



op-welt.de

Martin Jöhr

# Kinder- anästhesie

Leseprobe

9. Auflage



ELSEVIER

Urban & Fischer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>Medikamente</b> .....	<b>41</b>
<b>2</b>	<b>Anatomische und physiologische Besonderheiten</b> .....	<b>5</b>	3.1	Atropin .....	41
2.1	Größenverhältnisse und Proportionen .....	5	3.2	Inhalationsanästhetika .....	42
2.2	Thermoregulation .....	5	3.2.1	Aufnahme und Verteilung .....	42
2.2.1	Wärmehaushalt und Anästhesie ....	5	3.2.2	Dosierung und MAC .....	43
2.2.2	Auswirkungen der Hypothermie ....	8	3.2.3	Sevofluran .....	44
2.2.3	Wärmeerhaltende Maßnahmen ....	9	3.2.4	Desfluran und andere Inhalationsanästhetika .....	45
2.3	Atemwege und Lungen .....	11	3.3	Intravenöse Anästhetika .....	46
2.3.1	Larynx .....	11	3.3.1	Allgemeines .....	46
2.3.2	Trachea .....	14	3.3.2	Thiopental .....	46
2.3.3	Lungenvolumina .....	14	3.3.3	Propofol .....	47
2.3.4	Atemmechanik .....	15	3.3.4	Etomidat und andere .....	49
2.3.5	O <sub>2</sub> -Verbrauch .....	16	3.4	Muskelrelaxanzien .....	49
2.3.6	Blutgase .....	17	3.4.1	Allgemeines .....	49
2.3.7	Extrapulmonale Sauerstofftoxizität .....	17	3.4.2	Nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien .....	51
2.4	Herz und Kreislauf .....	18	3.4.3	Succinylcholin .....	52
2.4.1	Der fetale Kreislauf .....	18	3.4.4	Antagonisieren von nichtdepolarisierenden Relaxanzien .....	53
2.4.2	Das Myokard .....	19	3.5	Opiate und Opiatantagonisten ....	53
2.4.3	Herzfrequenz und Herzrhythmus ....	19	3.5.1	Allgemeines .....	53
2.4.4	Interpretation des kindlichen EKG ..	20	3.5.2	Klinische Anwendung und Dosierung .....	55
2.4.5	Der Blutdruck .....	21	3.5.3	Probleme bei der Langzeitverabreichung von Opiaten .....	58
2.4.6	Herzminutenvolumen .....	24	3.6	Ketamin, S-Ketamin .....	58
2.4.7	Herzgeräusche, Herzvitien .....	24	3.7	Benzodiazepine .....	60
2.5	Blut und Blutersatz .....	27	3.8	α <sub>2</sub> -Agonisten .....	61
2.6	Wasser und Elektrolyte, Infusionstherapie .....	29	3.9	Analgetika und Antipyretika .....	62
2.6.1	Körperzusammensetzung .....	29	3.10	Herz- und kreislaufwirksame Medikamente .....	64
2.6.2	Grundlagen: täglicher Wasser- und Natriumbedarf .....	30	3.11	Antiemetika .....	65
2.6.3	Intraoperative Infusionstherapie ....	32	3.12	Aspirationsprophylaxe, H <sub>2</sub> -Rezeptorenblocker, Protonenpumpenhemmer .....	67
2.6.4	Parenterale Ernährung .....	33	3.13	Endokarditisprophylaxe .....	68
2.6.5	Nahrungsaufbau bei Neugeborenen	34	3.14	Thromboseprophylaxe .....	69
2.7	Niere .....	35	3.15	Hypoglykämie, Hyperglykämie ....	70
2.8	Leber .....	36			
2.9	Nervensystem .....	37			
2.10	Psychologische Probleme .....	38			

<b>4</b>	<b>Techniken und Material</b> .....	73	4.11.3	Postoperative Probleme .....	115
4.1	Präoperative Abklärungen .....	73	4.11.4	Entlassung und Nachkontrolle .....	115
4.2	Nahrungskarenz .....	74			
4.3	Prämedikation .....	75	<b>5</b>	<b>Regionalanästhesie</b> .....	117
4.4	Venöser Zugang .....	77	5.1	Besonderheiten im Kindesalter ...	117
4.4.1	Peripherer Venenzugang .....	77	5.1.1	Indikation .....	117
4.4.2	Zentrale Venenkatheter .....	80	5.1.2	Physiologische und anatomische Besonderheiten .....	118
4.5	Monitoring .....	87	5.1.3	Pharmakokinetische Besonderheiten .....	119
4.5.1	Minimales Monitoring .....	87	5.1.4	Toxizität .....	120
4.5.2	Das Pulsoxymeter .....	87	5.2	<b>Zentrale Blockaden</b> .....	120
4.5.3	EKG .....	87	5.2.1	Spinalanästhesie (SP) .....	120
4.5.4	Kapnografie .....	88	5.2.2	Kaudalanästhesie (KA) .....	122
4.5.5	Relaxometrie .....	89	5.2.3	Lumbale und thorakale Epiduralanästhesie .....	128
4.5.6	Blutgasanalysen und arterielle Katheter .....	90	5.3	<b>Periphere Blockaden</b> .....	130
4.5.7	Die transkutane Messung von pO <sub>2</sub> und pCO <sub>2</sub> .....	93	5.3.1	Allgemeines .....	130
4.5.8	Erweitertes Monitoring .....	94	5.3.2	Obere Extremität .....	132
4.6	<b>Intubation und Tubuswahl</b> .....	95	5.3.3	Untere Extremität .....	133
4.6.1	Technik der Intubation .....	95	5.3.4	Intravenöse Regionalanästhesie ...	138
4.6.2	Tubusgröße .....	96	5.3.5	Paravertebrale Blockade, Interkostalblockade .....	139
4.6.3	Tubusmodelle .....	100	5.3.6	Penisblock und Alternativen .....	139
4.6.4	Doppellumentuben und Lungenseparation .....	101	5.3.7	Blockaden im Bereich der Bauchwand .....	141
4.6.5	Tubusfixation, Langzeitintubation .....	101	5.3.8	Weitere periphere Blockaden .....	144
4.6.6	Tracheotomie .....	104	5.4	<b>Lidocain intravenös</b> .....	146
4.6.7	Die schwierige Intubation .....	105	5.4.1	Allgemeines .....	146
4.6.8	Vorgehen bei der Extubation .....	105	5.4.2	Klinische Anwendung .....	146
4.7	<b>Larynxmaske</b> .....	106	<b>6</b>	<b>Spezielle Situationen, Notfälle</b> .....	147
4.8	<b>Beatmungssysteme</b> .....	108	6.1	Das nicht nüchterne Kind .....	147
4.8.1	Allgemeines .....	108	6.2	Das nicht kooperative Kind .....	148
4.8.2	Kreissysteme .....	108	6.3	Reanimation .....	149
4.8.3	Halboffene Systeme: Ayre-T-Stück, Kuhn-System, Bain-System .....	108	6.4	Die Primärversorgung des Neugeborenen .....	151
4.8.4	Respiratoren .....	109	6.4.1	Allgemeines .....	151
4.8.5	Zubehör: Beutel und Masken .....	110	6.4.2	Bereitstellen des Materials .....	151
4.9	<b>Magensonden, Blasenkatheter, Thoraxdrainagen</b> .....	111	6.4.3	Ablauf .....	152
4.10	<b>Postoperative Richtlinien und Schmerztherapie</b> .....	112	6.4.4	Besondere Situationen .....	153
4.11	<b>Ambulante Anästhesie und Tagesklinik</b> .....	114	6.5	<b>Maligne Hyperthermie (MH)</b> .....	154
4.11.1	Wahl eines ambulanten Vorgehens .....	114	6.6	<b>Anaphylaxie, Latexallergie</b> .....	156
4.11.2	Wahl des Verfahrens .....	115	6.7	<b>Epiglottitis und Pseudokrupp</b> .....	157

6.8	Verbrennungen .....	158	7.14	Hämangiome .....	185
6.9	Schädel-Hirn-Trauma (SHT) .....	160	7.15	Tumorchirurgie: Wilms-Tumor und Neuroblastom .....	187
<b>7</b>	<b>Verschiedene Eingriffe und Fachgebiete</b> .....	<b>163</b>	7.16	Kraniosynostosen .....	187
7.1	Eingriffe in den ersten Lebenswochen .....	163	7.17	Hydrozephalus, Shuntoperationen .....	188
7.1.1	Allgemeines .....	163	<b>8</b>	<b>Kinder mit Begleiterkrankungen</b> .....	<b>191</b>
7.1.2	Kongenitale Zwerchfellhernie (CDH) .....	163	8.1	Allgemeines .....	191
7.1.3	Ösophagusatresie („tracheo-esophageal fistula“, TEF) .....	164	8.2	Zerebralparese (Cerebral Palsy) ...	191
7.1.4	Omphalozele, Gastroschisis (Laparoschisis) .....	167	8.3	Epilepsie .....	191
7.1.5	Frühgeborene mit Lungenaffektionen (Typ „hyaline Membranen“) .....	168	8.4	Adipositas .....	192
7.1.6	Myelomeningozele (MMC) .....	168	8.5	Trisomie 21 .....	192
7.1.7	Pylorusstenose .....	169	8.6	Zystische Fibrose (Mukoviszidose, CF) .....	193
7.2	Minimalinvasive Chirurgie .....	170	8.7	Leukämie, Tumorleiden .....	194
7.3	Hernien, Kryptorchismus .....	171	8.8	Das Kind mit Sepsis .....	195
7.4	Tonsillektomie, Adenotomie .....	172	8.9	Hämophilie .....	195
7.5	Gaumenspalten, Lippenspalten ...	174	8.10	Asthma .....	197
7.6	Ohrkorrektur .....	175	8.11	Patienten mit Langzeitsteroidtherapie .....	198
7.7	Bronchoskopie .....	175	8.12	Neuromuskuläre Erkrankungen ...	199
7.8	Gastroskopie, Rektoskopie, Koloskopie .....	177	8.13	Metabolische Erkrankungen .....	200
7.9	Viszeralchirurgische Eingriffe .....	179		<b>Anhang – Anästhesie bei seltenen Erkrankungen und Syndromen</b> .....	<b>203</b>
7.10	Urologische Eingriffe .....	180		<b>Register</b> .....	<b>217</b>
7.11	Ophthalmologische Eingriffe .....	181			
7.12	Orthopädische und traumatologische Eingriffe .....	182			
7.13	Computertomografie (CT), Kernspintomografie (MRI) .....	183			

# 2

# Anatomische und physiologische Besonderheiten

## 2.1 Größenverhältnisse und Proportionen

Großer Kopf, großes Abdomen, kleiner Thorax und kleine Extremitäten charakterisieren die **Proportionen** des Säuglings. Dies hat zum Beispiel zur Folge, dass bei der Abschätzung der Ausdehnung von **Verbrennungen** andere Richtlinien gelten als die „Neunerregel“.

Beim kleinen Kind ist die Körperoberfläche im Vergleich zum Körpergewicht relativ groß (KO/KG 2- bis 3-mal größer als beim Erwachsenen). Die Wärmeabgabe ist deshalb gut (oft allzu gut) möglich (> Tab. 2.1, > Abb. 2.1).

Für die **Dosierung von Medikamenten** werden sowohl Körperoberfläche wie auch Körpergewicht verwendet. Bei der Verwendung der Körperoberfläche als Dosierungsgrundlage erhalten kleine Kinder größere Dosen als bei der Verwendung des Körpergewichts. Viele Lebensvorgänge (O<sub>2</sub>-Bedarf, Flüssigkeitsbedarf, Dosierungen etc.) steigen mit dem Körpergewicht nicht linear an, sondern exponentiell: (Körpergewicht)<sup>¾</sup>.

Der Anästhesist sollte abschätzen können, ob ein Kind in Größe und Gewicht seinem Alter entspricht. Das **Geburtsgewicht** wird mit 5 Monaten verdop-

pelt, mit 1 Jahr verdreifacht, mit 2 Jahren vervierfacht. Pro Monat nimmt der Säugling im ersten halben Jahr 600 g und im zweiten 500 g zu. Formeln können dabei helfen, das Körpergewicht zu schätzen (> Tab. 2.2). Die Gewichtsschätzung durch die Eltern (Mütter > Väter) und die Kleidergröße können helfen. Die Armspanne (Fingerspitze zu Fingerspitze) entspricht etwa der Körpergröße.

Zur **Altersbestimmung** sind dem Unerfahrenen folgende Hinweise hilfreich: Ein Säugling ohne Zähne ist jünger als 6 bis 8 Monate; ein Säugling mit offener Fontanelle ist jünger als 18 bis 24 Monate; ein Kind mit Windeln ist meist jünger als 4 Jahre; ein Kind mit Zahnlücken vorne ist etwa 7 Jahre alt.

Die Nomogramme können durch folgende Formel ersetzt werden:

$$\text{Körperoberfläche (m}^2\text{)} = \frac{\sqrt{\text{Größe (cm)} \times \text{Gewicht (kg)/3600}}$$

**Psychomotorische Entwicklung:** Lächeln 6 Wochen, Kopfheben in Bauchlage 2 Monate, Verfolgen mit den Augen 3 Monate, Greifversuch 4 Monate, **Fremdeln 5 Monate**, Sitzen 6 Monate, Stehen 9 Monate, Gehen 12 Monate.

