neben genannten Erstmaßnahmen sind eine ausführliche Anamneseerhebung sowie eine neurologische Untersuchung von großer Bedeutung. Bei der Anamnese ist es wichtig, die Eltern des betroffenen Kindes zu befragen, wann und wo ihr Kind aufgefunden wurde und ob es eindeutige Ursachen für das Auftreten der Bewusstlosigkeit wie beispielsweise eine Intoxikation oder ein Trauma gibt. Die Frage der Eltern nach einer dauerhaften Medikamenteneinnahme sowie Vorerkrankungen des Kindes sind für die Ursachenfindung essenziell. Zur Untersuchung des neurologischen Status gehören zum einen die Beurteilung der Bewusstseinslage des Kindes sowie die Reaktion der Pupillen. Zum anderen sind Hirndruckzeichen und symmetrische oder asymmetrische Bewegungsmuster zu überprüfen. Zur Ermittlung des Bewusstseinsgrads ist die Verwendung des pädiatrischen Glasgow Coma Scales (GCS) hilfreich. Funktionen wie Augenöffnen, die beste verbale Kommunikation und die beste motorische Reaktion werden einzeln mit Punkten bewertet. Hierbei wird nochmals unterschieden, ob das Kind älter oder jünger als 36 Monate ist, da vor genannter Altersgrenze die verbale Kommunikation noch nicht ausgeprägt und eine adäquate Beurteilung somit eingeschränkt ist. Es können maximal 15 Punkte und minimal 3 Punkte erreicht werden. Ein GCS von weniger als 8 stellt eine Intubationsindikation dar und weist auf ein Koma hin. Bei der Reaktionsprüfung der Pupillen ist auf die Größe und eine mögliche Seitendifferenz beider Pupillen zu achten. Lichtstarre, seitendifferente Pupillen sowie das Vorliegen eines erhöhten

Blutdrucks und einer Bradykardie sind Zeichen für einen erhöhten Hirndruck.(12)(17)(19)

Alter	Augen öffnen	Punkte (P)	beste motorische Kommunikation	P	Beste motorische Reaktion	P
>36 Monate	spontan	4	konversationsfähig, orientiert	5	auf Aufforderung	6
	auf Aufforderung	3	konversationsfähig, desorientiert	4	auf Schmerzreiz gezielte Abwehr	5
	kein Augenöffnen	2	inadäquate Äußerungen	3	auf Schmerzreiz ungezielte Abwehr	4
	auf Schmerzreiz	1	unverständliche Laute	2	auf Schmerzreiz Beugeabwehr	3
			keine Reaktion auf Ansprache	1	auf Schmerzreiz Strecksynergismen	2
					keine motorische Antwort auf Schmerzreiz	1
<36 Monate	spontan	4	plappern, brabbeln	5	spontane Bewegungen	6
	auf Aufforderung	3	schreien, aber tröstbar	4	auf Schmerzreiz gezielte Abwehr	5
	kein Augenöffnen	2	schreien, untröstbar	3	auf Schmerzreiz ungezielte Abwehr	4
	auf Schmerzreiz	1	unverständliche Laute	2	auf Schmerzreiz Beugeabwehr	3
			keine Laute	1	auf Schmerzreiz Strecksynergismen	2
					keine motorische Antwort auf Schmerzreiz	1

Tabelle 4: Glasgow-Coma-Scale. Modifiziert nach (19)

4.2 Herzkreislaufstillstand & Kardiopulmonale Reanimation

Ursächlich für das Eintreten eines Herz-Kreislauf-Stillstands (HKS) bei Kindern ist häufig eine Atemstörung, die folglich mit einer Hypoxie einhergeht. Aufgrund der in

sekundärer Folge eintretenden Bradykardie und Asystolie kommt es zu einem Versagen des gesamten Herz-Kreislauf-Systems.(12)(20)(21)

Kindliches Ertrinken, Obstruktionen der Atemwege sowie Fremdkörperaspirationen sind potenzielle Auslöser für die Entwicklung der primär respiratorischen Störung. Daneben können aber auch nicht respiratorisch bedingte Ursachen wie angeborene Herzfehler, Myokarditiden, Dehydratation oder Schockzustände in Betracht gezogen werden.(1)(21) Im Gegensatz dazu liegt dem HKS bei Erwachsenen meist eine primäre Herzrhythmusstörung zugrunde.(12)(20)

Klinische Zeichen für das Vorliegen eines Atem- und Kreislaufstillstands sind eine blass bis zyanotisch gefärbte Haut, Bewusstlosigkeit, Schnappatmung bis fehlende Atmung, nicht tastbare Pulse sowie ein fehlender Blutdruck.(21)(22)

Da ein Herz-Kreislauf-Stillstand mit einem schlechten Patienten-Outcome verbunden ist, hat ein frühzeitiges Erkennen der zugrunde liegenden Störung und ein damit verbundenes Einleiten von Sofortmaßnahmen einen hohen Stellenwert. Als Hilfsmittel zur Beurteilung eignet sich hierzu das ABCDE-Schema, um erfolgreiche Reanimationsmaßnahmen zu erzielen.(21)(22)

Da bereits in Kapitel 2.3 eine Erläuterung der ABCDE-Regel erfolgte, wird im Folgenden nur auf das Therapiemanagement eines Atem- und Kreislaufversagens eingegangen. Hierbei ist zunächst auf freie Atemwege (A) zu achten, weshalb eine mögliche Fremdkörperverlegung ausgeschlossen werden sollte. Der Einsatz von oro- oder nasopharyngealen Atemwegshilfen kann zur Freihaltung der Atemwege beitragen. Eine Reanimation mit 5 initialen Beatmungen (B) wird eingeleitet. Die Beatmungsstöße können dabei mittels Beatmungsbeutel und Maske oder Mund-zu-Mund/Nase Beatmung verabreicht werden. Im weiteren Verlauf sollte auf eine endotracheale Intubation und eine Verabreichung von 100 % Sauerstoff umgestellt werden. Eine kontinuierliche Überprüfung des Kohlenstoffdioxid (CO₂) Wertes sollte erfolgen, um eine gescheiterte Intubation frühzeitig zu erkennen. Bei unzureichender Herzaktion wird anschließend mit der Kompression des Brustkorbs begonnen. Je nach Kindesalter wird hierbei eine andere Kompressionstechnik verwendet. Während der Brustkorb im Neugeborenenalter mit beiden Händen umfasst wird und die durch beide nebeneinander liegenden Daumen durchgeführte Kompression auf das untere Brustbeindrittel erfolgt (2-Daumen-Technik), wird die Thoraxkompression bei älteren Kindern mit einem oder

beiden Handballen ausgeführt. Es ist dabei auf eine ausgestreckte Arm- und Fingerhaltung sowie eine Drucktiefe von mindestens 5 Zentimeter (cm) zu achten. Ziel ist es eine Kompressionsfrequenz von 120 pro Minute bei NG und 100 pro Minute bei älteren Kindern zu erzielen. Um erfolgreiche Reanimationsmaßnahmen zu erreichen, sollte zudem ein altersentsprechendes Kompressions- und Beatmungsverhältnis eingehalten werden. Demnach entspricht das Verhältnis bei NG 3 zu 1 (Kompressionen zu Beatmung); bis zur Pubertät wird dies auf 15:2 gesteigert. Um einen stabilen Kreislauf (C) des Kindes gewährleisten zu können, sind neben einer kontinuierlichen Überwachung der wichtigsten Vitalparameter (Sauerstoffsättigung (SpO₂), Blutdruck (RR), CO₂) stetige Blutgasanalysen, eine arterielle Blutdruckmessung, EKG, Echokardiographie und die Bestimmung des Herzzeitvolumens (HZV) von großer Bedeutung. Daneben sollte zügig ein Venenzugang zur Applikation von Medikamenten und Volumen gelegt werden. Ist dieser binnen einer Minute nicht möglich, ist alternativ ein intraossärer Gefäßzugang einzuleiten. Eine isotone kristalloide Infusionslösung wird zur initialen Volumengabe verabreicht. Zu den wichtigsten Notfallmedikamenten (D), die im Rahmen einer Reanimation Verwendung finden zählen Adrenalin und Amiodaron. Zusätzlich können Magnesium, Atropin, Natriumbikarbonat und Kalzium bei entsprechender Notwendigkeit ebenfalls indiziert sein. Adrenalin wird im Rahmen eines HKS sowohl bei defibrillierbaren als auch bei nicht-defibrillierbaren Herzrhythmusstörungen in einer Dosierung von 10 Mikrogramm/kg KG ($\mu\text{g}/\text{kg KG}$) i.v. oder intraossär (i.o.) appliziert. Wiederholte Gaben erfolgen alle 3-5 Minuten. Amiodaron hingegen kommt lediglich bei defibrillierbaren Rhythmusstörungen zum Einsatz und wird nach der dritten und fünften erfolglosen Defibrillation als Bolusgabe mit 5 mg/kg KG verwendet. Kalzium, Magnesium und Natriumbikarbonat werden nicht standardmäßig im Rahmen eines Herz-Kreislauf-Stillstands verabreicht, weshalb auf deren enge Indikationsstellung geachtet werden muss. Magnesium findet daher nur Anwendung bei Torsade-de-pointes-Tachykardien und Hypomagnesiämien (0,1 ml/kg KG 50% Magnesiumsulfat-Lösung). Natriumbikarbonat wird erst appliziert, wenn die erste Adrenalininjektion erfolglos ist. Hierbei wird es mit einer initialen Dosis von 1 mmol/kg KG ($\text{mmol}/\text{kg KG}$) zugeführt. Die Applikation von Kalzium (Kalziumglukonat 10%) erfolgt bei Hyperkaliämie, Hypermagnesiämie und Hypokalzämie. Dessen intravenöse Gabe von 0,5 ml/kg KG sollte zur Prävention

einer Bradykardie langsam erfolgen. Bei Vorliegen einer vagusbedingten Bradykardie kann auf das Medikament Atropin (0,02 mg/kg KG) i.v. zurückgegriffen werden, wobei die Dosierung von 0,4 mg pro Gabe nicht überschritten werden darf. Auch wenn der kindlichen Reanimation meist ein nicht-defibrillierbarer Rhythmus zugrunde liegt, sollte bei Vorliegen von Kammerflimmern (VF) oder einer pulslosen Kammertachykardie (VT) an eine Defibrillation (E) mit einer anfänglichen Dosierung von 4 Joule/kg KG (J/kg KG) gedacht werden. Die beiden Klebeelektroden werden über der Herzbasis (parasternal rechts) und der Herzspitze (5. Intercostalraum (ICR) vordere Axillarlinie) positioniert. Sofort im Anschluss daran wird die Kardiopulmonale Reanimation (CPR) weiter aufgenommen; nach 2 Minuten erfolgt eine erneute Herzrhythmusbeurteilung. Bleibt die Defibrillation erfolglos, werden nach dem 3. und 5. Schock Adrenalin (10 µg/kg KG) und Amiodaron (5 mg/kg KG) verabreicht.(1)(21)(22)(23)(24)

Prinzipiell sollten eine fortlaufende Beurteilung des kindlichen Zustands nach dem ABCDE-Schema erfolgen und auslösende Ursachen für den HKS ermittelt werden. Allgemein lassen sich mithilfe der „4 H's und HITS“ die reversiblen Ursachen für das Eintreten des Herz-Kreislauf-Versagens erklären. Die 4 H's stehen dabei für Hypoxie, Hypovolämie, Hypothermie und Hypo- oder Hyperkaliämie. HITS ist ein Akronym für Herzbeuteltamponade, Intoxikation, Thrombose und Spannungspneumothorax.(1)(21)(22)(23)

In der folgenden Abbildung sind die bereits beschriebenen erweiterten lebensrettenden Maßnahmen der Kardiopulmonalen Reanimation beim Kind nach den aktuellsten Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) nochmal bildlich und damit zum besseren Verständnis dargestellt.(22)

Paediatric Advanced Life Support

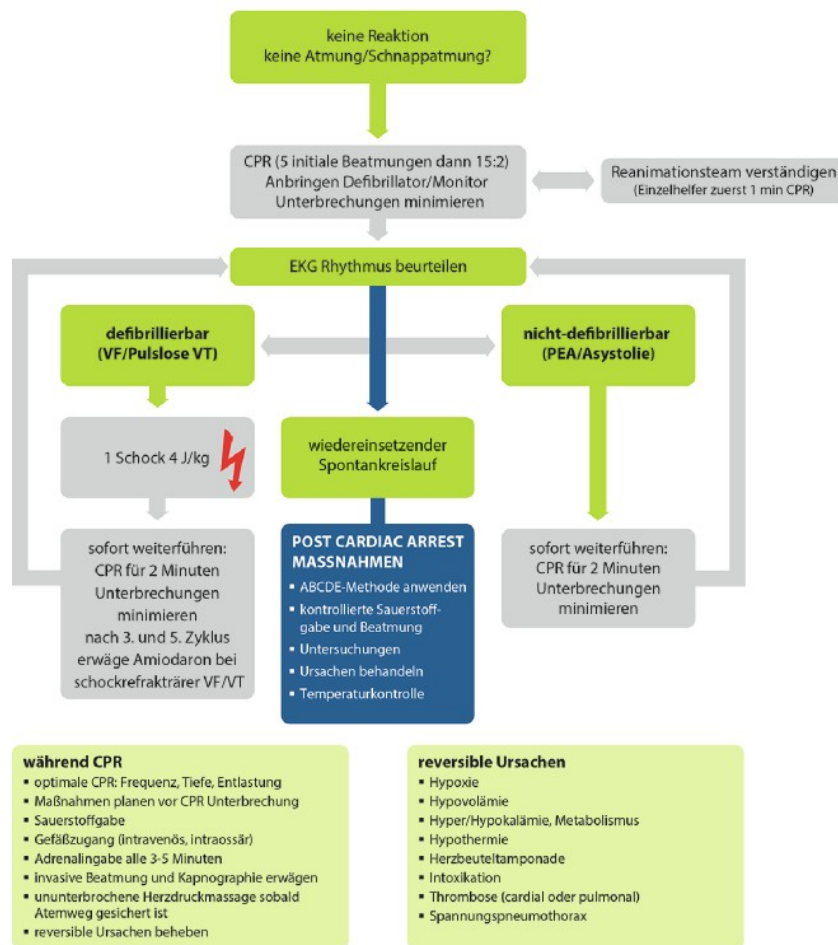


Abbildung 1: Erweiterte lebensrettende Maßnahmen der CPR beim Kind; ©Springer Nature, Notfall + Rettungsmedizin, I.K. Maconochie et al, 2015; übernommen aus (22)

4.3 Herzrhythmusstörungen

Das Auftreten von Herzrhythmusstörungen ist gehäuft bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern zu beobachten und entwickelt sich meist infolge von chirurgischen Eingriffen. Die Beurteilung von kardialen Rhythmusstörungen bei Kindern stellt aufgrund einiger Schwierigkeiten eine besonders große Herausforderung für das medizinische Personal dar. Zum einen ist es nicht einfach sich die physiologischen Normwerte der verschiedenen Altersgruppen zu merken, da diese individuell sehr verschieden sind. Zum anderen sind die meisten Kinder kardial gesund und im Vergleich zu Erwachsenen in der Lage Rhythmusstörungen lange zu tolerieren.(12)(17)

Wichtig beim therapeutischen Vorgehen von Rhythmusstörungen ist das Beurteilen der hämodynamischen Stabilität. Fehlende Pulse, eine deutlich verlängerte Rekap-Zeit über 3 Sekunden und das Vorliegen einer Bewusstseinsstörung weisen auf eine hämodynamische Instabilität hin. In diesem Fall ist eine elektrische und medikamentöse Therapie notwendig. Ist die Hämodynamik bei dem/der Patienten/-in stabil, sind neben einem zügigen Transport in eine Klinik zunächst keine weiteren Therapiemaßnahmen erforderlich. Zudem ist zu beurteilen, ob ein langsamer oder schneller Herzrhythmus vorliegt und ob dieser regelmäßig oder unregelmäßig erscheint. Auch die Befragung der Eltern nach kardialen Vorerkrankungen und einer möglichen Dauermedikation des Kindes ist zur Diagnostik und Behandlung von Herzrhythmusstörungen hilfreich.(17)

Im folgenden Teil wird spezifisch auf die Bradykardie und Tachykardie eingegangen.

4.3.1 Bradykardie

Die Bradykardie entspricht einer unter der entsprechenden Altersnorm gelegenen Herzfrequenz (s. Tabelle 3). Kinder, die eine erniedrigte Herzfrequenz und somit weniger als 60 Herzschläge pro Minute aufweisen, aber dennoch einen stabilen Allgemeinzustand zeigen, bedürfen keiner Behandlung. Ein guter Allgemeinzustand zeichnet sich durch eine ausreichende Sauerstoffsättigung, eine Rekap-Zeit von unter 2 Sekunden sowie einen wachen Zustand des Kindes aus.

