Kinderanästhesie

Jost Kaufmann, Frank Wappler

38.1 Besonderheiten der Kinderanästhesie – 3

38.2 Physiologie im Säuglings- und Kindesalter – 3
38.2.1 Herz- und Kreislaufsystem – 3
38.2.2 Lunge und Atmung – 5
38.2.3 Blutgasanalyse – 7
38.2.4 Leber- und Nierenfunktion – 7
38.2.5 Wärmehaushalt – 7

38.3 Präoperative Vorbereitung – 8
38.3.1 Narkosevorgespräch – 8
38.3.2 Juristische Einwilligung – 8
38.3.3 Voruntersuchungen – 9
38.3.4 Impfungen – 11
38.3.5 Nüchternzeiten – 11
38.3.6 EMLA-Pflaster und Rapydan – 11
38.3.7 Medikamentöse Prämedikation – 12

38.4 Besonderheiten der Pharmakotherapie im Säuglings- und Kindesalter – 13
38.4.1 Fehlende Zulassung in der Kinderanästhesie – 13
38.4.2 Medikamentensicherheit in der Kinderanästhesie – 14
38.4.3 Gibt es eine Neurotoxizität von Anästhetika? – 15

38.5 Medikamente in der Kinderanästhesie – 15
38.5.1 Induktionshypnotika – 15
38.5.2 Ketamin und Esketamin – 17
38.5.3 Opioide und Antagonisten – 17
38.5.4 Inhalationsanästhetika – 19
38.5.5 Muskelrelaxanzien und Antagonisten – 21

© Springer-Verlag GmbH Germany 2018
W. Wilhelm (Hrsg.), *Praxis der Anästhesiologie*,
DOI 10.1007/978-3-662-54568-3_38

38.5.6 Atropin und Glykopyrrolat – 25
38.5.7 Katecholamine – 25
38.5.8 Kurzfristige Behandlung einer Hypotension – 27

38.6 Atemwegsmanagement – 28
38.6.1 Atemwege – 28
38.6.2 Maskenbeatmung – 29
38.6.3 Larynxmaske – 30
38.6.4 Nasen-Rachen-Tubus: Hilfsmittel bei der schwierigen Maskenbeatmung – 31
38.6.5 Intubation – 31
38.6.6 Erwartet schwieriger Atemweg – 33
38.6.7 Einleitung beim nicht nüchternen Kind (RSI) – 33
38.6.8 Laryngospasmus – 34

38.7 Gefäßzugänge – 35

38.8 Intraoperative Infusionstherapie – 37

38.9 Postoperative Schmerztherapie – 38

38.10 Aufwachraum – 39

38.11 Regionalanästhesie – 41
38.11.1 Pharmakologie der Lokalanästhetika – 41
38.11.2 Kaudalanästhesie – 42
38.11.3 Periduralanästhesie – 43
38.11.4 Axilläre Plexusanästhesie – 43
38.11.5 Peniswurzelblock – 44

38.12 Typische Operationen in der Kinderanästhesie – 44

38.13 Vorgehensweise im Schock – 46
38.13.1 Hypodynamer Schock im Früh- und Neugeborenenalter – 46
38.13.2 Hypovolämischer Schock im Kindesalter – 47
38.13.3 Septischer Schock im Kindesalter – 47

Literatur – 48

Internetlinks – 49

Fallbeispiel Teil 1

Beim 4 Jahre alten Lukas (Gewicht 15 kg, keine bekannten Grundkrankheiten) wurde aufgrund rezidivierender Infekte und einer oberen Atemwegsobstruktion die Indikation zur Tonsillotomie und Adenotomie gestellt. Er stellt sich mit nichtproduktivem Husten und Rhinorrhoe (»Naselaufen«) ohne Fieber in der Prämedikationssprechstunde vor. Seine Mutter berichtet, dass er bei seinen häufigen oberen Atemwegsinfekten klinisch nie besser sei als derzeit. Lukas atmet während des gesamten Gesprächs nur durch den Mund und kann auf Aufforderung nicht durch die Nase atmen. Der Anästhesist sucht gut geeignete Venen für eine Punktion aus und markiert diese, damit dort präoperativ ein EMLA-Pflaster platziert werden kann. Er klärt über eine Nüchternzeit für Nahrung von 6 h auf, Lukas darf und soll aber bis 2 h präoperativ klare Flüssigkeiten trinken. Außerdem verordnet der Anästhesist 4,5 mg Midazolam p.o. (0,3 mg/kg) als Prämedikation. Das Kind wird am Tag der OP morgens auf der Station aufgenommen, wo es pflegerisch und ärztlich beurteilt wird, um aktuelle Probleme oder Veränderungen zu erkennen. Nach Aufforderung durch den OP bringt die Stationsschwester eine Stunde vor dem Einschleusen auf die markierten Hautstellen EMLA-Pflaster auf (bei dem 4-Jährigen könnten bis zu 10 g verwendet werden) und entfernt dieses bei Abruf des Kindes zur OP, sodass die Durchblutung der Haut 10 min später zur Punktion wieder perfekt ist. Eine halbe Stunde vor der OP war das Midazolam verabreicht worden.

38.1 Besonderheiten der Kinderanästhesie

Weniger als 5% aller in Deutschland durchgeführten Narkosen finden bei Kindern statt, sodass viele Anästhesisten nur über eingeschränkte Erfahrungen mit pädiatrischen Patienten verfügen. Obwohl die Mehrheit der Kinder, die operiert werden müssen, gesund sind (ASA 1 oder 2) und im Gegensatz zu Erwachsenen nur kleinere Eingriffe benötigen, besteht dennoch eine erheblich höhere perioperative Morbidität und Mortalität. Diese Beobachtung ist nur z. T. durch eine höhere Vulnerabilität der kleinen Patienten erklärbar. So besteht z. B. ein nachweisbarer Zusammenhang zwischen der Erfahrung des Anästhesisten und der Rate perioperativer Atemwegskomplikationen. Neben der praktischen Erfahrung sind Kenntnisse zu altersgruppenspezifischen Besonderheiten (Tab. 38.1) und Behandlungsschemata zu fordern, wobei diese gerade in den letzten Jahren durch eine Reihe von wertvollen Handlungsempfehlungen untermauert wurden. Das vorliegende Kapitel soll eine Zusammenfassung der wichtigsten Inhalte bieten, die zur anästhesiologischen Versorgung von Kindern bedeutsam sind.

38.2 Physiologie im Säuglings- und Kindesalter

38.2.1 Herz- und Kreislaufsystem

Das Herz eines Neugeborenen ist in verschiedener Hinsicht noch unreif und weist u. a. eine systolische Funktionseinschränkung auf. Zusätzlich besteht bei Neugeborenen ein hoher endogener Katecholaminspiegel, der im Verlauf kontinuierlich abfällt. Dies führt dazu, dass eine Steigerung der Kontraktilität durch Katecholamine weniger ausgeprägt möglich ist. Auch bezüglich einer Verbesserung der Vorlast besteht ein geringerer Spielraum zur Steigerung der kardialen Funktion als beim Erwachsenen. Das maximale Schlagvolumen wird schon bei einem linksventrikulären enddiastolischen Füllungsdruck (LVEDP) von 10 mmHg erreicht, sodass eine Steigerung der Auswurfleistung durch eine weitere Erhöhung der Vorlast nicht möglich ist. Dies bedeutet nicht, dass bei Neugeborenen auf eine ausreichende Vorlast verzichtet werden kann, lediglich die Möglichkeit zur Steigerung des Herzzeitvolumens (HZV) durch eine Erhöhung der Vorlast ist limitiert.

Weiterhin reagiert das neonatale Myokard deutlich sensibler auf eine Erhöhung der Nachlast, sodass es dann wesentlich früher als beim Erwachsenen zu einer Reduktion der Auswurfleistung kommt. Dieser Effekt scheint für den rechten Ventrikel besonders ausgeprägt zu sein. Auch die diastolische Funktion der Ventrikel ist noch deutlich eingeschränkt: Es kommt zu einer verzögerten aktiven Relaxation der Muskelzellen und somit zu einer verzögerten frühen Entspannungsphase der Herzmuskelzellen.

Tab. 38.1 Alter, Größe, Gewicht, Atemfrequenz, Herzfrequenz (in Ruhe) und Blutdruck in der Kinderanästhesie. Alle Angaben sind »Circa-Angaben« und beschreiben in etwa den Mittelwert

	Alter	Größe	Gewicht	Atemfrequenz (pro Minute)	Herzfrequenz (pro Minute)	Blutdruck (mmHg)
Frühgeborenes	Z. B. 33. Gestationswoche	45 cm	2.000 g	40–50	140 (130–170)	MAP = 33 mmHg
Neugeborenes	Erster Lebensmonat	55 cm	Etwa 3.300–3.500 g	30–40	120 (100–170)	Bei Geburt MAP = 40 mmHg, nach 1 Woche MAP = 45 mmHg
Säugling	Erstes LJ	Nach 1 Jahr 75 cm	Nach 1 Jahr 10 kg	20–30	120 (100–140)	Syst: 70–85 mmHg Diast: 45–55 mmHg
Kleinkind	2.–6. LJ	2 Jahre = 87 cm	2 Jahre = 12 kg	15–25	80–120	Syst: 90–110 mmHg Diast: 55–75 mmHg
		3 Jahre = 96 cm	3 Jahre = 15 kg		70–110	
		4 Jahre =102 cm	4 Jahre = 16 kg		70–105	
		5 Jahre = 110 cm	5 Jahre = 18 kg		65–100	
		6 Jahre =115 cm	6 Jahre = 20 kg		65–95	
Schulkind	7.–14. LJ	8 Jahre = 128 cm	8 Jahre = 25 kg	15–20	60–90	Syst: 100–120 mmHg Diast: 60–75 mmHg
		10 Jahre = 140 cm	10 Jahre = 32 kg		60–90	
		12 Jahre = 150 cm	12 Jahre = 45 kg		55–85	
Jugendlicher	14.–18.LJ	14 Jahre = 162 cm	14 Jahre = 55 kg	12–20	55–85	Syst: 110–135 mmHg Diast: 65–85 mmHg
		16 Jahre = 170 cm	16 Jahre = 65 kg		50–80	

Diast = diastolischer Blutdruck, *LJ* = Lebensjahr, *MAP* = mittlerer arterieller Blutdruck, *Syst* = systolischer Blutdruck

Als weiterer Effekt der Unreife des sarkoplasmatischen Retikulums und der Kalziumregulation ist eine gute Pumpfunktion stärker abhängig von ausreichenden Kalziumspiegeln als beim Erwachsenen. Somit kann eine myokardiale Dysfunktion alleine schon durch die Gabe von Zitrat (in Blutprodukten) oder Albumin (beide binden Kalzium) ausgelöst werden.

Aufgrund der geringeren Möglichkeit einer Steigerung der systolischen Funktion sowie der Einschränkung der diastolischen Funktion kommt beim Neugeborenen der Herzfrequenz eine größere Bedeutung für ein ausreichendes HZV zu, als dies beim Erwachsenen der Fall ist. Allerdings ist auch dieser Kompensationsmechanismus limitiert.

Beim Neugeborenen sind systolische und diastolische Funktion noch eingeschränkt, gleichzeitig ist ein normaler Kalziumspiegel wichtig. Das HZV hängt beim Neugeborenen daher viel mehr von einer ausreichenden Herzfrequenz (Normalwert etwa 120/min) ab als im Erwachsenenalter. Eine Bradykardie führt beim Neugeborenen sofort zu einem dramatischen HZV-Abfall.

Die genannten Besonderheiten gelten ausgeprägt im Säuglingsalter und verlieren danach zunehmend an Bedeutung. Mit dem Schulalter ist die Kreislaufphysiologie mit der beim Erwachsenen vergleichbar.

38.2.2 Lunge und Atmung

Im Unterschied zum Erwachsenen ist die Lunge von Kindern und besonders Säuglingen »steifer« (geringere Compliance) und besitzt eine geringere Residualkapazität, die bei Säuglingen sogar kleiner ist als die Verschlusskapazität. Das Kind begrenzt diesen Effekt durch kürzere Exspirationszeiten und baut so einen intrinsischen PEEP auf. Zudem bauen Säuglinge bei Bedarf einen zusätzlichen Tonus auf Stimmbandebene auf, was als »Stöhnen« imponiert, aber auch den O_2-Verbrauch erhöht. Aufgrund des schon in Ruhe deutlich höheren O_2-Verbrauchs im Vergleich zum Körpergewicht ist eine deutlich größere alveoläre Ventilation notwendig als beim Erwachsenen, sodass ein Atemstillstand erheblich schneller zum arteriellen O_2-Sättigungsabfall führt. Aufgrund der Weichheit des Thorax, der Enge der Atemwege und der noch nicht vollständig funktionstüchtigen Zwerchfellmuskulatur ist aber eine Steigerung der Atemarbeit nur sehr eingeschränkt möglich.

Auch der Atemantrieb zeigt altersspezifische Besonderheiten. Besonders Frühgeborene reagieren bei Hypoxie zwar zunächst kurzzeitig mit einer Erhöhung der Atemfrequenz, die jedoch rasch von einer zentralen Apnoe gefolgt wird. Diese Reaktion wird meist als Zeichen der Unreife des Hirnstamms gewertet. Dabei handelt es sich pränatal um einen sehr sinnvollen Reflex, denn die Oxygenierung des Ungeborenen findet ausschließlich über die Plazenta statt und daher ist das »Stillhalten« eine O_2-sparende und sehr sinnvolle Maßnahme. Auch die Gegenregulation bei Hyperkapnie ist bezüglich ihrer Intensität noch nicht mit der bei Erwachsenen vergleichbar.

Besonderheiten bei Früh- und Neugeborenen Besonders die Lunge von Früh- und Neugeborenen reagiert empfindlich auf mechanische und oxidative Noxen. Als kurzfristige Folge eines Barotraumas kann es zu einem Pneumothorax und intrapulmonalen Luftansammlungen kommen (»acquired pulmonary lobar emphysema – APLE«), die schwer zu behandeln sind. Ein Pneumothorax ist bei dunkler Umgebung durch eine Diaphanoskopie mit einer Kaltlichtquelle rasch und zuverlässig darstellbar (Abb. 38.1). Als langfristige Folge der mechanischen Beanspruchung durch Beatmungsdrücke und durch eine O_2-Toxizität kann es zur bronchopulmonalen Dysplasie (BPD) kommen. Die neonatologischen Maßnahmen der Lungenreifebehandlung und der Surfactantapplikation ermöglichen heutzutage jedoch in den meisten Fällen schonende Beatmungsmuster und eine zurückhaltende O_2-Gabe. Diese sollten auch intraoperativ fortgeführt werden, sodass meist eine druckgesteuerte Beatmungsform bevorzugt wird. Alternativ kann eine volumengesteuerte, aber druckkontrollierte Beatmung angewandt werden.