### LITERATUR

Young, K.D., Korotzer, N.C.: Weight Estimation Methods in Children: A Systematic Review. Ann. Emerg. Med. (2016) 68: 441–451

**Tab. 2.1** Verhältnis von Oberfläche, Gewicht und Körpergröße bei Kindern

Alter	Oberfläche (m <sup>2</sup> )	Gewicht	Länge
NG	0,2	3 kg	50 cm
2 J	0,5	12 kg	85 cm
5 J	0,7	18 kg	110 cm
9 J	1,0	30 kg	135 cm

**Tab. 2.2** Formeln zur Schätzung des Körpergewichts.

<b>Säuglinge</b>	KG = (Alter in Monaten + 9) ÷ 2
<b>Kinder</b>	KG = (Alter in Jahren + 4) × 2

## 2.2 Thermoregulation

### 2.2.1 Wärmehaushalt und Anästhesie

Schon das Neugeborene hat eine intakte Thermoregulation. Es versucht, seine Körpertemperatur konstant zu halten. Dabei hat es aber mit viel größeren

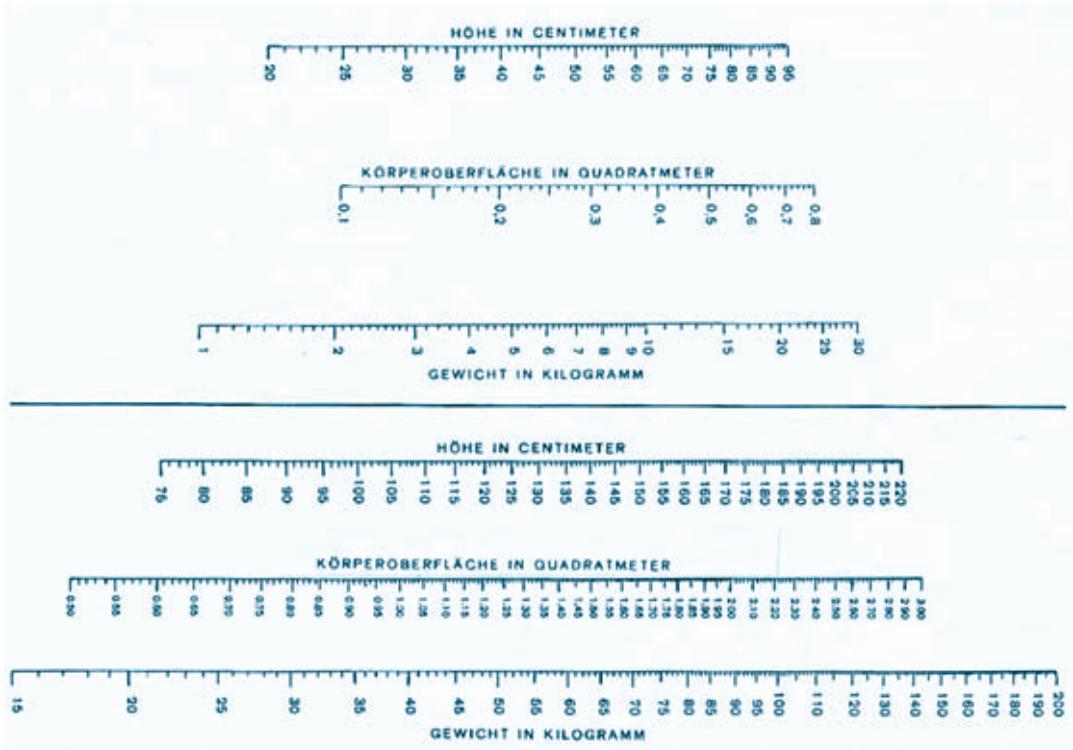


Abb. 2.1 Nomogramm zur Bestimmung der Körperoberfläche aus Länge und Gewicht [A400]

Schwierigkeiten zu kämpfen als größere Kinder (> Tab. 2.3). Die **Wärmeverluste** sind relativ groß und werden durch folgende Faktoren begünstigt:

- **große Körperoberfläche** im Vergleich zur Körpermasse (hypothermiegefährdet sind vor allem Kinder mit weniger als  $0,5 \text{ m}^2$  Körperoberfläche)
- **geringe Hautdicke** mit wenig subkutanem Fett
- **Verdunstung** (Säuglinge sind immer sofort zu trocknen nach Benetzung durch Urin, Desinfektionsmittel etc. Eine hohe Luftfeuchtigkeit ist günstig, sie erschwert die Verdunstung)

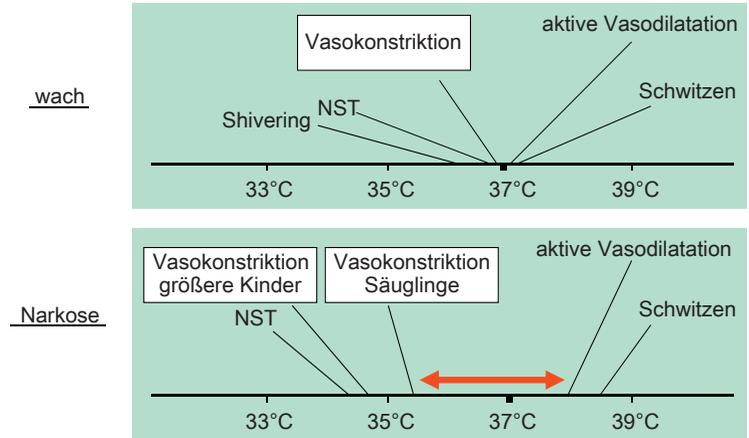
Auch nach Beendigung der Kälteexposition kann die Kerntemperatur noch weiter sinken.

Die **Wärmeproduktion** erfolgt beim Neugeborenen vor allem durch Metabolismus im braunen Fettgewebe („**non shivering thermogenesis**“). Dies ist schon kurz nach der Geburt möglich und ist von einem erheblichen  $\text{O}_2$ -Verbrauch und einem Absinken des respiratorischen Quotienten begleitet (intrauterin 1,0; am dritten Lebenstag 0,7). Diese effektive metabolische Wärmeproduktion ermöglicht auch ein Wiederanstiegen der Körpertemperatur wäh-

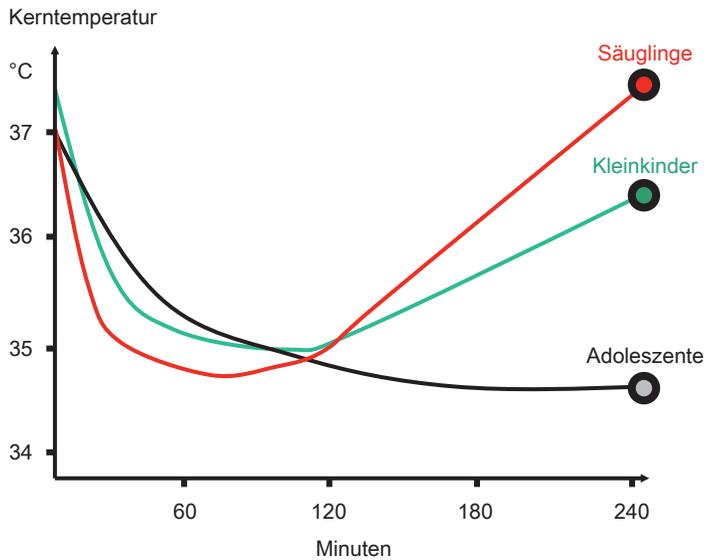
rend langdauernder Eingriffe bei Säuglingen und Kleinkindern. Postoperatives Muskelzittern („shivering“) tritt erst ab 6 Jahren auf. Die Schwierigkeiten des Neugeborenen, seine Temperatur konstant zu halten, lassen sich am besten durch einen Vergleich von **Neutraltemperatur** und kritischer Temperatur mit den Werten des Erwachsenen ermesen (> Tab. 2.3).

Ein Neugeborenes, das bei  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  Zimmertemperatur entkleidet wird, ist also in der gleichen Situation wie ein Erwachsener, der sich bei  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  ausziehen muss.  $32 \text{ }^\circ\text{C}$  Isolettentemperatur hingegen entsprechen dem Badewetter ( $28 \text{ }^\circ\text{C}$ , Schatten, windstill).

In **Narkose** wird die Körpertemperatur nicht eng konstant gehalten (> Abb. 2.2). **Thermoregulatorische Antworten** setzen erst bei erheblichen Abweichungen ( $< 35,5^\circ$ ) ein. Dies führt unmittelbar nach der Narkoseeinleitung zu einer Abnahme des Vasokonstriktorentonus mit Zunahme der Hautdurchblutung. Eine **Wärmeumverteilung** vom Körperkern zur Peripherie ist die Folge. Auch ohne vermehrte Verluste sinkt die Kerntemperatur (> Abb. 2.3).



**Abb. 2.2** Schwellen für die thermoregulatorische Antwort. In Narkose wird die Temperatur nicht mehr eng konstant gehalten (↔) [T517]



**Abb. 2.3** Temperaturverlauf in den verschiedenen Altersklassen: Nach etwa einer Stunde steigt bei Säuglingen und Kleinkindern die Körperkerntemperatur typischerweise an (38–39 °C kommen vor), wenn übermäßige Wärmeverluste verhindert werden [T517]

**Tab. 2.3** Neutraltemperatur und kritische Temperatur

	Neutraltemperatur (Umgebungstemperatur mit geringstem O <sub>2</sub> -Verbrauch)	Kritische Temperatur (Überleben knapp möglich)
Erwachsene	28 °C	1 °C
Termingeborene	32 °C	23 °C
Frühgeborene	34 °C	28 °C

Das Ausmaß der thermoregulatorischen Antworten bleibt in Narkose weitgehend erhalten. Fentanyl vermindert möglicherweise die „non shivering thermogenesis“. Eine Ketaminnarkose bewirkt weniger

Temperaturabfall als Halothan; eine Sevofluraneinleitung weniger als Propofol.

Die Temperatur soll bei jeder Kindernarkose gemessen werden! Fieber ist häufig bei Kindern, und der Anästhesiarzt muss darüber Bescheid wissen. Wir messen als Routine rektal, bei intubierten Kindern mittels Ösophagusstethoskop sowie bei langen Eingriffen und postoperativ mittels Blasenkatheter (> Kap. 4.9). Während der Anästhesie ist die Hauttemperatur nicht verwertbar, Messungen im Nasopharynx oder im oberen Ösophagus werden durch die kalten Atemgase verfälscht. Bei sehr kurzen Eingriffen wird einmalig die Trommelfelltemperatur registriert.

**MERKE**

Bei jeder Kindernarkose: Temperatur messen und protokollieren.

**LITERATUR**

Drake-Brockman, T.F., Hegarty, M., Chambers, N.A., von Ungern-Sternberg, B.S.: Monitoring temperature in children undergoing anaesthesia: a comparison of methods. *Anaesth. Intensive Care* (2014) 42: 315–320

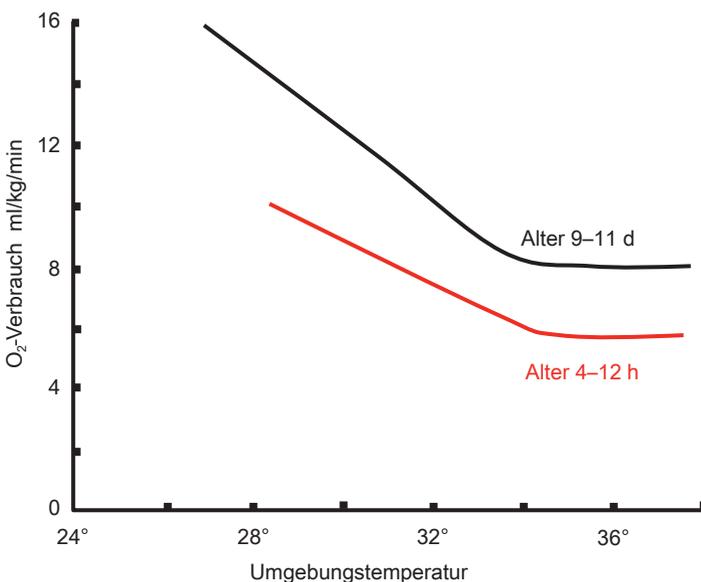
**2.2.2 Auswirkungen der Hypothermie**

Das Absinken der Körpertemperatur während der Narkose begünstigt Wundinfekte und Gerinnungsstörungen. Zusätzliche Probleme kommen postoperativ bei der Wiedererwärmung!