Ist die Herzfrequenz jedoch unter 60 Herzschlägen pro Minute und liegen zeitgleich Anzeichen einer verminderten Durchblutung vor, ist eine sofortige Herzdruckmassage indiziert. Die häufigste Ursache für die Entwicklung einer Bradykardie bei einem Kind ist die Hypoxie. Diese lässt sich anhand eines blassen und zentralisierten Kindes und einer kaum abzuleitenden Sauerstoffsättigung erkennen. Auch ein anaphylaktisches Geschehen, eine Intoxikation mit beispielsweise Betablockern oder Nebenwirkungen von Medikamenten können eine Bradykardie beim Kind auslösen. Seltener ist ein primär kardiales Geschehen für die verlangsamte Herzfrequenz ursächlich.(12)(17)

Zu den therapeutischen Maßnahmen bei einem bradykarden Herzrhythmus mit tastbarem Puls zählen zunächst die Oxygenierung, um eine ursächlich vorliegende Hypoxie ausschließen zu können sowie ein Monitoring mittels EKG,

welches die verlangsamte Herzfrequenz bestätigt oder ausschließt. Zusätzlich sind die Überprüfung der Bewusstseinslage und die Dauer der Rekapillarierungszeit zur Beurteilung einer Minderperfusion von großer Bedeutung. Ist das Bewusstsein des Kindes deutlich gestört und beträgt die Rekap-Zeit mehr als 2 Sekunden, ist die Indikation zur Durchführung einer CPR gegeben. Bleibt die Bradykardie trotz CPR und Sauerstoffgabe bestehen, können Medikamente zur Herzfrequenzsteigerung verabreicht werden. Als erste Stufe wird bei dem Verdacht auf eine vagale Ursache Atropin in einer Dosierung von 0,02 mg/kg KG i.v. verabreicht. In zweiter Instanz kann bei Fortbestehen der Bradykardie mit gleichzeitig vorliegender Bewusstseinsstörung Suprarenin 0,001 mg/kg KG i.v. oder als Dauertropfinfusion 0,1 µg/kg KG pro Minute gegeben werden. Wenn sich die Herzfrequenz durch die Verabreichung beschriebener Medikamente nicht steigern lässt, kann als dritte Stufe auf eine externe Stimulation zurückgegriffen werden. Beim sogenannten Pacing werden zwei Kinderklebelektroden präkordial und zwischen die Schulterblätter des Kindes aufgeklebt und mittels einem speziell dafür ausgelegten Pacermodus eines Defibrillators und entsprechend ausgewählter Stromstärke eine ausreichende Schrittmacherfrequenz von 80-100 Schlägen pro Minute erreicht. Eine vorherige Analgosedierung sowie eine regelmäßige Pulskontrolle der A. femoralis sind zu beachten.(17)

4.3.2 Tachykardie

Von einer Tachykardie spricht man, wenn die Herzfrequenz über der entsprechenden Altersnorm liegt (s. Tabelle 3). Tachykardie Kinder zeigen eine typische Symptomatik. Generell ist ein reduzierter Allgemeinzustand des Kindes mit Vorliegen von Blässe, Trinkschwäche und Dyspnoe zu erkennen. Eine ventrikuläre Tachykardie kann zusätzlich zu Schockzeichen oder auch zum Herz-Kreislauf-Stillstand führen. Meist handelt es sich bei kindlich vorkommenden tachykarden Herzrhythmusstörungen um Schmalkomplextachykardien, welche durch eine verkürzte Kammerkomplex (QRS) Dauer von weniger als 0,08 Sekunden gekennzeichnet sind. Seltener liegt eine Breitkomplextachykardie vor, bei welcher die QRS-Zeit mehr als 0,08 Sekunden dauert. Die Schmalkomplextachykardien werden in Sinustachykardien und supraventrikuläre Tachykardien (SVT) unterteilt. Erstere lassen sich durch einen variablen R-Zacken

Abstand und vorhandene P-Wellen erkennen. Die Herzfrequenz liegt bei betroffenen Säuglingen unter 220 Schlägen pro Minute, bei größeren Kindern unter 180 Herzschlägen pro Minute. Ziel ist die Ursache für die ausgelöste Sinustachykardie zu beheben. Auslöser können dafür ein Volumenmangel, Fieber oder allgemeine Schmerzen sein. Bei der supraventrikulären Tachykardie hingegen bleibt die P-Welle aus und der RR-Abstand ist gleichbleibend. Auch eine deutlich erhöhte Frequenz des Herzens über 180 Schläge pro Minute ist bei der SVT zu beobachten.(12)(17)

Für die Therapie der SVT ist entscheidend, wie das Bewusstsein des/der Patienten/-in ist. Zeigt das tachykarde Kind weder Schockzeichen noch Einschränkungen des Bewusstseins, kann ein Transport in eine geeignete Kinderklinik zur weiteren medizinischen Behandlung erfolgen. Bei größeren Kindern kann ein Vagus-Manöver durchgeführt werden, um durch Stimulierung des N.vagus die Herzfrequenz zu reduzieren. Dazu eignet sich das Trinken von eiskaltem mit Kohlensäure versetztem Wasser. Andernfalls kann das Kind zur Vagus-Stimulation einen Luftballon aufblasen. Liegen jedoch Bewusstseinsstörungen und Zeichen eines Schocks vor, sollte unverzüglich ein intravenöser Zugang gelegt und Adenosin 0,1 mg/kg KG verabreicht werden. Ist ein i.v.-Zugang nicht möglich, sollte auf einen intraossären Zugangsweg ausgewichen werden. Ist das Kind bereits bewusstlos oder führt die Adenosingabe zu keinem gewünschten Therapieerfolg, sollte mittels Analgosedierung eine sofortige Kardioversion erfolgen. Über den Klebeelektroden wird mit einer Erstdosis von 0,5-1 J/kg KG und 2J/kg KG im zweiten Versuch Energie abgegeben. Auch wenn die Breitkomplextachykardien deutlich seltener bei Kindern vorkommen, wird zu einer Überblicksgewinnung kurz auf diese eingegangen. Prinzipiell unterscheidet man eine stabile VT von einer instabilen und einer pulslosen VT. Die stabile VT äußert sich durch ein waches Zustandsbild des Kindes bei reduziertem Allgemeinzustand mit Schwitzen und Unruhegefühl. Eine akute medikamentöse Therapie ist aufgrund der klinischen Symptomatik meist nicht notwendig, dennoch sollte das Kind zügig und unter Arztbegleitung in eine Kinderkardiologie zur weiteren Abklärung gebracht werden. Bei einer instabilen VT ist das Bewusstsein des Kindes deutlich eingeschränkt, die Rekap-Zeit ist deutlich verlängert und Pulse sind nur mehr schwach tastbar. Daher ist eine Kurznarkose mit anschließender Kardioversion mit einer Erstdosis von 0,5-1

J/kg KG und 2J/kg KG im zweiten Versuch indiziert. Eine zügige Adenosingabe mit 0,1 mg/kg KG i.v. kann zuvor erfolgen, sofern ein i.v.-Zugang möglich ist. Bewusstlosigkeit, fehlende Spontanatmung und Pulslosigkeit sind typische Symptome einer pulslosen VT. Folglich sollte unverzüglich eine Kardiopulmonale Reanimation mit Defibrillation eingeleitet werden. Zur allgemeinen therapeutischen Behandlung dieser Art von Rhythmusstörung gehören die Oberkörperhochlagerung, das Überwachen der Sauerstoffsättigung im Blut mit Sauerstoffgabe bei Bedarf und das Monitoring des EKG.(17)

4.4 Respiratorische Notfälle

Akute respiratorische Notfälle bei Kindern zählen zu den häufigsten Ursachen einer Notfallvorstellung im Krankenhaus. Kinder sind im Vergleich zu Erwachsenen deutlich verstärkt für das Einsetzen von Atemnot anfällig. Dies lässt sich durch einen verkleinerten Atemwegsdurchmesser sowie eine vermehrte Anfälligkeit für Infektionen mit folglich Schwellungen im Bereich der Atemwege begründen. Eine schnelle Einschätzung der Akutsituation und ein entsprechendes ärztliches Handeln sind von großer Bedeutung, um einen drohenden Atemwegsstillstand zu vermeiden. Ein verminderter Bewusstseinszustand sowie Verwirrtheit beim Kind sollten als weitere Hinweise auf ein vorliegendes Atemwegsproblem mit Hypoxie dienen. Wichtige Alarmsymptome, die auf eine gesteigerte Atemtätigkeit bei Kindern hinweisen, sind eine erhöhte Atemfrequenz, der Einsatz der Atemhilfsmuskulatur sowie pathologische Atemgeräusche (Stridor, Keuchen oder Grunzgeräusche). Ein Stridor wird als ein pfeifendes Atemgeräusch definiert, welches durch eine Obstruktion der oberen Atemwege verursacht wird. Hierbei sind zwei Arten zu unterscheiden, die für die Verdachtsdiagnose hinweisgebend sind. Der inspiratorische Stridor entsteht während der Einatmung, tritt das pfeifende Atemgeräusch jedoch während der Ausatmung auf, spricht man von einem expiratorischen Stridor. Der häufigste Grund für das Auftreten eines Stridors ist eine stenosierende Laryngotracheitis, auch Pseudokrupp oder Krupp-Syndrom genannt. Das Vorliegen von Fremdkörpern in den oberen Atemwegen als Auslöser für das pathologische Atemnebenegeräusch tritt dagegen weniger gehäuft auf. In den seltensten Fällen sind Tonsillitiden, Anaphylaxie, Tracheitis, Diphtherie und Epiglottitis für einen Stridor ursächlich.(21)(25)(26)(27)

4.4.1 Pseudokrupp

Der Pseudokrupp gehört zu den häufigsten respiratorischen Erkrankungen in der Pädiatrie und betrifft überwiegend Kinder zwischen 6 Monaten und 3 Jahren.(25) Eine Infektion der Atemwege durch Parainfluenza-, Influenza- und Respiratorische Synzytial-Viren (RS-Viren) ist für das Auftreten einer subglottischen Schwellung der Schleimhaut verantwortlich. Charakteristisch für einen Kruppanfall sind neben einem inspiratorischen Stridor und einer durch das Schleimhautödem verursachten Heiserkeit ein plötzlich in der Nacht einsetzender bellender Husten, dem in manchen Fällen leichtes Fieber vorausgeht.(1)(25)(26) Die Ausprägung der klinischen Symptome ist sehr variabel, weshalb eine Einteilung in 4 Schweregrade erfolgt. Schweregrad 1 weist die für einen Pseudokrupp typischen Symptome eines bellenden Hustens, inspiratorischen Stridors und Heiserkeit auf. Bei Grad 2 kommt es zusätzlich zu gering ausgeprägter Atemnot. Starke Atemnot, interkostale Einziehungen sowie eine ausgeprägte Tachykardie (mehr als 160/min) sind Zeichen für das Vorliegen eines Krupp-Syndroms 3. Grades. Bei Schweregrad 4 zeigen sich neben einem bradykarden Herzrhythmus eine hochgradige Atemnot, Zyanose sowie Bewusstseinsstörungen.(21)(27) Da das klinische Erscheinungsbild beim Pseudokrupp sehr eindeutig ist, sollte auf eine weitere Diagnostik verzichtet werden. Jegliche Manipulation an Larynx und Pharynx würde die bestehende Schwellung nur verschlechtern. Aufgrund der Tatsache, dass die Ursache viral bedingt ist, erfolgt eine symptomatische Behandlung der Krankheit.(1)(21)(25)(26)(27)

Ist die stenosierende Laryngotracheitis nur gering ausgeprägt (Grad 1 und 2) kann frische, kalte Luft inhaliert werden, um eine abschwellende Wirkung der Atemwege zu erzielen. Zudem sollte eine rektale Kortikoidgabe mit beispielsweise Prednison 100 mg erfolgen, allerdings ist hierbei zu beachten, dass der Wirkungseintritt des Steroids erst nach 1-2 Stunden erfolgt. Bei einem schweren Krupp-Anfall (Schweregrad 3) ist die Inhalation von 2 ml Adrenalin (1:1000) auf 2 ml Natriumchlorid (NaCl) mittels Verneblermaske das Mittel der Wahl, um die Symptomatik zu lindern. Eine stationäre Aufnahme zur Überwachung sollte eingeleitet werden. Liegt Schweregrad 4 vor sind neben genannten Maßnahmen sowohl eine Intubation als auch eine Verlegung auf die Intensivstation erforderlich. (21)(26)(27)(28)

4.4.2 Epiglottitis

Die Epiglottitis gehört heute dank der eingeführten Haemophilus influenzae Typ B (HIB) Schutzimpfung zu den selteneren respiratorischen Notfällen. Durch die Impfung konnte das Auftreten der bakteriellen Entzündung um das 10-fache reduziert werden. Wichtig ist dennoch die klinische Unterscheidung eines Pseudokrups. Bei der Epiglottitis stehen hohes Fieber, ein inspiratorischer Stridor und verstärkter Speichelfluss im Vordergrund. Aber auch Schluckstörungen und eine aufrechte Körperhaltung sind typische Verhaltensmuster für das Krankheitsbild.(1)(25)(26)

Da die Epiglottis, auch Kehldeckel genannt, stark anschwillt und eine gänzliche Atemwegsverlegung als Folge droht, sollten eine präklinische Racheninspektion und Intubation stets vermieden werden. Erst auf der Intensivstation ist eine Sedierung und Sicherung der Atemwege einzuleiten. Neben der Intubation sind die Gabe eines Cephalosporinantibiotikums der 3. Generation und die Zufuhr von Sauerstoff für das Kind essentiell.(1)(25)(26)

4.4.3 Fremdkörperaspiration

Die Aspiration eines Fremdkörpers gilt als eine potenziell lebensbedrohliche Situation, welche sehr häufig Kinder unter 3 Jahren betrifft. Ursache sind meist Lebensmittel wie beispielsweise Erdnüsse, Hülsenfrüchte und Apfelstücke. Aber auch andere kleinere Fremdkörper wie Batterien, Murmeln oder Münzen können dafür verantwortlich sein. Diese fremden Partikel werden beim Essen oder Spielen versehentlich in die Atemwege eingeatmet und können teilweise aufgrund ihrer Größe oder einem zu tiefen Sitz in den Bronchien nicht wieder abgehustet werden. In den meisten Fällen jedoch ist der Fremdpartikel ausreichend klein, sodass er über die Trachea direkt in die Bronchien gelangt und dort als Ventil funktioniert. Hierbei gelangt durch eine normale Einatmung mehr und mehr Luft in die Bronchien, welche aufgrund eines sogenannten Ventilmechanismus nicht mehr ausgeatmet werden kann. Dies führt auf der aspirierten Seite zu einer überblähten Lunge. Neben einem plötzlich einsetzenden Hustenanfall zeigt sich beim betroffenen Kind ein einseitig abgeschwächtes Atemgeräusch und je nach Position des Fremdkörpers ein inspiratorischer oder expiratorischer Stridor. So hängt das klinische Bild nicht nur von der Größe des Fremdkörpers, sondern auch von dessen Position und der Beweglichkeit ab. Die Diagnosestellung kann durch

ein Thorax-Röntgenbild erleichtert werden, sofern der Fremdkörper röntgenstrahlendurchlässig ist. Die Bildgebung zeigt ein tiefstehendes Zwerchfell sowie eine Verschiebung des Herzens zur nicht betroffenen Seite. Bei Perkussion der Lunge ist eine Seitendifferenz festzustellen. Auf der betroffenen Lungenseite erscheint der Klopfeschall dabei hypersonor.(1)(21)(25)(29)

Um weitere Komplikationen zu vermeiden, sollte die Entfernung des Fremdkörpers zügig eingeleitet werden. Ist das eigenständige Husten des Kindes nicht ausreichend, sollten 5 Rückenschläge zwischen den Schulterblättern in der Akutsituation helfen den Fremdkörper und damit die Verlegung der Atemwege zu beseitigen. Sollte diese Maßnahme nicht erfolgversprechend sein, kann bei Kindern ab einem Jahr der sogenannte Heimlich-Handgriff angewendet werden. Das Kind wird von hinten mit beiden Armen und verschränkten Händen des/der Helfers/-in umschlossen, wodurch Druck auf das Epigastrium ausgeübt wird. Dieses Manöver führt zu einer Erhöhung des intrathorakalen Drucks und sollte den Fremdkörper zur Ausstoßung anregen. Lässt sich der Fremdkörper präklinisch nicht lösen, erfolgt im Krankenhaus eine endoskopische Entfernung des Fremdpartikels. Bis der Fremdkörper operativ über eine Bronchoskopie entfernt werden kann, sollten die Vitalfunktionen des Kindes überwacht werden. Droht eine Erstickungsgefahr bei einem bewusstlosen Kind, sollten unverzüglich Reanimationsmaßnahmen sowie eine Beutel-Maskenbeatmung eingeleitet werden.(1)(21)(25)(29)

4.4.4 Obstruktive Bronchitis

Durch eine Virusinfektion der Bronchien kommt es meist zu einer Obstruktion und in weiterer Folge zu einer Entzündung der Atemwege. Besonders Kleinkinder sind von einer obstruktiven Bronchitis betroffen. Davon abzugrenzen ist die Bronchiolitis, welche fast ausschließlich bei Säuglingen auftritt und größtenteils durch RS-Viren verursacht wird. Von einer Bronchitis betroffene Kleinkinder weisen hauptsächlich ein expiratorisches Giemen und eine verlängerte Ausatmung auf. Zusätzlich liegen meist ein trockener Husten sowie im weiteren Verlauf eine Tachypnoe vor. Auskultatorisch sind grobblasige Rasselgeräusche zu erkennen, welche einem Brummen gleichen. Neben der klinischen Symptomatik und der Auskultation wird ein Thorax-Röntgenbild zur Diagnose herangezogen.(1)(21)(28)(29)

Im Rahmen der einzuleitenden Therapiemaßnahmen einer obstruktiven Bronchitis sollte zunächst darauf geachtet werden, die Eltern und das betroffene Kind selbst zu beruhigen. Eine ausreichende Flüssigkeitsgabe sowie Sauerstoffzufuhr bei Bedarf sollten ebenfalls bedacht werden. Es erfolgt eine Inhalationstherapie mit einem β 2-Sympathomimetikum zur Dilatation der Bronchien. Hierfür eignet sich Salbutamol als Inhalationslösung und sollte in einer Dosierung von einem Tropfen pro Lebensjahr (1 Tr./Lj.) als EZ verabreicht werden. Insgesamt sollten mindestens 3 und maximal 20 Tropfen gegeben werden. Bei Vorliegen eines schwerem Verlaufs wird zur Entzündungshemmung ein Steroid wie beispielsweise Hydrocortison (2-4 mg/kg KG) i.v. appliziert. Eine wiederholte Gabe des Steroids kann nach ca. 6-8 Stunden erfolgen.(1)(21)(28)(29)