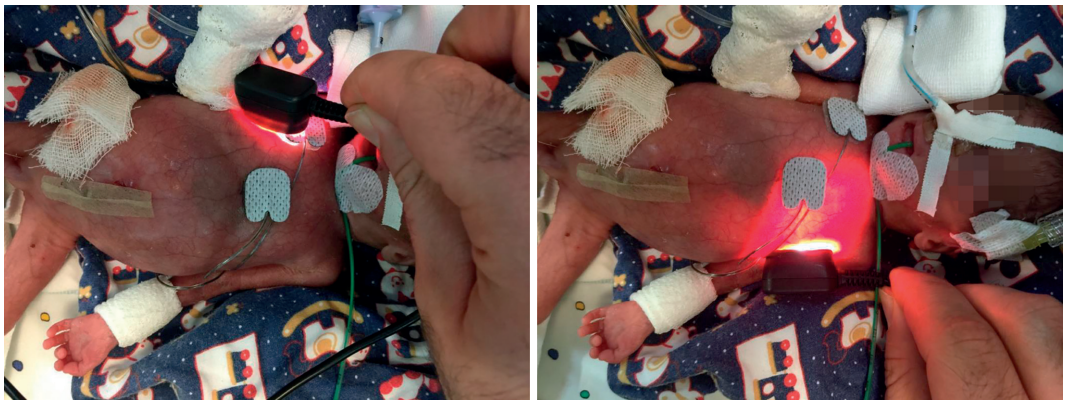

Abb. 38.1 Pneumothoraxdiagnostik mittels Diaphanoskopie. Ein Pneumothorax ist bei dunkler Umgebung durch eine Diaphanoskopie mit einer Kaltlichtquelle unmittelbar und zuverlässig darstellbar. Die Abbildung zeigt ein Frühgeborenes mit einem Gewicht von ca. 300 g, die auf den Thorax aufgesetzte Kaltlichtquelle scheint durch die Thoraxwand und das Licht wird auf der rechten Seite durch das darunterliegende Lungengewebe kontinuierlich abgeschwächt, was zu dem deutlich runden, roten Lichthof führt (**a**). Auf der linken Seite ist kein Lungengewebe unter der Thoraxwand, weil hier ein Pneumothorax vorliegt, der rote Lichthof erleuchtet die gesamte Pleuraspalte (**b**)

Bedeutung von Ventilation und Oxygenierung

Neben der beschriebenen sensiblen Beatmung kommt dem Beherrschen von Atemwegskomplikationen eine zentrale Bedeutung in der Kinderanästhesie zu, da die Ventilation in jeder kritischen Situation essenziell ist.

Jede Bradykardie oder Asystolie von Säuglingen muss primär mit einer suffizienten Ventilation behandelt werden. Erst dann folgen erweiterte Maßnahmen, medikamentös und mechanisch.

Bei der perioperativen Versorgung von Früh- und Neugeborenen muss ein Fokus auf der bestmöglichen Vermeidung von Hypo- oder Hyperventilation liegen. Hierzu wird die Kapnographie verwendet, wobei der Kurvenverlauf zusätzliche diagnostische Hinweise geben kann (z. B. bronchiale Obstruktion).

Es konnte gezeigt werden, dass einmalige Ereignisse einer Hypoventilation (z. B. petCO_2 >90 mmHg) oder auch Hyperventilation (z. B. petCO_2 <20 mmHg) über Veränderungen der Gehirndurchblutung die Rate an Hirnblutungen vervielfachen können. Dies wird durch die im Früh- und Neugeborenenalter weitgehend noch fehlenden Mechanismen der Autoregulation der Hirndurchblutung erklärt.

Fehleranfälligkeit der Kapnometrie

Auch bei Verwendung modernster Kapnometer im Nebenstrom sowie optimaler kleinvolumiger Filter mit einem tubusnahen Anschluss für die petCO_2-Messleitung ist bei Früh- und Neugeborenen meist keine ausreichende Messgenauigkeit zu erzielen. Dies liegt an den geringen Tidalvolumina, den hohen Atemfrequenzen und an den teilweise undichten Tuben. Daher bleibt der Goldstandard zur Überwachung der Normoventilation hier immer die »blutige« CO_2-Messung mittels Blutgasanalyse (BGA), die im Regelfall kapillär entnommen wird (▶ Abschn. 38.2.3). Daher ist bei jedem Kind <10 kg oder <1 Jahr mindestens eine BGA nach der Anästhesieeinleitung empfehlenswert. Gleichzeitig können hier Hypoglykämien erkannt werden, z. B. wenn das Kind länger nüchtern war als geplant.

Im klinischen Alltag wird der petCO_2-Verlauf bei Früh- und Neugeborenen dann »lediglich« als Warnsystem genutzt, um Veränderungen zeitnah erkennen zu können; ggf. ist dann eine erneute BGA erforderlich. Alternativ werden heute auch die transkutane CO_2-Messung (ptcCO_2) in der Kinderanästhesie eingesetzt. Hierbei muss aber berück-

sichtigt werden, dass es sich um eine regionale Messung in der Haut handelt, sodass das Ergebnis auch durch die lokale Perfusionssituation beeinflusst werden kann.

38.2.3 Blutgasanalyse

Wie oben bereits dargestellt, sollte bei jedem Kind <10 kg oder <1 Jahr nach der Anästhesieeinleitung mindestens eine BGA als Minilaboranalyse durchgeführt werden. Damit werden die kapnometrisch gemessenen CO_2-Werte zur Gewährleistung einer Normoventilation kontrolliert sowie eine Hypoglykämie und eine unzureichende Organperfusion ausgeschlossen (▶ Abschn. 38.13). Standardverfahren ist die kapilläre BGA, die immer mit den dafür vorgesehenen Lanzetten durchgeführt werden sollte. Je nach Krankheitsbild und OP-Verlauf muss die BGA ggf. wiederholt werden. Die Referenzwerte für gesunde, reife Neugeborene sind in ◘ Tab. 38.2 dargestellt.

Ab dem Kleinkindalter und bezüglich der Elektrolyte sowie des BE gelten Normwerte in der BGA wie beim Erwachsenen.

38.2.4 Leber- und Nierenfunktion

Bei Neugeborenen ist die Nierenfunktion noch stark eingeschränkt. Oft setzt die eigene Diurese nicht am ersten Lebenstag ein, sodass mit Flüssigkeitszufuhr vorsichtig umgegangen werden muss. Auch die Fähigkeit zur Urinkonzentration und zur Elimination von Pharmaka entwickelt sich erst in den ersten Monaten vollständig. Ebenso ist die enzymatische Kapazität der Leber eingeschränkt und liegt beim reifen Neugeborenen bei nur 10% eines 1-Jährigen. Dies erklärt, warum z. B. die hepatisch eliminierten Opioide Fentanyl und Sufentanil sowie die ebenfalls hepatisch eliminierten Muskelrelaxanzien Rocuronium und Vecuronium im Früh-, Neugeborenen- und Säuglingsalter (also <1 Jahr) eine deutlich verlängerte Wirkung haben. Letztlich müssen die sich im Kindesalter erst entwickelnde Leber- und Nierenfunktion – v. a. im 1. Lebensjahr – bei Auswahl und Dosierung von Medikamenten berücksichtigt werden.

◘ Tab. 38.2 BGA-Referenzwerte bei reifen Neugeborenen

	Durchschnitt	Normalbereich
pH	7,395	7,312–7,473
pCO_2 (mmHg)	38,7	28,5–48,7
pO_2 (mmHg)	45,3 [a]	32,8–61,2
Laktat (mmol/l)	2,6	1,4–4,1
Hb (g/dl)	20,4	14,5–23,9
Na^+ (mmol/l)	137	130–145
K^+ (mmol/l)	4,5	3,6–5,2
Ca^{2+} ionisiert (mmol/l)	1,21	1,06–1,34

[a] Ursache für den recht niedrigen paO_2 im Neugeborenenalter ist der hohe Anteil an fetalem Hb

38.2.5 Wärmehaushalt

Die Aufrechterhaltung einer konstanten Körpertemperatur ist für die Funktion des menschlichen Organismus unabdingbar. Die Kompensationsmechanismen für Wärmeverlust funktionieren beim Früh- und Neugeborenen nur eingeschränkt und werden durch die Anästhesie zusätzlich gehemmt. Bis Ende des 2. Lebensjahrs wird zusätzliche Wärme hauptsächlich durch chemische Prozesse im braunen Fettgewebe durch sog. »non-shivering thermogenesis« erzeugt. Diese Wärmeproduktion, die mit einem erheblich größeren O_2-Verbrauch vergesellschaftet ist als das »Kältezittern« beim Erwachsenen, wird durch viele Anästhetika stark beeinträchtigt. Hinzu kommt, dass Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder unter gleichen Umgebungsbedingungen erheblich mehr Wärme verlieren als Erwachsene. Gründe dafür sind:

- ein ungünstigeres Verhältnis der Körperoberfläche zum Körpergewicht,
- weniger isolierendes subkutanes Fettgewebe,
- stärkere Evaporation aufgrund eines verminderten Keratingehalts der kindlichen Haut und
- ein höheres Atemminutenvolumen.

Schon eine milde perioperative Hypothermie lässt die Rate von Komplikationen deutlich ansteigen. Es kann zu Wundheilungs- und Gerinnungsstörungen kommen, verlängerter Wirkung von Medikamenten, Hyperglykämie, Hypoventilation und Apnoen sowie erhöhtem O_2-Verbrauch mit Hypoxie und Azidose. Eine kardiale Beeinträchtigung durch die Hypothermie besteht in einer Abnahme der Myokardkontraktilität sowie einem Anstieg des pulmonalarteriellen Widerstands mit der Gefahr eines Rechts-Links-Shunts bei funktionell noch nicht verschlossenem Ductus arteriosus Botalli und funktionell ebenfalls noch nicht verschlossenem Vorhofseptum. Besonders bei Kindern mit kongenitalen Vitien kann diese Konstellation schnell bedrohlich werden.

Bei jedem Kind muss zwingend die Körpertemperatur überwacht und dokumentiert werden.

Geeignete Messmethoden sind Temperaturfühler im Oropharynx (bei großen Tubusleckagen aber ungenau, bei Larynxmaske ungeeignet), im Ösophagus (atraumatisch im distalen Ösophagus platziert), rektal oder in der Blase. Besonders bei Früh- und Neugeborenen besteht selbst bei kleinsten Eingriffen die Gefahr einer Hypothermie, weswegen Maßnahmen zur deren Vermeidung obligat sind.

Meist reichen passive Maßnahmen, die dem Wärmeverlust entgegenwirken wie Decken oder Tücher nicht aus. Es muss aktiv Wärme mittels geeigneter Systeme zugeführt werden. Am besten wirksam sind Systeme mit Warmluftgebläse. Wärmematten sind weniger effektiv und bedürfen einer sinnvollen Auflage, die einerseits Druckstellen vermeidet und andererseits nicht zu dick ist, um den Wärmeeffekt zu verhindern.

Geeignete Maßnahmen zur Vermeidung einer Hypothermie

- Soviel Hautoberfläche wie möglich abdecken, insbesondere den Kopf
- Saal wärmen: Für Kleinkinder mindestens 26°C, für extreme Frühgeborene bis zu 32°C
- Aktive externe Wärmezufuhr mit Warmluftgebläse und ggf. Wärmeunterlage
- Nur Infusionen mit mindestens Raumtemperatur verwenden
- HME-Filter[1] im Beatmungssystem verwenden
- Möglichst niedrigen Frischgasfluss wählen
- Inkubatoren und Betten vorwärmen

38.3 Präoperative Vorbereitung

38.3.1 Narkosevorgespräch

Beim Narkosevorgespräch werden die anästhesierelevanten Fakten zusammengetragen. Hierzu dienen Anamnese (meist der Eltern), körperliche Untersuchung und die vorhandenen medizinischen Unterlagen; in Einzelfällen ist eine individuelle Absprache mit dem Operateur erforderlich. Ziele sind die größtmögliche Sicherheit und auch ein guter Komfort für das Kind sowie die Beruhigung der Eltern.

Bei jedem Kind müssen Herz und Lunge auskultiert werden. Mundöffnung, Mundhöhle und Zahnstatus werden untersucht oder – wenn dies bei Weigerung des Kindes unmöglich ist – anamnestisch erfragt. Grunderkrankungen, Medikation und Allergien werden dokumentiert. Eine definitive Latexallergie muss auf dem Narkoseprotokoll und möglichst auch schon in der elektronischen OP-Planung ausgewiesen werden.

38.3.2 Juristische Einwilligung

Kinder und Jugendliche müssen entsprechend ihrer Einsichtsfähigkeit in die Aufklärung eingebunden werden. Aufklärungsadressat bei Minderjährigen sind grundsätzlich die gesetzlichen Vertreter, im Regelfall also die Eltern. Dem Eingriff bei Minderjährigen müssen in der Regel beide Eltern zustimmen, wobei es bisher in Deutschland ausreicht, wenn ein Elternteil den anderen ermächtigt, für ihn mitzuentscheiden. In Routinefällen darf der Arzt bei dem Erscheinen nur eines Elternteils von der

1 HME = Beatmungsfilter, der Feuchtigkeit und Wärme speichert, sog. »heat and moisture exchange«

Erteilung einer solchen Ermächtigung ausgehen, solange dieses Elternteil ihm dieses mündlich bestätigt und im Namen des anderen mitunterschreibt.

Erscheint nur ein Elternteil zur Aufklärung, so sollte die Zustimmung des anderen Elternteils erfragt und dokumentiert werden. Bei sehr großen und komplexen Operationen und Anästhesien ist es ratsam, beide Elternteile gemeinsam aufzuklären und unterschreiben zu lassen.

Zusätzlich muss aber auch der Minderjährige entsprechend seiner geistigen und sittlichen Reife über die Bedeutung und Tragweite des Eingriffs aufgeklärt werden, da ihm nur durch diese Aufklärung die Möglichkeit eingeräumt wird, von dem ihm zustehenden »Vetorecht« Gebrauch zu machen. Ein solches kann bei nicht zwingend indizierten Eingriffen mit dem Risiko erheblicher Folgen für die künftige Lebensgestaltung bestehen, und zwar dann, wenn er eine ausreichende Beurteilungsfähigkeit hat.

Ungefähr ab einem Alter von 12–14 Jahren wird vom Gesetzgeber eine ausreichende Einsichts- und Entschlussfähigkeit angenommen, sodass ab diesem Zeitpunkt die Einbeziehung des Minderjährigen erfolgen und diese am besten auch durch seine Unterschrift dokumentiert werden sollte.