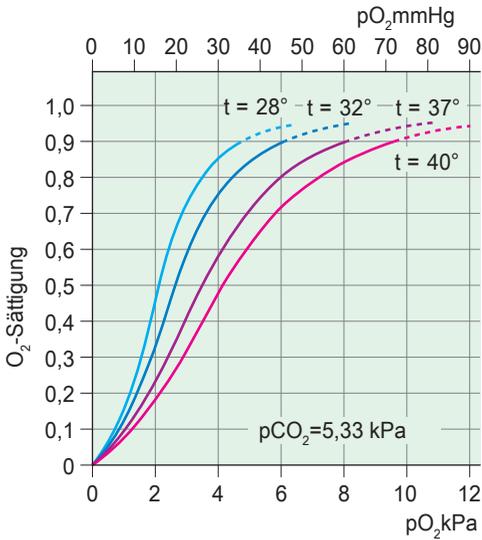
Besonderheiten, die bei Hypothermie vorkommen:

- In Narkose sinkt der Sauerstoffbedarf mit sinkender Körpertemperatur (bei tiefer Hypothermie um 14–18 °C tolerieren kleine Kinder sogar einen totalen Kreislaufstillstand von 45 Minuten oder mehr, ohne schweren Schaden zu nehmen!).
- Postoperativ steigt der Sauerstoffbedarf beim wachen Patienten massiv (bis 300 % bei älteren Kindern). Wache Patienten brauchen zudem mehr Sauerstoff in kalter Umgebung ( > Abb. 2.4).

- Eine Abnahme des PaO<sub>2</sub> ist möglich; unter anderem werden erhöhte Noradrenalinspiegel dafür verantwortlich gemacht, die zu einem Anstieg des pulmonalen Widerstands führen. **Rechts-Links-Shunts** sind möglich bei noch offenem Foramen ovale oder noch offenem Ductus Botalli.
- Die **O<sub>2</sub>-Bindung ans Hämoglobin** ist stärker. Die O<sub>2</sub>-Bindungskurve ist nach links verschoben, was die O<sub>2</sub>-Abgabe ans Gewebe erschwert. Bei tiefen Temperaturen spielt zudem die ansteigende Blutviskosität eine ungünstige Rolle ( > Abb. 2.5).
- Bei tiefen Temperaturen ist Sauerstoff besser löslich im Blut. Wenn Blutproben hypothermer Patienten bei 37 °C untersucht werden, so misst man falsch hohe pO<sub>2</sub>-Werte. Dasselbe gilt auch für CO<sub>2</sub>. Es ist jedoch unsicher, ob auch bei Hypothermie ein pCO<sub>2</sub> von 40 mmHg optimal ist. Beim **pH-stat-Management** (Hypothermie während extrakorporaler Zirkulation) wird eine Temperaturkorrektur der Messung durchgeführt und der CO<sub>2</sub>-Gehalt erhöht, um ein pCO<sub>2</sub> von 40 mmHg zu erhalten, beim **α-stat-Management** nicht.
- Die **Atemfrequenz** sinkt, bei ca. 24 °C kann ein Atemstopp eintreten.
- Die **Kontraktilität des Myokards**, das **Herzminutenvolumen** und die **Herzfrequenz** nehmen ab. Das Schlagvolumen bleibt fast gleich, die koro-



**Abb. 2.4** Der Sauerstoffbedarf steigt ohne Narkose mit sinkender Umgebungstemperatur. Ältere Neugeborene können die Wärmeproduktion besser steigern [nach Hey, E.N.: The relation between environmental temperature and oxygen consumption in the newborn baby. *J. Physiol.* (1969) 200: 589–603] [T517]



**Abb. 2.5** Sauerstoffbindungskurven des Hämoglobins in Abhängigkeit von der Temperatur [nach Wissenschaftliche Tabellen, Ciba-Geigy 8. Aufl. (1979) Ciba-Geigy Limited, Basel] [L234]

nare Durchblutung ist relativ gut. Bei zunehmender Abkühlung kommt es zu einer atropinresistenten Bradykardie (Sinusstillstand bei 10–15 °C). Unter 30 °C sind Rhythmusstörungen häufig und unter 28 °C kann jederzeit ein spontanes **Kammerflimmern** auftreten (z. T. schon unter 30 °C).

- Im EKG finden sich eine QRS-Verbreiterung, eine PQ-Verlängerung, eine ST-Hebung sowie eine T-Inversion. Bei Temperaturen unter 31 °C findet man oft eine J-Welle im absteigenden Schenkel des R (> Abb. 2.6).
- Der **Metabolismus** nimmt um 6–7 % pro Grad ab. Die eingeschränkte Metabolisierung von Zit-

rat kann bei Massivtransfusionen ein Problem werden. Während der Hypothermie ist die Glukoseverwertung gestört, es besteht eine Tendenz zur Hyperglykämie. Postoperativ hingegen besteht die Gefahr der **Hypoglykämie**.

- Die **Nierenfunktion** nimmt ab. Die Urinmenge wird kleiner, die Konzentrationsfähigkeit ist eingeschränkt.
- Die **MAC der Inhalationsanästhetika** wird kleiner (für Isofluran beträgt der MAC-Wert bei 27 °C nur noch 50 % des Wertes bei 37 °C). Das protrahierte Erwachen hypothermer Kinder wird teilweise dadurch erklärt.
- Die Wirkungsdauer der **Muskelrelaxanzien** wird verlängert wegen der verminderten Elimination.

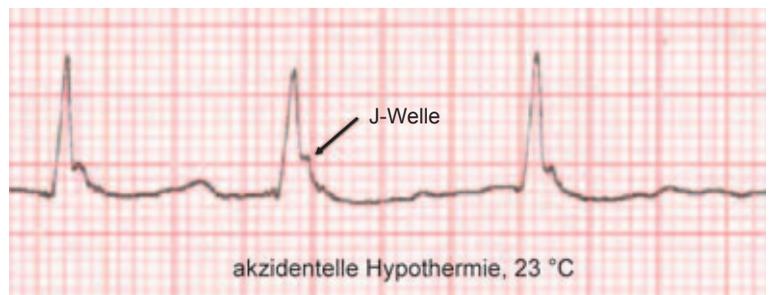
#### LITERATUR

Epstein, E., Anna, K.: Accidental hypothermia. BMJ (2006) 332: 706–709

### 2.2.3 Wärmeerhaltende Maßnahmen

Das Aufrechterhalten der Körpertemperatur ist eine zentrale Aufgabe des Kinderanästhesisten; seine Fähigkeiten werden vielfach anhand einer einzigen Zahl beurteilt, der Temperatur (> Abb. 2.7):

- Die Patienten sollen **nicht unnötig ausgezogen** und entblößt werden. Bei Säuglingen können große Wärmeverluste im Kopfbereich erfolgen.
- Sofort nach der Hautdesinfektion muss steril abgedeckt werden; die **Größe des OP-Feldes** ist auf das Notwendige zu beschränken; v. a. die Leistengegend soll nicht unnötig frei liegen.
- Die **Raumtemperatur** muss angepasst werden. Eine Erhöhung bewirkt geringere Wärmeverluste; für Neugeborene beträgt die neutrale Umge-



**Abb. 2.6** J-Welle bei Hypothermie (auch „Osborn wave“ oder „camel hump sign“ genannt) [T517]



**Abb. 2.7** Der Einsatz konvektiver Wärmesysteme beim Säugling. Das Kind liegt auf der Matte und ist gut einsehbar mit durchsichtiger Plastikfolie bedeckt. Der Rippenbogen ist angezeichnet, um eine ausreichende (aber nicht zu ausgedehnte) Desinfektion für eine Laparotomie zu garantieren [T517]

bungstemperatur 32–34 °C; eine Temperatur, die dem Personal nicht zuzumuten ist. Als Kompromiss gilt, dass für Neugeborene der Operationsaal auf 26 °C aufgeheizt wird.

- **Konvektive Wärmesysteme** (z. B. Bair-Hugger, Warm-Touch) haben sich sehr bewährt, sie ermöglichen mühelos eine aktive Erwärmung auch kleinster Patienten. Kleine Kinder werden auf die Matten gelegt und mit durchsichtiger Plastikfolie bedeckt.

#### Konvektive Wärmesysteme (z. B. Bair-Hugger, Warm-Touch)

- Immer ohne Ausnahme bei Neugeborenen und Säuglingen
- Üblicher Standard in allen Altersklassen (mögliche Ausnahmen: diagnostische Maßnahmen und evtl. längere HNO-Eingriffe)

- **Wassermatratzen** sind vielerorts üblich. Jede Wärmematratze in Betrieb soll von Zeit zu Zeit berührt werden. Elektrische Heizkissen sind für den Operationssaal nicht geeignet; bei Durchnäsung sind schwere Verbrennungen möglich!

#### MERKE

Elektrische Heizkissen sind verboten! Gefahr von Verbrennungen!

- **Wärmelampen** sind hilfreich für die Zeit der Narkoseeinleitung und -ausleitung (Vorsicht: Verbrennungen sind möglich, hier sind es jedoch meist die Haare des Anästhesiepersonals). Auf der Intensivstation werden damit gelegentlich Eingriffe in der offenen Pflegeeinheit durchgeführt.
- **Warme Infusionen** vermindern Wärmeverluste. Bei Säuglingen lohnt sich das Anwärmen von In-

fusionen jedoch kaum, da bei kleinen Flussraten durch lange Infusionsschläuche ohnehin (wieder) Raumtemperatur erreicht wird.

- **Atemgase** sollen angewärmt und befeuchtet werden. Kreissysteme mit niedrigem Frischgasfluss haben sich bewährt.
- **Polsterung:** Bei Frühgeborenen lohnt es sich, die Extremitäten in Watte zu packen, um Wärmeverluste zu verhindern, vorwiegend aber, um sie vor Trauma, z. B. durch Falten in den Abdecktüchern, zu schützen.

#### LITERATUR

Bissonnette, B., Paut, O.: Active warming of saline or blood is ineffective when standard infusion tubing is used: an experimental study. *Can. J. Anaesth.* (2002) 49: 270–275

## 2.3 Atemwege und Lungen

### 2.3.1 Larynx

Der Larynx steht beim Neugeborenen höher als beim Erwachsenen. Eine große Zunge sowie eine große U-förmige Epiglottis sind weitere Merkmale des kleinen Kindes. Intubationskissen sind beim Neugeborenen und Säugling unnötig, um den La-

ryn gut einsehen zu können (das Intubationskissen ist „bereits eingebaut“ mit dem großen Hinterkopf).

Die **Maskenbeatmung** ist schwierig bei Neugeborenen und bei Säuglingen (auch Erfahrene erreichen oft nur  $\frac{1}{3}$  des  $V_T$ , das sie erreichen möchten). Die Maskenbeatmung gelingt am besten in Neutralposition und bei leicht geöffnetem Mund. Bei extremer Retroflexion fällt die Zunge nach hinten und obstruiert (> Abb. 2.8).

Bei der **Laryngoskopie** gibt der gerade Spatel bei Kindern unter 1 Jahr oft den besseren Einblick als der gebogene (Macintosh).

#### MERKE

Kinder ohne Zähne sind mit dem geraden Spatel zu laryngoskopieren (nach Möglichkeit ohne die Epiglottis aufzuladen).

Das Laryngoskop soll sorgfältig und mit Gefühl eingeführt werden. Schwerwiegende Verletzungen kommen immer wieder vor. Bei Neugeborenen ist es oft einfacher, den Spatel sanft in den Hypopharynx einzuführen und die Strukturen beim Zurückziehen zu identifizieren.

#### MERKE

Sorgfalt bei der Laryngoskopie!



**Abb. 2.8** Atemwegsmanagement mit der Gesichtsmaske: Neutralstellung, Esmarch-Handgriff (mit dem Ringfinger) und geöffnetem Mund. Beim spontan atmenden Kind hilft CPAP zusätzlich, den Luftweg offen zu halten [T517]

Lin, C., Durieux, M. E.: Ketamine and Kids: an update. Paediatr. Anaesth. (2005) 15: 91–97

#### Prämedikation und Sedierung

Brunette, K.E., Anderson, B.J., Thomas, J., Wiesner, L., Herd, D.W., Schulein, S.: Exploring the pharmacokinetics of oral ketamine in children undergoing burns procedures. Paediatr. Anaesth. (2011) 21: 653–662

Weber, F., Wulf, H., Gruber, M., Biallas, R.: S-ketamine and s-norketamine plasma concentrations after nasal and i. v. administration in anesthetized children. Paediatr. Anaesth. (2004) 14: 983–988

#### Komplikationen

Melendez, E., Bachur, R.: Serious adverse events during procedural sedation with ketamine. Pediatr. Emerg. Care (2009) 25: 325–328

## 3.7 Benzodiazepine

Für Kinder und Erwachsene sind Benzodiazepine das **Prämedikationsmittel der Wahl**. Das Wirkungsspektrum aller Benzodiazepine ist ähnlich: Mit zunehmender Dosis treten **Anxiolyse, Amnesie, Euphorie, Sedierung** und schließlich Schlaf auf. Alle Benzodiazepine haben auch antikonvulsive und muskelrelaxierende Eigenschaften. Das explizite Gedächtnis (bewusst abrufbar) wird durch Midazolam gehemmt; implizite Erinnerungen sind trotzdem möglich, sie beeinflussen Ängste und Verhalten.

### WICHTIG

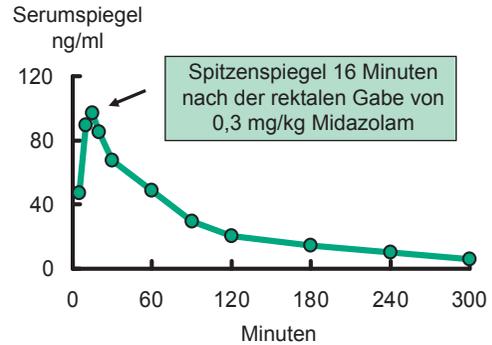
Midazolam ist dann gut, wenn die Narkoseeinleitung angst- und stressfrei erfolgt.