4.4.5 Asthma bronchiale

Neben der obstruktiven Bronchitis und Bronchiolitis zählt Asthma bronchiale zu den obstruktiven Lungenerkrankungen und stellt die am häufigsten auftretende chronische Erkrankung bei Kindern dar.(1)(21) 80% der an der Krankheit leidenden Kinder erkranken vor ihrem 3. Geburtstag.(1) Ursächlich für die Lungenerkrankung ist eine Hyperreagibilität der Bronchien, welche eine Verlegung der Atemwege mit sich bringt und durch das Auftreten eines bronchialen Spasmus und einer Schwellung der Schleimhaut erklärbar ist.(1)(21) Zu den Auslösefaktoren von Asthma bronchiale werden überwiegend Infekte, Allergien, körperliche und psychische Beanspruchung sowie unspezifische Ursachenaspekte wie Staub und Rauch gezählt. Die klinischen Symptome beim kindlichen Asthma bronchiale können verschiedenartig auftreten. Anzeichen wie Atemnot, trockener Husten und Giemen sind dabei hinweisend. Das Fehlen jeglicher Atemgeräusche („silent lung“) sowie das Auftreten einer Zyanose lassen auf einen drohenden Atemstillstand schließen.(25)(21) Für die Diagnostik ist eine genaue Anamnese von den Eltern wichtig, um möglichst präzise alle bisher verwendeten Medikamente zu erfragen. Ebenso sollten eine Überwachung der Vitalparameter sowie eine Blutgasanalyse durchgeführt werden.(1)(21)(25)

Zur medizinischen Versorgung eines leichten Asthmaanfalls zählen primär eine Oberkörperhochlagerung sowie eine Sauerstoffgabe, um eine ausreichende Sauerstoffsättigung zu erzielen. Maßgeblich für die Therapie eines Asthmaanfalls ist allerdings die Gabe von β -Sympathomimetika und Kortikosteroiden zur

Bronchialerweiterung. Daher sollte zum einen die Inhalation einer Salbutamol-Lösung erfolgen. Die Dosierung beträgt wie auch bei der obstruktiven Bronchitis 1Tr./Lj. und sollte mit 2 ml NaCl 0,9% verdünnt werden (auch hier gilt wieder: mindestens 3, maximal 20 Tropfen). Zum anderen wird ein Steroid intravenös gespritzt. Hierbei eignet sich beispielsweise Hydrocortison in einer Dosierung von 2-4 mg/kg KG. Der Wirkungseintritt des Glukokortikoids kann 1-4 Stunden betragen. Eine wiederholte Steroidgabe kann nach 6-8 Stunden erfolgen.(1)(25)(26)(21) Bei einem schwerwiegenden Asthmaanfall ist eine endotracheale Intubation bis auf einzelne Ausnahmesituationen (z.B. Herz-Kreislaufstillstand) zu vermeiden. Der Grund liegt darin, dass eine Intubation mit einem erhöhten Risiko für ein Herz-Kreislauf Versagen und einem Spasmus der glatten Bronchialmuskulatur verbunden wäre.(1)(21)(25)(26)

4.5 Neurologische Notfälle

Krampfanfälle kommen bei Kindern sehr gehäuft vor. Der häufigste Auslöser dafür ist der Fieberkrampf. Dennoch sollten auch andere Ursachen ausgeschlossen werden. Dazu zählen Störungen des Elektrolythaushalts sowie des Metabolismus, aber auch Vergiftungen oder schwere Traumata können für das Auftreten eines Krampfanfalls verantwortlich sein.(26)

4.5.1 Fieberkrampf

Es erfolgt eine Unterscheidung zwischen einem einfachen und einem komplizierten Fieberkrampf (FK). Ersterer kommt weitaus häufiger vor und wird als ein tonisch-klonischer Gelegenheitskrampf bei Vorhandensein von Fieber bezeichnet. Die Dauer des Anfalls beträgt meist 3-5 Minuten. Dieser ist vor allem bei Kindern zwischen einem halben Jahr und dem 6. Lebensjahr durch einen schnellen Fieberanstieg zu beobachten. Der komplizierte FK hingegen zeigt daneben eine gravierendere Symptomatik. So liegt die Dauer des Krampfanfalls bei mehr als 15 Minuten und auch mehrere Anfälle innerhalb von 24 Stunden sind dafür typisch. Charakteristisch für die komplizierte Variante des FKs ist das Auftreten außerhalb des oben genannten Altersbereichs. Daneben liegen meist eine bereits vorliegende Hirnschädigung sowie ein fokales Krampfgeschehen vor.(1)(21)

Diagnostisch relevant ist bei einem FK die Ursache für das vorhandene Fieber zu erforschen. Liegt die komplizierte Form des durch Fieber ausgelösten Krampfes vor, sollte ein Elektroenzephalogramm (EEG) sowie eine Lumbalpunktion zum Ausschluss einer Enzephalitis oder Meningitis erfolgen.(21)

Auch wenn die meisten FK von selbst sistieren, sollte bei einer Anfallsdauer von mehr als 5 Minuten therapeutisch eingegriffen werden, um das Risiko eines schlechteren Outcome des/der Patienten/-in zu reduzieren.(1)(26) Zur Krampfunterbrechung sollte daher primär Diazepam rektal verabreicht werden. Prinzipiell erhalten Kinder mit einem KG von unter 15 kg eine Dosis von 5 mg, wird diese Körpergewichtsgrenze überschritten, werden 10 mg gegeben. Um gleichzeitig das Fieber als Auslöser für den FK zu senken, erfolgt die Gabe von Paracetamol in einer Dosierung von 10-20 mg/kg KG.(21)

4.6 Anaphylaxie & Anaphylaktischer Schock

Eine Anaphylaxie wird als eine schwere allergische Reaktion definiert, welche bei starker Ausprägung bis zum anaphylaktischen Schock führt und lebensbedrohlich ist.(1)(21) In den meisten Fällen handelt es sich dabei um eine Immunglobulin E Antikörper (IgE) vermittelte Reaktion des Körpers, welche durch eine Mastzelldegranulation zur Freisetzung von Histamin führt.(12)(21) Diese Hormonfreisetzung führt zur Relaxation der Blutgefäße und gleichzeitig zu einer Gefäßkonstriktion der Bronchialmuskulatur und des Darms.(21)

In erster Linie ist die Anaphylaxie eine klinische Diagnose und kann sich durch das gleichzeitige Vorliegen von Symptomen mehrerer Organsysteme äußern.(30) Prinzipiell lassen sich je nach Ausprägung der allergischen Reaktion 4 Schweregrade unterscheiden. Stadium 1 beginnt mit dem Vorhandensein von Hautrötung, Juckreiz und Urtikaria. Im Stadium 2 ist nicht nur die Haut betroffen, es kann zusätzlich zu Übelkeit und einer beginnenden Schocksymptomatik mit Blutdruckabfall und Tachykardie kommen. Liegen zu genannter Symptomatik Atemnot, Zyanose sowie ausgeprägte Schocksymptome vor, spricht man von Stadium 3. Kommt zusätzlich ein Atem- und Kreislaufstillstand hinzu, liegt Stadium 4 vor.(1)

Zu den Auslösefaktoren einer Anaphylaxie im Kindesalter zählen hauptsächlich Nahrungsmittel, Medikamente (u.a. Antibiotika, nichtsteroidale Antirheumatika

(NSAR)) und Insektenstiche. Am häufigsten sind davon jedoch Lebensmittel wie Hühnereier, Nüsse und Kuhmilch für das Auslösen einer allergischen Reaktion bei Kindern verantwortlich.(30)(31)

Eine anaphylaktische Reaktion erfordert eine sofortige Behandlung. Als First-Line-Therapie dient hierzu die Verabreichung von Epinephrin (Adrenalin) intramuskulär (i.m.) in einer Dosierung von 0,01 mg/kg KG. Die Medikamentengabe kann nach 5 Minuten wiederholt werden. Da es für Adrenalin keine absoluten Kontraindikationen gibt, eignet sich das Medikament auch für Patienten/-innen, die zwar allergische Symptome aufweisen, jedoch noch keine schwere Form der Anaphylaxie entwickelt haben.(30) Epinephrin führt durch Aktivierung von alpha- und beta-Rezeptoren zu einer Vasokonstriktion der peripheren Gefäße und dadurch zu einem ansteigenden Blutdruck. Zusätzlich kommt es zur Steigerung der Herzfrequenz.(30) Die Obstruktion der oberen Atemwege wird durch das Medikament aufgehoben.(31)

Im Rahmen der Zweitlinientherapie sollte wenn möglich das auslösende Antigen vermieden werden.(30) Auf eine ausreichende Sauerstoffzufuhr über eine Gesichtsmaske sowie die Infusion von NaCl für den Volumenstatus sollte geachtet werden.(17)(30) Inhalative kurzwirksame Bronchodilatoren wie beispielsweise Salbutamol können die Bronchienerweiterung unterstützen. Auch Antihistaminika zur Reduktion der Hautsymptome sowie Glukokortikoide sind bei einer Anaphylaxie als medikamentöse Therapie indiziert. Dennoch sollte stets beachtet werden, dass genannte Zweitlinien-Medikamente ausschließlich als Zugabe zu Adrenalin als First-Line-Therapie geeignet sind und letzteres nicht ersetzen.(30)

4.7 Unfälle

Die Hälfte der Todesfälle bei Kindern ist auf Unfälle zurückzuführen. Durch eine erhöhte Kenntnis und Umsetzung von vorbeugenden Maßnahmen könnte dies signifikant reduziert werden.(1)

4.7.1 Verbrühungen & Verbrennungen

Verbrühungen sind Verletzungen der Haut, welche durch heiße Flüssigkeiten hervorgerufen werden und bei Kleinkindern deutlich häufiger vorkommen als Verbrennungen (20%).(19) Im Rahmen dessen sollte bei Vorliegen einer

Verbrühung oder Verbrennung auch immer an eine Kindesmisshandlung gedacht werden.(19)

Beim Vorliegen von höhergradigen Verbrennungen kann es durch eine Erhöhung der Kapillarpermeabilität und Verschiebungen im Flüssigkeitshaushalt zu einem Verbrennungsschock kommen, der schwerwiegende sekundäre Folgen mit sich bringt. Folglich können ein akutes Nierenversagen, Hirnödem oder eine Schockleber auftreten. Aufgrund der offenen Wunden besteht zudem eine erhöhte Infektionsgefahr.(21) Um genannte Komplikationen vermeiden zu können, sind die Einteilung der Verbrennung in unterschiedliche Schweregrade sowie die Abschätzung der betroffenen Körperoberfläche (KOF) von großer Bedeutung.(1) Für letztere gilt als Richtmaß, dass die Handfläche inklusive der Finger des betroffenen Kindes 1% der gesamten KOF entspricht. Die von der Verbrennung betroffene KOF kann auch durch die sogenannte Neunerregel nach Wallace berechnet werden, welche auch bei thermischen Unfällen bei Erwachsenen zum Einsatz kommt. Dabei ist zu beachten, dass bei Erwachsenen der Kopf in etwa 9%, der Rumpf vorne und hinten jeweils 18%, jeder Arm 9% und die Beine jeweils 18% der KOF betragen. Möchte man diese Regel auf Kinder anpassen, ist eine Umrechnung nötig. Bei Kindern unter 10 Jahren rechnet man pro Lebensjahr für den Kopf 1% dazu und zieht gleichzeitig bei den Beinen 1% ab.(17)(21)

Bei der Einteilung nach der Schwere der Verbrennung werden 3 Grade unterschieden. Ist lediglich die Epidermis beschädigt spricht man von Schweregrad 1. Hierbei zeigen sich eine Rötung, Schmerzen sowie eine ödematöse Schwellung des betroffenen Areals. Es kommt zu einer narbenlosen Abheilung. Bei Grad 2 liegt eine Blasenbildung mit deutlichen Schmerzen vor, welche meist unter Narbenbildung heilt. Sind neben der Epidermis auch die anderen Hautschichten Dermis und Subkutis beteiligt, führt dies zur Ausbildung von weißgrauen Nekrosen. Man spricht hierbei von einer Verbrennung 3. Grades, welche mit aufgehobenem Schmerzempfinden einhergeht.(1)(17)(21)

Das Ziel der Erstmaßnahmen ist zunächst das Ausmaß der Verbrennung möglichst gering zu halten und die Schmerzen mittels Analgetika (z.B. Ketamin 2-4 mg/kg KG i.v.) zu lindern. Dazu ist eine maximal 10-minütige Kühlung der verbrannten Hautareale mit lauwarmem Wasser bei gleichzeitiger Warmhaltung der Körpertemperatur des/der Patienten/-in wichtig, um eine Hypothermie zu vermeiden. Zudem sind neben der Sicherung der Vitalparameter eine sterile

Wundabdeckung sowie die Kreislaufstabilisierung mittels Volumentherapie als weitere Therapiemaßnahmen von großer Bedeutung. Kommt es zu Verbrennungen der Atemwege, des Gesichts oder Halses sollte unverzüglich eine Intubation mit anschließender Beatmung erfolgen. Die Einweisung und der Transport in eine Verbrennungsklinik zur weiteren Versorgung erfolgt bei Vorliegen folgender Kriterien: Liegt eine Verbrühung oder Verbrennung 1. Grades vor, welche mehr als 15% der KOF entspricht oder betrifft die verbrannte Haut mehr als 5% der KOF bei einer Verbrennung Grad 2, so ist eine stationäre Behandlung in einer speziell dafür ausgelegten Klinik notwendig. Sind das Gesicht, die Hände, Füße oder der Genitalbereich von Kindern im Alter von 0-5 Jahren betroffen, erfolgt ebenfalls ein Transport in ein Verbrennungszentrum.(1)(17)(21)(19)(32)

4.7.2 Ertrinkungsunfall

Der Begriff Ertrinken wird verwendet, wenn der Tod der verunfallten Person binnen 24 Stunden nach dem Unfallereignis eintritt. Dabei erfolgt eine Untergliederung in ein primäres und sekundäres Ertrinken, auf das im weiteren Verlauf eingegangen wird. Hiervon abzugrenzen ist das Fast-Ertrinken, welches noch intakte Vitalparameter bei der ertrinkenden Person aufzeigt. Ertrinkungsunfälle zählen nach Verkehrsunfällen zur zweithäufigsten Ursache von Todesfällen im Kindesalter. Dabei spielt das jeweilige Alter des Kindes kaum eine Rolle. Im Speziellen sind jedoch zwei Altersklassen für das Auftreten von Ertrinkungsunfällen prädestiniert. Zum einen sind kleine Kinder zwischen 0 und 4 Jahren stark für Ertrinkungsunfälle mit anschließender Todesfolge gefährdet. Der zweite Altersgipfel liegt bei Jugendlichen. Im KK-Alter reichen bereits flache Gewässer zum Ertrinken aus. Bei Jugendlichen hingegen steckt oft ein anderer Mechanismus dahinter. Meist kommt es infolge von Sprüngen in unterschiedlich tiefe Gewässer zu Verletzungen, welche je nach Schwere zur Bewusstlosigkeit und in weiterer Folge zum Ertrinken führen können. Auch extrem niedrige Wassertemperaturen stellen ein erhöhtes Risiko für einen Ertrinkungsunfall dar.(1)(12)(17)(19)(20)(33)

Pathogenetisch kommt es beim Ertrinken zum Auslösen eines Tauchreflexes, welcher sich durch einen krampfhaften Verschluss der Glottis darstellt und in weiterer Folge einen Atemstillstand sowie eine Kreislaufzentralisation nach sich

zieht. Der dabei hervorgerufene Krampf bleibt einige Zeit bestehen, bis sich dieser schließlich löst und die Atemwege sich mit Wasser befüllen. Dieser Vorgang wird als primäres Ertrinken bezeichnet und führt binnen 24 Stunden durch das Auftreten einer Hypoxie zur Todesfolge. Vom sekundären Ertrinken wird gesprochen, wenn der Kindstod nach 24-30 Stunden infolge weiterer Komplikationen eintritt. Ursächlich ist dabei meist das Auftreten eines Hirn- oder Lungenödems, das ein weiteres Überleben des Kindes trotz primär erfolgreichen Wiederbelebensmaßnahmen nicht gewährleisten kann.(1)(12)(19)

Therapeutisch betrachtet haben die Sicherung der Vitalfunktionen und die sofortige Durchführung der CPR höchste Priorität. Eine Intubation, Beatmung und Absaugung des Kindes sowie ein rascher Kliniktransport unter laufender Reanimation sollten weiterhin durchgeführt werden. Da Wiederbelebensmaßnahmen bei einer Hypothermie (leichte Unterkühlung: 32-35 Grad Celsius) nicht erfolgreich sind, sollten diese weitergeführt werden bis die Körperkerntemperatur 35 Grad Celsius überschritten hat. Beim Eintreffen in der Klinik erfolgt neben weiteren Behandlungsmaßnahmen eine stationäre Überwachung, um das Risiko eines sekundären Ertrinkens zu reduzieren. Je kürzer der Wasseraufenthalt und je geringer das Zeitfenster zwischen Bergung und Beginn der CPR ist, umso besser ist das Outcome des Kindes. Durch Präventionsmaßnahmen wie eine ausreichende Beaufsichtigung durch Erwachsene oder Schwimmkurse können 85% der Ertrinkungsunfälle vermieden werden.(1)(21)(33)