38.3.3 Voruntersuchungen

Wie bei Erwachsenen gilt auch im Kindesalter:

Eine sorgfältige Anamnese und gründliche körperliche Untersuchung besitzen die höchste Aussagekraft. Jede weitere Untersuchung ist eine Ergänzung.

Bei Neugeborenen sind folgende Parameter zu erheben: Hb, Thrombozytenzahl, Gerinnung, Elektrolyte, BGA, Laktat, BZ.

Jenseits der Neugeborenenperiode sind Laboruntersuchungen bei einem anamnestisch unauffälligen Kind ohne Grunderkrankungen und einem kleinen Eingriff weder notwendig noch sinnvoll. Wie in ▶ Kap. 1 dargestellt, ist der Nutzen eines ungerichteten Laborscreenings für die präoperative Einschätzung nicht erwiesen, und es gibt auch kein wissenschaftlich bewiesenes Alter, ab dem eine Routinelaboranalyse erforderlich wäre. Bei bekannten Grunderkrankungen müssen selbstverständlich organbezogene Laborwerte vorliegen.

Zudem sollte präoperativ – gerade bei den häufigen HNO-Operationen – bei jedem Kind eine sorgfältige Gerinnungsanamnese erhoben werden. Verantwortlich ist primär der Operateur. Hierzu hat die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) in Abstimmung mit den Fachgesellschaften für HNO, Pädiatrie sowie Thrombose- und Hämostaseforschung einen Fragebogen entwickelt, der bei jedem Kind genau durchgegangen werden soll und im Folgenden wörtlich übernommen wurde (Tab. 38.3).

Bei auffälliger Anamnese muss dann eine gezielte Gerinnungsdiagnostik erfolgen mit Thrombozytenzahl, Quickwert, PTT und Fibrinogen; ggf. sind dann aber auch (deutlich) weitergehende Gerinnungsuntersuchungen erforderlich, auch zum Ausschluss erblicher Gerinnungsstörungen oder eines von-Willebrand-Jürgens-Syndroms.

Was tun, wenn ein Herzgeräusch auffällt?

Es kommt regelhaft vor, dass bei der Routineuntersuchung von Kindern ein Herzgeräusch festgestellt wird, das zuvor nicht bekannt war. Von den Kindern, bei denen jenseits des 1. Lebensjahres erstmalig ein Herzgeräusch entdeckt wird, hat nur ca. jedes 50. Kind ein strukturelles kardiales Problem. Akzidentelle Herzgeräusche sind in der Regel »melodisch« und von der Situation oder der Körperlage abhängig. Neugeborene mit einem Systolikum, das zwischen den Schulterblättern lauter ist als an allen anderen Auskultationspunkten, haben in der Regel eine harmlose periphere Pulmonalarterienstenose. Auch wenn die Kriterien für das Vorliegen eines bedeutungslosen Herzgeräusches sprechen, können auch erfahrene Kinderkardiologen eine Pathologie ohne Echokardiographie nicht sicher ausschließen.

Wird bei einem Kind vor einem Elektiveingriff erstmalig ein Herzgeräusch festgestellt, muss zuerst eine Echokardiographie erfolgen.

Tab. 38.3 Anamnese vor geplanter Adenotomie oder Tonsillektomie bei Kindern. (Mod. nach Strauß et al. 2006)

Eigenanamnese des Kindes	**Ja**	**Nein**
1. Hat Ihr Kind vermehrt Nasenbluten ohne erkennbaren Grund?		
2. Treten bei Ihrem Kind vermehrt »blaue Flecke« auf, auch an Körperstamm oder ungewöhnlichen Stellen?		
3. Haben Sie Zahnfleischbluten ohne erkennbare Ursache festgestellt?		
4. Wurde Ihr Kind schon einmal operiert?		
5. Kam es während oder nach einer Operation zu längerem und verstärktem Nachbluten?		
6. Kam es im Zahnwechsel oder nach dem Ziehen von Zähnen zu längerem oder verstärktem Nachbluten?		
7. Hat Ihr Kind schon einmal Blutkonserven oder Blutprodukte übertragen bekommen?		
8. Hat Ihr Kind in den letzten Tagen Schmerzmittel, z. B. Aspirin, ASS oder ähnliches genommen?		
Familienanamnese, getrennt für Vater und Mutter	**Ja**	**Nein**
1. Haben Sie vermehrt Nasenbluten, auch ohne erkennbaren Grund?		
2. Haben Sie bei sich Zahnfleischbluten ohne ersichtlichen Grund festgestellt?		
3. Haben Sie den Eindruck, dass es bei Schnittwunden (Rasieren) nachblutet?		
4. Gab es in der Vorgeschichte längere oder verstärkte Nachblutungen nach Operationen?		
5. Gab es längere oder verstärkte Nachblutungen nach oder während des Ziehens von Zähnen?		
6. Gab es in der Vorgeschichte Operationen, bei denen Sie Blutkonserven oder Blutprodukte erhalten haben?		
7. Gibt es oder gab es in Ihrer Familie Fälle von vermehrter Blutungsneigung?		
Zusatzfragen an die Mutter	**Ja**	**Nein**
8. Haben Sie den Eindruck, dass Ihre Regelblutung verlängert oder verstärkt ist?		
9. Kam es bei oder nach Geburt eines Kindes bei Ihnen zu verstärkten Blutungen?		

Kinder mit einem bekannten Herzfehler

Kinder mit einem bekannten Herzfehler müssen zur Beurteilung der aktuellen Situation ausreichende Diagnostik mitbringen. Dazu gehört v. a. ein aktueller Echokardiographiebefund, in dem Gradienten, Shunts und die Kontraktilität genannt werden. Der zeitliche Abstand, mit dem eine Untersuchung als »aktuell« gelten kann, hängt entscheidend von der Art des Herzfehlers und dem Alter des Kindes ab, grob werden meist 6 Monate angeben. Dieser Aspekt oder auch die Beurteilung des Befunds für die operative Situation muss im Zweifelsfall mit dem behandelnden Kinderkardiologen besprochen werden.

Kinder mit Infekt

Einige Kinder befinden sich in einer dauerhaften, »stabilen« Situation einer Infektion der oberen Atemwege; häufig werden diese Kinder zur Adenotomie und/oder Tonsillotomie/-ektomie vorgestellt. Hier kann eine Verbesserung der Situation bis zum durchgeführten Eingriff nicht erwartet werden. Solange kein Fieber vorliegt, die Lunge auskultatorisch unauffällig ist und kein produktiver Husten besteht, kann der Eingriff durchgeführt werden. Manchmal kann es sogar notwendig sein, den Eingriff unter einer perioperativen Antibiotikatherapie durchzuführen.

Im Gegensatz dazu sind Kinder, die sonst gesund sind, aber aktuell einen Infekt haben, strenger

zu beurteilen. Die folgenden Handlungsempfehlungen zur Entscheidung, ob Narkose und Operation durchgeführt werden können, basieren auf klinischer Erfahrung und den aktuellen deutschen und amerikanischen Empfehlungen dazu:

- Eine leichte seröse Rhinitis ohne Allgemeinsymptome kann zur Narkose und Operation toleriert werden.
- Sind folgende Symptome in den letzten Tagen neu aufgetreten, dann muss dringend von Narkose und Operation abgeraten werden: purulente Rhinitis, eitrige Beläge auf den Tonsillen oder dem Rachenring, produktiver Husten, deutliches Giemen bei der Auskultation, regionale Belüftungsstörungen, Fieber über 38,5°C, reduzierter Allgemeinzustand oder Durchfall und/oder Erbrechen.
- Bei Infektionen der unteren Atemwege wird erst 4–6 Wochen nach dem Abklingen der Infektion wieder ein durchschnittliches Risiko für Atemwegskomplikationen erreicht, sodass solange mit einem Elektiveingriff gewartet werden sollte. Die weit verbreitete Praxis, den Eingriff 14 Tage später durchzuführen, ist nur bei einem unkomplizierten Infekt der oberen Luftwege angebracht.

38.3.4 Impfungen

Es gibt keine Untersuchungen, die eine mögliche Abschwächung des Impferfolgs durch eine Narkose zeigen konnten. Genauso wurde eine Erhöhung der anästhesiologischen oder chirurgischen Komplikationsrate durch zeitgleiche Impfungen bisher weder bewiesen noch ausgeschlossen. Der wissenschaftliche Arbeitskreis Kinderanästhesie (WAKKA) der DGAI empfiehlt folgende Abstände zwischen Impfung und Narkose bzw. Operation:

- bei Totimpfstoff/Toxoid-Impfungen 3 Tage,
- bei Lebendimpfungen 14 Tage.

Auf jeden Fall sollte jedoch bei heftigen Impfreaktionen mit hohem Fieber solange abgewartet werden, bis die Impfreaktion sicher abgeklungen ist.

Bei der passiven Immunisierung gegen eine Infektion mit RSV (respiratory syncytial virus) mit Antikörpern (Palivizumab, z. B. Synagis) handelt es sich nicht um eine Impfung im Sinne einer aktiven Immunisierung, daher ist hier auch nicht mit einer Impfreaktion zu rechnen.

Tab. 38.4 Nüchternzeiten. (Mod. nach: Becke, Giest , Strauss 2007)

	Klare Flüssigkeit	Milch	Feste Nahrung
<1 Jahr	2 h	4 h	6 h
≥1 Jahr	2 h	6 h	6 h

»Milch« umfasst Muttermilch und Milchnahrung

38.3.5 Nüchternzeiten

Die DGAI empfiehlt derzeit folgende Nüchternzeiten (Tab. 38.4).

In Studien wurde mehrfach gezeigt, dass die empfohlenen Nüchternzeiten im Alltag in erheblichem Umfang und mit negativen Folgen für die Kinder (Hypoglykämie, Azidose, Hypovolämie) überschritten werden. Eltern und Stationspersonal müssen daher wissen, dass die Trinkerlaubnis nicht optional, sondern verpflichtend ist. Eine präzise OP-Planung und engmaschige Kommunikation von Änderungen ist zwingend erforderlich. Wenn ein Säugling eine Nüchternzeit von mehr als 4 Stunden überschreitet, muss ihm eine Infusion verabreicht werden (▶ Abschn. 38.8). Bei Frühgeborenen sind engmaschige Kontrollen des Blutglukosespiegels und ggf. eine Erhöhung der Glukosezufuhr notwendig.

38.3.6 EMLA-Pflaster und Rapydan

EMLA bedeutet »eutektische Mischung aus Lokalanästhetika« und ist eine Mixtur aus Lidocain und Prilocain. Bei der Mischung der beiden Lokalanästhetika kommt es zu einer Erniedrigung ihrer Schmelzpunkte, was als »eutektische Mischung« bezeichnet wird. Die Creme besteht aus einer alkalischen wässrigen Phase, aus der das basische Lokal-

anästhetikum gut in die Haut diffundieren kann, und einer emulgierten Phase, die als Depot dient, aus dem sich die wässrige Phase nachfüllt. Da beim Abbau von Prilocain Methämoglobin entstehen kann, müssen Menge und Einwirkzeit altersabhängig begrenzt werden. Folgende Dosierungen der EMLA-Creme gelten als unbedenklich:

- Säuglinge 0–2 Monate bis 1 g Creme, Einwirkzeit bis maximal 60 min,
- Säuglinge 3–12 Monate bis 2 g Creme, Einwirkzeit bis maximal 60 min,
- Kinder 1–5 Jahr bis 10 g Creme, Einwirkzeit bis maximal 5 h,
- Kinder 6–12 Jahre bis 20 g Creme, Einwirkzeit bis maximal 5 h.

Hierbei gilt: 1 ml EMLA-Creme = 1 g Creme mit 25 mg Lidocain und 25 mg Prilocain. Anschließend wird die Hautstelle mit der Creme mit einer mitgelieferten Plastikfolie abgeklebt.

Aufgrund von Methämoglobinmessungen kann EMLA auch bei Frühgeborene sicher eingesetzt werden, wenn maximal 0,5 g verwendet werden und eine maximale Einwirkzeit von 60 min eingehalten wird. Idealerweise legt der prämedizierende Anästhesist die Stellen fest, indem er sie genau beschreibt oder (bei Kindern meist sehr beliebt) mit einer kleinen Zeichnung (Gesicht, Sonne etc.) markiert. Durch das Aufbringen z. B. mit Hilfe einer 2-ml-Spritze lassen sich die Mengen auch bei Früh- und Neugeborenen präzise verabreichen.

Altersgruppenbezogene Unterschiede für die ideale Einwirkzeit ergeben sich aus der Veränderung der Hautbarriere und der Perfusion der Haut, die zum Abtransport der LA führt. Bei Frühgeborenen und Säuglingen sind 40 bis maximal 60 min Einwirkzeit ideal, bei älteren Kindern könnte das Pflaster bis zu 5 h belassen werden. Weil EMLA die Hautperfusion verschlechtert, sind die Punktionsverhältnisse unmittelbar nach der Entfernung nicht ideal. Daher sollte das EMLA-Pflaster etwa 15 min (mindestens 10 und maximal 20 min) vor der Punktion entfernt werden.

Rapydan

Rapydan ist ein ähnliches Pflastersystem wie EMLA, enthält aber Lidocain und Tetracain. Eine Besonderheit ist, dass im Rapydan-Pflaster ein weiterer Zusatz enthalten ist, der bei Kontakt mit Sauerstoff Wärme freisetzt und so zu einer rascheren Resorption der Lokalanästhetika und ggf. lokal eher zu einer Vasodilatation führt. Rapydan soll 30 min einwirken, dann ist die Haut punktionsbereit. Rapydan darf erst bei Kindern ab 3 Jahren angewandt werden, wobei 1 bis maximal 2 Pflaster gleichzeitig und nicht mehr als 2 Pflaster in 24 h eingesetzt werden sollen.

38.3.7 Medikamentöse Prämedikation

Durch das Verabreichen einer medikamentösen Prämedikation sollen Kinder gedämpft und emotional stabilisiert werden.

Normalerweise kann und soll die Prämedikation im bis dahin schon vertrauten und »geschützten« Umfeld der Station unter Anwesenheit der Bezugsperson stattfinden und den Eintritt in den Funktionsbereich (OP- oder Diagnostikbereich) erleichtern. Bei unproblematischen Kindern und angepasster Dosierung (Tab. 38.5) ist dort keine über das Reguläre hinausgehende Überwachung notwendig. Eine medikamentöse Prämedikation ist aber nicht in jeder Situation erforderlich oder hilfreich und sollte individuell festgelegt werden. Säuglinge brauchen meist keine Prämedikation, wenn sie noch nicht fremdeln.