**Midazolam** hat eine kurze Halbwertszeit (1–3 h bei Kindern); es kann deshalb hoch dosiert werden, ohne eine lange residuelle Wirkung zu haben (➤ Abb. 3.11).

#### Midazolam zur Prämedikation

- **Rektal oder per os: 0,5–1,0 mg/kg** (selten > 15 mg)
- Nasal: 0,4 mg/kg
- I. v.: 0,1 mg/kg

Midazolam **rektal** ist die ideale Prämedikation im Vorschulalter. Der Wirkungseintritt erfolgt rasch und zuverlässig nach 10–15 Minuten. Die Kinder



**Abb. 3.11** Die Pharmakokinetik von rektalem Midazolam [nach Saint-Maurice, C., Meistelman, C., Rey, E., Esteve, C., de Lauture, D., Olive, G.: The pharmacokinetics of rectal midazolam for premedication in children. Anesthesiology (1986) 65: 536–538] [T517]

sind meist wach, kooperativ und oft euphorisch. Bei rektaler Gabe wird der maximale Plasmaspiegel nach durchschnittlich 16 Minuten erreicht; nach einer Stunde ist der Spiegel bereits wieder auf die Hälfte abgefallen. Wir verwenden bei sonst gesunden Kindern Dosen bis 1 mg/kg (maximal 15 mg).

Echte **paradoxe Reaktionen** sind selten; meist werden den Kindern bei ungenügender Sedierung beängstigende oder schmerzhafte Prozeduren zugemutet. Eine Notiz über den Prämedikationseffekt erleichtert ein späteres Gespräch mit den Eltern.

### MERKE

Immer die Wirkung der Prämedikation notieren.

Midazolam **oral** ist eine Alternative. Die Ampullenlösung wird mit unverdünntem Sirup vermischt; ein bitterer Geschmack bleibt (weniger bei Aufnahme mit Trinkhalm). In einigen Ländern sind Trinklösungen kommerziell erhältlich. Geschmacksneutrale Lösungen (Ozalin mit  $\gamma$ -Cyclodextrin) werden zunehmend Verbreitung finden. Schulkinder können meistens auch problemlos Tabletten schlucken. Trotz hoher Dosierung (15 mg ab 15 kg) beginnt die Wirkung deutlich später und ist sehr variabel.

Midazolam **nasal** ist in Einzelfällen hilfreich, wenn bei Säuglingen oder Kleinkindern ein besonders rascher Wirkungseintritt erforderlich ist: 0,4 mg/kg werden mit dem MAD-Appikator (➤ Kap. 4.3) in ein Nasenloch verabreicht. Der ma-

ximale Plasmaspiegel wird nach 10 Minuten erreicht und beträgt 50–60 % der Werte nach i. v. Injektion. Alle Kinder weinen nach der Verabreichung.

Midazolam rektal zur Prämedikation ist ein wesentlicher Fortschritt! Eine Dosis von **0,5–1,0 mg/kg ist eine Prämedikation** und keine Narkoseeinleitung. Dormicum-rektal ist sicher: Wenn nüchterne Kinder ohne schwere Begleiterkrankung damit prämediziert werden, besteht kaum ein Risiko. Persönlich übersehen wir an unserer Klinik 2018 weit über 100.000 Anwendungen von Dormicum-rektal bei Kindern. Dormicum-rektal ist nicht geeignet zur Sedierung während diagnostischer Untersuchungen, die ein völliges Ruhigliegen erfordern (CT, Szintigrafie; > Kap. 7.13).

Als **Einleitungshypnotikum** ist Midazolam nicht geeignet.

Die Behandlung des **epileptischen Anfalls** mit Midazolam ist möglich (nasal oder buccal bei fehlendem i. v. Zugang); Thiopental, Lorazepam oder Diazepam wirken aber rascher und sind vorzuziehen. Nach dem Sistieren des Krampfes kommt es nach Benzodiazepinen gelegentlich zu typischen, selbstlimitierenden Dystonien.

Zur **Langzeitsedierung** werden **0,1–0,3 mg/kg/h Midazolam** zusammen mit Opiaten verwendet (> Kap. 3.5).

**Diazepam (Valium, Stesolid)** kann in einer Dosis von 0,2–0,5 mg/kg rektal zur Sedierung verwendet werden. Trotz der anscheinend hohen Dosis ist der Effekt eher „mild“.

Zur Behandlung des **epileptischen Anfalls** wird Lorazepam (Temesta) 0,1 mg/kg langsam intravenös verabreicht. Ohne venösen Zugang wird es über die Mundschleimhaut verabreicht (Temesta expidet; < 20 kg 1 mg, > 20 kg 2,5 mg). Diazepam 0,2 bis 0,4 mg/kg intravenös ist eine Alternative.

**Clonazepam (Rivotril)** wird als Antiepileptikum eingesetzt. Kinder unter einer Rivotril-Dauertherapie weisen oft einen störenden Speichelfluss auf.

**Flumazenil (Anexate):** Der Benzodiazepinantagonist Flumazenil ist, was die Anwendung bei Kindern anbetrifft, wenig untersucht. Anscheinend sind bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen höhere Dosen nötig. Eine rektale oder sublinguale Gabe (50  $\mu$ g/kg) ist möglich. Im klinischen Alltag dürfte es selten gerechtfertigt sein, Kindern die Anxiolyse und Sedierung durch Flumazenil (10  $\mu$ g/kg i. v.) zu neh-

men. Es ist aber hilfreich, um bei Kindern mit einer Atemwegsobstruktion (z.B. bei OSAS) den Muskeltonus wiederherzustellen.

#### LITERATUR

Walbergh, E. J., Wills, R. J., Eckhart, J.: Plasma concentrations of midazolam in children following intranasal administration. *Anesthesiology* (1991) 74: 233–235

#### Therapie von Krämpfen: Midazolam buccal und Diazepam rektal

McTague, A., Martland, T., Appleton, R.: Drug management for acute tonic-clonic convulsions including convulsive status epilepticus in children. *Cochrane Database Syst.* (2018) 1: CD001905

#### Flumazenil

Thakker, P., Gallagher, T. M.: Flumazenil reverses paradoxical reaction to midazolam in a child. *Anaesth. Intensive Care* (1996) 24: 505–507

## 3.8 $\alpha_2$ -Agonisten

$\alpha_2$ -Agonisten bewirken Sedierung und ein ruhiges Aufwachverhalten. Bradykardie, initialer Blutdruckanstieg und nachfolgend Blutdruckabfall sind zu beachten. Die sedierende Wirkung beginnt langsam (oral/nasal nach 45–60 Minuten). Der Anästhetikabedarf wird reduziert.

**Dexmedetomidin (Dexdor)** ist kürzer wirksam ( $\beta$ -Halbwertszeit 2 h) als Clonidin, es kann daher deutlich höher dosiert werden und eine tiefe Sedierung ist möglich. Es wird zur Prämedikation, als Co-Analgetikum, zur Delir-Therapie und zur Sedierung während diagnostischer Maßnahmen eingesetzt (> Tab. 3.8). Der Wirkeintritt erfolgt langsam; eine zu rasche Injektion führt zu Hypertension und Bradykardie.

**Clonidin** ist wegen der langen Wirkdauer ( $\beta$ -Halbwertszeit 10 h) für ambulante Patienten wenig geeignet. Es wird seit vielen Jahren zur Verbesserung des Aufwachverhaltens und als Zusatz zu Lokalanästhetika verwendet (> Tab. 3.9).

#### LITERATUR

Jöhr, M.: Clonidine in paediatric anaesthesia. *Eur. J. Anaesthesiol.* (2011) 28: 325–326

Mason, K. P., Lerman, J.: Review article: Dexmedetomidine in children: current knowledge and future applications. *Anesth. Analg.* (2011) 113: 1129–1142

**Tab. 3.8** Verwendung von Dexmedetomidin

Indikation	Dosis	Weg	Bemerkungen
Prämedikation*	2–4 µg/kg	Nasal	Oral sehr geringe Bioverfügbarkeit
Co-Analgetikum***	0,5–1 µg/kg, dann 0,5–1 µg/kg/h	i.v. Infusion	Ladedosis langsam über 10 Minuten
Delir-Therapie**	0,5 µg/kg	i.v. Bolus	Evtl. repetiert
Tiefe Sedierung** (z.B. MRI)	2 µg/kg, dann 2 µg/kg/h	i.v. Infusion	Ladedosis langsam über 10 Minuten

Praxis des Autors: \*selten, \*\*gelegentlich, \*\*\*regelmäßig

**Tab. 3.9** Verwendung von Clonidin am Kinderspital Luzern

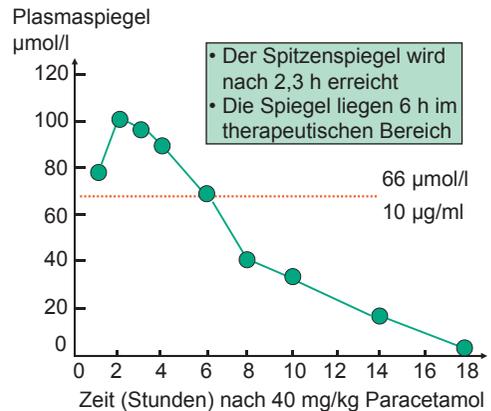
Indikation	Dosis	Weg	Bemerkungen
Aufwachverhalten (TE und LKGS)	1–3 µg/kg	i. v.	Routine
Zusatz zu Lokalanästhetika	2–4 µg/kg	• Kaudal • Peripher	Periphere Blockaden 1,5 µg/ml (30 µg in 20 ml)
Sedierung IPS	1–3 µg/kg/h	i. v.	Vermeidung/Behandlung eines Opiatentzugs
Prämedikation	5 µg/kg	p. o./rektal	• Selten verwendet • Langsamer Wirkeintritt

### 3.9 Analgetika und Antipyretika

Nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) bilden neben den Lokalanästhetika und den Opiaten eine der drei Hauptsäulen, auf denen das Therapiekonzept gegen postoperative Schmerzen beruht (> Kap. 4.10). Sie sind bei kurzzeitiger Anwendung weitgehend nebenwirkungsfrei und sollen großzügig **prophylaktisch** angewendet werden (erstes Zäpfchen bei der Einleitung).

**Paracetamol** hat eine geringe analgetische Potenz und wird eingesetzt, wenn NSAR nicht verwendet werden können. Paracetamol spielt in der Pädiatrie eine große Rolle und ist bei korrekter Dosierung nebenwirkungsarm (> Tab. 3.10). Frühkindliche Paracetamolmedikation und Asthma korrelieren, die Kausalität ist unklar. Folgendes ist zu beachten:

- Bei rektaler Gabe werden die Spitzenspiegel langsam, erst nach 2–3 h, erreicht (> Abb. 3.12); für wirksame Plasmaspiegel ist eine Aufsattdosis erforderlich.
- Zudem setzt die klinische Wirkung im Vergleich zum Plasmaspiegel mit Verzögerung ein. Die Bioverfügbarkeit ist bei rektaler Applikation kleiner.



**Abb. 3.12** Paracetamol wird bei rektaler Gabe langsam resorbiert [nach Anderson, B.J., Woolard, G.A., Holford, N.H.G.: Pharmacokinetics of rectal paracetamol after major surgery in children. Paediatr. Anaesth. (1995) 5: 237–242] [T517]

- Höhere Dosen verbessern die Analgesie.
- Paracetamol kann kurzzeitig und in begrenzter Dosis auch Früh- und Neugeborenen verabreicht werden.
- Bei Überdosierung droht Hepatotoxizität (> Abb. 3.13); eine maximale Tagesdosis muss immer festgelegt werden. Die Anwendung hoher Dosen ist auf 72 h (< 3 Monate auf 48 h) zu begrenzen.

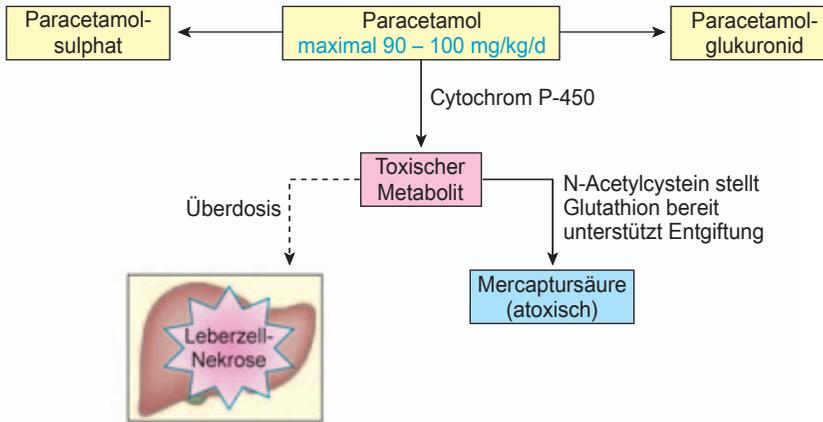


Abb. 3.13 Metabolismus und Toxizität von Paracetamol [L234]

Tab. 3.10 Dosierung von Paracetamol

<b>Maximale Tagesdosis</b>	> 3 Monate: 100 mg/kg/d
	< 3 Monate: 60 mg/kg/d
<b>Rektale Gabe</b>	
Aufsättigungsdosis	35–45 mg/kg
Rektale Repetitionsdosis	10–20 mg/kg
<b>Orale Gabe</b>	
Einzeldosis (erste und weitere)	10–20 mg/kg
<b>Intravenöse Gabe</b>	
Einzeldosis (erste Gabe)	15–20 mg/kg als Kurzinfusion
<b>Anwendungsdauer hoher Dosen</b>	> 3 Monate: 72 h
	< 3 Monate: 48 h

**MERKE**

Die Verordnung „Paracetamol bei Bedarf“ ist ein Kunstfehler!