4.7.3 Elektrounfall

Am häufigsten kommt es bei Kindern zu Elektrounfällen im häuslichen Bereich durch Kontakt mit dem dort vorherrschenden Wechselstrom. Dieser kann in weiterer Folge zum Auslösen von Kammerflimmern führen. Mit 220 Volt (V) zählt der dort vorherrschende Wechselstrom zum sogenannten Niederspannungsstrom (weniger als 1000 V) und wird von der elektrischen Hochspannung, welche die 1000 V-Grenze deutlich überschreitet, unterschieden. Klinisch betrachtet kommt es zur Ausbildung von Strommarken an den jeweiligen Eintritts- und Austrittsstellen der Haut. In Fällen von Elektrounfällen mit ausreichend großer Stromstärke, ist davon auszugehen, dass tiefer liegendes Gewebe stark von der Stromzufuhr betroffen ist und dadurch Nekrosen auftreten können. Im Folgenden

kann dies zu einer vermehrten renalen Ausscheidung von Myoglobin und zum akuten Nierenversagen führen. Herzrhythmusstörungen wie beispielsweise Kammerflimmern und das Vorliegen einer zentralen Symptomatik (Bewusstlosigkeit und Krampfanfälle) sind ebenfalls charakteristisch für einen Stromunfall. (19)(21)(34)

Eine unverzügliche Unterbrechung der Stromzuführung sollte eingeleitet werden. Es ist bei der Rettung des verunfallten Kindes stets auf den Eigenschutz zu achten. In weiterer Folge sollte eine Stabilisierung und Überwachung der Vitalparameter bedacht werden. Ist bereits ein HKS beim Verletzten eingetreten, ist unverzüglich mit einer Herzdruckmassage und Beatmungen im Rahmen einer CPR zu beginnen. In der Klinik sollte weiters eine Lokalthherapie der verbrannten Hautareale sowie eine spezielle Therapie der Myoglobinurie angesetzt werden. Je nach Ausprägung der Nekrosebildung, ist in manchen Fällen eine Fasziotomie notwendig. Eine frühzeitige und großzügige Entfernung des nekrotisierten Gewebes ist wichtig, um das Amputationsrisiko zu senken und die Funktion der betroffenen Körperregion zu bewahren.(19)(21)(34)

4.7.4 Schädel-Hirn-Trauma

Ein Schädel-Hirn-Trauma (SHT) zeichnet sich durch Funktionsausfälle des Gehirns aus, welche durch Anwendung von äußerer Gewalt ausgelöst werden.(21) Das SHT zählt unter allen traumatischen Verletzungen zur häufigsten Todesursache im Kindesalter. Die Einteilung des Bewusstseinszustands des verletzten Kindes in 3 Schweregrade erfolgt anhand des in Kapitel 3.1 beschriebenen pädiatrischen GCSs. Dabei wird bei Vorliegen von 14 oder 15 Punkten von einem leichten SHT gesprochen. 8-13 Punkte werden demnach als ein Trauma mittleren Grades eingestuft und bei Erreichen von weniger als 8 Punkten ist von einem schweren SHT auszugehen.(1)(21)

Die klinische Präsentation bei Kindern mit Kopfverletzungen variiert abhängig von der Schwere des Traumas. Vegetative Begleiterscheinungen wie Kopfschmerzen, Schwindel und Übelkeit tauchen bereits bei einer leichten Form des SHTs auf. Erinnerungslücken in Form einer anterograden oder retrograden Amnesie machen sich meist erst bei schwereren Traumata bemerkbar. Störungen des Atmungs- und Herzkreislaufsystems bis hin zum Schockgeschehen sind ebenfalls charakteristisch für ein SHT höheren Grades. Das Vorliegen einer

Bewusstseinsbeschränkung als Leitsymptom des SHTs kann bereits bei einer milden Ausprägung des Schädeltraumas gegeben sein.(1)(21)(35)

Um das Risiko eines schlechten Patienten/-innen Outcomes zu senken, sollte der Fokus bei der Behandlung primär auf der Atemwegssicherung mit ausreichender Sauerstoffgabe sowie einer angepassten Blutdruckeinstellung liegen. Neben der erstrangigen Kontrolle der Vitalparameter sollte bei Verdacht auf eine zusätzliche Verletzung der Wirbelsäule eine Immobilisierung der Halswirbelsäule erfolgen. Ebenfalls sollte eine zu erhöhtem Stoffwechselbedarf führende Hyperthermie vermieden und auf eine normale Körpertemperatur geachtet werden. Eine Bildgebung mittels kranialer Computertomographie (CCT) wird zur Diagnostik bei leichten SHTs mit Bewusstseinsstörungen sowie bei Traumata mittleren und schweren Grades durchgeführt. Ebenso erfolgt ein 24-Stunden Monitoring zur Beobachtung der wichtigsten Vitalparameter. Die Indikation einer solchen Überwachung ist bei vorliegenden neurologischen Begleitsymptomen, einer Amnesie, initialer Bewusstlosigkeit sowie generell bei Kindern unter 2 Jahren gegeben. Bei schweren SHT-Formen ist eine kontinuierliche Überwachung des intrakraniellen Drucks (ICP) sowie des zerebralen Perfusionsdrucks (CPP) notwendig, um pathologische Grenzwerte rechtzeitig zu erkennen. Im Normbereich liegende Referenzwerte sollten angestrebt werden, um schwerwiegende irreparable Hirnschäden zu vermeiden. Der ICP sollte demnach generell unter 20 mmHg sein, wohingegen der CPP bei Säuglingen über 40 und bei älteren Kindern zwischen 50 und 65 mmHg liegen sollte.(17)(21)(35)

Zur medikamentösen Behandlung können bei schwerwiegenden Formen des SHTs Analgetika, Sedativa und Muskelrelaxantien zum Einsatz gebracht werden. Zur Schmerzlinderung und Sedierung findet hauptsächlich die Kombination aus Opioiden und Benzodiazepinen in der Behandlung von schweren Schädel-Hirn-Traumata im Kindesalter Verwendung. Muskelrelaxantien führen zu einer Verbesserung in der Beatmung des Kindes und gleichzeitig zu einem verminderten Stoffwechselbedarf. Daneben zeigt die intravenöse Gabe von Mannitol eine osmotherapeutische Wirkung und führt zur Senkung des intrakraniellen Drucks. Eine Hyperventilation des/der Patienten/-in führt infolge einer zerebralen Gefäßverengung zu einem verminderten zerebralen Blutfluss und wird ebenfalls zum Absinken des ICP angestrebt.(17)(21)(35)

4.8 Vergiftungen und Ingestionen

Eine Ingestion beschreibt lediglich die Aufnahme eines potentiell gefährlichen Materials über den Mund mit Weiterleitung in den Gastrointestinaltrakt ohne das Aufweisen von klinischen Symptomen. Bei einer Vergiftung hingegen kann es durch die Einnahme einer giftigen Substanz zum Auftreten von lebensbedrohlichen Symptomen kommen. Ingestionen und Vergiftungen gehören besonders in den ersten 3 Lebensjahren zu den häufigsten Notfällen im Kindesalter und sind dabei in 90% Unfällen geschuldet. Die Notfallsituation tritt dabei gehäuft beim männlichen Geschlecht und meist im eigenen Zuhause auf. Während Intoxikationen im Kleinkindalter verstärkt zufällig auftreten, lassen Vergiftungen bei Jugendlichen eher suizidale Hintergründe vermuten. Bei kleineren Kindern ist ein solcher Vergiftungsunfall meist der unzureichenden elterlichen Aufsicht oder Neugier des Kindes anzulasten. Neben einer unbeabsichtigten Medikamentenüberdosierung kann es auch vorkommen, dass Eltern ihren Kindern gezielt Medikamente verabreichen, um ihnen einen gesundheitlichen Schaden hinzuzufügen.(19)(21)(29)(36)

Im Kindesalter sind mit 40-45% überwiegend Arzneimittel, gefolgt von Haushaltsmitteln (25-30%), Pflanzenschutz- und Düngemitteln (15-18%) sowie Pflanzen, Pilze, Alkohol und Nikotin (6-8%) für das Auslösen einer Vergiftung verantwortlich.(1)(19)

Eine genaue Auflistung der gängigsten Vergiftungssubstanzen bei Kindern unter 5 Jahren ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.(37)

Vergiftungssubstanz	Häufigkeit in %
Kosmetikprodukte/Pflegeprodukte	12,12
Haushaltsreinigungsmittel	10,68
Analgetika	9,04
Fremdkörper/Spielzeuge	6,87
Topische Präparate	4,69
Antihistaminika	4,62
Vitamine	4,30
Nahrungsergänzungsmittel	4,13
Pestizide	3,62

Gastrointestinale Präparate	2,61
Pflanzen	2,51
Antimikrobielle Substanzen	2,22
Büromaterial	2,17
Herz-Kreislauf-Medikamente	2,12
Erkältungs- und Hustenpräparate	2,00
Elektrolyte und Mineralien	1,84
Deodorierendes Mittel	1,82
Ätherische Öle	1,78
Hormone und Hormonantagonisten	1,73
Sonstige Substanzen	1,27
Antidepressiva	1,19
Chemikalien	1,16
Tabak/Nikotin/E-Zigaretten	1,07
Stimulantien und Drogen	0,97
Alkohol	0,91

Tabelle 5: Die häufigsten Vergiftungssubstanzen im Kindesalter (≤ 5 Jahre).
Modifiziert nach(37)

In der Regel macht sich eine Vergiftung binnen 4 Stunden nach der Giftaufnahme durch das Auftreten verschiedener klinischer Symptome bemerkbar. Je nach Art der eingenommenen Substanz können unterschiedliche Organsysteme betroffen sein, worauf der Körper mit entsprechenden Symptomen reagiert. Allgemein treten bei leichten Vergiftungsformen häufig Bewusstseinsstörungen, Kreislaufprobleme, Ataxie sowie Erbrechen auf. Im Gegensatz dazu können schwere Intoxikationen von Krampfanfällen und komatösen Zuständen geprägt sein. Neben dem Herz-Kreislauf-System und ZNS können ebenso die Augen, Haut sowie der Gastrointestinal- und Respirationstrakt substanzbezogene Vergiftungssymptome aufweisen. Eine ausführliche Auflistung verschiedener Intoxikationsursachen und deren klinische Allgemeinsymptome des entsprechend betroffenen Organsystems können der folgenden Tabelle entnommen werden.(1)(19)(21)

Organsystem	Symptome	Ursachen
ZNS	<ul style="list-style-type: none"> • Bewusstlosigkeit • Ataxie • Verhaltensstörungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Sedativa, Narkotika • Alkohol, Theophyllin • LSD, Ecstasy
Atmung	<ul style="list-style-type: none"> • Atemfrequenz erhöht • Atemfrequenz vermindert 	<ul style="list-style-type: none"> • Amphetamin, Aspirin • Opiate, Alkohol
Herz-Kreislauf	<ul style="list-style-type: none"> • Tachykardie • Bradykardie 	<ul style="list-style-type: none"> • Atropin, β2-Sympathomimetika • Digitalis, Narkotika
Gastrointestinaltrakt	<ul style="list-style-type: none"> • Bauchkrämpfe • Durchfall • Obstipation • Trockener Mund 	<ul style="list-style-type: none"> • Arsen, Blei • Arsen, Eisen • Blei, Narkotika • Amphetamine, Anticholinergika
Haut	<ul style="list-style-type: none"> • Erythem • Warme, trockene Haut • Haarausfall 	<ul style="list-style-type: none"> • Anticholinergika, Zyanide • Anticholinergika, Botulinumtoxin • Thallium, Arsen
Augen	<ul style="list-style-type: none"> • Miosis • Mydriasis • Nystagmus 	<ul style="list-style-type: none"> • Narkotika, Pilzvergiftungen • Atropin, Alkohol, Kokain • Barbiturate, Phenytoin, CO
Geruch	<ul style="list-style-type: none"> • Alkohol • Aceton • Bittermandel • Knoblauchähnlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Äthanol • Methanol, Salizylate • Zyanide • Thallium, Arsen

Tabelle 6: Klinische Allgemeinsymptome, die auf eine Vergiftung hinweisen. Modifiziert nach (19)

Im Falle einer kindlichen Vergiftung ist für das diagnostische Vorgehen eine möglichst präzise Kurzanamnese, wie in vielen Fällen durch die Eltern, erforderlich. Dabei sollten neben Informationen über die Art, Menge und den Zeitpunkt der zu sich geführten Substanz auch Alters- und Gewichtsangaben des

Kindes gewonnen werden. Zusätzlich ist nach klinischen Symptomen und bisher eingeleiteten Therapiemaßnahmen zu fragen. Die Unterscheidung zwischen einer Ingestion und einer Vergiftung ist für das weitere therapeutische Verfahren relevant, um eine Übertherapie zu vermeiden. Handelt es sich lediglich um eine Ingestion erfolgt bis auf eine klinische Untersuchung keine weitere Diagnostik beim betroffenen Kind. Liegt eine Vergiftung vor, wird zusätzlich eine Blutentnahme (Blutbild, Blutzucker, Leberwerte, Elektrolyte, Laktat und Gerinnung) vorgenommen. Für eine mögliche toxikologische Untersuchung müssen Körperflüssigkeiten (u.a. Erbrochenes, Stuhl, Urin) sichergestellt werden. Sogenannte Vergiftungszentralen sind wichtige telefonische Anlaufstellen, um spezifische Informationen über ein weiteres Vorgehen bei diversen Vergiftungen zeitnah zu erhalten.(1)(19)(21)(29)

Bei einer akuten Vergiftung sollte primär die Einleitung von Erste-Hilfe-Maßnahmen sichergestellt werden. Hierbei stehen die Überprüfung und Sicherung der Vitalfunktionen im Vordergrund. Neben einer kontrollierten Atmung, sollte auch das Herz-Kreislauf-System intakt sein. Eine mögliche Aspiration sollte ausgeschlossen werden. Im Anschluss an genannte Erstmaßnahmen erfolgen im weiteren innerklinischen Verlauf eine primäre und sekundäre Giftelimination. Bei manchen Vergiftungen ist zusätzlich eine spezielle Antidot Therapie zu beginnen. Unter einem primären Eliminationsverfahren wird eine Giftentfernung verstanden, welche vor Resorptionsbeginn der eingenommenen Substanz erfolgt. Aktivkohle, Carbo medicinalis, kann aufgrund ihrer großen Absorptionsfläche bei vielen Vergiftungsformen eingesetzt werden. Um eine vollständige Wirkung der Carbo medicinalis zu erzielen, sollte ein Zeitfenster von bis zu 2 Stunden nach oraler Giftaufnahme sowie deren Dosierung von 0,5-1 g/kg KG eingehalten werden. Allerdings sollte beachtet werden, dass es auch Stoffe gibt, die sich nicht an die Aktivkohle binden können. Dazu zählen u.a. Alkohole, anorganische Salze, organische Lösungsmittel sowie Laugen, Säuren und Zyanide. Da die Verabreichung von Aktivkohle ein erhöhtes Ileusrisiko birgt, sollte eine stetige Kontrolle der Darmgeräusche gewährleistet werden. Erbrechen auslösender Ipecacuanha-Sirup (10 ml/kg KG) sowie die Durchführung einer Magenspülung als weitere Eliminationsverfahren werden heute nur noch selten und nur in schwerwiegenden Vergiftungsfällen eingesetzt. Im Unterschied zu den primären Verfahren werden bei der sekundären Giftentfernung die Giftstoffe erst nach

erfolgter Resorption ausgeschieden. Zu den dabei zur Verfügung stehenden Methoden zählt beispielsweise die Unterbrechung des enterohepatischen Kreislaufs durch die wiederholte Verabreichung von Aktivkohle. Da die meisten Giftstoffe jedoch über die Nieren ausgeschieden werden, können dafür eine forcierte Diurese oder eine Hämodialyse bzw. Hämo-perfusion als extrakorporales Eliminationsverfahren zum Tragen kommen. Im Zuge der forcierten Diurese sollte auf eine mögliche Elektrolytentgleisung geachtet werden. Blutaustauschtransfusionen kommen bei Kindern meist erst bei Versagen aller anderen Eliminierungsmethoden zum Einsatz.(1)(21)(19)(38)(39)(40)

In einzelnen Vergiftungssituationen kann der Einsatz von spezifischen Gegenmitteln (Antidota) nützlich sein, um eine Antagonisierung des aufgenommenen Giftstoffes zu erreichen. Dabei kann das verabreichte Antidot entweder eine chemische Bindung mit dem eingenommenen Gift eingehen und folglich zu dessen Inaktivierung führen oder die Toxinwirkung durch einen hemmenden Mechanismus stark reduzieren bis gänzlich auflösen. (21)(19)(38)(40)

Die nachstehende Tabelle führt eine Auswahl an Antidota und deren Dosierung auf, welche bei häufigen Vergiftungen im Kindesalter Anwendung finden.