Bei Kindern mit einer (vermuteten) Muskelschwäche oder einer Diagnose, bei der eine Muskelschwäche erwartet werden kann (z. B. beim Prader-Willi-Syndrom) oder deren Atemarbeit erheblich erhöht ist (z. B. schwere Obstruktion der oberen Atemwege, Ateminsuffizienz), kann die medikamentöse Prämedikation zur Ateminsuffizienz führen.

Praxistipp

Daher wird in diesen Fällen auf die Prämedikation verzichtet, oder die Prämedikation wird durch das Anästhesieteam gegeben und danach eine lückenlose Überwachung bis zur Anästhesieeinleitung sichergestellt.

Tab. 38.5 Medikamentöse Prämedikation

Midazolam p.o./rektal	
Dosierung	0,3(–0,5) mg/kg
Höchstdosis	7,5(–10) mg
Zeitpunkt	mindestens 20, maximal 40 min zuvor
Clonidin p.o./rektal	
Dosierung	2(–4) µg/kg
Höchstdosis	100 µg
Zeitpunkt	60–90 min zuvor (!)
Chloralhydrat p.o./rektal	
Dosierung	40–70(–100) mg/kg
Höchstdosis	1(–2) g
Zeitpunkt	mindestens 20 min zuvor
Kontraindikation	Lebererkrankungen

Ketamin ist aus Sicht der Autoren zur »normalen« Prämedikation nicht gut geeignet, denn eine dissoziative Sedierung ist in Anwesenheit der Eltern, die sich mit dem Kind ja noch befassen wollen, nicht wünschenswert

38.4 Besonderheiten der Pharmakotherapie im Säuglings- und Kindesalter

Die gewichtsbezogenen Dosierungsempfehlungen pro kg Körpergewicht können je nach Medikament bei Früh- und Neugeborenen größer oder auch kleiner sein als in anderen Altersgruppen.

Geringere Dosierungsempfehlungen beruhen z. B. auf einer größeren Empfindlichkeit oder einer geringeren Proteinbindung. Für letztere ist v. a. der geringere Gehalt an Albumin und Gesamteiweiß verantwortlich, sowie u. U. eine Konkurrenz der Medikamente, um die Proteinbindung mit bei Neugeborenen physiologisch erhöhtem Bilirubin (Gefahr eines Kernikterus, z. B. durch Barbiturate oder Sulfonamide).

Die Notwendigkeit höherer Dosierungen pro kg Körpergewicht kommt ebenso vor und ist meist durch größere Verteilungsvolumina zu erklären. So haben Früh- und Neugeborene z. B. wesentlich größere intra- und extrazellulären Flüssigkeitsräume sowie einen größeren Gesamtwassergehalt, sodass die resultierenden Plasmaspiegel aus Einzelgaben bei gleicher gewichtsbezogener Dosierung erheblich geringer sind.

Schließlich gibt es auch Medikamente, bei denen für Neugeborene höhere Plasmaspiegel zur gleichen Wirkung benötigt werden, z. B. bei den Katecholaminen.

Im Neugeborenenalter haben die meisten Medikamente eine verlängerte Wirkdauer.

Dies ist u. a. dadurch erklärbar, dass die Nieren- und Leberfunktion bei gesunden Kindern erst innerhalb der ersten Lebensmonate ausreift. Hinzu kommt, dass der Körperfettanteil beim extremen Frühgeborenen ausschließlich durch das Gehirngewebe bestimmt wird und selbst ein reifes Neugeborenes nur über ein Drittel der Fettmenge und auch Muskelmenge eines normgewichtigen Erwachsenen verfügt. Somit ist eine wichtige Komponente für das Wirkende von Anästhetika – die Umverteilung in Fett- und/oder Muskelgewebe – bei Früh- und Neugeborenen kaum möglich.

Zusammenfassend unterscheidet sich die Pharmakokinetik beim Kind erheblich von der bei einem Erwachsenen und wiederum beim Neugeborenen erheblich von der bei einem Kleinkind oder älteren Kind. Somit sind in vielen Fällen altersgruppenspezifische Dosierungsempfehlungen notwendig.

Die in diesem Kapitel genannten Empfehlungen einzelner Medikamente resultieren aus Erkenntnissen der Pharmakokinetik und klinischen Erfahrungen und berücksichtigen damit die altersbezogenen Besonderheiten.

38.4.1 Fehlende Zulassung in der Kinderanästhesie

Viele Medikamente, die seit Jahren erfolgreich in der Neonatologie, Pädiatrie und Kinderanästhesie eingesetzt werden, haben für entsprechende Altersgruppen oder Anwendungen keine formale Zulassung. So ist z. B. Fentanyl erst bei Kindern ab 2 Jahren zugelassen, obwohl es aufgrund der guten klinischen Erfahrungen das seit Jahrzehnten international am häufigsten verwendete Opioid in

der Neonatologie darstellt und sehr gute pharmakokinetische Daten – sogar für Frühgeborene – vorliegen.

Es ist bedauerlicherweise momentan weder möglich noch medizinisch sinnvoll, sich in der Kinderanästhesie nur auf den Einsatz zugelassener Medikamente zu beschränken. Der wissenschaftliche Arbeitskreis Kinderanästhesie der DGAI erarbeitet hierzu eine Positivliste von Medikamenten mit Indikationen, um so die rechtliche Situation der Anwender zu verbessern. Empfehlenswert ist es, dies beim Prämedikationsgespräch kurz anzusprechen. Inhaltlich könnte dies durch folgende Aussagen erfolgen:

» Eine optimale Versorgung von Kindern erfordert in der modernen Kinderanästhesie den Einsatz von Medikamenten, die formal für einige Altersgruppen nicht oder nur eingeschränkt zugelassen sind. Deren Anwendung entspricht dennoch in vollem Umfang dem aktuellen medizinischen Wissen und wird von Experten so empfohlen.

Wenn dies den Eltern erklärt wurde, sollte folgende Notiz im Aufklärungsbogen dokumentiert werden: »Off-Label-Situation besprochen«.

38.4.2 Medikamentensicherheit in der Kinderanästhesie

Fehler bei der Medikamentenverabreichung gehören zu den häufigsten medizinischen Fehlern im Krankenhaus. Bei Kindern kommt es auf regulären Versorgungstationen dreimal häufiger zu Fehlern bei der Medikamentengabe als bei Erwachsenen. Abweichungen von der empfohlenen Dosierung in einer 10er Potenz werden häufig beobachtet und können je nach Medikament schwere Schäden auslösen oder sogar zum Tode führen. Die einzigen bisherigen Daten aus dem Bereich der Anästhesie stammten von Untersuchungen, bei denen Anästhesisten anonymisiert mittels eines Fragebogens Fehler berichten sollten. Hierdurch konnte man schätzen, dass bei etwa 1 von 133 Narkosen ein Medikamentenfehler auftritt. Aktuelle Daten legen nahe, dass diese Untersuchungen die Fehlerrate noch deutlich unterschätzt. Daher hat der wissenschaftliche Arbeitskreis Kinderanästhesie der DGAI folgende Maßnahmen zur Vermeidung von Medikamentenfehlern formuliert:

- Wissensstand und Vigilanz haben einen wesentlichen Einfluss auf die Versorgungsqualität.
- Das Gewicht der Kinder ist zur Medikamentendosierung essenziell. Ist eine Schätzung des Gewichts in Notfallsituationen erforderlich, sollte dies anhand der Körpergröße erfolgen, z. B. mit Hilfe des »Pädiatrische Notfalllineals« oder des »Kinderanästhesielineals«.
- Alle komplexen Berechnungen sollten mit einem Taschenrechner oder einer Tabellenkalkulation erfolgen.
- Eine Informationsquelle zu altersgruppenspezifischen Dosierungen, Medikamentenzubereitungen und Kontraindikationen muss am Arbeitsplatz verfügbar sein.
- Es sollte möglichst auf Verdünnungen aller Art verzichtet werden, z. B. durch den Einsatz von 1-ml-Spritzen mit Skalierung.
- Spritzen müssen nach der geltenden ISO-Norm etikettiert werden.
- Komplexe Verordnungen (z. B. Katecholaminperfusoren), auch von Medikamenten, die ein hohes Gefährdungspotenzial besitzen (z. B. Heparin, Kalium, Insulin), sollten möglichst in schriftlicher Form auf einem strukturierten Anordnungsbogen erfolgen. Diese Verordnung wird von einer zweiten Person vollständig und unabhängig von Hierarchien kontrolliert (»Double-Check«). Wenn der zeitliche Ablauf eine schriftliche Verordnung unmöglich macht, muss mindestens aber die mündliche Verordnung einem ebenso vollständigen »Double-Check« unterzogen werden.
- Mündliche Anordnungen aller Medikamente erfolgen eindeutig und werden vom Verabreichenden mit Ansage der verabreichten Dosis (z. B. µg/mg) oder der Menge (z. B. ml) wiederholt.
- Zur Vermeidung von Verwechslungen sollen möglichst keine ähnlich aussehenden Ampullen (»look-alike«) oder Medikamente mit ähnlich klingenden Namen (»sound-alike«, z. B. Esmolol/Esmeron) am Anästhesiearbeitsplatz vorgehalten werden. Gleiches gilt für Medikamente mit unterschiedlichen Konzentrationen

oder Medikamentenzubereitungen mit und ohne Zusätze.
- Jedem Medikament wird ein klar definierter und in jedem OP einheitlicher Aufbewahrungsort zugewiesen, z. B. ein gekennzeichnetes Fach in einer Schublade des Anästhesiewagens.
- Wenn möglich, sollten Medikamente mit hohem Gefährdungspotenzial und seltenem Gebrauch (in der Kinderanästhesie z. B. Kalium und Insulin) nicht unmittelbar dort gelagert werden, sondern z. B. im Medikamentenlager des OP-Bereichs.

38.4.3 Gibt es eine Neurotoxizität von Anästhetika?

In tierexperimentellen Studien wurden wiederholt neurotoxische Nebenwirkungen an sich rasch entwickelnden Gehirnen nachgewiesen. Ebenso gibt es klinische Beobachtungstudien, die psychomotorische und kognitive Nachteile bei Kindern festgestellt haben, die im ersten Lebensjahr eine Operation und Narkose benötigten. Allerdings konnte hier der Einfluss der zugrundeliegenden Erkrankung und sowie einer Frühgeburtlichkeit nicht genau differenziert werden. Hingegen zeigte sich kein Unterschied bei eineiigen Zwillingen, von denen das eine Kind eine Operation mit Narkose im ersten Lebensjahr erhalten hatte im Vergleich zum anderen Zwilling. Gleichzeitig wurde aktuell die wahrscheinlich viel größere Bedeutung einer uneingeschränkten Homöostase als Sicherheitsfaktor bezüglich der Gehirnentwicklung herausgestellt. Die wichtigsten Komponenten sind dabei Normothermie, Normoxie, Normotension, Normokapnie und Normoglykämie.

Ohne Zweifel beeinträchtigen inadäquate Analgesie und Sedierung bei schmerzhaften oder stressigen Prozeduren die Hirnentwicklung, erhöhen die Rate an Hirnblutungen und Hirninfarkten bei Früh- und Neugeborenen und stellen somit keinesfalls eine Alternative dar.

Zusammenfassend hat die DGAI 2017 konstatiert, dass Narkosen auch bei Säuglingen und Kleinkindern als sicher gelten können, wenn sie unter der Voraussetzung einer hohen »individuellen und institutionellen Kompetenz« für diese Patientengruppe durchgeführt werden.

38.5 Medikamente in der Kinderanästhesie

Im Folgenden wird die spezielle Anwendung in der Kinderanästhesie dargestellt. Zu den grundsätzlichen Wirkmechanismen, Nebenwirkungen etc. der Medikamente sei auch auf die entsprechenden Buchkapitel am Anfang dieses Buchs verwiesen. Zudem sei darauf hingewiesen, dass die hier genannten Dosierungen lediglich Anhaltswerte für ansonsten gesunde Kinder darstellen. Im Einzelfall kann auch eine höhere oder – insbesondere bei schwer kranken Kindern – auch eine (deutlich) niedrigere Dosierung erforderlich sein, sodass immer ein individuelles Vorgehen erforderlich ist.

Als grundsätzliches Prinzip sollten Medikamente titriert werden, d. h. die Dosierung erfolgt unter Beobachtung der Wirkung.

38.5.1 Induktionshypnotika

- **Propofol**

Propofol ist heute das Standardinduktionshypnotikum, auch in der Kinderanästhesie. Propofol hat eine kurze Wirkdauer und dämpft gleichzeitig sehr gut die pharyngalen und laryngealen Reflexe, sodass es für alle enoralen Manipulationen, u. a. auch für die Einlage einer Larynxmaske, das derzeit beste Induktionshypnotikum darstellt. Man muss bedenken, dass die Clearance bei Neugeborenen nur ein Drittel der Clearance bei Erwachsenen beträgt. Daher ist bei Neonaten eine erheblich längere Wirkdauer möglich.

TIVA Eine TIVA kann in allen Situationen, in denen es Sinn macht (z. B. offene Atemwege, PONV) auch bei Kindern sehr gut durchgeführt werden. Bei längerer bis langer OP-Dauer (>2–4 h) sollte die Gesamtmenge an Propofol im Auge behalten werden. Wir halten die in der Übersicht aufgeführten Höchstmengen für tolerabel. Bei allen Vorteilen

einer TIVA in bestimmten Situationen sollten die generellen Vorteile einer Inhalationsanästhesie nicht vergessen werden: Die Dosierung der Inhalationsanästhetika kann fortlaufend mittels exspiratorischer Gasmessung überwacht werden, und bei Anästhesieende wird die Narkose »einfach« durch Abatmung und weitgehend unabhängig von einer Metabolisierung beendet.

Propofol i.v.

- Einleitungsdosis
  - Neugeborene: 1–2 mg/kg
  - 1–12 Monate: 4–6 mg/kg
  - >1 Jahr: 5 mg/kg
  - gesunde Erwachsene: 2–3 mg/kg
- TIVA-Dosierung
  - 4–6(–8) mg/kg/h
  - Routinemäßig nicht länger als 4 h, danach Nutzen-Risiko-Abwägung
- Sedierung bei diagnostischen Maßnahmen (Kinder aller Altersstufen): Einleitung mit 1–2 mg/kg, dann Aufrechterhaltung der Sedierung mit 4–6 mg/kg/h

Injektionsschmerz Propofol kann zu einem Injektionsschmerz führen, insbesondere, wenn es in sehr kleine Venen injiziert wird. In der klinischen Praxis sind folgende »Gegenmaßnahmen« möglich:

- Verwendung von Propofol-0,5%-Ampullen zur Anästhesieeinleitung. Nachteil: Höhere Fettbelastung, verschiedene Propofolkonzentrationen mit Verwechselungsgefahr.
- Zumischung von 0,5 ml Lidocain 2% auf 10 ml Propofol 1%. Nachteil: eigentlich unzulässige Herstellung einer Medikamentenpräparation.
- Opioid vorweg geben, gute Opioidwirkung abwarten, dann Injektion von kaltem Propofol.