Paracetamol (Perfalgan) kann intravenös verabreicht werden. Der Wirkungseintritt erfolgt langsam.

**Nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR)** wie **Diclofenac** haben eine größere analgetische Potenz als Paracetamol. Bei kurzzeitiger Anwendung und Beachtung der Kontraindikationen treten kaum Nebenwirkungen auf. NSAR werden vorwiegend bei Kindern ab einem Jahr eingesetzt (> Tab. 3.11).

**Vorsicht mit NSAR bei**

- Hypovolämie, Herzinsuffizienz
- Nierenleiden
- Häorrhagischer Diathese
- Chirurgie mit erhöhtem Risiko diffuser Blutungen (Tonsillektomie, Spaltenchirurgie etc.)

**MERKE**

Diclofenac (Voltaren) 1–2 mg/kg rektal

Mit der Gabe von **Diclofenac** (1 mg/kg) oder **Ibuprofen** (5–10 mg/kg) rektal nach der Narkoseeinleitung werden bei Operationsende wirksame Plasmaspiegel erreicht (> Tab. 3.11). Bei größeren Kindern ist **Ketorolac** intravenös (Toradol; 0,5–1 mg/kg unverdünnt als Bolus) eine Alternative. Ketorolac kann auch nasal verabreicht werden.

**Metamizol (Novalgine)** wird intravenös oder oral verabreicht. Der Autor setzt es v.a. ein, wenn sonst ein relevanter Bedarf an Opiaten bestehen würde oder bei Kontraindikationen gegen die NSAR. Metamizol ist auch gegen viszerale Schmerzen wirksam und die Auswirkungen auf Hämostase oder Nierenfunktion sind gering. Das Risiko einer Agranulozytose scheint bei Kindern gering (aber nicht null) zu sein.

**Metamizol (Novalgine)**

- Einzeldosis: 20 mg/kg
- Dauerinfusion: 75 mg/kg/d

**Tab. 3.11** Dosierung der nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR)

Medikament	Dosierung
Diclofenac (Voltaren)	1–2 mg/kg rektal (max. 3 mg/kg/d)
Ibuprofen (Algifor, Dolormin)	10 mg/kg p. o. (max. 40 mg/kg/d)
Mefenamensäure (Ponstan)	6,5 mg/kg p. o. 12 mg/kg rektal
Ketorolac (Toradol)	0,5–1 mg/kg i. v.

**Coxibe** (z.B. Celecoxib 6 mg/kg/d) werden bei Kindern selten verwendet. Theoretisch wäre ihr Einsatz vor allem bei Eingriffen mit erhöhtem Blutungsrisiko (z.B. Tonsillektomie) interessant.

**Acetylsalicylsäure** wird nicht mehr als Analgetikum verwendet. Zur Verhinderung arterieller Thrombosen werden täglich 2–5 mg/kg verabreicht.

#### LITERATUR

Wong, I., St John-Green, C., Walker, S.M.: Opioid-sparing effects of perioperative paracetamol and nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in children. *Paediatr. Anaesth.* (2013) 23: 475–495

#### Paracetamol

Anderson, B.J., van Lingen, R.A., Hansen, T.G., Lin, Y.C., Holford, N.H.: Acetaminophen developmental pharmacokinetics in premature neonates and infants: a pooled population analysis. *Anesthesiology* (2002) 96: 1336–1345

Hansen, T.G., O'Brien, K., Morton, N.S., Rasmussen, S.N.: Plasma paracetamol concentrations and pharmacokinetics following rectal administration in neonates and young infants. *Acta Anaesthesiol. Scand.* (1999) 43: 855–859

Morton, N.S., Arana, A.: Paracetamol-induced fulminant hepatic failure in a child after 5 days of therapeutic doses. *Paediatr. Anaesth.* (1999) 9: 463–465

Veyckemans, F., Anderson, B.J., Wolf, A.R., Allegaert, K.: Intravenous paracetamol dosage in the neonate and small infant. *Br. J. Anaesth.* (2014) 112: 380–381

#### Metamizol

De Leeuw, T.G., Dirckx, M., Gonzalez, A., Scoones, G.P., Huygen, F., de Wildt, S.N.: The use of dipyron (metamizol) as an analgesic in children: What is the evidence? A review. *Paediatr. Anaesth.* (2017) 27: 1193–1201

#### Kombination von Regionalanästhesie und NSAR

Gadiyar, V., Gallagher, T.M., Crean, P.M., Taylor, R.H.: The effect of a combination of rectal diclofenac and caudal bupivacaine on postoperative analgesia in children. *Anaesthesia* (1995) 50: 820–822

## 3.10 Herz- und kreislaufwirksame Medikamente

**Katecholamine** sind die Medikamente der ersten Wahl bei trotz Normovolämie bestehender Hypotension. Initial wird **Noradrenalin** verwendet, um den peripheren Gefäßtonus und den Blutdruck zu erhöhen. Bei ungenügender Herzleistung (z. B. Kardiomyopathie) wird Dobutamin eingesetzt.

Bei Kindern wird (im Gegensatz zum Erwachsenen) intraoperativ oft primär noch **Dopamin** eingesetzt, das Inotropie, Herzfrequenz und Blutdruck steigert.

#### MERKE

- Tiefe Dosis 3–5 µg/kg/min → verbesserte Inotropie im Vordergrund
- Hohe Dosis > 10 µg/kg/min → zunehmende Vasokonstriktion (α-Wirkung)

Bei **Neugeborenen und Säuglingen** ist die Wirkung von Dopamin geringer als bei Erwachsenen. Das Myokard weist weniger kontraktile Elemente auf, die maximal mögliche Leistungssteigerung ist deshalb kleiner (> Tab. 3.12).

Ideal ist, wenn die Medikamente individuell bereitgestellt werden können:

#### MERKE

- 1 ml/h = X µg/kg/min
- Anzahl mg, die in 50 ml gelöst werden müssen:

$$X \times \text{KG (kg)} \times 60 \times \frac{50}{1000} = X \times \text{KG (kg)} \times 3$$

Die Berechnung der gewünschten **Konzentrationen und Infusionsgeschwindigkeiten** ist zeitaufwendig. Sie muss bei voraussehbaren kritischen Situationen rechtzeitig gemacht werden! Es wird immer mit einer Infusionspumpe infundiert. Für den perioperativen Gebrauch ist eine „einfache IPS-Konzentration“ geeignet (30 mg Dopamin in 50 ml; 600 µg pro ml; 1 ml/h entspricht 10 µg pro Minute). Bei einem Neugeborenen sind 1 ml/h und bei einem 1-jährigen Kind 3 ml/h die übliche Initialdosis.

**Ephedrin** 0,1 mg/kg ist hilfreich als Überbrückung, bis andere Maßnahmen (Volumen, Dopa-

**Tab. 3.12** Dosierungsrichtlinien und Verdünnung von vasoaktiven Substanzen bei Verabreichung mittels Perfusorspritze

Medikament	mg auf 50 ml	µg/ml	1 ml/h = µg/min	üblicher Dosisbereich µg/kg/min
Dopamin	30	600	10	1–10
	300	6000	100	
Dobutamin	30	600	10	2–20
	300	6000	100	
Noradrenalin	0,3	6	0,1	0,1–1
	3	60	1,0	
Adrenalin	0,3	6	0,1	0,1–1
	3	60	1,0	
Na-Nitroprussid	10	200	3,3	0,5–7
	30	600	10	
Nitroglyzerin	30	600	10	1–10

minperfusor) greifen. Für Säuglinge eignet sich „Baby-Ephedrin“ (50 mg in 100 ml NaCl 0,9 %; davon als Bolus 1 ml = 0,5 mg).

**Cafedrin/Theoadrenalin (Akrinor)** ist ein vorwiegend in Deutschland verwendetes Mischpräparat (eine Ampulle 200/10 mg auf 10 ml verdünnen, davon 0,05–0,1 ml/kg als Bolus intravenös).

**Alpha- und Betablocker:** Die größten Erfahrungen bestehen für Propranolol. Propranolol (1–2 mg/kg/d p. o.) ist die primäre Therapie für Hämangiome bei Säuglingen. Labetalol wird vereinzelt verwendet zur Behandlung von Hypertension und Tachykardie (> Tab. 3.13).

Weitere Medikamente:

**Digoxin:** Intraoperativ spielt Digoxin kaum je eine Rolle („für den Anästhesisten ist Digoxin ein Antiarrhythmikum“). Die Sättigungsdosis beträgt für Säuglinge 0,05 mg/kg in den ersten 24 Stunden (Neugeborene und Kleinkinder weniger).

**Milrinon (Corotrop):** hebt die Inotropie und senkt den peripheren Widerstand. Aufsättigungs-

dosis 50 µg/kg, dann 0,5–1 µg/kg/min.

**Prostaglandin E (Prostin E<sub>2</sub> oder Prostin VR = PG E<sub>1</sub>):** Prostaglandin E kann beim Neugeborenen den Ductus Botalli offen halten oder wieder öffnen und damit bei gewissen Herzvitien (TGV, Pulmonalklappenatresie) das Überleben bis zur notfallmäßigen Operation ermöglichen. Dosierung: 0,05–0,2 µg/kg/min.

**Dihydralazin:** Dosierung 0,1 mg/kg i. v.

**Adenosin:** Dosierung 0,1–0,25 mg/kg i. v. (rasch injizieren!)

**Verapamil:** 0,1 (bis 0,25) mg/kg i. v. unter EKG-Kontrolle bei supraventrikulären Tachykardien.

**Amiodaron:** 5–10 mg/kg als Kurzinfusion, maximal 20 mg/kg/d.

**Furosemid:** 0,5–1 mg/kg i. v. Vorsicht: bei herz- und nierengesunden Säuglingen können diese Dosen zu großen Wasserverlusten führen (Dosierung hier 0,2 mg/kg)!

## 3.11 Antiemetika

Das **postoperative Erbrechen** ist ein großes, z. T. immer noch ungelöstes Problem. Die Inzidenz lässt sich mittels eines Risikoscores abschätzen und beträgt bei einem gemischten kinderchirurgischen Krankengut 20–40 % (> Tab. 3.14, > Abb. 3.14).

**Tab. 3.13** Dosierung der Alpha- und Betablocker

Medikament	Dosis
Propranolol (Inderal)	0,01 mg/kg i. v., evtl. repetiert
Esmolol (Brevibloc)	0,2 mg/kg i. v., evtl. repetiert
Labetalol (Trandate)	0,2 mg/kg-weise i. v. bis maximal 1 mg/kg

**MERKE**

Kinder unter 2 Jahren erbrechen postoperativ selten (auch nach der Gabe von Opiaten).

Bei Kindern über 2 Jahre ist eine **zweifache antiemetische Prophylaxe** als Routine zu empfehlen. Der Score hilft, besonders hohe Risiken zu erfassen (> Tab. 3.14). Dexamethason wirkt auch koanalgetisch.

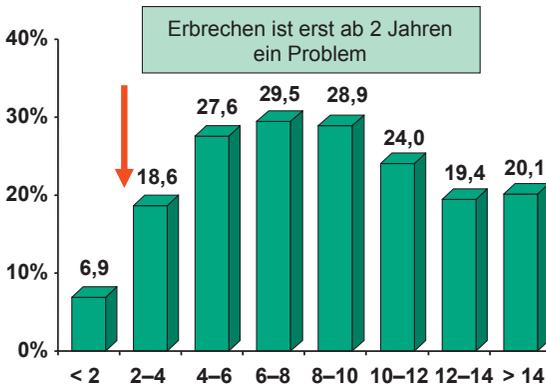
**Serotoninantagonisten** (5-HT<sub>3</sub>-Antagonisten oder „Setrone“; z. B. Ondansetron, Tropisetron, Granisetron) oder **Dexamethason** 0,15–0,5 mg/kg (maximal 8 mg) sind die Mittel der ersten Wahl. Sie haben kaum je klinisch störende Nebenwirkungen. „Setrone“ reduzieren aber die analgetische Wirkung von Paracetamol und Tramadol etwas.