Medikament	Wirkung oder Indikation	Dosis
Medizinal-Kohle, Paraffinum liquidum	Giftbindung (Phenobarbital, Digoxin, Theophyllin)	0,5-1 g/kg KG (alle 2-4h)
Atropinsulfat	Phosphorsäureester, Insektizide	0,01 mg/kg KG i.v. bzw. 0,5-1 mg i.v. evtl. wiederholt geben 1 (-2) mg i.m. alle 5-10 min wiederholen
Biperiden	bei Psychopharmaka-Intoxikation	0,04 mg/kg KG i.m. oder langsam i.v.
Diazepam	bei Krämpfen	2-10 mg i.m. oder i.v. oder rektal
Dimethylpolysiloxan	bei waschaktiven Substanzen und Schaumbildnern	0,6-2 ml oral
Naloxonhydrochlorid	Bei Vergiftungen mit Morphinen	0,01 mg/kg KG i.v., i.m. oder s.c.
Dimethylaminophenol	Zyanidvergiftungen	3-4 mg/kg KG langsam

		i.v.
Desferroxamin	Eisenvergiftung	1 g/1000 ml 5% Glukose 15 mg/kg KG/h (max. 6 g/24 h)
N-Azetylcystein	Paracetamolvergiftung	Initial 140 mg/kg KG in 5% Glukose i.v. über 15 min, dann 70 mg/kg KG, 4 h Abstand
Physostigminlizylat	Atropin und andere cholinerg wirkende Substanzen	0,03 mg/kg KG (Säuglinge) 0,01 mg/kg KG i.v. (Schulkinder)
Thionin	Vergiftungen, die zu Methämoglobin führen: Nitrat, Nitrit	SG 3 mg i.v. KK 7 mg i.v. SK 10 mg i.v. Wiederholbar nach 0,5-1 h

Tabelle 7: Antidottherapie. Modifiziert nach (19)

4.9 SIDS

Das Sudden Infant Death Syndrome (SIDS), auch plötzlicher Kindstod oder Krippentod genannt, zeichnet sich durch einen plötzlichen Todeseintritt eines Säuglings aus und lässt sich trotz Durchführung einer anschließenden Obduktion auf keine genaue Ursachenfindung zurückführen. Die meisten SIDS ereignen sich im ersten halben Lebensjahr, überwiegend zwischen dem 2. und 4. Lebensmonat. Das Risiko an einem plötzlichen Kindstod zu versterben, fällt nach dem ersten Geburtstag signifikant. Die Pathogenese, welche hinter einem SIDS steckt, wird anhand des sogenannten Triple-Risiko-Modells erklärt. Dabei spielt das Zusammenspiel von folgenden drei Faktoren eine erhebliche Rolle für das Auftreten eines Krippentods. Neben dem gefährdeten vulnerablen Entwicklungszeitpunkt, in dem sich das Kind in den ersten Lebensmonaten befindet, kann das gleichzeitige Vorliegen von intrinsischen (endogen) und extrinsischen (exogen) Risikofaktoren zum plötzlichen Kindstod beitragen. Durch eine ungünstige Kombination genannter Faktoren kommt es zunächst zur kindlichen Asphyxie, welche durch noch nicht ausgeprägte

Gegenregulationsmechanismen des Kindes zu einer Bradykardie mit Schnappatmung und schließlich zum Tod führt. Zu den endogenen Risikofaktoren zählen u.a. genetische Aspekte, neurologische Erkrankungen des Kindes oder Frühgeburten. Zigarettenrauch, respiratorische Infekte des Kindes oder Schlafen in Bauchlage sind Beispiele für extrinsische Kriterien und erhöhen in Kombination mit den beiden anderen genannten Aspekten das SIDS-Risiko erheblich. Der plötzliche Kindstod kann zwar nicht ausnahmslos verhindert werden, jedoch kann das Risiko durch das Einhalten von Präventionsmaßnahmen deutlich reduziert werden. Geeignete Maßnahmen sind beispielsweise der Schlaf in Rückenlage bei NG und SG, Stillen des Kindes, keine erhöhte Raumtemperatur sowie das Schlafen im eigenen Kinderbett.(19)(41)(42)

Ist der unglückliche Fall eines SIDS eingetreten, müssen bei Bemerkungen sofortige Wiederbelebungsmaßnahmen eingeleitet werden. Ist die Reanimation erfolglos, erfolgen postmortal eine Ganzkörper-Untersuchung des Verstorbenen sowie eine Obduktion, um eventuell andere Auslöser für den Todeseintritt zu entdecken. Eine präzise Befragung der Eltern über den Unfallhergang ist für die Ursachenfindung von hoher Bedeutung. Auch an eine psychische Betreuung der Eltern sollte stets gedacht werden.(21)(42)

4.10 Dehydratation

Eine Dehydratation beschreibt den Zustand eines Flüssigkeitsmangels. Dieser kann dadurch bedingt sein, dass dem Körper entweder zu wenig Flüssigkeit zugeführt wird oder zu viel davon verloren geht. Die Ursachen für einen solchen Zustand können sehr unterschiedlich geprägt sein, jedoch lässt sich eine Dehydrierung bei Kindern besonders häufig auf eine Gastroenteritis zurückführen. Mit verweigerter Nahrungsaufnahme verbundene anderweitige Infekte, eine unzureichende Flüssigkeitsbilanzierung bei Neugeborenen oder das Vorliegen eines Diabetes mellitus können ebenfalls eine Dehydrierung bedingen.(20)(21)(43)(44)

Prinzipiell erfolgt eine Unterteilung in 3 Formen. Die isotone Dehydratation ist die am häufigsten vorkommende Art der Dehydrierung und äußert sich durch einen ausgeglichenen Salz- und Wasserverlust. Ursächlich kommen hierfür eine Gastroenteritis, Verbrennungen oder ein Ileus in Betracht. Eine weitere Form stellt

die hypertone Dehydratation dar, welche durch das Vorliegen einer Hyponatriämie symbolisiert wird. Letztere lässt sich durch einen vermehrten Wasserverlust begründen und kann beispielsweise durch Diabetes mellitus oder eine verweigerte Nahrungsaufnahme ausgelöst werden. Im Unterschied zur hypertonen Form liegt bei der hypotonen Dehydratation ein vermehrter Salzverlust vor, weshalb von einer Hyponatriämie gesprochen wird. Eine unausreichende Infusionstherapie oder persistierende Durchfälle können Auslöser für das Vorliegen dieser Art der Dehydrierung sein.(21)

Da eine unbehandelte Dehydratation zu Elektrolytstörungen und in schwerwiegenden Fällen zu Organschäden führen kann, ist eine Einschätzung des Dehydratationsgrads anhand der klinischen Symptomatik für das weitere therapeutische Vorgehen wichtig. Demnach wird bei einem Verlust des Körpergewichts von weniger als 3% von einer minimalen Dehydratation gesprochen. Klinisch zeigt sich hierbei ein/eine wacher Patient/-in mit normalem Trinkverhalten sowie feuchten Schleimhäuten. Augen und Haut des Kindes sind unauffällig und die Extremitäten physiologisch warm. Bei Säuglingen liegt die Fontanelle im Niveau. Zeigt sich das betroffene Kind eher unruhig und durstig, kann von einem leichten bis mittleren Schweregrad (3-8% Körpergewichtsverlust) ausgegangen werden. Die Schleimhäute sind trocken, Hautfalten verstreichen verzögert und die Augen zeigen sich haloniert. Die Diurese ist stärker eingeschränkt und weist meist eine Oligurie auf. Beträgt der Flüssigkeitsverlust mehr als 8% des KGs, deutet dies auf einen schweren Dehydratationsgrad hin. Charakteristisch sind neben einem apathischen Verhalten, welches ein eingeschränktes Trinkverhalten erklärt, stark ausgetrocknete Schleimhäute sowie stehende Hautfalten. Tiefliegende Augen sowie eine deutlich eingesunkene Fontanelle können ebenfalls beobachtet werden. Die Urinausscheidung ist meist komplett eingestellt, so dass von einer Anurie gesprochen wird. Neben der Bestimmung des Schweregrads zählen eine Erfragung des ursprünglichen Ausgangsgewichts des Kindes, eine ausführliche körperliche Untersuchung sowie eine genaue Urinuntersuchung und Bilanzierung zu den weiteren diagnostischen Schritten. Eine Laboruntersuchung sollte erfolgen, wenn der Verdacht auf eine schwere Dehydratationsform vorliegt. Dabei wird neben einem normalen Blutbild und einer Blutgasanalyse besonders auf Elektrolyte (Natrium, Kalium, Chlorid, Calcium), Blutzucker und Nierenwerte geachtet.(21)(43)

Das Therapieziel ist vorhandene Flüssigkeitsverluste mit möglichst wenig invasiven, jedoch höchst effektiven Maßnahmen zu kompensieren und weitere Verluste zu vermeiden. Im Falle einer schweren Dehydratation erfolgt eine intravenöse Flüssigkeitstherapie, bei leichten und mittelschweren Fällen hingegen ist eine orale Rehydratationstherapie das Mittel der Wahl. Die orale Rehydratationslösung sollte je nach Dehydratationszustand in einer Dosierung von 50-100 ml/kg KG über 2-4 Stunden verabreicht werden. Es ist dabei eine kontinuierliche und portionsweise erfolgende Verabreichung von 5 ml alle 1-2 Minuten zu beachten. Liegen im Rahmen einer Gastroenteritis Symptome wie Übelkeit und Erbrechen vor, kann die orale Gabe von Ondansetron in einer Dosierung von 2 mg (8-15 kg KG), 4 mg (15-30 kg KG) oder 8 mg (über 30 kg KG) eine antiemetische Wirkung erzielen. Nach Ablauf der 4 Stunden erfolgt eine Reevaluierung, ob und in welcher Applikationsart eine weitere Rehydratationstherapie indiziert ist. Bei einer schwer ausgeprägten Dehydratation sollte zunächst eine Kreislaufstabilisierung angestrebt werden. Im Anschluss daran erfolgt die Applikation einer Infusionslösung zum Elektrolytausgleich. Empfohlen wird eine Bolusgabe von 10-20 ml/kg KG über eine Stunde, welche bei Bedarf wiederholt werden kann. NaCl 0,9% als isotonische Infusionslösung wird dabei am häufigsten in der Akuttherapie einer Dehydratation bei Kindern eingesetzt, um das Kreislaufvolumen wiederherzustellen.(21)(43)

4.11 Schock

Bei einem Schock handelt es sich um einen lebensbedrohlichen Zustand, welcher durch eine unzureichende Sauerstoffversorgung, die für eine ausreichende Gewebeversorgung erforderlich ist, hervorgerufen wird. Die durch einen persistierenden Sauerstoffmangel entstehende zelluläre Hypoxie kann in weiterer Folge zur Unterbrechung wichtiger biochemischer Prozesse führen und im ungünstigsten Fall den Zelltod einleiten. Das klinische Erscheinungsbild des betroffenen Kindes zeigt neben einer gesteigerten Atem- und Herzfrequenz einen normalen bis erniedrigten Blutdruck. Zudem ist eine blasse bis blaugefärbte, kühle Haut zu beobachten. Neben einem eher unruhigen Verhalten macht das Kind meist auch einen sehr ängstlichen Eindruck auf sein direktes Umfeld. In der Regel liegt eine verminderte bis fehlende Harnausscheidung vor.(16)(21)(45)

Eine Klassifikation der verschiedenen Schockformen und entsprechende diagnostische und therapeutische Maßnahmen erfolgen im anschließenden Teil.

4.11.1 Hypovolämischer Schock

Die Hypovolämie, der Volumenmangel, gilt als die häufigste Ursache für das Auftreten eines Schocks im Kindesalter und zählt damit als führende Todesursache weltweit. Dabei kommt es aufgrund eines reduzierten intravaskulären Blutvolumens zu einer verringerten Vorlast und einem damit verbundenen verminderten HZV. Ursächlich kann eine Blutung, der Verlust von Extrazellulärflüssigkeit oder Plasma für den Volumenmangel verantwortlich sein. Ein Blutungsschock kann beispielsweise durch ein traumatisches Ereignis oder eine gastrointestinale Blutung bedingt sein und wird anhand des Blutungsausmaßes und den zugrundeliegenden klinischen Krankheitsanzeichen in weitere Untergruppen klassifiziert, auf welche an dieser Stelle allerdings nicht näher eingegangen wird. Während Verbrennungen, das Auftreten einer Sepsis sowie andere entzündliche Systemerkrankungen durch einen Plasmaschwund zu einem Volumenmangelschock führen können, kommt es bei Durchfällen und Erbrechen hingegen zu einem Verlust von extrazellulärer Flüssigkeit.(21)(45)

4.11.2 Distributiver Schock

Bei einem distributiven Schock kommt es durch eine abnorme Umverteilung des Intravasalvolumens zu einer Erweiterung der Blutgefäße, welche in weiterer Folge zu einer Hypovolämie führt. Dem Schock liegen meist eine Sepsis, Anaphylaxie oder eine neurologische Verletzung zu Grunde.(45)(46)

Ist eine Sepsis für die Entwicklung eines distributiven Schocks verantwortlich, wird diese durch altersabhängig unterschiedliche Erreger (NG meist B-Streptokokken und E.coli, KK und SK meist Pneumokokken und Haemophilus influenzae) hervorgerufen. Das Auslösen einer Entzündungsreaktion, welche mit der Freisetzung von Zytokinen und Stickstoffmonoxid einhergeht, führt anschließend zu einer peripheren Vasodilatation. Eine Sepsis kommt im Neugeborenen- und Säuglingsalter zehnmal häufiger vor als bei älteren Kindern und zählt damit weltweit zu den bedeutendsten Ursachen für das Auftreten von Morbidität und Mortalität im Kindesalter. Von einem septischen Schock wird gesprochen, wenn die Kriterien einer Hypo- oder Hyperthermie sowie einer verminderten

Gewebeperfusion erfüllt werden. Zu letzterer zählen eine deutlich verzögerte Recap-Zeit, eine verringerte Harnausscheidung und ein verschlechterter Allgemeinzustand (AZ). Bei einer Anaphylaxie kommt es aufgrund einer Mastzelldegranulation ebenfalls zur Zytokinfreisetzung, welche eine Gefäßerweiterung mit sich bringt. Auslöser für eine allergische Reaktion können beispielsweise Medikamente oder Insektenstiche sein. Liegt ein neurogener Schock vor, ist eine Rückenmarksverletzung als Ursache naheliegend. Durch Verletzung des sympathischen Grenzstranges kommt es zu einer parasymphatisch bedingten Bradykardie und Vasodilatation.(21)(45)

4.11.3 Kardiogener Schock

Ein kardiogener Schock beschreibt das Pumpversagen des Herzens, welches mit einem folglich reduzierten HZV einhergeht. Bei Kindern sind meist angeborene Herzfehler, Kardiomyopathien, Myokarditiden oder Herzrhythmusstörungen für das Herzversagen verantwortlich. Durch Aktivierung des sympathischen Nervensystems reagiert der Körper kompensatorisch mit einer gesteigerten Nachlast sowie einem erhöhten Sauerstoffverbrauch des Herzens auf den kardiogenen Schock, weshalb eine Dekompensation des Kindes zeitnah eintreten kann. Neben den oben genannten allgemeinen Schocksymptomen können sich zusätzliche Krankheitszeichen wie eine Hepatomegalie, Jugularvenenstauung, Aszites oder Ödeme beim Patienten bemerkbar machen.(21)(45)

4.11.4 Obstruktiver Schock

Ein obstruktiver Schock liegt vor, wenn der Blutfluss im Lungen- oder Körperkreislauf durch eine Obstruktion beeinträchtigt ist und dies folglich zu einer verminderten Herzleistung führt. Ätiologisch kommen sowohl kardiale als auch nicht-kardiale Ursachen in Betracht, welche angeboren oder erworben sein können. Krankheitsbilder wie eine Herzbeutelamponade, hypertrophe Kardiomyopathie oder ein Spannungspneumothorax sind hierfür beispielhaft.(21)(45)(46)

Eine ausführliche klinische Anamnese bezüglich Vorerkrankungen und der Einnahme bestimmter Medikamente (beispielsweise Steroide oder Immunsuppressiva) ist erforderlich, um eine zügige Ursachenfindung des Schocks

sowie anschließende Therapiemaßnahmen einleiten zu können. Oftmals ist es schwierig einen kindlichen Schock zu erkennen, da viele Kinder keine typische Symptomatik aufweisen. Auch wenn Kinder primär in der Lage sind einen Schockzustand durch Kompensationsmechanismen (Tachykardie und Erhöhung des systemischen Gefäßwiderstands) auszugleichen, ist die Kompensation nur begrenzt möglich, weshalb nach wenigen Stunden ein dekompenziertes Stadium mit hypotonen Folgen erreicht werden kann. Es kommt dabei zur Entwicklung weiterer Anzeichen einer unzureichenden Gewebepfusion wie beispielsweise einer metabolischen Azidose, Tachypnoe, schwachen zentralen Pulsen oder einer deutlich verschlechterten peripheren Durchblutung. Eine frühzeitige Diagnosestellung und das zügige Einleiten therapeutischer Interventionen sind daher unabdingbar, um das Fortschreiten des Schockzustandes und einen möglichen HKS zu vermeiden.(16)(45)

Bei den einzuleitenden therapeutischen Maßnahmen ist zunächst auf eine Schocklagerung des betroffenen Kindes zu achten. Dabei erfolgt eine Tieflagerung des Kopfes, während die Beine hochgelagert werden. Befindet sich das Kind jedoch in einem stabilen AZ, kann es selbst über eine für sich als angenehm empfundene Position entscheiden. Um der mangelnden Sauerstoffzufuhr entgegenzuwirken, sollte unverzüglich eine Sauerstofftherapie eingeleitet werden und gegebenenfalls (ggf.) die Atmung des/der Patienten/-in durch entsprechende Beatmungshilfen unterstützt werden. Ebenso sollte zeitnah ein Venenzugang gelegt werden, um den Flüssigkeitshaushalt ausgleichen und im Anschluss entsprechende Medikamente applizieren zu können. Isotone kristalloide Infusionslösungen (NaCl- und Ringerlösung) sind dabei das Mittel der Wahl und sollten im Rahmen eines hypovolämischen oder distributiven Schocks als Bolusgabe von 20 ml/kg KG über 5-10 Minuten infundiert werden. Im Gegensatz dazu darf bei einem kardiogenen Schock die Flüssigkeitszufuhr von 5 ml/kg KG über 10-20 Minuten nicht überschritten werden. Wenn die Flüssigkeitsgabe in der Schockbekämpfung nicht ausreichend wirksam ist, sollte auf vasokative Medikamente zurückgegriffen werden. Hierfür können inotrop wirkende Arzneistoffe wie beispielsweise Epinephrin (0,05-1 µg/kg/KG/min) oder Dopamin (5-20 µg/kg/KG/min) verabreicht werden, um die Kontraktionskraft des Herzens zu steigern. Vasopressoren eignen sich aufgrund ihrer blutdruckerhöhenden Wirkung dabei besonders gut für den Einsatz in der Schocktherapie. Als Beispiel kann

Noradrenalin (NA) in einer Dosierung von 0,05-0,5 µg/kg/KG/min verabreicht werden. Führt die NA Gabe nicht zum Erreichen des gewünschten Ziels, könnte dies mit dem Vorliegen einer Niereninsuffizienz erklärt werden. Liegt ein Katecholamin-resistenter Schock vor ist die Verabreichung von Hydrocortison (2-4 mg/kg/KG/d) indiziert. Folglich sind die unverzügliche Gabe eines Breitbandantibiotikums innerhalb der ersten Stunde sowie die Abnahme von Blutkulturen zur Identifizierung des Erregers bei einem septischen Schock zu gewährleisten. Weiters ist ein kontrolliertes Monitoring der Vitalparameter des Kindes erforderlich, um ein Ansprechen der eingeleiteten Therapiemaßnahmen überprüfen zu können. Hierzu zählen eine Überwachung der Sauerstoffsättigung, Herzfrequenz, des Blutdrucks, der Körpertemperatur und der Harnausscheidung. Eine Blutabnahme ist indiziert, um wichtige Elektrolytentgleisungen wie beispielsweise eine Hypoglykämie oder Hypokalzämie aufzudecken und diese zu beheben.(16)(21)(45)

4.12 Pharmakologie der häufigsten Notfallmedikamente

Da die medikamentöse Therapie im Rahmen der erläuterten pädiatrischen Notfälle bisher nur überblicksmäßig beschrieben wurde, erfolgt im Anschluss eine detailliertere pharmakologische Ausführung (Wirkmechanismus, Dosierung, Pharmakokinetik, allgemeine Indikationen, Nebenwirkungen und Kontraindikationen) der in dieser Arbeit erwähnten pädiatrischen Notfallmedikamente. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass die Notfallmedizin in der Pädiatrie weit mehr Arzneimittel umfasst, hierbei jedoch lediglich beispielhaft auf oben genannte Wirkstoffe eingegangen wird. Um eine bessere Übersicht zu gewähren, werden die folgenden Wirkstoffe nach ihrer jeweilig entsprechenden Medikamentengruppe dargestellt.