Es gibt aus unserer Sicht derzeit keine ideale Lösung für den oft sehr unangenehmen Injektionsschmerz bei Propofol. Unabhängig vom Injektionsschmerz sind die durch ein Propofolparavasat möglichen Gewebeschäden in der Regel (deutlich) geringer als bei einem Thiopentalparavasat; letzteres kann im Einzelfall zu schwersten Gewebeschäden führen. Dies ist unserer Ansicht nach ein wichtiges Argument für die bevorzugte Verwendung von Propofol als Induktionsmedikament in allen Altersklassen.

Propofolinfusionssyndrom (PRIS) Dies ist eine potenziell lebensbedrohliche Komplikation mit Herzrhythmusstörungen, Rhabdomyolyse und Laktatazidose. Ursächlich vermutet man eine komplexe Störung des Fettsäuremetabolismus auf mitochondrialer Ebene. Zudem scheint eine gleichzeitige Therapie mit Katecholaminen und/oder Glukokortikoiden ein PRIS zu begünstigen. Letztlich scheint ein PRIS alters- und mengenabhängig aufzutreten, sodass insbesondere (aber nicht ausschließlich!) Kinder gefährdet sind. In der Praxis sind folgende Überlegungen sinnvoll:

- Dauer der Propofol-TIVA begrenzen, z. B. auf 4 h. Bei längerer Anwendung Nutzen-Risiko-Analyse.
- Je nach Eingriff und Anästhesiekonzept kann die Propofoldosis durch gleichzeitige hochdosierte Anwendung von Opioiden, z. B. Remifentanil, oder durch Kombination mit geringen Mengen Midazolam i.v. etwas reduziert werden.
- Propofol ist zur Analgosedierung auf der Intensivstation erst bei Patienten über 16 Jahren zugelassen. Dann sollte die Dosierung 4 mg/kg/h nicht übersteigen.

Vorgehen bei Ei-, Soja- oder Erdnussallergie In der Praxis stellt sich immer wieder die Frage, ob Propofol auch bei Kindern mit Ei-, Soja- oder Erdnussallergie eingesetzt werden kann. Hintergrund ist die Tatsache, dass Propofolampullen auch Sojaöl und Eilecithin enthalten und Sojabohne und Erdnuss beide zu den Hülsenfrüchten gehören. Nach derzeitigem Kenntnisstand scheinen die Sorgen aber unbegründet zu sein, sodass folgendes Vorgehen sinnvoll erscheint (▶ Kap. 34):

- Hat das Kind früher auf Ei, Soja oder Erdnuss eine schwere anaphylaktische Reaktion gezeigt, dann sollte auf Propofol in Sojaöl-Eilecithin-Fettlösung verzichtet werden.
- Ist dies nicht der Fall und werden durch die Anwendung von Propofol eindeutige klinische Vorteile erwartet, z. B. in der Neuroanästhesie, so kann Propofol auch bei einer Nahrungsmittelallergie gegen Ei, Soja oder Erdnüsse eingesetzt werden.

- Für Etomidat in Sojaöl-Eilecithin-Fettlösung (z. B. als Etomidat lipuro) dürfte dasselbe gelten.

Propofol ist heute – unter Berücksichtigung der Kontraindikationen – das Induktionshypnotikum der ersten Wahl in der Kinderanästhesie.

- **Etomidat**

In der »normalen« Kinderanästhesie wird Etomidat quasi nicht verwendet. Es ist aber weiterhin eine Option bei der Anästhesieeinleitung hämodynamisch instabiler Kinder, z. B. in der Kinderkardioanästhesie. Die i.v.-Dosierung beträgt 0,2–0,3 mg/kg.

- **Thiopental**

Thiopental ist als Barbiturat seit Jahrzehnten in der Kinderanästhesie im Einsatz. Es ist lipophil und bewirkt nach der i.v.-Injektion einen raschen Bewusstseinsverlust. Die kurze klinische Wirkzeit ergibt sich vornehmlich durch Umverteilung, anschließend wird Thiopental hepatisch eliminiert. Thiopental kann zu Histaminausschüttung und Bronchospasmus führen, außerdem recht häufig zu Schluckauf nach der Einleitung. Bei Porphyrie sind Barbiturate kontraindiziert.

Paravasat und Inkompatibilitäten Thiopentallösung ist mit einem pH-Wert >10 sehr alkalisch und kann bei paravasaler Injektion zu schwersten Gewebsschädigungen führen, weswegen nur sichere venöse Zugänge zur Applikation verwendet werden dürfen.

Bei Vermischung mit sauren Substanzen kann es zum Ausflocken kommen, weshalb die Anästhesieeinleitung mit Thiopental immer unter laufender Infusion erfolgen sollte; anderenfalls müssen Venenzugänge und ZVK-Schenkel vorher mit Kochsalzlösung durchgespült werden.

Thiopental i.v.

- Einleitungsdosis
  - Neugeborene: 3–5 mg/kg
  - 1–12 Monate: 7–10 mg/kg
  - >1 Jahr: 5–7 mg/kg
- Kontraindikationen: Porphyrie, schwere Herzinsuffizienz, Asthma bronchiale

38.5.2 Ketamin und Esketamin

Ketamin wirkt antagonistisch am NMDA-Rezeptor. Das S-Enantiomer (»Esketamin«) ist etwa 2- bis 3-mal wirksamer als das R-Enantiomer. Es verfügt über eine ausgeprägte analgetische Wirkung ohne nennenswerte Kreislaufdepression, was v. a. durch Freisetzung endogener Katecholamine ermöglicht wird. Die Plasmahalbwertszeit liegt bei 2–4 h, die klinische Wirkungsbeendigung wird v. a. durch Umverteilung verursacht. Es findet nahezu keine Atemdepression bei analgetischer Dosierung und langsamer Applikation statt. Ketamin führt häufig zu Hypersalivation und kann Tachykardien auslösen. Bei Kindern tritt PONV bei einem Drittel der Patienten auf.

Esketamin i.v.

Ketamin und Esketamin können i.v., i.m. und auch rektal gegeben werden. Die Dosierung von Esketamin beträgt etwa die Hälfte der von Ketaminrazemat. Bei i.v.-Gabe von Esketamin gilt:

- Analgesie 0,25–0,5 mg/kg
- Narkoseinduktion 1–2 mg/kg
- Wirkeintritt nach ca. 1 min, Wirkdauer etwa 5–15 min
- Kontraindikationen: Herzinsuffizienz, Hypertonie, Augenverletzungen, Glaukom, Myokardischämie

38.5.3 Opioide und Antagonisten

- **Fentanyl**

Da Fentanyl sehr lipophil ist, wird seine Pharmakokinetik nach Einzelgaben v. a. durch Umverteilung bestimmt. Nach wiederholter oder kontinuierlicher Gabe tritt immer mehr die hepatische Elimination in den Vordergrund, die wesentlich von Funktion und Durchblutung der Leber abhängt und gerade bei Frühgeborenen deutlich verlängert und äußerst interindividuell unterschiedlich sein kann. So beträgt die Halbwertzeit bei Frühgeborenen im Mittel etwa 18 h, verbunden mit einer erheblichen Streubreite (17,7 ± 9,3 h), bei Reifgeborenen etwa 5 h (5,3 ± 1,2 h), bei Säuglingen >3 Monate etwa 1 h und bei Erwachsenen etwa 2 h.

Nach der i.v.-Gabe kommt es häufiger zum Husten. Fentanyl hat primär keine kardiodepressiven Effekte, dennoch kann es selten über eine Vagusstimulation zu einer Bradykardie kommen, sodass die Kombination von beiden Effekten besonders bei kritisch kranken Neugeborenen zu deutlicher Kreislaufinsuffizienz führen kann. Fentanyl kann wie alle Opioide – v. a. bei hoher Dosis und rascher Injektion – eine Thoraxrigidität auslösen. Daher muss immer die Möglichkeit zur sofortigen Narkoseeinleitung, Relaxierung und Atemwegssicherung gegeben sein.

Fentanyl i.v.
- Bei der Narkoseeinleitung 1–3 µg/kg
- Repetition 0,5 µg/kg
- Wirkdauer etwa 30–45 min

Sufentanil

Die Elimination von Sufentanil ist ebenfalls vom Alter des Kindes und von der Leberperfusion abhängig. Typische Nebenwirkungen sind Bradykardie, Sympathikolyse und Thoraxrigidität. Nach repetitiven Dosen kommt es zu einer geringeren Verlängerung der Halbwertszeiten als bei Fentanyl.

Sufentanil i.v.
- Bei der Narkoseeinleitung 0,1–0,3 µg/kg
- Repetition: 0,05–0,1 µg/kg
- Wirkdauer etwa 30–40 min

Auch beim Sufentanil ist die Halbwertzeit altersabhängig und liegt bei Reifgeborenen bei etwa 12 h, bei Säuglinge bei etwa 3–4 h, bei Klein- und Schulkindern bei 2–3 h und bei Erwachsenen bei etwa 2 h.

Cave
Sufentanil wird in drei verschiedenen Konzentrationen angeboten: 5, 10 und 50 µg/ml. Verwechselungen müssen unbedingt vermieden werden!

Remifentanil

Der Abbau von Remifentanil erfolgt organunabhängig durch unspezifische Esterasen. Die Halbwertzeit ist nahezu unbeeinflusst durch Dosierung und Infusionsdauer und liegt im Bereich von 3–6 min. Auch die vorhandenen altersbezogenen Unterschiede werden angesichts dieser kurzen Zeiten klinisch nicht relevant.

Es gibt relativ viele Erfahrungen mit Remifentanil auch im Bereich der Neonatologie. Es muss Sorge dafür getragen werden, dass die Gabe kontinuierlich erfolgt, indem ein Abknicken von Leitungen, das Ansammeln in einer passiv tropfenden Leitung oder andere Gründe für eine diskontinuierliche Applikation vermieden werden.

Rechtzeitig vor der Beendigung der kontinuierlichen Gabe muss mit einer adäquaten Schmerztherapie begonnen werden, die dem Umfang der zu erwartenden Schmerzen Rechnung trägt. Die Nebenwirkungen entsprechen denen der anderen Opioide, wobei Bradykardien recht häufig beobachtet werden. Sie sind jedoch meist nicht therapiepflichtig, bessern sich bei Dosisreduktion oder sind mit Atropin problemlos zu behandeln.

Wenn man zur Intubation eine ausreichende Wirkung erzielen möchte, ist ein Bolus von 0,5–1 µg/kg sinnvoll, wobei diese Dosis die Wahrscheinlichkeit von Bradykardien erhöht. Eine Bolusgabe sollte zur Vermeidung einer Thoraxrigidität nicht »aus der Hand« erfolgen, sondern möglichst über 1 min kontinuierlich über einen Perfusor gegeben werden. Zudem ist es sinnvoll, den Bolus erst nach Narkoseeinleitung und ggf. nach Relaxierung zu geben, um die Gefahr einer Muskelrigidität zu vermindern.

Praxistipp

Ein Remifentanilperfusor wird mit 1 mg Remifentanil in 50 ml NaCl 0,9% hergestellt, die Remifentanilkonzentration beträgt dann 20 µg/ml. Stellt man nun eine Perfusorlaufgeschwindigkeit in ml/h ein, die dem Körpergewicht in kg entspricht, so beträgt die Remifentanildosierung 0,33 µg/kg/min.

Einige Anästhesisten setzen Remifentanil auch unter Spontanatmung ein, dann werden etwa 0,02–0,05 µg/kg/min verwendet. Da Remifentanil ein hochpotentes Opioid ist und schon bei kleinen Dosisänderungen zu Apnoe und Hypoxie führen kann,

müssen die Patienten dabei sorgfältig und kontinuierlich überwacht werden.

Remifentanil i.v.
- Bei der Narkoseeinleitung ggf. Bolus 0,5–1,0 µg/kg
- Dosierung intraoperativ 0,2–0,5 µg/kg/min
- Restwirkdauer nach Infusionsende dosisabhängig, bei mittlerer Dosierung von 0,25 µg/kg/min etwa 5-10 min

Piritramid

Piritramid gehört zu den Standardopioiden zur postoperativen Schmerztherapie bei Kindern.

Piritramid i.v.
- Dosierung 0,05(–0,1) mg/kg
- Wirkdauer: 4–6 h

Nalbuphin

Nalbuphin ist ein synthetisches Opioid mit κ-agonistischer und damit analgetischer Wirkung; gleichzeitig wirkt Nalbuphin am µ-Opioidrezeptor antagonistisch und hebt damit die Restwirkung der µ-Opioide wie Fentanyl oder Sufentanil auf. Dadurch besitzt es eine recht große therapeutische Breite und fällt nicht unter die Betäubungsmittelverordnung; auch eine Überdosierung in einer 10er Potenz wurde in einer Publikation ohne Atemdepression berichtet. Diese Eigenschaft macht es für die Anwendung auf Normalstationen interessant. Eine abschließende Beurteilung der Eignung und möglicher Vorteile von Nalbuphin für den klinischen Alltag ist jedoch derzeit noch nicht möglich.

Nalbuphin i.v.
- Analgesie: 0,1–0,2 (max. 0,4) mg/kg
- Wirkdauer etwa 2 h

Naloxon

Naloxon ist ein Opioidantagonist, der schon lange und regelmäßig in der Neonatologie und Pädiatrie angewandt wird. In der klinischen Praxis sind Dosierungen von 5–10 µg/kg zumeist ausreichend. Bei Naloxon gilt in besonderem Maß die Empfehlung, dass man die Wirkung beobachtend titriert, denn es soll auf jeden Fall vermieden werden, dass das Kind durch übermäßige Antagonisierung Schmerzen hat. Bei exzessiven Dosierungen (z. B. 400 µg/kg) wurden einzelne Fälle mit schwerwiegenden Komplikationen (Herzstillstand, Lungenödem) bei Erwachsenen und Kindern beschrieben, daher sollten solche Überdosierungen zwingend vermieden werden. Die oben genannte Dosierung von (bis zu 20 µg/kg) gilt jedoch auch für Früh- und Neugeborene als sicher.