**MERKE**

- Ab 2 Jahren routinemäßig Doppel-Prophylaxe (z. B. Dexamethason + „Setron“ oder TIVA + Dexamethason)
- Bei hohem Risiko Dreifach-Prophylaxe (z. B. TIVA + Dexamethason + „Setron“)
- Bei PONV trotz Prophylaxe: Medikament aus einer anderen Substanzgruppe einsetzen

**Tab. 3.14** Risikoscore nach Eberhart. Die Inzidenz von Erbrechen beträgt 9 %, 10 %, 30 %, 55 % respektive 70 % bei 0–4 Risikofaktoren

Risikofaktor	Punktbewertung
OP-Dauer ≥ 30 Minuten	1
Alter ≥ 3 Jahre	1
Strabismus, Tonsillektomie	1
Anamnese für PONV/Reisekrankheit bei Eltern und Geschwistern	1



**Abb. 3.14** Postoperatives Erbrechen: der Einfluss des Alters [nach Sossai, R., Jöhr, M., Kistler, W., Gerber, H., Schärli, A.F.: Postoperative vomiting in children. A persisting unsolved problem. Eur. J. Pediatr. Surg. (1993) 3: 206–208] [T517]

**Antiemetika**

- Ondansetron\*: 0,15 mg/kg (maximal 4 mg)
- Dexamethason\*: 0,15 mg/kg (maximal 8 mg)
- Droperidol: 10 µg/kg (nur als Reservemedikament)

\* Einfache Dosisberechnung bei der Verabreichung der gleichen Menge Ondansetron und Dexamethason gemäß den APA-Guidelines. Für Dexamethason werden z.T. auch 0,5 mg/kg empfohlen; höhere Dosen wirken besser.

**Droperidol (DHB)** ist ein Reservemedikament, falls PONV trotz TIVA, Setron und Dexamethason ein Problem bleibt. Extrapyramidale Nebenwirkungen, postoperative Dysphorie sowie Angst- und Panikreaktionen (z. B. unmotiviertes Schreien) kommen vor.

**MERKE**

- Vermeide Droperidol bei Kindern
- 10 µg/kg nur als „Rescue“-Medikation

**Antihistaminika** (z. B. Meclozin 1–2 mg/kg rektal in Itinerol B<sub>6</sub>; Dimenhydrinat 1–2 mg/kg per os in Vomex) sind weniger wirksam und bewirken eine deutliche Sedierung.

**Metoclopramid** 0,15–0,25 mg/kg ist kaum wirksam und kann extrapyramidale Nebenwirkungen (Dystonien) verursachen. Diese sind vor allem bei kleinen Kindern häufig, sehen bedrohlich aus und werden von den Eltern als schwerwiegende Komplikation beurteilt. Biperiden (Akineton) 0,1 mg/kg i. v. behebt sie aber mühelos.

**Extrapyramidale Nebenwirkungen nach Metoclopramid oder DHB**

Biperiden (Akineton) 0,1 mg/kg i. v.

Eine geeignete **Narkoseführung** kann mithelfen, Nausea und Erbrechen seltener zu machen: Die total intravenöse Anästhesie (TIVA) mit Propofol scheint in dieser Hinsicht zurzeit das beste Verfahren, sie verhindert aber nur das frühe postoperative Erbrechen. Ferner kann auf folgende Punkte geachtet werden: wenig oder keine Opiate,  $\alpha_2$ -Agonisten, Hyperhydrierung.

**LITERATUR****Risiko**

Eberhart, L.H., Geldner, G., Kranke, P., Morin, A.M., Schaufelen, A., Treiber, H. et al.: The development and validation of a risk score to predict the probability of postoperative vomiting in pediatric patients. *Anesth. Analg.* (2004) 99: 1630–1637

Sossai, R., Jöhr, M., Kistler, W., Gerber, H., Schärli, A.F.: Postoperative vomiting in children. A persisting unsolved problem. *Eur. J. Pediatr. Surg.* (1993) 3: 206–208

**Prophylaxe und Therapie**

Gan, T.J., Diemunsch, P., Habib, A.S., Kovac, A., Kranke, P., Meyer, T.A. et al.: Consensus guidelines for the management of postoperative nausea and vomiting. *Anesth. Analg.* (2014) 118: 85–113

Schaefer, M.S., Kranke, P., Weibel, S., Kreysing, R., Ochel, J., Kienbaum, P.: Total intravenous anesthesia vs single pharmacological prophylaxis to prevent postoperative vomiting in children: A systematic review and meta-analysis. *Paediatr. Anaesth.* (2017) 27: 1202–1209

The Association of Paediatric Anaesthetists of Great Britain and Ireland: Guidelines on the prevention of postoperative nausea and vomiting. (2016) (<http://www.apagbi.org.uk/publications/apa-guidelines>)

**Droperidol**

Habre, W., Wilson, D., Johnson, C. M.: Extrapyramidal side-effects from droperidol mixed with morphine for patient-controlled analgesia in two children. *Paediatr. Anaesth.* (1999) 9: 362–364

Schroeter, E., Schmitz, A., Haas, T., Weiss, M., Gerber, A. C.: „Low-dose“-Droperidol-Gabe bei Kindern. „Rescue“-Therapie gegen persistierende postoperative Übelkeit und Erbrechen. *Anaesthesist* (2012) 61: 30–34

**Anästhesieführung**

Ashok, V., Bala, I., Bharti, N., Jain, D., Samujh, R.: Effects of intraoperative liberal fluid therapy on postoperative nausea and vomiting in children – a randomized controlled trial. *Paediatr. Anaesth.* (2017) 27: 810–815

Sayed, J.A., Riad, M.A., Ali, M.O.: Comparison of dexamethasone or intravenous fluids or combination of both on postoperative nausea, vomiting and pain in pediatric strabismus surgery. *J. Clin. Anesth.* (2016) 34: 136–142

**3.12 Aspirationsprophylaxe, H<sub>2</sub>-Rezeptorenblocker, Protonenpumpenhemmer**

Es wird angenommen, dass für die Entstehung eines toxischen Lungenschadens (**Mendelson-Syndrom**) beim Kind folgende Voraussetzungen nötig sind:

**Mendelson-Syndrom**

- Magensaft-pH: unter 2,5
- Magensaftvolumen: über 0,8 ml/kg

Als **Aspirationsprophylaxe** ist eine medikamentöse Hemmung der Säuresekretion nur sehr selten indiziert; sie ist höchstens bei erwartet schwieriger Intubation oder schwerem Reflux zu erwägen. Der H<sub>2</sub>-Blocker **Ranitidin** 2 mg/kg p.o. (Ampullenlösung) oder 1 mg/kg i.v. 2 Stunden vor Narkoseeinleitung hebt den Magensaft-pH zuverlässig an.

Für die Behandlung von **Refluxerkrankung und Ösophagitis** werden vorwiegend Protonenpumpenhemmer verwendet. **Omeprazol** 1 mg/kg/d (maximal 40 mg) wird zunehmend durch Esomeprazol (Nexium) ersetzt. Die fehlende Azidität begünstigt eine bakterielle Besiedlung des Gastrointestinaltrakts und pulmonale Infektionen.

Eine generelle **Stressulkusprophylaxe** ist bei Kindern auf der Intensivstation nicht indiziert; anders als beim Erwachsenen sind schwerwiegende Ulkusbildungen selten. Obwohl Protonenpumpenhemmer oft verabreicht werden, ist unklar, ob nicht die infektiösen Risiken (s.o.) den möglichen Nutzen der Säurehemmung überwiegen.

Die perioperative Schmerztherapie mit einem **NSAR** ist keine Indikation für einen „Magenschutz“ durch Säurehemmung.

**LITERATUR****Protonenpumpenhemmer**

De Bruyne, P., Ito, S.: Toxicity of long-term use of proton pump inhibitors in children. *Arch. Dis. Child.* (2018) 103: 78–82

Ward, R.M., Kearns, G.L.: Proton pump inhibitors in pediatrics: mechanism of action, pharmacokinetics, pharmacogenetics, and pharmacodynamics. *Paediatr. Drugs* (2013) 15: 119–131

# 6

## Spezielle Situationen, Notfälle

### 6.1 Das nicht nüchterne Kind

Das Kind mit vollem Magen erfordert erhöhte Aufmerksamkeit; es gilt eine Aspiration zu vermeiden. Das heute beim Erwachsenen übliche Vorgehen der RSI (rapid sequence induction) muss für Kinder modifiziert werden (> Tab. 6.1).

Vordringlich ist, bei der Einleitung Abwehr und Pressen oder gar aktives Erbrechen zu verhindern. Ein Aufpumpen des Magens ist gefährlich (> Tab. 6.2).

**Tab. 6.1** Modifizierte RSI (rapid sequence induction) bei Kindern

Maßnahme	Besonderheiten bei Kindern
Präoxygenierung	Erschwert oder unmöglich, „Kinder wollen keine Maske“
Krikoiddruck	Potenziell gefährlich, oft störend, Nutzen nicht belegt
Apnoe	Unmöglich bei kleinen Kindern, Nutzen nicht belegt

**Tab. 6.2** Maßnahmen zur Vermeidung von Komplikationen bei der Intubation

Gefährliches Ereignis	Was ist zu beachten?
Abwehr und Pressen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Manipulation in oberflächlicher Narkose</li> <li>Vermeide unnötigen Krikoiddruck</li> <li>Vermeide Injektionsschmerzen (Propofol, Rocuronium)</li> <li>Vermeide Husten (keine rasche Injektion von Opioiden)</li> <li>Tiefe Narkose und vollständige Relaxierung</li> </ul>
Aufpumpen des Magens	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sorgfältige Maskenbeatmung (Druck <math>\leq 13</math> cm H<sub>2</sub>O)</li> <li>KEINE ösophageale Intubation!</li> </ul>

Nicht nüchterne Kinder werden intravenös eingeleitet, nach Erreichen einer ausreichenden Anästhesietiefe sanft mit der Maske beatmet und dann sorgfältig intubiert. Die Beatmung mit dem Respiратор (PCV, Druck 13 cm H<sub>2</sub>O, PEEP 5 cm H<sub>2</sub>O) hat sich bewährt.

#### MERKE

- Eine sorgfältige Maskenbeatmung vor der Intubation ist immer indiziert.
- Ein umsichtiges, nicht ein besonders rasches Vorgehen ist wichtig.

Eine liegende Magensonde wird abgeleitet (auch PEG!) oder entfernt (verbessert die Sicht bei kleinen Kindern). Flachlage ist üblich und erleichtert die Intubation.

Besondere Situationen sind Kinder ohne unteren Ösophagus sphinkter (z. B. nach gastrischer Transposition; passive Regurgitation, Oberkörper hoch!) oder mit massiven Blutungen nach Tonsillektomie (Beatmung unmöglich; rasche Intubation!).

#### LITERATUR

- El Orbany, M., Connolly, L. A.: Rapid sequence induction and intubation: current controversy. *Anesth. Analg.* (2010) 110: 1318–1325
- Engelhardt, T.: Rapid sequence induction has no use in pediatric anesthesia. *Paediatr. Anaesth.* (2015) 25: 5–8
- Jöhr, M.: Anaesthesia for the child with a full stomach. *Curr. Opin. Anaesthesiol.* (2007) 20: 201–203
- Schmidt, J., Strauss, J. M., Becke, K., Giest, J., Schmitz, B.: Handlungsempfehlungen zur Rapid-Sequence-Induction im Kindesalter. *Anästhesiologie & Intensivmedizin* (2007) 48: S88–S93
- Umgang mit der Magensonde**
- Salem, M.R., Khorasani, A., Saatee, S., Crystal, G.J., El-Orbany, M.: Gastric tubes and airway management in patients at risk of aspiration: history, current concepts, and proposal of an algorithm. *Anesth. Analg.* (2014) 118: 569–579

## 6.2 Das nicht kooperative Kind

**Prävention:** Das Erfolgsrezept ist die Prävention, d.h., das rechtzeitige Erkennen eines vermutlich nicht kooperativen Kindes. Kinder können aus verschiedenen Gründen nicht kooperativ sein: Angst, Überforderung, Schmerzen, psychische Störung oder auch „Unerzogenheit“ (Kinder, die keine Grenzen kennen).

Die Schlüssel zum Erfolg sind: Erfahrung mit Kindern, Antizipieren von Schwierigkeiten, manuelle Fertigkeiten sowie Empathie für die Eltern und das Kind. Viele Probleme kann man mit einer individuell angepassten, starken Prämedikation umgehen (z.B. Midazolam plus Ketamin; ➤ Kap. 4.3).

### MERKE

Fokussierte Aufmerksamkeit mit Ablenken und Führen ist eine erfolgreiche Strategie, Trösten allein meistens nicht.

Dem erfahrenen Anästhesisten wird es so fast immer gelingen, die Narkose im Beisein der Eltern erfolgreich einzuleiten.

**Vorgehen:** Prinzipiell stehen drei Wege offen, wenn sich das Kind gegen die Narkoseeinleitung sträubt: Nachprämedikation, Einleitung gegen den Willen des Kindes oder Aufschieben des Eingriffs. Die **Nachprämedikation mit Ketamin** (z.B. 3 bis 4 mg/kg S-Ketamin nasal) ist erfolgsversprechend, eine erneute Gabe von Midazolam oder Clonidin eher nicht. Die intramuskuläre Gabe von Ketamin wird kaum mehr verwendet. Über die Einleitung gegen den Willen des Kindes (per Maske oder gekonnt intravenös) wird viel diskutiert; bei Säuglingen und Kleinkindern kann man sich dafür entscheiden, bei kompetenten Adoleszenten sicher nicht. Realität ist, dass kleine Kinder sehr oft eine Immobilisierung erleben, sei es für das Wechseln von Windeln oder die Fixierung einer Infusion.

### MERKE

Sanfte Gewalt und gelinder Zwang sind immer eine Frage des Maßes und der Indikation.