4.12.1 Analgetika

Zur Schmerzlinderung kommen Analgetika zum Einsatz. Hierbei wird eine Einteilung zwischen Nicht-Opioidanalgetika und Opioidanalgetika unterschieden.

4.12.1.1 Nicht-Opioidanalgetika

Nicht-opioidartige Schmerzmittel zeigen neben ihrem analgetischen Effekt eine antipyretische und dosisabhängig teilweise auch eine antiphlogistische Wirkung. Prinzipiell lassen sich 3 Gruppen von nichtopioiden Analgetika unterscheiden: saure antipyretisch-antiphlogistische Analgetika, nichtsaure antipyretische Analgetika und Analgetika ohne antipyretisch-antiphlogistische Wirkung.(38)

Zur Gruppe der sauren antipyretisch-antiphlogistisch wirksamen Analgetika gehören die Wirkstoffe Ibuprofen, Diclofenac, Acetylsalicylsäure und Naproxen. Neben ihren entzündungshemmenden, fiebersenkenden und schmerzlindernden Wirkungen umfassen die Wirkstoffe zusätzlich leicht saure Eigenschaften sowie eine hohe Plasmaeiweißbindung, welche eine wichtige Rolle in der Entzündungshemmung einnehmen. Im Unterschied dazu zeigen nichtsaure antipyretische Analgetika keine säuerlichen Charaktereigenschaften und weisen eine wesentlich schwächere Plasmaproteinbindung auf, weshalb hier die entzündungshemmende Komponente ausbleibt. Die wichtigsten Vertreter sind Paracetamol und Metamizol. Zur dritten Gruppe werden reine Analgetika gezählt, welche weder antipyretische noch antiphlogistische Wirkungskomponenten enthalten und somit lediglich auf einer schmerzlindernden Wirkung basieren.(38)

4.12.1.1.1 Paracetamol

Der Wirkstoff Paracetamol wird fast gänzlich in der Leber verstoffwechselt, nur etwa 4% werden unmetabolisiert über die Nieren ausgeschieden. Mit einer hohen oralen Bioverfügbarkeit von bis zu 90% wird Paracetamol nach oraler Aufnahme sehr zügig im Gastrointestinaltrakt resorbiert. In der Pädiatrie wird das Medikament sowohl als Schmerzmittel bei leichten bis mittelstarken Schmerzen als auch als Antipyretikum eingesetzt. Paracetamol kann dem Körper in Tablettenform, als Saft oder als Zäpfchen zugeführt werden. Die Richtdosis liegt bei 10-20 mg/kg KG als Einzeldosis (EZ) alle 4-6 Stunden. Die maximale Tagesdosis von 50-75 mg/kg KG darf dabei nicht überschritten werden. Die Dosierungsempfehlung von Suppositorien beträgt bei Kindern mit einem Körpergewicht von unter 12,5 kg 125 mg (3-4 x täglich), bei einem Körpergewicht über 12,5 kg KG verdoppelt sich die Dosierungsmenge auf 250 mg (3-4 x täglich). Kinder über 6 Jahre erhalten 500 mg (2-3 x täglich), bei Jugendlichen und Erwachsenen liegt die Tageshöchstdosis bei 2000 mg/d. Bei kleinen Kindern wird

das Medikament bevorzugt als Saft verabreicht, hierbei sollte eine Dosierung von 3,5 ml pro 10 kg KG (entspricht 15 mg/kg KG) als EZ beachtet werden. Zu den häufigen Nebenwirkungen von Paracetamol zählen Sodbrennen, Bauchschmerzen oder Übelkeit. Ebenfalls können Kopfschmerzen sowie Müdigkeit als unerwünschte Arzneimittelwirkungen auftreten. Liegen beim betroffenen Patienten Störungen der Leber- und Nierenfunktion vor, ist eine Dosierungsbeschränkung unbedingt einzuhalten. Ab einer Tagesdosis von 150 mg/kg KG wird bei Kindern von einem toxischen Bereich gesprochen, welcher stets vermieden werden sollte. Typische Symptome stellen hierbei Übelkeit, Schwitzen und Bauchschmerzen dar. Mit einer Schädigung der Leber sowie einem möglich folgenden Organversagen ist bei einer Intoxikation zu rechnen. Bei Vorliegen einer oralen Paracetamol-Vergiftung sollte bis maximal eine Stunde nach Aufnahme des Medikaments eine Magenspülung durchgeführt werden. Eine Antidottherapie mit Acetylcystein kann binnen 24 Stunden nach Ingestion eingeleitet werden, wobei bevorzugt auf eine Einnahme in den ersten 8 Stunden zu achten ist.(28)(38)

4.12.1.2 Opioidanalgetika

Als Opioide werden endogene und exogene Stoffe bezeichnet, welche durch Bindung an Opioidrezeptoren eine morphinähnliche Wirkung zeigen. Sie greifen an μ -, κ - und δ -Rezeptoren an. Das Wirkungsprofil der 3 Rezeptoren ist sehr unterschiedlich. Während alle 3 Rezeptoren zur Analgesie und Hemmung der Motilität des Gastrointestinaltrakts führen, bewirken lediglich μ -Rezeptoren das Auftreten einer euphorischen Stimmung. Im Gegensatz zur Euphorie wird eine Dysphorie alleinig durch κ -Rezeptoren vermittelt. μ - und κ -Rezeptoren zeigen eine sedierende Wirkung, die Hemmung der Atmung wird durch δ - und κ -Rezeptoren induziert.(38)

Zu den Opioidanalgetika, die in der Pädiatrie häufig Anwendung finden. zählen u.a. Codein, Fentanyl, Morphin, Pethidin, Piritramid und Tramadol. (28)

4.12.1.2.1 Fentanyl

Im Vergleich zu Morphin zeigt Fentanyl eine 100-fach stärkere analgetische Wirkung. Als stark lipidlösliche Substanz gelingt es dem Wirkstoff in kürzester Zeit über die Blut-Hirn-Schranke in das ZNS einzudringen. Die Verabreichung kann

intravenös, als Nasenspray, in Form von Lutschtabletten oder transdermal mittels eines Membranpflasters erfolgen. Die Halbwertszeit (HWZ) beträgt bei i.v.-Gabe 3-12 Stunden, wird transdermal appliziert, liegt diese bei 17 Stunden. Bei Kindern wird Fentanyl häufig als Kombinationsnarkose im Rahmen einer Neuroleptanalgesie oder Analgesie bei Durchbruchsschmerzen eingesetzt. Für eine intravenöse Narkoseeinleitung sollten 2-5 µg/kg KG verabreicht werden. Beschwerden des ZNS, Flush, Pruritus, Störungen des Gastrointestinaltrakts, Miosis, Mundtrockenheit, Bradykardie, Hypotonie, Bronchospasmen, Atemdepression sowie Störungen der Blasenentleerung können als Nebenwirkungen des Medikaments auftreten. Zu den Kontraindikationen von Fentanyl zählen neben einer Opioidabhängigkeit, Hypotension bei Hypovolämie, Störungen des Atemzentrums, Pankreatitis sowie akute Gallenkoliken.(28)(38)(47)

4.12.1.2.2 Morphin

Morphin wird als sehr stark wirksames Analgetikum und Sedativum eingesetzt. Da die orale Bioverfügbarkeit von Morphin lediglich 15 bis 50% beträgt, wird es bei oraler Verabreichung in 3-fach höherer Dosierung gegeben als parenteral. Die Darreichung des Medikaments erfolgt in Tropfenform, als Filmpille oder als Retardpräparat. Ebenso stehen Suppositorien und Trinkampullen in der Pädiatrie zur Verfügung. Bei der Verwendung von Morphintropfen wird eine Dosierung von 0,2-0,4 mg/kg KG als EZ alle 4 Stunden empfohlen. Retardtablets werden mit 0,5-1 mg/kg KG als EZ alle 8-12 Stunden verabreicht. Wird das Analgetikum parenteral appliziert wird bei Kindern prinzipiell eine Dosierung von 0,1-0,2 mg/kg KG als EZ angestrebt. Die Applikationsform kann dabei i.v., i.m. oder subcutan (s.c.) erfolgen. Wird der Wirkstoff kontinuierlich als Dauerinfusion eingesetzt sind 0,01-0,1 mg/kg/h vorgeschrieben. Morphin weist dieselben Nebenwirkungen und Kontraindikationen auf wie Fentanyl.(28)(38)

4.12.1.2.3 Naloxon

Naloxon ist ein Opioid-Antagonist und wird als Antidot bei einer Intoxikation mit Opioiden eingesetzt. Die Verabreichung sollte im Falle einer Opioidüberdosierung zügig erfolgen. Initial sollte eine Dosierung von 0,01 mg/kg KG i.v. als EZ eingeleitet werden. Bleibt nach 2-3 Minuten der Wirkungserfolg aus, sollte eine höherdosierte Gabe von 0,1 mg/kg KG i.v. ebenfalls als EZ folgen. Es ist dabei auf

eine langsame Applikation des Antidots (über 30 Sekunden) zu achten, um Übelkeit und Erbrechen als potenzielle Nebenwirkungen des Medikaments bei zu rascher Injektion vorzubeugen. Aufgrund der relativ kurzen Wirkungsdauer von Naloxon sind meist mehrere Gaben des Medikaments erforderlich. Auf eine kontinuierliche Überwachung des Patienten sollte daher geachtet werden.(28)

4.12.2 Antiarrhythmika

Eine Unterbrechung und Vermeidung von tachykarden Herzrhythmusstörungen durch den Einsatz von Antiarrhythmika wird aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsansätze der dafür eingesetzten Substanzen erzielt. Die Klassifikation nach Vaughan-Williams in 4 Untergruppen repräsentiert dabei eine vereinfachte Darstellung der Medikamentengruppe.

- Klasse 1: Natrium-Kanalblocker
- Klasse 2: Betablocker
- Klasse 3: Kalium-Kanalblocker
- Klasse 4: Calcium-Kanalblocker

Für Herzrhythmusstörungen relevante therapeutische Medikamente wie beispielsweise Adenosin und Atropin werden in genannter Klassifikation allerdings nicht berücksichtigt.(38)(47)

4.12.2.1 Adenosin

Die Aktivierung von Adenosin A1-Rezeptoren im Atrioventrikular- und Sinusknoten zieht eine negativ chronotrope und dromotrope Wirkung nach sich. Aufgrund einer zügigen Absorption im Blut ist die HWZ mit weniger als 10 Sekunden sehr kurz. Die Gabe von Adenosin findet in der Pädiatrie hauptsächlich im Rahmen einer supraventrikulären Tachykardie Anwendung und wird dabei als intravenöser Bolus in einer Dosierung von 0,1 mg/kg KG appliziert. Um am gewünschten Wirkungsort eine ausreichend hohe Konzentration zu erreichen sollte anschließend mit NaCl 0,9% nachgespült werden.

Die Ausbildung eines Flushs ist eine gängige Nebenwirkung des Medikaments. Dyspnoe, Bronchospasmus, Bradykardie und Hypotonie treten hingegen seltener auf. Absolute Kontraindikationen für die Verabreichung von Adenosin im Kindesalter sind AV-Blöcke 2. und 3. Grades, obstruktive Lungenerkrankungen, das Sick-Sinus-Syndrom sowie Vorhofflimmern.(28)(38)(47)

4.12.2.2 Amiodaron

Als Klasse 3 Medikament der Vaughan-Williams Einteilung dient Amiodaron als Kalium-Kanalblocker und führt demnach zu einem deutlich verlängerten Aktionspotential sowie einer verzögerten Refraktärzeit.

Da das Arzneimittel eine Halbwertszeit von bis zu 100 Tagen aufweist, sollte eine Aufsättigung über einen Zeitraum von mehreren Monaten erfolgen. Durch den hohen lipophilen Anteil des Medikaments lässt sich die Anreicherung in fast allen Geweben erklären. Nachdem eine Metabolisierung zu Desethylamiodaron in der Leber stattgefunden hat, wird der Wirkstoff größtenteils biliär eliminiert.(38)(47)(48)

In der Pädiatrie wird Amiodaron bei therapieresistenten tachykarden ventrikulären und supraventrikulären Rhythmusstörungen sowie bei pulslosen ventrikulären Tachykardien und Kammerflimmern eingesetzt. Im Rahmen einer VF oder VT sollte die Dosierung von 5 mg/kg KG als i.v.-Bolusgabe eingehalten werden. Anschließend erfolgt eine weitere Medikamentengabe in Form einer Dauertropfinfusion mit 10-20 mg/kg/d. Liegt eine therapierefraktäre ventrikuläre Herzrhythmusstörung vor, sollte eine Amiodaron-Kurzinfusion mit 5 mg/kg KG langsam und über einen Zeitraum von 20 Minuten infundiert werden. Im Anschluss wird ebenfalls auf eine Dauerinfusion mit identischen Dosierungsangaben wie bei einer VF/VT umgestiegen. (28)

Als seltene Nebenwirkungen des Medikaments können Ablagerungen in Hornhaut, eine Hyper- oder Hypothyreose, Photosensibilität oder proarrhythmogene Wirkungen auftreten. Um genannte unerwünschten Wirkungen zu verhindern bzw. rechtzeitig zu erkennen, sind wiederholte Kontrollen der Schilddrüse sowie regelmäßige Augenarztbesuche erforderlich. Neugeborene, Kinder mit Schilddrüsenerkrankungen, einer Sinusbradykardie oder einem AV-Block zweiten oder dritten Grades stellen eine absolute Kontraindikation für die Verabreichung des Medikaments dar und dürfen nicht mit Amiodaron behandelt werden.(28)(38)

4.12.2.3 Atropin

Atropin zählt als natürliches Alkaloid zur Gruppe der Parasympatholytika und wird überwiegend aus der Tollkirsche (*Atropa belladonna*), dem Bilsenkraut (*Hyoscyamus niger*) und dem Stechapfel (*Datura stramonium*) gewonnen. Als Antagonist an allen muscarinischen Acetylcholinrezeptoren führt die dadurch

bedingte Abnahme der parasympathischen Funktion u.a. am Herzen zu einem folglich positiv chronotropen und dromotropen Effekt.(38)(47)(49) Atropin wird daher zur medikamentösen Therapie bei bradykarden Herzrhythmusstörungen (0,02 mg/kg KG i.v. oder s.c., alle 4-6 Stunden) im Kindesalter eingesetzt. Daneben ist der Einsatz des Anticholinergikums bei Dysurie, Inkontinenz oder als Mydriatikum indiziert. Das Alkaloid dient ebenfalls der vagalen Reflexprävention vor endoskopischen Interventionen. Im Rahmen von Vergiftungen mit cholinergen Substanzen wird das Medikament als Antidot eingesetzt (s. Kapitel 3.8). Atropin hat eine HWZ von ca. 3 Stunden und wird zu 50% in der Leber verstoffwechselt. Die andere Hälfte des Wirkstoffs wird unverändert über die Nieren ausgeschieden. Häufig auftretende Nebenwirkungen der Atropingabe sind Tachykardie und Mydriasis. Miktionsbeschwerden sowie Xerostomie treten eher selten auf.(21)(28)(38)(49)