38.5.4 Inhalationsanästhetika

Eine Anästhesieeinleitung mit Inhalationsanästhetika (»Inhalationseinleitung«) erfolgt beim Kind rascher als beim Erwachsenen aufgrund der größeren alveolären Ventilation in Bezug auf das Körpergewicht, und des im Kindesalter höheren Anteils der zerebralen Durchblutung am HZV. Die Geschwindigkeit der Aufnahme der Inhalationsanästhetika wird u. a. durch den Blut-Gas-Verteilungskoeffizienten beeinflusst: Je niedriger der Blut-Gas-Verteilungskoeffizient, umso schneller flutet das Inhalationsanästhetikum an. Alle Inhalationsanästhetika haben als Nebenwirkung eine konzentrationsabhängige Dämpfung der Atmung und des Kreislaufs. Gleichzeitig sind die MAC-Werte der einzelnen Inhalationsanästhetika deutlich altersabhängig (Tab. 38.6).

Bei allen Inhalationsanästhetika muss darauf geachtet werden, dass möglichst frischer und keinesfalls ausgetrockneter Atemkalk verwendet wird, weil ansonsten v. a. mit Desfluran und Isofluran Kohlenmonoxid und mit Sevofluran toxische Abbauprodukte entstehen können. Zu Details ▶ Abschn. 7.3.

Desfluran

Desfluran ist derzeit von seinen pharmakologischen Kenndaten an sich das volatile Inhalationsanästhetikum mit der schnellsten An- und Abflutung. Aufgrund seines stechenden Geruchs und einer potenziellen Atemwegsreizung hatten Kinder bei

Tab. 38.6 MAC-Werte von Isofluran, Sevofluran und Desfluran für Kinder verschiedener Altersstufen

	Desfluran	Sevofluran	Isofluran
MAC Neugeborene	9,2	3,3	1,6
MAC 1–6 Monate	9,4	3,2	1,8
MAC Kleinkinder	8,7	2,5	1,6
MAC Erwachsene mittleren Alters	6	2,05	1,15

MAC-Werte gelten unter O_2-Raumluft-Gemisch

Anästhesieeinleitung per inhalationem die Luft angehalten, zu husten begonnen und vermehrt mit Laryngospasmus reagiert, sodass heute ein Konsens besteht, dass Desfluran zur Inhalationseinleitung ungeeignet ist und nicht dazu verwendet werden soll. Neuere Untersuchungen konnten zudem zeigen, dass die Rate an Atemwegskomplikationen im Kindesalter mit Desfluran offensichtlich höher ist als mit Sevofluran oder Isofluran. Darüber hinaus kommt es auch mit Desfluran – wie mit Sevofluran – postoperativ zu einem sog. »emergence delirium«, also einem Unruhe- und Verwirrtheitszustand nach der Anästhesieausleitung (zu Details ▶ Ghamari et al. 2016). In der Summe kommen wir daher zu der Einschätzung, dass Desfluran zur Kinderanästhesie nicht gut geeignet ist und stattdessen bei Kindern besser Sevofluran oder – unserer Ansicht nach noch besser – Isofluran eingesetzt werden sollte.

Sevofluran

Sevofluran ist heute das Anästhetikum der Wahl zur Inhalationseinleitung. Es riecht angenehm, reizt nicht die Atemwege und hat gegenüber dem früher verwendeten Halothan eine größere kardiovaskuläre Sicherheitsbreite. Nachteilig ist aber, dass im Kindesalter unter Sevofluran krampfähnliche EEG-Entladungen beobachtet werden, deren klinische Bedeutung momentan umstritten ist. Zudem wird nach einer Sevoflurananästhesie häufig ein ausgeprägtes »emergence delirium« beobachtet, dass nicht nur in der Aufwachphase und im AWR extrem störend ist, sondern auch die Eltern erheblich beunruhigen kann, auch wenn es letztlich nach derzeitigen Wissen folgenlos bleibt.

Inhalationseinleitung mit Sevofluran

- Maske in passender Größe
- 100% O_2 mit einem Frischgasfluss von 10 l/min
- 8 Vol.-% Sevofluran
- Maske dicht aufsetzen, ggf. Atemweg offenhalten (Zug am Kinn, Esmarch-Handgriff)
- Kopf fixieren, eine zweite Person fixiert den Rumpf, ohne die Atmung zu behindern
- Sobald das Kind einschläft: Vorsichtige Atemunterstützung, entweder manuell oder idealerweise maschinell, z. B. mit 3 mbar PEEP und 7 mbar Druckunterstützung, sofern das Narkosegerät dies anbietet
- Sobald das Kind »schlaff« ist, Anlage eines peripheren Venenzugangs
- Bei liegendem Venenzugang Wechsel auf TIVA oder Isofluran

Isofluran

Ähnlich wie Desfluran riecht auch Isofluran stechend, kann die Atemwege reizen und ist daher grundsätzlich zur Inhalationseinleitung nicht gut geeignet. Eine arrhythmogene Sensibilisierung gegenüber Katecholaminen ist nicht bekannt. Da es aber nach Isofluran – anders als nach Desfluran und v. a. nach Sevofluran – nur selten zu einem »emergence delirium« kommt und Isofluran auch ansonsten ein gut verträgliches und dazu preisgünstiges Inhalationsanästhetikum ist, verwenden wir es als Standardinhalationsanästhetikum zur Aufrechterhaltung der Narkose.

Lachgas

Die durch den »second gas effect« theoretisch beschriebene schnellere Narkoseeinleitung unter Verwendung von Lachgas konnte im klinischen Alltag nie bewiesen werden. Negative Effekte auf die Blutbildung sind zumindest bei längerdauernden Lachgasnarkosen nachweisbar. Bei geringem Nutzen, möglichen Risiken und deutlichen Kosten verzichten heute viele Kliniken ganz auf Lachgas.

38.5.5 Muskelrelaxanzien und Antagonisten

Muskelrelaxanzien blockieren die Acetylcholinrezeptoren an der Skelettmuskelzelle, sodass eine Signalübertragung nicht mehr möglich ist. Dies kann mit oder ohne initiale Auslösung eines Aktionspotenzials geschehen und wird dementsprechend als depolarisierende oder nichtdepolarisierende Blockade bezeichnet. Zu Details ▶ Kap. 9.

Muskelrelaxanzien haben eine relative Selektivität für die nikotinergen Acetylcholinrezeptoren der motorischen Endplatte, sie können aber auch zur Aktivierung (bei depolarisierenden Muskelrelaxanzien) oder zur Blockade der nikotinergen Acetylcholinrezeptoren im sympathischen Grenzstrang oder den parasympathischen Ganglien führen. Die am stärksten ausgeprägte vegetative Beeinträchtigung findet beim Gebrauch von Succinylcholin statt. Hier kann es v. a. durch Aktivierung des Parasympathikus zu (schwerer) Bradykardie bis hin zur Asystolie kommen.

Besonderheiten im Kindesalter

Im Gegensatz zum Erwachsenenalter sind bei der Anwendung von Muskelrelaxanzien im Kindesalter folgende Besonderheiten zu berücksichtigen:

- Der Verteilungsraum für Muskelrelaxanzien ist im Kindesalter größer, deswegen werden bei gleicher Dosis (in mg/kg) geringere Plasmaspiegel erreicht.
- Die motorischen Endplatten sind im 1. Lebensjahr (also bei Früh- und Neugeborenen und Säuglingen) noch unreif, sodass die Wirkung der Muskelrelaxanzien schneller eintritt und länger anhält.
- Die hepatische Elimination ist im 1. Lebensjahr noch unzureichend entwickelt, sodass Medikamente mit hepatischer Elimination länger wirken, dies sind im Bereich der Muskelrelaxanzien Rocuronium, Vecuronium und Pancuronium.

Letztlich müssen diese drei Informationen bei Auswahl und Dosierung des Muskelrelaxans je nach Alter des Kindes berücksichtigt werden.

Im Folgenden wird die Wirkdauer der verschiedenen Muskelrelaxanzien angegeben (◘ Tab. 38.7). Dabei handelt es sich um die sog. »**klinische Wirkdauer**«, also denjenigen Zeitraum, in dem eine ausreichende motorische Blockade vorliegt. Dies wird auch als DUR25 beschrieben, also als Zeitspanne von der Injektion der Intubationsdosis bis zur Erholung der Muskelkraft auf 25% des Ausgangswerts. Damit ist klar, dass es dann – abhängig vom verwendeten Muskelrelaxans – noch weitere Zeit dauert, bis das Kind wirklich sicher extubiert werden kann. Zu Details ▶ Kap. 9.

Rocuronium

Rocuronium ist momentan das nichtdepolarisierende Muskelrelaxans mit der schnellsten Anschlagzeit und u. a. deshalb vermutlich auch das in den deutschsprachigen Ländern am häufigsten verwendete Muskelrelaxans. Zudem gibt es heute einen spezifischen Antagonisten, das Sugammadex, sodass die Wirkung von Rocuronium sehr schnell und vollständig aufgehoben werden kann. Rocuronium liegt in saurer Lösung vor, sodass es bei der Injektion fast immer zu Brennschmerzen kommt. Da Rocuronium aber auch in kleinen Dosen sofort zur Teilrelaxierung (»Anrelaxierung«) führt, soll es im Wachzustand keinesfalls gegeben werden, weder zur Präkurarisierung noch als »priming dose«. Zudem muss eine Durchmischung mit basischen Lösungen wie Barbituraten ausgeschlossen werden, da es sonst zum Ausflocken und Verstopfen von Zugängen kommen kann.

Typische Nebenwirkung ist eine (leichte) Herzfrequenzsteigerung, ausgeprägter bei der Verwendung höherer Dosen. Eine Histaminausschüttung ist eher selten, kann aber vorkommen. Rocuronium wird v. a. hepatisch eliminiert.

Tab. 38.7 Einfache und doppelte ED95 sowie die üblicherweise empfohlene »Intubationsdosis« der in der Kinderanästhesie verwendbaren Muskelrelaxanzien. Die angegebenen Dosierungen gelten bei Kindern >1 Jahr. Weiterhin gilt: Je höher die Dosis, umso schneller werden gute Intubationsbedingungen erreicht, aber umso länger ist auch die klinische Wirkdauer!

Muskelrelaxans	ED95	2-malige ED95	»Intubationsdosis«
Nichtdepolarisierend Muskelrelaxanzien			
Mivacurium (mg/kg)	0,07	0,14	0,2–0,25
Atracurium (mg/kg)	0,25	0,5	0,5–0,6
Cisatracurium (mg/kg)	0,05	0,1	0,1–0,15
Vecuronium (mg/kg)	0,05	0,1	0,1
Rocuronium (mg/kg)	0,3	0,6	0,6
Depolarisierende Muskelrelaxanzien			
Succinylcholin (mg/kg)	0,3	0,6	1,5–2

Die Wirkdauer von Rocuronium bei Neugeborenen und Säuglingen ist (deutlich) verlängert, sodass hier für die Routineintubation nur 0,3 mg/kg gegeben werden.

Rocuronium i.v.
- Bei Neugeborenen und Säuglingen (<1 Jahr) 0,3 mg/kg
  - Wirkeintritt nach 30–60 s, Wirkdauer etwa 60 min
- Bei Kindern >1 Jahr wird die »normale Dosierung« von 0,6 mg/kg verwendet
  - Wirkeintritt nach 60–90 s, Wirkdauer 30–40 min
  - Repetitionsdosis 10–20% der Ausgangsdosis, etwa alle 30 min
- Bei RSI 1–1,2 mg/kg
  - Wirkeintritt nach 40–60 s, Wirkdauer: 60 min und länger

Vecuronium

Vecuronium war bei Kinderärzten lange Zeit sehr populär, denn es steht im Ruf, die geringste vegetative Beeinflussung aller Muskelrelaxanzien zu verursachen. Auch im Rettungsdienst ist es weit verbreitet, weil es als Pulverform vorliegt und nicht gekühlt gelagert werden muss. Vecuronium wird v. a. hepatisch eliminiert.

Vecuronium i.v.
- Bei Neugeborenen und Säuglingen (<1 Jahr) 0,07 mg/kg
  - Wirkeintritt nach 2–3 min, Wirkdauer 30–40 min
- Bei Kindern >1 Jahr wird die »normale Dosierung« von 0,1 mg/kg verwendet
  - Wirkeintritt nach 2–3 min, Wirkdauer 30–40 min
  - Repetitionsdosis 10–20% der Ausgangsdosis, etwa alle 30 min

Mivacurium

Mivacurium ist das am kürzesten wirksame nichtdepolarisierende Muskelrelaxans. Es kommt sehr häufig zu einer Histaminausschüttung, die mit einer Hautrötung imponiert. Gelegentlich kommt es auch zu kreislaufrelevanten Reaktionen wie Hypotonie und Tachykardie und selten zu einem Bronchospasmus. Die Wirkdauer ist bei Säuglingen oft erheblich verkürzt.

Mivacurium wird durch die Plasmacholinesterase abgebaut. Bei Vorliegen eines heterozygoten Genotyps für eine atypische Plasmacholinesterase muss mit einer Wirkungsverlängerung um viele Minuten, beim homozygoten Typ um bis zu mehrere Stunden gerechnet werden.

Mivacurium
- »Normale Dosierung« 0,2(–0,3) mg/kg
- Wirkeintritt nach 2–3 min
- Wirkdauer bei Kindern 10–15 min
- Repetitionsdosis 10–20% der Ausgangsdosis, etwa alle 5–10 min

Cisatracurium
- »Normale Dosis": 0,1 mg/kg
- Wirkeintritt nach 3–4 min
- Wirkdauer etwa 45 min
- Repetitionsdosis 10–20% der Ausgangsdosis, etwa alle 20–30 min

Atracurium

Atracurium wird organunabhängig sowohl über die Hofmann-Elimination als auch über unspezifische Esterasen abgebaut, sodass die Wirkdauer unabhängig von der Leber- und Nierenfunktion ist; auch der Genotyp der Plasmacholinesterase spielt keine Rolle. Eine Histaminausschüttung kommt vor.

Atracurium
- »Normale Dosis" 0,5 mg/kg
- Wirkeintritt nach 2–3 min
- Wirkdauer 20–30 min
- Repetitionsdosis 10–20% der Ausgangsdosis, etwa alle 20–30 min

Cisatracurium

Cisatracurium wird nahezu vollständig über die Hofmann-Elimination abgebaut und ist somit unabhängig von Leber- und Nierenfunktion einsetzbar. Ein zusätzlicher Vorteil ist die fehlende Histaminausschüttung.

Cisatracurium hat den Nachteil, dass die Anschlagzeit bei »normaler« Dosierung mit 0,1 mg/kg etwa 3–4 min dauert. Daher kann zur Intubation auch eine höhere Dosis wie 0,15–0,2 mg/kg Cisatracurium verwendet werden, allerdings um den Preis einer entsprechend längeren Wirkdauer: Gute Intubationsbedingungen sind bei 0,2 mg/kg Cisatracurium nach etwa 2 min zu erwarten, die klinische Wirkdauer beträgt dann aber auch mindestens 60–70 min.