Die Autonomie des kompetenten Adoleszenten aber ist, wie die des Erwachsenen, zu akzeptieren; nicht jeder von den Eltern gewünschte Eingriff muss zwingend sofort durchgeführt werden.

**Besondere Situationen:** Kinder mit ADHS (**Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Syndrom**) sind häufiger unkooperativ bei der Einleitung. Diese Kinder sind unaufmerksam, impulsiv und hyperaktiv mit Einfluss auf ihre schulische und soziale Karriere (5–10 % der Bevölkerung?). Die medikamentöse Therapie ist hochwirksam, ihre Berechtigung wird aber in der Bevölkerung immer wieder hinterfragt. Es hat sich bewährt, die Medikation mit Stimulanzien (z.B. Methylphenidat) beizubehalten („was dem Lehrer Ruhe in die Klasse bringt, nützt auch dem Anästhesisten beim Einleiten“). Das Risiko kardiovaskulärer Komplikationen wird dadurch nicht erhöht und die BIS-Werte bleiben unverändert.

### MERKE

Weiterführen der Therapie (z.B. Methylphenidat, Atomoxetin) und ein übliches Vorgehen.

Störungen aus dem Formenkreis des **Autismus** (autism spectrum disorder; 1 % der Bevölkerung?) sind eine sehr große Herausforderung für den Anästhesisten, da die gewohnten Instrumente der zwischenmenschlichen Interaktion/Kommunikation möglicherweise nicht funktionieren. Eingeschränkte soziale Interaktion, rituelles repetitives Verhalten und Probleme im Umgang mit sensorischen Reizen zeichnen viele dieser Kinder aus. Die Ursache ist unklar, vermutlich meistens genetisch bedingt. Über die Hälfte hat eine intellektuelle Einschränkung. Eine starke Prämedikation (Midazolam plus Ketamin) kann hilfreich sein. Meistens können die Eltern gut beurteilen, ob der vorgeschlagene Plan Erfolg haben wird („ja, das wird bei ihm funktionieren“).

### Vorgehen bei Kindern mit Störungen aus dem Formenkreis des Autismus

- Den individuell besten Weg gemeinsam mit den Eltern erarbeiten
- Den vorbesprochenen Plan genau befolgen
- Als Erste auf der Operationsliste einplanen

### LITERATUR

Jöhr, M.: Das nicht-kooperative Kind – Prophylaxe, Vorgehen, Tipps. *Anästhesiologie & Intensivmedizin* (2015) 56: 475–483

**ADHS**

Cartabuke, R.S., Tobias, J.D., Rice, J., Tumin, D.: Hemodynamic profile and behavioral characteristics during induction of anesthesia in pediatric patients with attention deficit hyperactivity disorder. *Paediatr. Anaesth.* (2017) 27: 417–424

Tait, A.R., Voepel-Lewis, T., Burke, C., Doherty, T.: Anesthesia induction, emergence, and postoperative behaviors in children with attention-deficit/hyperactivity disorders. *Paediatr. Anaesth.* (2010) 20: 323–329

**Autismus**

Swartz, J.S., Amos, K.E., Brindas, M., Girling, L.G., Ruth, G.M.: Benefits of an individualized perioperative plan for children with autism spectrum disorder. *Paediatr. Anaesth.* (2017) 27: 856–862

Taghizadeh, N., Davidson, A., Williams, K., Story, D.: Autism spectrum disorder (ASD) and its perioperative management. *Paediatr. Anaesth.* (2015) 25: 1076–1084

Die **Prognose** ist bei eingetretenem Herzstillstand schlechter als beim Erwachsenen. Der Herzstillstand ist das allerletzte Ereignis, nachdem der übrige Organismus schon längst durch die Hypoxämie schwerst geschädigt wurde. Wenn mehr als zwei Dosen Adrenalin für die Wiederherstellung des Kreislaufs (ROSC) nötig sind, ist ein Überleben unwahrscheinlich.

Ein besonderes Gewicht hat die **Prophylaxe**, d.h. die rechtzeitige Intervention bei respiratorischen Problemen. Qualifizierte Leute sollen unbehindert durch organisatorische Hemmnisse früh zu kritisch kranken Kindern gerufen werden, z. B. Beurteilung durch ein spezialisiertes MET (medical emergency team).

**MERKE**

Qualifizierte Leute sollen kritisch kranke Kinder frühzeitig beurteilen.

## 6.3 Reanimation

Bei Kindern handelt es sich meist um einen **hypoxämiebedingten Herzstillstand**. Der terminale Rhythmus ist in der Regel eine Asystolie und nicht ein Kammerflimmern.

Die **primären Maßnahmen (ABC-Regel)** sind Freimachen der Atemwege (A), Beatmung (B) und Herzmassage (C). Säuglinge werden **quer ins Bett** gelegt, wobei der Massierende bei den Füßen und der Beatmende beim Kopf des Kindes steht (> Abb. 6.1, > Tab. 6.3). Die Beatmung hat beim meist hypoxämiebedingten Herzstillstand von Kindern einen



**Abb. 6.1** Lagerung quer im Bett für die Reanimation [T517]

**Tab. 6.3** Herzmassage und Beatmung

	Neugeborene	Säuglinge	Kinder	Ab Pubertät
<b>Herzmassage</b>	120 (90/30)	> 100	100	100
Technik	2 Finger	2 Finger	1–2 Hände	2 Hände
Eindrucktiefe	1/3 Thoraxdurchmesser	1/3 (4 cm) Thoraxdurchmesser	1/3 (5 cm) Thoraxdurchmesser	> 4–5 cm
Pulskontrolle	Nabel	A. brachialis	A. carotis A. femoralis	A. carotis
<b>Beatmung</b>	30–60	12–20	12–20	10–12
Verhältnis Massage : Beatmung	3 : 1	15 : 2	15 : 2	30 : 2

höheren Stellenwert als bei der Erwachsenenreanimation (compression only).

Es wird eine **periphere Vene** kanüliert; bei fehlendem Gelingen innert 90 Sekunden oder häufig schon primär wird eine **intraossäre Nadel** gelegt. Zentrale Venenkatheter sind unnötig, intrakardiale Injektionen verboten. Es ist möglich, Adrenalin, Atropin und Lidocain (1 : 10 verdünnt mit NaCl 0,9 %; Dosis 3- bis 10-mal höher als i. v.) intratracheal zu verabreichen (> Abb. 6.2, > Tab. 6.4).

Für die **Defibrillation** werden **4 Joule/kg** empfohlen (mono- oder biphasisch). Es stehen 2 Paddelgrößen zur Verfügung: 4,5 cm Durchmesser für Säuglinge, 8 cm Durchmesser für größere Kinder (bei Einmalelektroden soll ab 15 kg die Erwachsenengröße verwendet werden). Der Einsatz automatischer Defibrillatoren (AEDs) wird ab einem Jahr befürwortet. Für die **Elektrokonversion** wird initial **1 Joule/kg**, bei fehlendem Erfolg 2 Joule/kg gewählt.

**Tab. 6.4** Bei der Reanimation verwendete Medikamente

Adrenalin	Asystolie oder Kammerflimmern	10 µg/kg
	Hypotension	1 µg/kg
Atropin	Bradykardie	20 µg/kg
Lidocain	VES, Kammertachykardie	1 mg/kg
Amiodaron	VES, Kammertachykardie	5 mg/kg
NaBic	Schwere Azidose	2–3 mmol/kg
CaCl <sub>2</sub>	(Ca-Glukonat 3 × mehr)	20 mg/kg
Mg Sulfat		25–50 mg/kg
Glukose		500 mg/kg

Das wichtigste Medikament ist **Adrenalin**. **Kalzium** wird nur bei Verdacht auf Hyperkaliämie, Hypermagnesiämie oder Hypokalzämie empfohlen. Die Indikation zur Gabe von NaBic muss sehr restriktiv gestellt werden. Oxygenation und Behebung

**Abb. 6.2** Bereitstellen der Medikamente (Verdünnung 1 : 10) für Neugeborene und Säuglinge: Eine 1-ml-Spritze kann so nötigenfalls wiederholt gefüllt werden [T517]

**Tab. 6.5** Ursachen des Kreislaufversagens

4 × H	HITS
Hypoxämie	Herz tamponade
Hypovolämie	Intoxikation
Hypothermie	Thromboembolie
Hyperkaliämie und andere metabolische Ursachen	Spannungspneumothorax

des Schockzustands führen praktisch immer zu einer spontanen Azidosekorrektur. NaBic-Gabe erhöht bei Neugeborenen das Risiko von Hirnblutungen (Osmolaritätsschwankungen, starker PaCO<sub>2</sub>-Anstieg). Für die Myokardfunktion ist nicht der pH-Wert, sondern das intrazelluläre pCO<sub>2</sub> und der koronare Perfusionsdruck entscheidend.

Beatmung und Herzmassage sind bei Kindern zu koordinieren (ungenügende Beatmung, Barotrauma). Sobald der Kreislauf wiederhergestellt ist, soll die Sauerstoffzufuhr reduziert werden mit dem Ziel einer Sättigung zwischen 94 % und 99 %.

Bei **Verschlechterung unter Therapie** sind folgende vier Ursachen auszuschließen: 1. Tubusdislokation, 2. Tubusobstruktion, 3. Pneumothorax, 4. Gerätedysfunktion. Die **Eltern** sollen nicht weggeschickt werden (bessere Verarbeitung). Eine strikte **Normothermie** (36,0–37,5 °C) ist anzustreben; Hyperthermie ist zu vermeiden und Hypothermie scheint außer bei Neugeborenen keinen Vorteil zu bieten.

#### LITERATUR

Ali, U., Bingham, R.: Current recommendations for paediatric resuscitation. *BJA Education* (2018) 18: 116–121

De Caen, A.R., Maconochie, I.K., Aickin, R., Atkins, D.L., Biarent, D., Guerguerian, A.M. et al.: Part 6: Pediatric basic life support and pediatric advanced life support: 2015 International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Circulation* (2015) 132(16 Suppl 1): S177–S203

#### Beatmen und drücken (chest compression only?)

Kitamura, T., Iwami, T., Kawamura, T., Nagao, K., Tanaka, H., Nadkarni, V.M. et al.: Conventional and chest-compression-only cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children who have out-of-hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population-based cohort study. *Lancet* (2010) 375: 1347–1354

#### Normothermie

Moler, F.W., Silverstein, F.S., Holubkov, R., Slomine, B.S., Christensen, J.R., Nadkarni, V.M. et al.: Therapeutic hypothermia after in-hospital cardiac arrest in children. *N. Engl. J. Med.* (2017) 376: 318–329

#### Prognose

Slomine, B.S., Nadkarni, V.M., Christensen, J.R., Silverstein, F.S., Telford, R., Topjian, A. et al.: Pediatric cardiac arrest due to drowning and other respiratory etiologies: Neurobehavioral outcomes in initially comatose children. *Resuscitation* (2017) 115: 178–184

#### Elternpräsenz

McAlvin, S.S., Carew-Lyons, A.: Family presence during resuscitation and invasive procedures in pediatric critical care: a systematic review. *Am. J. Crit. Care* (2014) 23: 477–484  
 Robinson, S.M., Mackenzie-Ross, S., Campbell Hewson, G.L., Egleston, C.V., Prevost, A.T.: Psychological effect of witnessed resuscitation on bereaved relatives. *Lancet* (1998) 352: 614–617

## 6.4 Die Primärversorgung des Neugeborenen

### 6.4.1 Allgemeines

Die Primärversorgung des Neugeborenen (vor allem nach Geburt durch Sectio) erfolgt vielerorts durch den Anästhesisten. Jeder Anästhesist muss damit vertraut sein.

Meist ist nur eine Begleitung/Unterstützung der Adaptation erforderlich. Die Grundprinzipien der Neugeborenenreanimation (Brenner) sind einfach:

#### GRUNDPRINZIPIEN

- Behandlungsziel: Luft muss in die Lungen
- Erfolgskontrolle: Ansteigen der Herzfrequenz

Der **Erfolg** hängt in über 99 % der Fälle nicht von komplizierten pharmakologischen Maßnahmen, sondern von den folgenden drei Dingen ab:

- Abreiben mit einem Tuch (Stimulation und Wärmeschutz)
- Atemweg freimachen (evtl. sorgfältig im Mund absaugen)
- Bei fehlendem Erfolg: Maskenbeatmung

### 6.4.2 Bereitstellen des Materials

Vor jeder Geburt wird das Material auf seine Vollständigkeit und Funktionstüchtigkeit überprüft. Die Rollen („wer was macht“) werden klar zugeteilt. Bei

Mehrlingen muss für jedes Kind eine vollständige Ausrüstung vorhanden sein.

**Checkliste**

- Wärmelampe einschalten (Stoffwindeln zum Trockenreiben vorhanden?)
- Vakuumpumpe und Absaugkatheter
- Sauerstoffzufuhr
- Beatmung
- Beutel
- Masken (Größen 00 und 01)
- Tuben (2,5/3,0/3,5) mit Führungsdraht
- Laryngoskope mit geradem Spatel (Größen 0 und 1)
- Magill-Zange
- Blick in die Schubladen (Medikamente, Katheterset)
- APGAR-Timer
- Pulsoxymeter

Während dieser Vorbereitungen mache man sich ein Bild, um was es geht (Grund zur Sectio? Alter und Parität der Mutter? Gestationsalter? Zeitpunkt des Blasensprungs? Präpartale Therapien wie Tokolyse und Induktion der Lungenreifung? Blutgruppe der Mutter?).