4.12.3 Benzodiazepine

Obwohl die Mehrheit der Benzodiazepine als Agonisten am GABA-A-Rezeptor fungiert, gibt es auch Antagonisten an genanntem Rezeptor, welche die GABA-Wirkung hemmen. Die therapeutische Wirkung der Medikamentengruppe beruht neben einem beruhigenden und schlaffördernden Effekt auf einer anxiolytischen, amnestischen, zentral muskelrelaxierenden sowie antiepileptischen Wirkung. Während Wechselwirkungen zwischen dem GABA-A-Rezeptor und α 2-Untereinheiten eine anxiolytische Wirkung mit sich bringen, führt die Interaktion des GABA-Rezeptors mit α 1-Untereinheiten zu den oben genannten therapeutischen Effekten der Benzodiazepine. Da schlaffördernde Benzodiazepine, wie beispielsweise Zolpidem, keine Bindung mit α 2 eingehen, bleibt der anxiolytische Effekt hier aus. Benzodiazepine haben eine Bioverfügbarkeit von über 80% und werden zügig resorbiert. Anhand des Metabolismus werden 4 Hauptgruppen unterschieden: Diazepamtyp, Oxazepamtyp, Nitrazepamtyp und Typ der tetrazyklischen Benzodiazepine. Klinisch relevant ist allerdings die Einteilung nach der Wirkungsdauer (kurz, mittel, lang). Aufgrund einer HWZ von 2-5 Stunden zählen Wirkstoffe wie Midazolam oder Triazolam zur Gruppe der kurzwirksamen Benzodiazepine. Mit einer HWZ von 6-24 Stunden liegen Oxazepam und Temazepam im mittleren Bereich der Wirkungsdauer. Diazepam, Clobazam, Chloridiazepoxid und Flurazepam werden

anhand ihrer langen HZW von über 24 Stunden als lang wirkend eingestuft. Da Benzodiazepine ein breites Indikationsgebiet und Nebenwirkungsprofil aufweisen, wird darauf bezogen nur bei dem im Folgenden dargestellten Wirkstoff Diazepam eingegangen.(38)

4.12.3.1 Diazepam

In der Kinder- und Jugendheilkunde findet der Wirkstoff hauptsächlich Anwendung in der Therapie eines Krampfanfalls, häufig in Form eines Fieberkrampfs oder Status epilepticus. Daneben wird der Arzneistoff als Sedativum und Muskelrelaxans eingesetzt. Als Notfallmedikament sollte Diazepam rektal bei einem länger als 5 Minuten andauernden Fieberkrampf verabreicht werden. Bei Säuglingen und Kindern mit einem Körpergewicht unter 15 kg sollte eine 5mg Rectiole gegeben werden, liegt das Gewicht über 15 kg verdoppelt sich die Dosis auf 10 mg. Im Falle eines Status epilepticus sollte dem Kind 0,2-0,5 mg/kg über die Vene verabreicht werden. Eine zweite Gabe kann dabei nach etwa 5 Minuten wiederholt werden. Wird Diazepam als Sedativum verwendet, kann die Applikation oral (0,12-0,8 mg/kg/d in 3-4 EZ), intravenös oder intramuskulär (0,04-0,3 mg/kg/EZ, bei Bedarf alle 2-4 Stunden wiederholen; Maximaldosis von 0,6 mg/kg KG innerhalb von 8 Stunden nicht überschreiten) erfolgen. Atemdepression, Hypotonie, Schläfrigkeit sowie Müdigkeit zählen zu den häufig auftretenden Nebenwirkungen des Wirkstoffes. Bei Vorliegen von tonischen Krampfanfällen birgt die Gabe von Benzodiazepinen die Gefahr einer krampfverstärkenden Wirkung, weshalb hierbei besondere Vorsicht geboten ist. Da Diazepam bei Neugeborenen eine deutlich längere HWZ aufweist, stellt Midazolam in dieser Altersgruppe das besser geeignete Benzodiazepin dar. Gleichzeitig vorliegende Erkrankungen wie Myasthenia gravis, Ataxien oder ein akutes Engwinkelglaukom stellen eine Kontraindikation für die Gabe von Diazepam dar. Flumazenil wird als Antidot bei einer Benzodiazepinvergiftung eingesetzt.(28)(38)(50)(51)

4.12.4 β 2-Adrenozeptor-Agonisten

β 2-Adrenozeptor-Agonisten stellen aufgrund ihrer bronchospasmolytischen Wirkung die am stärksten wirksamsten Bronchodilatoren dar. Dabei erfolgt eine Unterteilung in kurzwirksame und langwirksame β 2-Agonisten. Wirkstoffe der kurzwirksamen Gruppe umfassen Fenoterol, Salbutamol und Terbutalin.

Formoterol und Salmeterol werden als langwirksame Bronchodilatoren bezeichnet. Während die Wirkungsdauer der kürzer wirkenden β 2-Adrenozeptor-Agonisten bei 4-6 Stunden liegt, zeigen langwirksame hingegen eine 12-stündige Wirkung. Neben der Bronchospasmyse weisen β 2-Agonisten auch eine antiinflammatorische Wirkungskomponente auf. Die Langzeitgabe eines β 2-Adrenozeptor-Agonisten führt meist zu einem Absinken der Anzahl an β -Rezeptoren (Down-Regulation). Da die Bronchien allerdings mit einem ausreichenden Vorrat an β 2-Adrenorezeptoren ausgestattet sind, führt die Down-Regulation nur in Ausnahmefällen zu einem Wirkungsverlust des Medikaments. Unerwünschte Nebenwirkungen der Wirkstoffgruppe stellen Tachykardie, Tremor, Hypokaliämie und Hyperglykämie dar.(38)

4.12.4.1 Salbutamol

Als β 2-Sympathomimetikum findet Salbutamol Anwendung als Antiasthmatikum und Bronchospasmytikum. Aufgrund mangelnder Compliance im KK- und SG-Alter wird eine orale Verabreichung in Tropfenform der Inhalationsvariante bevorzugt. Ab dem 2. Lebensmonat bis zum Alter von 2 Jahren werden hierbei 2-4 mal täglich jeweils 1-3 Tropfen/kg KG (Tropf./kg) verabreicht. Zur Prüfung der Medikamentenverträglichkeit sollte dem Kind initial 1 Tropf./kg KG gegeben werden. Die tägliche Maximaldosis liegt bei 5-9 Tropf./kg KG und sollte aufgrund des Nebenwirkungsprofils nicht überschritten werden. Kinder zwischen 2 und 6 Jahren erhalten je nach KG 2-4 mal täglich eine EZ von 15-30 Tropfen. Hier liegt die Tageshöchstdosis zwischen 60 und 120 Tropfen. Ansonsten stellt die Inhalation von Salbutamol die Therapie der Wahl dar. Im Rahmen eines akuten Asthmaanfalls erfolgt die Gabe von 1-2 Sprühstößen. Der Vorgang kann bei Bedarf nach 10 Minuten wiederholt werden. Wird Salbutamol als Dauertherapie verschrieben sind 1-2 Sprühstöße (3-4 mal täglich) indiziert. Liegt ein schwerer Status asthmaticus vor, reicht eine inhalative oder orale Gabe in Tropfenform nicht aus. Das Medikament wird daher intravenös in einer Dosierung von 0,1-0,2 μ g/kg/Minute (μ g/kg/Min.) appliziert. Das Nebenwirkungsprofil von Salbutamol umfasst neben Tremor, Tachykardie, Kopfschmerzen und Schwindel auch in manchen Fällen das Auftreten einer Hypoglykämie. Bei Vorerkrankungen wie

einem Phäochromozytom, einer schwer ausgeprägten Hyperthyreose oder einer Kardiomyopathie darf der Wirkstoff nicht verabreicht werden.(28)(52)(53)

4.12.5 Histaminrezeptor-Antagonisten

Zu den bedeutenden Histaminrezeptor-Antagonisten zählen die H1- und H2-Rezeptor-Antagonisten. Da die H1-Rezeptor-Antagonisten die klassischen Antihistaminika darstellen, wird im Anschluss speziell nur auf diese eingegangen.(38)

4.12.5.1 H1-Rezeptor-Antagonisten

Als Antagonisten am H1-Rezeptor hemmen H1-Antihistaminika die Histaminfreisetzung bei einer allergischen Typ-1-Sofortreaktion durch eine Blockade des Rezeptors. Die histaminbedingte Konstriktion der glatten Muskulatur im Bereich der Bronchien und des Darms wird somit gehemmt. Die durch Histamin verursachte Vasodilatation wird durch H1-Rezeptorblocker nur teilweise unterdrückt, da zusätzlich auch H2-Rezeptoren an der Kreislaufregulation beteiligt sind. Klinische Anwendung finden H1-Rezeptor-Antagonisten daher hauptsächlich im Rahmen einer allergischen Rhinitis oder Konjunktivitis sowie bei allergischer Urtikaria oder Pruritus. Prinzipiell erfolgt eine Unterteilung in Antihistaminika der 1. und der 2. Generation. Die 1. Generation bezieht sich auf Substanzen, welche die Blut-Hirn-Schranke passieren und aufgrund einer H1-Rezeptorblockade im Zentralen Nervensystem (ZNS) sedierend wirken. Zur Gruppe der „älteren“ Antihistaminika zählen Doxylamin, Diphenhydramin und Dimetinden. Neben der Verwendung als Antiallergikum wird Diphenhydramin ebenso als Antiemetikum und Hypnotikum eingesetzt. Zusätzlich liegen bei manchen der „älteren“ H1-Rezeptorblocker anticholinerge, antiadrenerge und Serotoninrezeptor-antagonistische Wirkungskomponenten vor. Daher ist aufgrund der vielen unerwünschten Ereignisse der Einsatz von Antihistaminika der 1. Generation im Kindesalter nicht indiziert. Im Gegensatz dazu sind die „neueren“ Antihistaminika kaum bis gar nicht ZNS-gängig, weshalb hier die sedierende Wirkung reduziert auftritt bzw. gänzlich ausbleibt. Beispiele für H1-Rezeptor-Antagonisten der 2. Generation stellen u.a. Cetirizin, Levocetirizin, Loratadin, Fexofenadin Azelastin, Levocabastin und Olopatadin dar.

Da die HWZ der H1-Rezeptor-Antagonisten der „neueren“ Generation mit 6-14 Stunden relativ lange ist, reicht eine tägliche Gabe aus. H1-Rezeptorblocker dürfen nicht in der Schwangerschaft und Stillzeit eingesetzt werden. Im Kleinkindalter sollte auf eine entsprechend reduzierte Dosis geachtet werden.(38)(47)(54)(55)

4.12.5.1.1 Dimetinden

Dimetinden wird zur Akuttherapie bei pädiatrischen Notfällen im Rahmen einer anaphylaktischen Reaktion, eines Juckreizes oder einer Urtikaria angewendet. Das Medikament kann dabei in Tropfenform, als Gel, Dragees, Retardkapseln oder intravenös verabreicht werden. Bei einer oralen Verabreichung des Antiallergikums sollten im Alter von 1-8 Jahren 30-45 Tropfen pro Tag (Tropfen/d) in 3 EZ gegeben werden. Bei älteren Kindern werden 45-60 Tropfen/d angestrebt. Die topische Form kann 2-4 mal täglich dünn aufgetragen werden. Für eine intravenöse Verabreichung liegt die Dosierung bei 0,025-0,1 mg/kg KG als EZ. Da Dimetinden ein Antihistaminikum der 1. Generation darstellt, kann eine sedierende Wirkung als häufige Nebenwirkung beobachtet werden und wird daher im Kindesalter nicht mehr empfohlen. (28)(54)

4.12.5.1.2 Cetirizin

Der Arzneistoff zählt zu den Antihistaminika der 2. Generation und wird im Kindes- und Jugendalter bei allergischer Rhinitis und chronischer Urtikaria eingesetzt. Ab dem Alter von 2 Jahren wird Cetirizin in einer Dosierung von 0,25 mg/kg/d oral verabreicht. Der Wirkstoff wird nur gering in der Leber metabolisiert und anschließend über die Nieren ausgeschieden. Kopfschmerzen, Schläfrigkeit, Bauchschmerzen und Durchfall sind typische unerwünschte Wirkungen des Medikaments. Cetirizin kann sowohl in der Schwangerschaft als auch in der Stillzeit eingenommen werden.(55)

4.12.5.1.3 Loratadin

Als Antiallergikum der 2. Generation kommt Loratadin bei allergischer Rhinitis und chronischer Urtikaria gängig zum Einsatz. Für Kinder unter 2 Jahren hat das Medikament keine Zulassung. Der Wirkstoff wird in Tablettenform verabreicht. Kinder mit einem Gewicht von unter 30 kg sollten eine EZ von 5 mg/d erhalten.

Liegt das Gewicht über 30 kg erfolgt die Gabe von 10 mg/d. Bei Kindern bis 12 Jahren zeigen sich häufig Kopfschmerzen, Müdigkeit und Nervosität als unerwünschte Arzneimittelwirkungen. Bei Jugendlichen und Erwachsenen hingegen macht sich meist Schläfrigkeit bemerkbar.(28)

4.12.6 Katecholamine

Als Adrenozeptor-Agonisten zählen Adrenalin, Dopamin und Noradrenalin zur Gruppe der Katecholamine. Während Adrenalin ein in den Nebennierenmarkzellen gebildetes Hormon darstellt, wird Noradrenalin als Überträgerstoff aus den Speichervesikeln der sympathischen Nervenfasern freigesetzt. Die Wirkung von Adrenalin ist systemisch, Noradrenalin hingegen wirkt lokal. Neben ihrer Funktion als Neurotransmitter stellen Dopamin und NA gleichzeitig die Vorstufen von Adrenalin dar. Vereinfacht dargestellt entsteht aus der Aminosäure L-Tyrosin durch eine enzymatische Umwandlung (mittels L-Dopa) Dopamin, welches durch weitere Prozesse zu Noradrenalin und schließlich zu Adrenalin modifiziert wird. Katecholamine wirken über G-Protein gekoppelte α - und β -Rezeptoren auf verschiedene Körpersysteme: das Herz-Kreislauf-System, die Bronchien, das ZNS, den Stoffwechsel und den Verdauungstrakt. Über eine Stimulierung von α 1- und α 2-Rezeptoren kommt es zu einer Vasokonstriktion der Blutgefäße sowie einer Erregung der glatten Muskulatur. Die Freisetzung von NA wird durch Aktivierung der α 2-Rezeptoren gehemmt. Die Aktivierung von β 1-Adrenozeptoren führt zu einem positiv inotropen (gesteigerte Kontraktionskraft des Herzens), chronotropen (gesteigerte Sinusknotenfrequenz) und bathmotropen (gesteigerte Erschlaffungsgeschwindigkeit des Herzens) Effekt. Durch stimulierte β 2-Rezeptoren wird der Stoffwechsel angeregt und die glatte Muskulatur erschlafft. β 3-Adrenozeptor-Agonisten führen zu einer Erschlaffung der Blase.(40)(47)(49)

4.12.6.1 Adrenalin

Die Rezeptorwirkung von Adrenalin ist stark abhängig von der jeweiligen Dosierung. Wird das Medikament in einer niedrigen Dosis verabreicht, zeigt Adrenalin hauptsächlich einen β -adrenergen Effekt (β 1- und β 2-Rezeptoren). Bei einer Gabe von mehr als 0,5 μ g/kg/min wirkt es überwiegend auf die α -Rezeptoren. Indikationen für die Verabreichung von Adrenalin in der Pädiatrie

stellen neben der Kardiopulmonalen Reanimation die Anaphylaxie, Pseudokrapp und Bradykardie dar. Im Rahmen der CPR erfolgt eine Dosierung von 0,1 ml/kg KG (=0,01 mg/kg KG) i.v. oder i.o.. Bei Vorliegen einer Anaphylaxie wird Adrenalin mit 0,01 mg/kg KG intramuskulär appliziert, dies entspricht 0,1 ml/10 kg KG. Liegt eine Bradykardie zugrunde, kann der Wirkstoff mittels Perfusor verabreicht werden und mit weniger als 0,3 µg/kg/min eine β-Rezeptorenstimulation erzielen. Bei einem Pseudokrapp-Anfall wird 2 ml Adrenalin (1:1000) auf 2 ml NaCl vernebelt. Häufig beobachtete unerwünschte Nebenwirkungen, welche durch eine Adrenalingabe hervorgerufen werden können, sind Tachykardie, Übelkeit, Erbrechen, Schwitzen, Palpitationen und Atembeschwerden. Daneben kommt es oft zu Kopfschmerzen, Schwindel, blasser Haut, Schwächegefühl, Tremor, Benommenheit sowie Angst und Nervosität bei **dem/der betroffenen Patienten/Patientin**.(28)(56)(57)

4.12.7 Osmodiuretika

Zur Gruppe der Diuretika gehörend werden Osmodiuretika glomerulär filtriert, anschließend jedoch nicht tubulär resorbiert. Die diuretische Wirkung beruht dabei auf einer osmotisch bedingten Flüssigkeitsretention im Tubuluslumen. Mannitol als Hauptvertreter der Diuretikaklasse wird gehäuft bei Schädel-Hirn-Traumata im Kindesalter verwendet und wird daher genauer erläutert.(28)(38)(48)

4.12.7.1 Mannitol

Der Zuckeralkohol Mannitol findet in der Pädiatrie häufig Anwendung als Osmotherapeutikum bei einem akuten Hirnödem im Rahmen eines SHT. Unter der Wirkung des Zuckeralkohols kommt es zu einer vermehrten Wasserausscheidung im Urin. Natrium hingegen wird zurückgehalten, weshalb sich eine Hypernatriämie einstellt und sich die medikamentös bedingte abschwellende Wirkung des Ödems erklärt. Der i.v. verabreichte Wirkstoff wird in einer Dosierung von 0,5-1 g/kg/EZ über einen Zeitraum von 10 Minuten gegeben. Die Medikamentengabe kann bei Bedarf nach 2 Stunden wiederholt werden. Neben Elektrolytentgleisungen ist auf eine akute Volumensbelastung des Herz-Kreislauf-Systems zu achten. Kontraindikationen für die Verabreichung des Zuckeralkohols stellen intrakranielle Blutungen, eine kardiale Dekompensation, Dehydratation, Oligurie oder Anurie dar.(28)(38)(47)(58)