Succinylcholin

Succinylcholin ist das Muskelrelaxans mit dem schnellsten Wirkeintritt und üblicherweise auch mit der kürzesten Wirkdauer. Da der Verteilungsraum für Succinylcholin im Kindesalter größer ist, sind die Dosierungen auch etwas höher als im Erwachsenenalter: Bei Kindern werden meist 1,5–2 mg/kg i.v. gegeben, schon 30–60 s danach ist die Relaxierung optimal; die Wirkung hält nach einmaliger Gabe etwa 8–12 min an.

Die Wirkung von Succinylcholin entsteht durch den sog. Depolarisationsblock: Succinylcholin stimuliert die motorische Endplatte, dadurch kommt es zuerst zu einem Natriumeinstrom in die Zelle, danach zu einem Kaliumausstrom nach extrazellulär. Klinisch sieht man durch die Stimulation ein Muskelfibrillieren, danach ist die Skelettmuskelzelle für die o. g. Zeit inaktiviert. Durch repetitive Gabe und hohe Dosierungen >5 mg/kg kann es allerdings zu einem lang anhaltenden Dualblock über mehrere Stunden kommen.

Bei Succinylcholin müssen wesentliche Kontraindikationen beachtet werden: Die Anwendung bei Patienten mit Muskelerkrankungen, Lähmungen oder Bettlägerigkeit >48 h und bei Hyperkaliämie ist kontraindiziert, außerdem bei bekannter Allergie oder maligner Hyperthermie. Vereinfacht erklärt entstehen bei Inaktivität der Muskulatur zusätzliche motorische Endplatten an der Skelettmuskelzellmembran. Wird nun in einer solchen Situation Succinylcholin injiziert, dann kann der massive Kaliumausstrom zu Serumkaliumkonzentrationen von über 12 mmol/l und damit zum Herzstillstand führen. Im Kindesalter besteht die besondere Gefahr, dass eine Muskelerkrankung (z. B. M. Duchenne, M. Becker u. a.) durch die Entstehung zusätzlicher motorischer Endplatten bisher klinisch unentdeckt blieb und das (scheinbar gesunde) Kind dann nach Succinylcholingabe

einen hyperkaliämiebedingten Herzstillstand erleidet.

Die DGAI urteilt schon 2002 zum Einsatz von Succinylcholin:

» Die Indikation für die Anwendung des Muskelrelaxans Succinylcholin – nämlich die zügige Intubation der Trachea bei Patienten mit einem hohen Risiko der Aspiration von Mageninhalt (Sectio caesarea, Ileus) bzw. bei respiratorischen Notfällen (Laryngospasmus) – ist bis heute (trotz bestehender Alternativen) weitgehend unumstritten geblieben. Dagegen muss die routinemäßige Verwendung von Succinylcholin bei elektiven Eingriffen bis auf wenige Ausnahmen als kontraindiziert angesehen werden, insbesondere auch bei elektiven Eingriffen im Kindesalter.

Damit ist der Einsatz von Succinylcholin als »Standardrelaxans« in der Kinderanästhesie verboten, auch bei sehr kleinen oder ambulanten Eingriffen.

Die Gabe von Succinylcholin bleibt bei Kindern absoluten Ausnahmen vorbehalten.

Succinylcholin wird durch die Plasmacholinesterase abgebaut, sodass die Wirkdauer – wie bei Mivacurium – bei Vorliegen eines heterozygoten Genotyps für eine atypische Plasmacholinesterase um viele Minuten und beim homozygoten Genotyp um Stunden verlängert sein kann.

Bradykardie Bei der Verabreichung kommt es häufig zur (schweren) Bradykardie bis hin zur Asystolie. Da das HZV gerade im Neugeborenen- und Säuglingsalter wesentlich von einer ausreichenden Herzfrequenz abhängt, geben viele Anästhesisten prophylaktisch Atropin in einer Dosis von 0,01 mg/kg, bei Früh- und Neugeborenen mindestens jedoch 0,05–0,1 mg i.v. Auf jeden Fall muss Atropin sofort verfügbar sein.

Masseterspasmus und maligne Hyperthermie Ein Masseterspasmus als Nebenwirkung von Succinylcholin ist extrem selten, meist kann der Mund dennoch manuell geöffnet werden. Problematisch ist ein Masseterspasmus, weil er auch ein Frühsymptom einer sich entwickelnden maligne Hyperthermie (MH) sein kann (▶ Kap. 33). Tritt ein Masseterspasmus auf, sollte die Anästhesie als TIVA fortgeführt werden; zudem wird das Kind auf MH-Symptome beobachtet, ggf. muss das Kind postoperativ überwacht werden inkl. Temperaturmessung und Kreatinkinase (CK)-Kontrolle. Dies gilt insbesondere bei einem massiven Masseterspasmus (»jaw of steel«), hier kann es gerechtfertigt sein, den Eingriff je nach Dringlichkeit gar nicht durchzuführen, oder er wird auf jeden Fall »triggerfrei« fortgeführt.

Succinylcholin
- Dosierung
  - Neugeborene und Säuglinge (<1 Jahr): 2–3 mg/kg
  - Kleinkinder, Kinder: 1,5–2 mg/kg
- Wirkbeginn nach 15–30 s, vollständige Wirkung nach 30–60 s
- Wirkdauer etwa 8–12 min, wobei die Spontanatmung nach etwa 5 min langsam wieder einsetzt

Selbst bei einer – im Gegensatz zu Erwachsenen mit Zwischenbeatmung stattfindenden – Ileuseinleitung bei Kindern oder anderen Situationen, in denen eine schnelle Relaxierung erforderlich ist, bietet Succinylcholin keinen entscheidenden Vorteil, sodass Succinylcholin heute nahezu vollständig durch andere Muskelrelaxanzien ersetzt wird.

Antagonisten der Muskelrelaxanzien

Bei einem Relaxansüberhang besteht die Gefahr von Ateminsuffizienz oder Aspiration, weswegen erst bei ausreichender Muskelkraft extubiert werden darf. Diese ist nach heutigem Verständnis erreicht, wenn der TOF-Wert (»train of four«) ≥90% beträgt.

Jede neuromuskuläre Blockade sollte mit einer Relaxometrie überwacht werden.

▪ Cholinesterasehemmer

Heute werden mindestens 3, besser 4 TOF-Reizantworten gefordert, bevor mit einem Cholinesterasehemmer wie z. B. Neostigmin antagonisiert werden kann. Genau wie die Relaxierung selbst kann auch die Antagonisierung über eine Erhöhung des global zur Verfügung stehenden Acetylcholins das vegeta-

tive Nervensystem beeinflussen und zu Bradykardien führen, welche aber durch Atropin gut steuerbar sind.

Die Antagonisierung nichtdepolarisierender Muskelrelaxanzien mit Neostigmin kann folgendermaßen erfolgen:

- Die Neostigmindosis beträgt etwa 0,05 mg/kg, bei einem Kind mit 20 kg wäre das 1 mg Neostigmin.
- Nun berechnete Neostigmingesamtdosis aufziehen und langsam fraktioniert injizieren.
- Sollte es dabei zu einer Bradykardie kommen, ist die zusätzliche Gabe von Atropin indiziert, z. B. 0,01 mg/kg. Bei einem Kind mit 20 kg wären das 0,2 mg Atropin.
- Eine fixe Kombination der beiden Medikamente ist unseres Erachtens nicht sinnvoll, wird aber von anderen Anästhesisten bevorzugt.
- Die Effektivität der Antagonisierung wird mittels Relaxometrie überwacht.

Sugammadex

Sugammadex (z. B. Bridion) hebt die neuromuskuläre Blockade durch Rocuronium und auch durch Vecuronium auf. Sugammadex ist ein modifiziertes Cyclodextrin mit einer hydrophilen Außen- und einer lipophilen Innenseite und kann weitgehend spezifisch die steroidalen Muskelrelaxanzien Rocuronium und Vecuronium einschließen. Hingegen können – aufgrund der unterschiedlichen Molekülstruktur – die Benzylisochinoline Cisatracurium, Atracurium und Mivacurium sowie Succinylcholin nicht durch Sugammadex antagonisiert werden.

Nach i.v.-Gabe von Sugammadex wird Rocuronium (oder Vecuronium) enkapsuliert. Dadurch entsteht ein Konzentrationsgradient von der neuromuskulären Endplatte in den Intravasalraum, sodass sekundär weiteres Rocuronium (oder Vecuronium) die kompetitive Bindung verlässt und enkapsuliert wird. Durch diesen Prozess wird die Wirkung beendet. Im Unterschied zu den Acetylcholinesteraseinhibitoren wie Neostigmin hat Sugammadex keine vegetativen Nebenwirkungen. Der durch die Verbindung entstandene Sugammadex-Relaxans-Komplex wird über die Niere ausgeschieden. Zu Details ▶ Abschn. 9.6.2.

Gemäß der Zulassungsstudie für Kinder führte bei einer mittleren neuromuskulären Blockade (TOF-Zahl 2) die Behandlung mit 2 mg/kg zu einer Erholung auf einen TOF-Quotient von 90% innerhalb von 0,6 min. Tiefere Blockaden brauchen bei gleicher Dosis 3–4 min bis zur entsprechenden Erholung. Mehr als 2 mg/kg werden bei Kindern aufgrund der geringen Datenlage derzeit nicht empfohlen. Unter den beschriebenen Bedingungen war mit einer weiteren Dosissteigerung keine weitere Verkürzung des Wirkeintritts von Sugammadex zu verzeichnen. Bei Erwachsenen mit tieferen Blockaden sind Dosierungen bis zu 16 mg/kg beschrieben.

38.5.6 Atropin und Glykopyrrolat

Atropin und Glykopyrrolat (z. B. Robinul) sind Anticholinergika, also Antagonisten des Parasympathikus. Ihr Einsatz ist nur dann indiziert, wenn ein erhöhter Vagotonus vorliegt. Der regelhafte Einsatz von Atropin oder Glykopyrrolat zur Prämedikation oder vor jeder Intubation ist obsolet. Auch bei hypoxisch bedingter Bradykardie sind primär suffiziente Beatmung und Oxygenierung erforderlich, nicht eine Atropingabe. Bedeutsame Nebenwirkungen sind die Tachykardie bei Überdosierung und die Störung des Wärmehaushalts. In Situationen eines erhöhten Vagotonus (z. B. Zug am Peritoneum oder Augenmuskeln), ist eine Dosierung von 0,01 mg/kg meist ausreichend.

38.5.7 Katecholamine

Die Auswahl geeigneter inotroper und vasoaktiver Medikamente hängt von mehreren Faktoren ab (◘ Tab. 38.8). Führend ist dabei die klinische Situation und hier v. a. Volumenstatus, kardiale Kontraktilität sowie systemischer und pulmonaler Gefäßwiderstand. In allen unklaren und insbesondere in allen problematischen Situationen ist dringend anzuraten, mit Hilfe einer Echokardiographie den Volumenstatus und die Kontraktilität qualitativ zu beurteilen. Bei einem angeborenen Vitium ist ein Verständnis für die besondere Kreislaufsituation unverzichtbar. Nur dadurch kann durch gezielte Beeinflussung der Gefäßwiderstände ein angemessenes Gleichgewicht zwischen systemischem und pulmonalem Blutflusses erreicht werden.

Tab. 38.8 Wirkungsweise der Katecholamine. [Mod. nach: Garg S, Singhal S, Sharma P, Jha AA (2012) Inotropes and vasopressors review of physiology and clinical use. J Pulmon Resp Med 2: 128 und Patwardhan K (2009) Inotropes in term neonates. Infant 5: 12–17]

Katecholamin	Rezeptorbindung				Dosisbereich	Wirkung
	α_1	β_1	β_2	DA	µg/kg/min	
Dopamin	+++	++++	++	+++++	1–3	Vasodilatation renal und mesenterial
					4–10	Positiv inotrop
					10–20	Vasopressor, SVR↑, PVR↑
Dobutamin	+	+++++	+++	---	5–20	Positiv inotrop, HZV↑, SVR↓
Noradrenalin	+++++	+++	++	---	0,01–0,1	Positiv inotrop: HZV↑
					0,1–1	Mit Dosissteigerung zunehmende Vasokonstriktion: SVR↑
Adrenalin	+++++	++++	+++	---	0,01–0,1	Positiv inotrop und chronotrop: HZV↑, HF↑
					0,1–1	Mit Dosissteigerung zunehmende Vasokonstriktion: SVR↑

Ziel einer Katecholamintherapie ist es, durch adäquate Perfusion eine ausreichende Oxygenierung der Organe zu ermöglichen. Neben der Kreislaufsituation ist dafür aber auch eine ausreichende O_2-Transportkapazität, also eine ausreichende Hämoglobinkonzentration, erforderlich.

Perfusorbefüllung und Laufrate

Es ist notwendig, Medikamente in unterschiedlichen Konzentrationen zu verwenden, um eine praktikable Flussrate zu ermöglichen. Die minimale Flussrate einer Spritzenpumpe ist technisch limitiert, weil diese erst ab einer bestimmten Flussrate präzise arbeiten können. Während z. B. bei einem Kind mit einer Flussrate von 1 ml/h starke Variationen der Adrenalinwirkung beobachtet werden konnten, traten diese bei identischer Dosierung und Flussraten von 5–10 ml/h nicht mehr auf. Aber auch hohe Flussraten sind nachteilig, da einerseits häufige Spritzenwechsel notwendig werden und andererseits die Tagesmenge an Gesamtflüssigkeitsumsatz beachtet werden muss. Daher gilt in der Neugeborenenintensivmedizin eine Flussrate von 2 ml/h als optimal. (Bedenke trotzdem: Ein Frühgeborenes mit einem Körpergewicht von 500 g bekäme bei einer Flussrate von 2 ml/h schon eine Flüssigkeitszufuhr von 96 ml/kg/Tag. Dies entspricht in vielen Situationen seiner gesamten Tagesmenge, sodass keine parenterale Ernährung oder andere Medikamente mehr verabreicht werden könnten.)

Auch das Knicken von Infusionsleitungen oder Kathetern, das Verkanten der Spritzenstempel oder der Schlitten, eine vertikale Lageveränderung der Spritzenpumpen oder der gemeinsame Zufluss verschiedener Leitungen kann zu erheblichen und auch bedrohlichen Veränderungen der gewünschten Katecholaminverabreichung führen.