Zur Reanimation des Neugeborenen müssen Handschuhe getragen werden (Selbstschutz! Bis zum Bad ist das Neugeborene voll Blut und Körpersekrete; es soll nur von den Eltern ohne Handschuhe berührt werden).

### 6.4.3 Ablauf

Nach einer Sectio, einer schwierigen Geburt oder bei großer Unreife kommt das Kind direkt auf den Reanimationstisch mit dem Kopf zum Anästhesisten.

**Trocknen:** Mit einem Tuch wird das Neugeborene kräftig getrocknet (der Wärmeverlust ist 5-mal kleiner beim trockenen Neugeborenen und es wird dadurch taktil stimuliert).

**Absaugen:** Zuallererst wird in der Mundhöhle und im Rachen sowie vor den Nasenlöchern abgesaugt. Die Choanalatresie wird nur bei Verdacht durch Sondieren ausgeschlossen.

**MERKE**  
Nicht in die Nase mit Absaugkathetern!

**Atmung:** Die Voraussetzung für eine normale Adaptation ist das Einsetzen der Atmung.

- Stimulation: Normalerweise etabliert sich nach kräftigem Trocknen eine suffiziente Atmung.
- Beatmung: Bei fehlendem Atemantrieb erfolgt die Beatmung mit Maske und Beutel (zur initialen Lungenentfaltung sind oft Drücke von 30 bis 40 cm H<sub>2</sub>O erforderlich).
- Intubation: Bei fehlendem Erfolg wird intubiert (großzügig bei: Unreife, schlechtem Zustand, mekoniumhaltigem Fruchtwasser, erfahrenem Reanimateur) (> Tab. 6.6).

**MERKE**

- Die Reanimation des Neugeborenen beginnt mit Raumluft.
- Bei ungenügender Oxygenation trotz adäquater Ventilation wird Sauerstoff beigemischt.

Wichtiger als der absolute Sättigungswert in den ersten Lebensminuten ist der Trend (bei sich erholendem Kind wird oft zugewartet). Erst nach Stunden werden die normalen Werte von > 95 % erreicht (vgl. Screening Herzvitium, > Kap. 2.4.7). Folgende Werte (präduktal) liegen im erwarteten Bereich:

Minuten postpartal	1	3	5	10
SaO <sub>2</sub> präduktal	60	70	80	90

**Kreislauf:** Bei fehlender Herzaktion (oder Puls < 60 trotz adäquater Ventilation) wird sofort mit der Herzmassage (Frequenz 120; Herzmassage : Beatmung = 3 : 1) begonnen. Das Sternum wird mit beiden Daumen um 1/3 des a. p. Thoraxdurchmessers eingedrückt.

Eine **Volumenzufuhr** ist bei schockierten Neugeborenen indiziert:

**MERKE**  
10 ml/kg isotonische Elektrolytlösung (z.B. Ringerfundin) oder NaCl 0,9 %, eventuell wiederholt.

Vorsicht: Asphyktische Neugeborene haben ihre zerebrale Autoregulation verloren. Eine Übertransfusion erhöht die Gefahr von Hirnblutungen.

**Metabolische Reanimation:** Die Gabe von NaBic ist nur indiziert, wenn sich das Kind trotz Intubation,

Beatmung und Volumengabe nicht erholt und eine schwerste Azidose (z. B. pH < 7,0) mit konsekutiver pulmonaler Vasokonstriktion eine erfolgreiche Reanimation verhindert (cave Sepsis bei Nabelvenenkatheter unter Gebärsaalbedingungen). Es werden 2 mmol/kg NaBic verabreicht, 1 : 1 verdünnt mit Aqua dest.

### MERKE

10–20 ml eines Gemischs: NaBic 8,4 % : Aqua dest. = 1 : 1

Diese hyperosmolare Lösung muss langsam injiziert werden (2 ml/min). Wegen der Gefahr der Überdosierung sollen keine Infusionsflaschen angehängt werden (Perfusor oder Verschluss mit Dreiwegehahn und Spritze).

**Medikamente:** Naloxon (0,1 mg/kg i. m.) wird bei opiatbedingter Atemdepression versucht.

**Zustandsdiagnostik:** Nach einer und nach fünf Minuten wird der Apgar-Score erhoben. Er dokumentiert den Vorgang der Adaptation an das extrauterine Leben, sein prognostischer Wert für die spätere Entwicklung ist relativ gering. Ein niedriger Apgar-Score ist lediglich ein Warnzeichen (> Tab. 6.7).

**Weitere Maßnahmen:** Nach erfolgreicher Adaptation kann nach 3–5 Minuten der Mageninhalt abgesaugt werden und das Kind wird auf das Vorliegen von Fehlbildungen untersucht. Neugeborene, deren kardiopulmonale Anpassung aktiv unterstützt werden musste, benötigen während der ersten Lebensstunden eine Überwachung nach Protokoll (Puls, Atmung, Temperatur, pH, Blutzucker, Hämatokrit).

Frau Virginia Apgar – eine Anästhesistin – hat den Apgar-Score beschrieben; die Buchstaben des Namens können auch als Eselsbrücke dienen.

### LITERATUR

Berger, T. M.: Neonatal resuscitation: foetal physiology and pathophysiological aspects. Eur. J. Anaesthesiol. (2012) 29: 362–370

**Tab. 6.6** Wahl und voraussichtliche Einführtiefe des Tubus beim Neugeborenen

Gewicht	Tubusgröße	Einführtiefe oral ab Zahnleiste	Einführtiefe nasal
1 kg	2,5	7 cm	8,5 cm
2 kg	3,0	8 cm	9,5 cm
3 kg	3,5	9 cm	11 cm
4 kg	3,5	10 cm	12 cm

**Tab. 6.7** Apgar-Score

	0	1	2
Atmung	Keine	Schnappend, unregelmäßig	Schreiend, regelmäßig
Puls	Keiner	< 100	> 100
Grundtonus	Schlaff	Mittel, träge Flexion	Gut
Aussehen	Weiß oder blau	Stamm rosig	Rosig
Reflexe	Keine	Grimassen	Husten, Niesen

Perlman, J.M., Wyllie, J., Kattwinkel, J., Wyckoff, M.H., Aziz, K., Guinsburg, R. et al.: Part 7: Neonatal resuscitation: 2015 International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. Circulation (2015) 132 (16 Suppl 1): S204–S241

Wyckoff, M.H., Aziz, K., Escobedo, M.B., Kapadia, V.S., Kattwinkel, J., Perlman, J.M. et al.: Part 13: Neonatal resuscitation: 2015 American heart association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Circulation (2015) 132 (18 Suppl 2): S543–S560

## 6.4.4 Besondere Situationen

**Zustandsverschlechterung trotz Intubation:** Wenn sich der Zustand des Neugeborenen trotz anscheinend korrekter Reanimationsmaßnahmen verschlechtert, so ist in erster Linie das Vorliegen einer der folgenden drei Situationen zu erwägen:

- Fehlintubation
- Pneumothorax
- Fehlbildung (z. B. Zwerchfellhernie)

**Mekoniumhaltiges Fruchtwasser:** 0,5–20 % aller Neugeborenen werden bei mekoniumhaltigem Fruchtwasser geboren. Mekoniumhaltiges Fruchtwasser ist ein Warnzeichen, da es Zeichen einer intrauterinen Hypoxie sein kann. Bei massiv mekoniumhaltigem Fruchtwasser („Erbsensuppe“) sind pulmonale Probleme gefürchtet (16 % Atemnotsyndrom, 10 % Pneumothorax). Das sich gut adaptierende Kind wird beobachtet; nur das schwer deprimierte wird primär intubiert und intratracheal abgesaugt.

### MERKE

„Neugeborene aus einer Erbsensuppe“, die schlaff und apnoisch sind, müssen primär intubiert und durch den Tubus abgesaugt werden!

**Tab. 6.8** Differenzialdiagnose der Störungen der kardiopulmonalen Adaptation

Atemzentrum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hypoxie</li> <li>• Medikamente</li> <li>• Hypoglykämie</li> <li>• Infektion</li> <li>• Geburtstrauma</li> </ul>
Atemwege	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choanalatresie</li> <li>• Nasenschleimhautschwellung</li> <li>• Pierre-Robin-Syndrom</li> <li>• Tracheoösophageale Fistel (&gt; Kap. 7.1.3)</li> <li>• Hämangiom</li> <li>• Aspiration</li> </ul>
Muskulatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phrenikusparese</li> <li>• Zwerchfellhypoplasie</li> </ul>
Lunge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unreife („hyaline Membranen“)</li> <li>• Pathologischer Inhalt der Alveolen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Blut</li> <li>– Fruchtwasser</li> <li>– Ödemflüssigkeit</li> <li>– Exsudat (Pneumonie)</li> </ul> </li> <li>• Kompression der Lunge: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Durch großes Abdomen</li> <li>– Pneumothorax</li> <li>– Zwerchfellhernie (&gt; Kap. 7.1.2)</li> </ul> </li> <li>• Aplasie, Hypoplasie, Atelektase</li> </ul>
Herz und Kreislauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Persistierender fetaler Kreislauf</li> <li>• Vitien</li> </ul>

**Atemnotsyndrom:** Es wird von einem Atemnotsyndrom gesprochen, wenn mindestens zwei der folgenden Symptome bei zwei Untersuchungen im Abstand von 15–30 Minuten vorhanden sind:

- Tachypnoe über 60
- Zyanose bei Luftatmung
- Nasenflügeln
- Inspiratorische Einziehungen
- Exspiratorisches Stöhnen

(> Tab. 6.8)

## 6.5 Maligne Hyperthermie (MH)

**Akute MH-Krise:** Die MH kann fulminant verlaufen; bei Verdacht muss die Therapie sofort beginnen!

### MERKE

Dantrolen 2,5 mg/kg

- Triggersubstanzen stoppen
- Atemminutenvolumen mindestens verdoppeln, FiO<sub>2</sub> 100 %
- Aktivkohlefilter (falls vorhanden) in- und exspiratorisch
- Dantrolen 2,5 mg/kg (bei Bedarf bis 10 mg/kg/24 h)
- NaBic 1 mmol/kg (resp. nach Blutgas)
- Therapie einer Hyperkaliämie mit Insulin und Glukose
- Laborverlaufskontrollen (sofort, 30 min, 4 h, 12 h, 24 h): Blutgase und Laktat, Kalium, CPK und Transaminasen, Myoglobin im Serum und im Urin, Glukose; dazu einmal Gerinnung und Thrombozyten
- Arterienkatheter und Blasenkatheter erwägen

**Anästhesie bei MH-Empfindlichkeit (MHS):** Eine Prophylaxe mit Dantrolen wird nicht durchgeführt. Ein „sicheres Verfahren“ (KEIN Succinylcholin, KEINE halogenierten Inhalationsanästhetika), genaues Monitoring (Kapnograf, Temperatur!) und Dantrolen in Bereitschaft genügen. Der Arbeitsplatz muss vorbereitet sein (Verdampfer entfernen, neuer Absorber, neue Beatmungsschläuche, Spülen des Respirators mit 100 % O<sub>2</sub> 10 l/min, evtl. Aktivkohlefilter). Nach Verwendung eines „triggerfreien“ Verfahrens ist die übliche postoperative Überwachung ausreichend, ein ambulantes Vorgehen ist möglich. „Sichere“ Medikamente sind:

- Barbiturate, Propofol, Benzodiazepine
- Fentanyl und andere Opiate
- Ketamin
- Atracurium, Rocuronium
- Neostigmin/Glycopyrrolat
- Lachgas
- Alle Lokalanästhetika

### MERKE

KEINE Dantrolenprophylaxe!

Das einzige anerkannte Testverfahren ist der **In-vitro-Muskelkontrakturtest**. Ab Schulalter (> 25 kg) ist eine Muskelbiopsie meist möglich. Die Gendiagnostik kann eine MH-Diagnose bestätigen, aber nicht ausschließen (Untersuchung im Nabelschnurblut bei MH in der Familie).

# Erhältlich in Ihrer Buchhandlung oder im Elsevier-Webshop



Narkose bei Kindern: Alles, was Sie darüber wissen müssen, erfahren Sie in diesem Buch.

Kinder sind nicht einfach kleine Erwachsene – dementsprechend erfordern sie spezielle Kenntnisse, vor allem, wenn es bei ihrer Behandlung um Pharmakodynamik und Pharmakokinetik geht. „Kinderanästhesie“ informiert Sie detailliert über Anatomie und Physiologie des kindlichen Körpers. Es hilft Ihnen mit genauen Angaben zu Auswahl und Dosierung möglicher Medikamente.

## Neu in der 9. Auflage:

- Neuer Extraabschnitt zur minimalinvasiven Chirurgie
- ADHS-Patienten: das „nicht kooperative Kind“
- Ergänzungen zur Lokalanästhesie
- Tricks beim Venenzugang
- Komplett überarbeitete und aktualisierte Literatur

## Kinderanästhesie

3. Aufl. 2019. 228 S., 153 farb. Abb., kt.

ISBN: 978-3-437-22834-6 | € [D] 49,- / € [A] 50,40



ELSEVIER

elsevier.de

Empowering Knowledge