4.12.8 Synthetische Glucocorticoide

Synthetisch produzierte Corticosteroide basieren auf der Grundlage des endogenen Glucocorticoids Cortisol und weisen neben ihrer antiinflammatorischen Wirkung auch immunsuppressive Effekte auf. Gängige Vertreter sind dabei Prednisolon, Dexamethason, Methylprednisolon sowie Triamcinolon. Während die orale Bioverfügbarkeit bei Hydrocortison, Prednisolon und Methylprednisolon sehr hoch ist, lässt sich bei einigen anderen Glucocorticoiden, wie beispielsweise Budesonid, eine niedrige orale Bioverfügbarkeit auf einen hohen First-Pass-Effekt zurückführen. Für die Pädiatrie relevante Glucocorticoide stellen u.a. Dexamethason, Hydrocortison und Prednisolon dar. Im anschließenden Unterkapitel wird der Wirkstoff Prednisolon ausführlicher beschrieben.(38)(59)

4.12.8.1 Prednisolon

Als synthetisch hergestelltes Corticosteroid zeigt Prednisolon im Vergleich zum endogenen Cortisol eine 4-fach höhere Potenz, wohingegen die mineralocorticoide Wirkung bei dem künstlich hergestellten Wirkstoff kaum ausgeprägt ist. Prednisolon wird in der Pädiatrie zur topischen oder systemischen Glucocorticoid Behandlung eingesetzt. Da die topische Applikation in der pädiatrischen Notfallmedizin allerdings wenig Stellung einnimmt, wird diese hier außer Acht gelassen. Neben der oben erwähnten hohen oralen Bioverfügbarkeit, zeigt Prednisolon nur eine kurze HWZ von etwa 2,5 Stunden. Aufgrund des Wirkungsmechanismus ist die Wirkungsdauer mit 18-36 Stunden deutlich länger als die reine Verweildauer im Blut. Pseudokrapp und Asthma bronchiale stellen klassische Indikationen für den Einsatz von Prednisolon in der pädiatrischen Notfallmedizin dar. Die Verabreichung erfolgt dabei überwiegend rektal als Zäpfchen in einer Dosierung von 100 mg und kann bei Bedarf nach 4 Stunden wiederholt werden. Liegt ein Status asthmaticus vor, wird eine intravenöse oder orale Gabe von 1-2 mg/kg KG empfohlen. Das Nebenwirkungsprofil von Prednisolon und anderen synthetischen Glucocorticoiden ist abhängig von der Therapiedauer und Dosishöhe. Eine einmalige notfallmäßige Gabe von Prednisolon sollte selbst bei hoher Dosierung keine unerwünschten Wirkungen mit sich bringen. Wird das Corticosteroid über einen längeren Zeitraum verabreicht, können eine Reihe von unerwünschten Arzneimittelwirkungen auftreten: Nebenniereninsuffizienz, Cushing-Syndrom, Osteopenie, Diabetes mellitus,

Myopathien, Wachstumshemmungen, Immunsuppression, Glaukom, Leukozytose, Hypokaliämie, Stammfettsucht oder psychische Störungen. Da Prednisolon in Notfallsituationen keine Kontraindikationen aufweist, ist das Medikament in pädiatrischen Notlagen universal einsetzbar. Eine Langzeitgabe von Prednisolon sollte jedoch bei Vorliegen von Osteoporose, gastrointestinalen Ulzera, Windpocken, Herpes-Infektion und Mykosen unterlassen werden. (28)(38)(59)(60)

5. Diskussion

Kindernotfälle erweisen sich als ein sehr umfangreiches Gebiet der pädiatrischen Notfallmedizin, weshalb alle Beteiligten vor eine große Herausforderung gestellt werden. Selbst erfahrenes medizinisches Personal ist in solchen Situationen einem starken Stresslevel ausgesetzt.

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, sind Kinder in vielerlei Hinsicht eben keine kleinen Erwachsenen, weshalb dies in verschiedenen Aspekten berücksichtigt werden muss: Neben deutlichen Unterschieden zwischen kindlicher und erwachsener Anatomie und Physiologie gestaltet sich eine Anamneseerhebung bei kleinen Kindern oftmals sehr schwierig. Eine gezielte Fremdanamnese durch die Eltern ist somit meist notwendig, um gezielte Informationen über den Erkrankungs- oder Verletzungshergang zu sammeln und eine geeignete Diagnostik einleiten zu können. Dabei kann das Anwenden von notfallmedizinischen Schemata wie das ABCDE- oder SAMPLE-Schema als Unterstützung in der Diagnostik dienen, um eine strukturierte Beurteilung eines Notfallpatienten zu gewährleisten und dadurch eine gewisse Routine entwickeln zu können. Allgemein stellt sich die klinische Untersuchung besonders bei Säuglingen und Kleinkindern aufgrund mangelnder Kooperation als sehr schwierig dar und kann dazu führen, dass manche Diagnostiken nicht durchführbar sind.

Besonders die Therapie eines erkrankten oder verunfallten Kindes stellt den Notfallmediziner vor eine große Herausforderung. Neben einer an das kindliche Körpergewicht angepassten Medikamentendosierung sollte immer auch an eine altersentsprechende Applikationsform gedacht werden, bei kleinen Kindern ist dabei bevorzugt auf eine rektale Verabreichung als Zäpfchen oder Flüssigkeit in Form eines Saftes oder Sirups zurückzugreifen. Manche Notfallsituationen erfordern allerdings eine venöse oder intraossäre medikamentöse Therapie, was **den/die Notarzt/Notärztin** anatomisch bedingt, besonders bei Säuglingen, vor weitere Probleme stellen kann.

Abschließend lässt sich sagen, dass trotz der Tatsache, dass Kindernotfälle nur einen geringen Prozentsatz an der Gesamtzahl aller Notfälle ausmachen, es dennoch wichtig ist, mehr Übung und Routine für die Abläufe der häufigsten pädiatrischen Notfälle zu bekommen. Die Sorge und Angst der Beteiligten etwas falsch zu machen, wird bei dieser speziellen Patientengruppe vermutlich immer

beibehalten bleiben, dennoch kann die Sicherheit in der Durchführung von notfallmedizinischen Maßnahmen durch ein gefestigtes Routinevorgehen gesteigert werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Förg T. Basics Pädiatrie. 4. Auflage. Urban & Fischer; 2019.
2. Meyburg J, Bernhard M, Hoffmann GF, Motsch J. Principles of Pediatric Emergency Care. 2009;106(45):739–48.
3. Meyer S, Grundmann U, Reinert J, Gortner L. Notfälle im Kindesalter. Med Klin - Intensivmed Notfallmedizin. 2015;8:633–41.
4. Schimpf J, Craß D, Sollmann V. Kompendium Kinderanästhesie. 2. Augsburg: Springer; 2018.
5. Gortner L. Pädiatrische Notfälle: Anatomische und physiologische Besonderheiten im Kindesalter. Notf Rettungsmedizin. 1998;1(6):363–6.
6. Hübler A, Jorch G, Herausgeber. Neonatologie: Die Medizin des Früh- und Reifgeborenen. 2. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2019.
7. Rielage T, Biederbick F. Besonderheiten bei der Notfallversorgung von pädiatrischen Patienten. retten! Februar 2019;8(01):23–31.
8. Brandes R, Lang F, Schmidt RF. Physiologie des Menschen - mit Pathophysiologie. 32. Auflage. Springer; 2019.
9. Oczenski W. Atmen – Atemhilfen: Atemphysiologie und Beatmungstechnik. 8. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2008.
10. Aumüller G, Aust G, Engele J. Duale Reihe Anatomie. 4. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2017.
11. Speckmann E-J, Hescheler J, Köhling R. Physiologie - Das Lehrbuch. 7. Auflage. Münster, Köln und Rostock: Urban & Fischer; 2019.
12. Speer CP, Gahr M. Pädiatrie. 4. Auflage. Berlin: Springer; 2013.
13. Karlberg P. The adaptive changes in the immediate postnatal period, with particular reference to respiration. J Pediatr. 1960;56(5):585–604.
14. Vaupel P, Schaible H-G, Mutschler E. Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. 7. Auflage. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2015.
15. Anderhuber F, Pera F, Streicher J. Waldeyer - Anatomie des Menschen. 19. Berlin: De Gruyter; 2012.
16. Mehra B, Gupta S. Common Pediatric Medical Emergencies in Office Practice. Indian J Pediatr. 2018;85(1):35–43.

17. Nicolai T, Hoffmann F. Kindernotfall ABC - Kompendium für Notärzte und Kindernotärzte. 1. Auflage. München: Springer Berlin Heidelberg; 2011.
18. Kerbl R, Kurz R, Reiter K, Roos R, Wessel L. Checkliste Pädiatrie. 5. Auflage. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2016. (Checklisten der aktuellen Medizin).
19. Gortner L, Meyer S. Duale Reihe Pädiatrie. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018.
20. Lentze MJ, Schaub J, Schulte FJ, Spranger J. Pädiatrie - Grundlagen und Praxis. 3. Auflage. Heidelberg: Springer; 2007.
21. Illing S, Claßen M. Klinikleitfaden Pädiatrie. 11. Auflage. Stuttgart: Elsevier; 2020.
22. Maconochie IK, Bingham R, Eich C, López-Herce J, Rodríguez-Núñez A, Rajka T, u. a. Lebensrettende Maßnahmen bei Kindern („paediatric life support“). Notf Rettungsmedizin. 2015;18(8):932–63.
23. Soar J, Perkins GD, Maconochie I. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation: 2018 Update – Antiarrhythmic drugs for cardiac arrest. Resuscitation. 2019;(134):99–103.
24. Nicolai T. Medikamente in der Pädiatrie. In: Medikamenten-Pocket Pädiatrie – Notfall- und Intensivmedizin [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013 [zitiert 13. Januar 2021]. S. 1–201. Verfügbar unter: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-35123-5_1
25. McDougall RJ. Paediatric emergencies. Anaesthesia. 2013;68(1):62–5.
26. Silbereisen C, Hoffmann F. Kindernotfall im Notarztdienst. Anaesthesist. 2015;64(1):73–84.
27. Pöschl J. Der pädiatrische Notfall - Überblick über die wichtigsten Erkrankungen. 2011;1(3):168–75.
28. Wigger D, Stange M. Medikamente in der Pädiatrie. 5. Auflage. München: Elsevier; 2017.
29. Henning S, Laschat M. Kindernotfälle - Überblick über die häufigsten pädiatrischen Krankheitsbilder. Anästhesiol Intensivmed Notfallmedizin Schmerzther. 2009;44(6):430–8.
30. Anagnostou K. Anaphylaxis in Children: Epidemiology, Risk Factors and Management. Curr Pediatr Rev. 2018;14(3):180–6.
31. Shroba JA. Infant anaphylaxis: Diagnostic and treatment challenges. J Am

- Assoc Nurse Pract. 2020;32(2):176–83.
32. Strobel AM, Fey R. Emergency Care of Pediatric Burns. *Emerg Med Clin North Am.* 2018;36(2):441–58.
33. Conover K, Romero S. Drowning Prevention in Pediatrics. *Pediatr Ann.* 2018;47(3):112–7.
34. Celik A, Ergün O, Özok G. Pediatric Electrical Injuries: A Review of 38 Consecutive Patients. *J Pediatr Surg.* 2004;39(8):1233–7.
35. Araki T, Yokota H, Morita A. Pediatric Traumatic Brain Injury: Characteristic Features, Diagnosis, and Management. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2017;57(2):82–93.
36. Rafeey M, Ghojzadeh M, Sheikhi S, Vahedi L. Caustic Ingestion in Children: a Systematic Review and Meta-Analysis. *J Caring Sci.* 1. September 2016;5(3):251–65.
37. Gummin DD, Mowry JB, Spyker DA, Brooks DE, Beuhler MC, Rivers LJ, u. a. 2018 Annual Report of the American Association of Poison Control Centers' National Poison Data System (NPDS): 36th Annual Report. *Clin Toxicol.* 2. Dezember 2019;57(12):1220–413.
38. Aktories K, Förstermann U, Hofmann F, Starke K, Herausgeber. *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie: für Studenten der Medizin, Veterinärmedizin, Pharmazie, Chemie und Biologie sowie für Ärzte, Tierärzte und Apotheker.* 12. Auflage. München: Elsevier; 2017.
39. Zellner T, Prasa D, Färber E, Hoffmann-Walbeck P, Genser D, Eyer F. The use of activated charcoal to treat intoxications. *Dtsch Aerzteblatt Online.* 3. Mai 2019;311–7.
40. Beubler E. *Kompendium der Pharmakologie - Gebräuchliche Arzneimittel in der Praxis.* 3. Auflage. Wien: Springer; 2011.
41. Goldberg N, Rodriguez-Prado Y, Tillery R, Chua C. Sudden Infant Death Syndrome: A Review. *Pediatr Ann.* 2018;47(3):118–23.
42. Poets CF, Kirchhoff F, Kramer A. Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin [Internet]. *Prävention des Plötzlichen Säuglingstods.* 2017 [zitiert 14. Juni 2020]. Verfügbar unter: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/063-002l_S1_Prävention-des-plötzlichen-Säuglingstodes_2018-07.pdf
43. Santillanes G, Rose E. Evaluation and Management of Dehydration in

- Children. *Emerg Med Clin North Am.* 2018;36(2):259–73.
44. Osthaus W, Ankermann T, Sümpelmann R. Präklinische Flüssigkeitstherapie im Kindesalter. *Pädiatr Up2date.* 2013;08(01):67–84.
45. Mendelson J. Emergency Department Management of Pediatric Shock. *Emerg Med Clin North Am.* 2018;36(2):427–40.
46. Standl T, Annecke T, Cascorbi I, Heller AR, Sabashnikov A, Teske W. The nomenclature, definition and distinction of types of shock [Internet]. *Deutsches Aerzteblatt Online.* 2018 [zitiert 4. Juni 2020]. Verfügbar unter: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/202261/Nomenklatur-Definition-und-Differenzierung-der-Schockformen>
47. Freissmuth M, Offermanns S, Böhm S. *Pharmakologie & Toxikologie: von den molekularen Grundlagen zur Pharmakotherapie: mit 129 Tabellen.* Heidelberg: Springer Medizin; 2012.
48. Duff JP, Topjian A, Berg MD, Chan M, Haskell SE, Joyner BL, u. a. 2018 American Heart Association Focused Update on Pediatric Advanced Life Support: An Update to the American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation.* 4. Dezember 2018;138(23).
49. Lüllmann H, Mohr K, Hein L, Wehling M. *Pharmakologie und Toxikologie: Arzneimittelwirkungen verstehen - Medikamente gezielt einsetzen : ein Lehrbuch für Studierende der Medizin, der Pharmazie und der Biowissenschaften, eine Informationsquelle für Ärzte, Apotheker und Gesundheitspolitiker.* 18. Auflage. Thieme Verlag; 2016.
50. Ghazavi M, Nasiri J, Yaghini O, Soltani R. Oral Diazepam in Febrile Seizures Following Acellular Pertussis Vaccination. *Adv Biomed Res.* 2019;8(1):29.
51. Laino D, Mencaroni E, Esposito S. Management of Pediatric Febrile Seizures. *Int J Environ Res Public Health.* 12. Oktober 2018;15(10):2232.
52. Carroll CL, Sala KA. Pediatric Status Asthmaticus. *Crit Care Clin.* April 2013;29(2):153–66.
53. Andrzejowski P, Carroll W. Salbutamol in paediatrics: pharmacology, prescribing and controversies. *Arch Dis Child - Educ Pract Ed.* August 2016;101(4):194–7.
54. Kuna P, Jurkiewicz D, Czarnecka-Operacz MM, Pawliczak R, Woron J,

- Moniuszko M, u. a. The role and choice criteria of antihistamines in allergy management – expert opinion. *Adv Dermatol Allergol.* 2016;6:397–410.
55. Parisi GF, Leonardi S, Ciprandi G, Corsico A, Licari A, Miraglia del Giudice M, u. a. Cetirizine use in childhood: an update of a friendly 30-year drug. *Clin Mol Allergy.* Dezember 2020;18(1):2.
56. Hansen M, Schmicker RH, Newgard CD, Grunau B, Scheuermeyer F, Cheskes S, u. a. Time to Epinephrine Administration and Survival From Nonshockable Out-of-Hospital Cardiac Arrest Among Children and Adults. *Circulation.* 8. Mai 2018;137(19):2032–40.
57. Van Aken H, Reinhart K, Welte T, Weigand M, Herausgeber. *Intensivmedizin.* 3. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2014.
58. Principi T, Schonfeld D, Weingarten L, Schneeweiss S, Rosenfield D, Ernst G, u. a. Update in Pediatric Emergency Medicine: Pediatric Resuscitation, Pediatric Sepsis, Interfacility Transport of the Pediatric Patient, Pain and sedation in the Emergency Department, Pediatric Trauma. *Update Pediatr.* 2018;223–49.
59. Seifert R. *Basiswissen Pharmakologie.* Berlin: Springer; 2018.
60. Ferrara G, Petrillo M, Giani T, Marrani E, Filippeschi C, Oranges T, u. a. Clinical Use and Molecular Action of Corticosteroids in the Pediatric Age. *Int J Mol Sci.* 21. Januar 2019;20(2):444.