Variabilität der erforderlichen Dosierungen

Bei Kindern wird eine erhebliche interindividuelle Variabilität der Pharmakokinetik und -dynamik von Katecholaminen beobachtet: Dieselbe Dosierung kann bei zwei verschiedenen Kindern zu völlig unterschiedlichen Plasmaspiegeln führen, und gleichzeitig kann ein und derselbe Plasmaspiegel mit völlig unterschiedlich starker Wirkung einhergehen. So weisen Neugeborene z. B. eine höhere β-Rezeptordichte auf als ältere Kinder, aber der intrazelluläre Übertragungsweg zur Adenylatzyklase und/oder deren Funktion scheint unterschiedlich funktionstüchtig zu sein, was zu einer nicht linearen Antwort von intrazellulärer cAMP-Erhöhung

und somit klinischen Wirkung der Katecholamine führt.

In der Folge sind erheblich unterschiedliche Katecholaminmengen erforderlich, wobei Variationen in der Dimension von 10er Potenzen beobachtet werden. Unter der Voraussetzung, dass die Katecholamine bei laufendem Perfusor die zuführenden Leitungen bereits gefüllt haben und den Patienten wirklich erreichen, aber die Wirkung ausbleibt, ist es daher ratsam, die Flussrate um eine 10er Potenz zu erhöhen und – sobald die Wirkung einsetzt – wieder »herunter« zu titrieren.

Dopamin

Anders als in der Erwachsenenintensivmedizin ist Dopamin unmittelbar nach der Geburt auch heute noch das am häufigsten zur Kreislaufunterstützung eingesetzte Katecholamin! Bei »mittlerer« Dosierung (>5 µg/kg/min) wirkt Dopamin v. a. positiv inotrop und chronotrop, mit steigender Dosierung (>10 µg/kg/min) dann zunehmend vasokonstringierend. In Kombination dieser Wirkmechanismen werden eine Verbesserung der kardialen Pumpfunktion und ein Anstieg des Blutdrucks ermöglicht. Die wichtigsten Nebenwirkungen sind Tachykardie und Herzrhythmusstörungen. Ob durch Dopamin eine bedeutsame pulmonale Widerstandserhöhung stattfindet, ist nicht endgültig geklärt.

Dobutamin

Dobutamin bindet v. a. am β_1- und am β_2-Rezeptor und wirkt positiv inotrop, chronotrop, dromotrop und bathmotrop. Eine Verbesserung der diastolischen Funktion ist ebenso zu beobachten (»positiv lusitrop«). Bei neugeborenen Schweinen führte Dobutamin trotz einer Erhöhung des Blutdrucks zur Verschlechterung der mesenterialen Perfusion. Es kann zur pulmonalen Vasodilatation kommen, besonders wenn der pulmonale Widerstand zuvor erhöht war. Daraus kann man die Empfehlung ableiten, zumindest am ersten Lebenstag und bei persistierender pulmonaler Hypertonie Dobutamin dem Dopamin zu bevorzugen. Zu seiner Wirkung werden keine endogenen Katecholaminspeicher benötigt, daher wirkt es zuverlässiger als Dopamin – auch bei Kindern mit chronischem Herzversagen.

Adrenalin

Adrenalin hat eine α-, β_1- und β_2-vermittelte Wirkung. Bei niedriger Dosierung (0,01–0,1 µg/kg/min) kommt es vornehmlich zur Steigerung der Inotropie durch die kardialen β_1-Rezeptoren und geringer zur β_2-vermittelten Vasodilatation besonders der Muskulatur. Bei steigender Dosis nimmt die α-mimetische Wirkung immer weiter zu. Die Kombination aus positiver Inotropie und peripherer Widerstandserhöhung ist wahrscheinlich besonders günstig, um die Koronarperfusion aufrecht zu erhalten.

Noradrenalin

Noradrenalin wirkt – wie Adrenalin – über α-, β_1- und β_2-Rezeptoren, wobei die α-Wirkung etwas stärker und die β_1- und β_2-Wirkung etwas schwächer ausgeprägt ist als bei Adrenalin. Noradrenalin ist daher kein reiner Vasopressor, sondern wirkt ebenfalls positiv inotrop.

Typische Anwendungsgebiete von Noradrenalin sind die Blutdrucksteuerung während der Anästhesie sowie die septisch bedingte Kreislaufdepression. In allen Fällen ist darauf zu achten, dass gleichzeitig eine Normovolämie angestrebt wird. Das neonatale und kindliche Myokard reagiert deutlich sensibler auf eine Erhöhung der Nachlast, sodass es wesentlich früher als beim Erwachsenen zu einer Reduktion der Auswurfleistung kommen kann. Dieser Effekt scheint für den rechten Ventrikel besonders ausgeprägt zu sein. Weil Noradrenalin bei Säuglingen und Kleinkindern somit relativ schnell zu einer systolischen Funktionseinschränkung führen kann, sollte die Anwendung möglichst auf Situationen beschränkt bleiben, in denen eine gute Kontraktilität des Herzens vorliegt und ein deutlich reduzierter peripherer Widerstand behandelt werden soll.

38.5.8 Kurzfristige Behandlung einer Hypotension

Das Handelspräparat Akrinor ist eine Mischung aus Cafedrin und Theodrenalin und enthält in einer Ampulle mit 2 ml Injektionslösung 200 mg Cafedrin und 10 mg Theodrenalin. Akrinor wirkt positiv inotrop über eine Stimulation von β-Rezeptoren, steigert gering den peripheren Gefäßwiderstand

über eine Stimulation von α-Rezeptoren und wirkt v. a. über eine Vorlaststeigerung durch Konstriktion venöser Kapazitätsgefäße.

Praxistipp

Anwendung von Akrinor im Kindesalter:
- Eine Ampulle mit 2 ml Akrinor wird mit 8 ml NaCl-0,9%-Lösung auf 10 ml verdünnt.
- Als Faustformel können 0,05–0,1 ml/kg Körpergewicht der verdünnten Akrinorlösung verwendet werden.
- Bei Kindern mit einem Gewicht von 3 kg und weniger ist die Verdünnung von 1 Ampulle mit 2 ml Akrinor durch Injektion in ein 100-ml-Fläschchen NaCl 0,9% praktikabler. Die Dosierung beträgt dann 0,5–1 ml/kg.
- Die weitere Dosierung erfolgt titrierend nach Effekt.

Vorgehen bei akuter Hypotonie

Bei der Verwendung eines Katecholamins über einen Perfusor ist eine Verzögerung des Einsetzens der Wirkung unvermeidbar, denn der Perfusor muss zunächst vorbreitet werden. Danach dauert es je nach errechneter Flussrate noch eine gewisse Zeit, bis ein wirksamer Spiegel im Kreislauf erreicht wird. Um eine akut auftretende Hypotonie sofort zu behandeln, kann es daher sinnvoll sein, mit einer Akrinorgabe (s. o.) die Wartezeit bis zum Beginn der Katecholamintherapie mittels Perfusor zu überbrücken.

Eine andere Möglichkeit zur kurzfristigen Überbrückung einer schwerwiegenden Hypotonie besteht in der Verabreichung von 0,5(–1) µg/kg Körpergewicht Adrenalin. Praktisch wird 1 Ampulle mit 1 mg Adrenalin in ein 100-ml-Fläschchen NaCl 0,9% injiziert, sodass in 1 ml der Lösung 10 µg Adrenalin enthalten. Entsprechend exakte Dosierungen sind dann mit einer 1 ml Spritze mit 0,1-ml-Skalierung möglich.

Neben der medikamentösen Therapie können bei Kindern relativ einfach Lagerungsmaßnahmen durchgeführt werden, um eine kurzfristige Blutumverteilung zu erreichen, bis Volumengabe und Katecholamine wirken. Hierzu werden die Beine des Kinds angehoben; bei Säuglingen können die Beine sogar in den Knien angewinkelt und auf das Abdomen gepresst werden. Dadurch kommt es zur Mobilisation von Blut aus der Leber und zur Erhöhung der Nachlast durch Abknicken der Femoralarterien. Gleichzeitig müssen dann die Maßnahmen zur Kreislaufstabilisierung durchgeführt werden.

38.6 Atemwegsmanagement

38.6.1 Atemwege

Dem Atemwegsmanagement kommt in der Kinderanästhesie eine zentrale Bedeutung zu. Aufgrund der physiologischen und anatomischen Besonderheiten sind respiratorische Probleme die häufigsten Ursachen für schwerwiegende perioperative Komplikationen bei Kindern.

Der Kehlkopf des Neugeborenen liegt – im Vergleich zum Erwachsenen – deutlich mehr kranioventral, wodurch es Säuglingen möglich ist, gleichzeitig zu trinken und zu atmen. Durch die hohe Kehlkopfposition kommt es bei zu starker Reklination des Kopfs zu einer Obstruktion im Hypopharynx (◘ Abb. 38.2), was bei Spontanatmung, Beatmung und während der Intubation ungünstig ist. Daher gilt in den genannten Situationen:

Praxistipp

Bei Neugeborenen und Säuglingen sollte der Kopf für Spontanatmung, Beatmung und während der Intubation am besten in einer sog. »Schnüffelposition« gelagert werden, sodass die Verbindungslinie vom äußeren Gehörgang zur Nase senkrecht nach oben zeigt.
Hierbei ist entscheidend auf die individuelle Anatomie des Kindes zu achten. Ein Neugeborenes hat unmittelbar nach Spontanpartus in der Regel einen sehr prominenten Hinterkopf und benötigt dann eine Nackenrolle. Wenn der Hinterkopf sehr flach ist und der Thorax stämmig, kann ein Kopfring erforderlich sein.

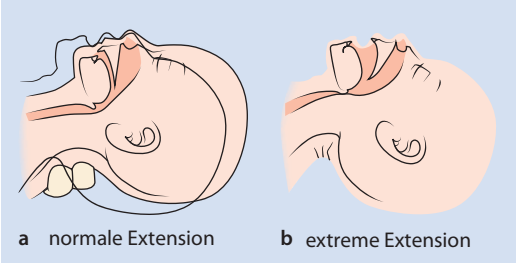

Abb. 38.2 Hyperextension führt zu Veränderungen des Atemwegs. Bei der »Schnüffelposition« (**a**) besteht ein optimal geöffneter Atemweg. Bei einer Hyperextension (**b**) resultiert oft eine Obstruktion der Atemwege (*Pfeil*)

38.6.2 Maskenbeatmung

Während der Maskenbeatmung muss darauf geachtet werden, dass der Zungengrund nicht »von unten« mit den Fingern der maskenhaltenden Hand komprimiert wird, sondern der Anästhesist lediglich einen Zug am knöchernen Kinn erzeugt (Abb. 38.3). Aufgrund der auch im »Normalzustand« engen oberen Atemwege kommt es bei nicht optimaler Maskenhaltung oder Lagerung wesentlich häufiger zu Obstruktionen als beim Erwachsenen. Verstärkt wird diese Neigung, wenn z. B. banale Infekte oder hyperplastische Adenoide oder Tonsillen hinzukommen.

Was tun, wenn die Maskenbeatmung nicht funktioniert? Wenn die Beatmung nicht gelingt, muss zunächst versucht werden, diese durch Verbesserung der Lagerung und Öffnen der oberen Atemwege (Esmarch-Handgriff, Guedel-Tubus, Zwei-Helfer-Methode) zu überwinden. Sollte sich der Magen prall mit Luft gefüllt haben, sollte er mit einer Magensonde oder einem Absaugkatheter rasch entleert werden. Im Gegensatz zum Erwachsenen, bei dem die Anlage einer Magensonde erhebliche Probleme bereiten kann, ist dies beim Säugling und Kleinkind in der Regel sehr einfach.

Abb. 38.3 Typische Handhaltung bei der Maskenbeatmung eines Säuglings

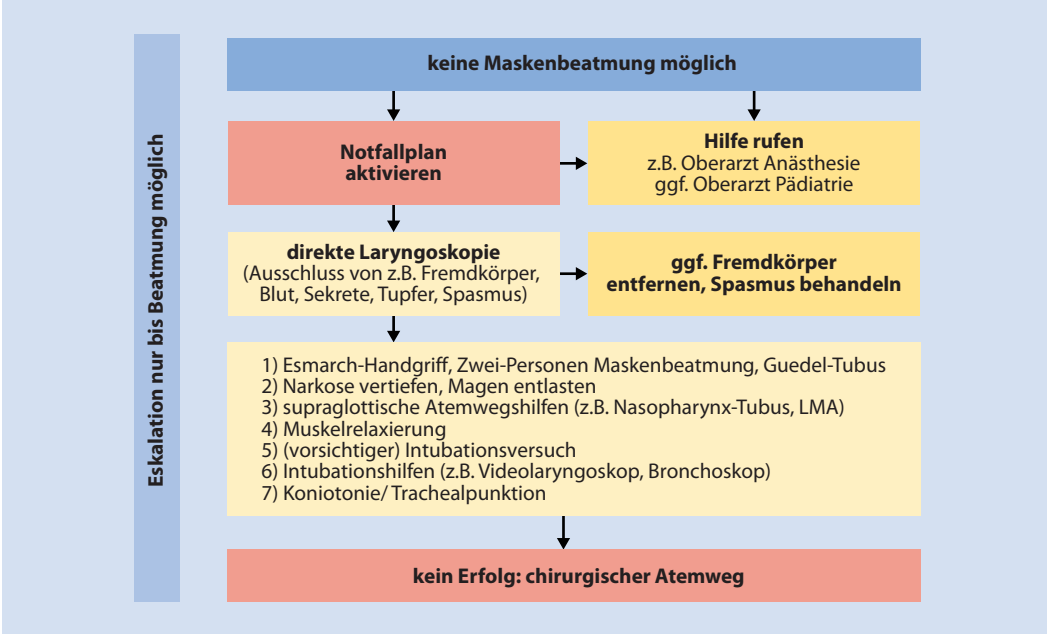

Abb. 38.4 Algorithmus »Maskenbeatmung nicht möglich – was tun?« (Anmerkung: Zu Beginn einer Intervention bzw. Narkoseeinleitung sollte zuerst relaxiert werden.)

Im nächsten Schritt wird die Narkose vertieft und es kommen supraglottische Atemwegshilfen zum Einsatz. Wenn diese Maßnahmen nicht zum Erfolg führen, ist spätestens jetzt auch eine Muskelrelaxation angezeigt. Die Option, nach der Einleitung einer Narkose wieder zeitgerecht eine ausreichende Spontanatmung zu erreichen, besteht nicht. In den allermeisten Fällen ermöglicht die Relaxierung eine Beatmung oder ist dann erforderlich, um das Kind zu intubieren. Es ist zwingend erforderlich, einen Handlungsablauf für die Situation einer unmöglichen Maskenbeatmung zu kennen und unmittelbar umzusetzen (Abb. 38.4).

38.6.3 Larynxmaske

Das einzige für die Pädiatrie gut evaluierte supraglottische Hilfsmittel ist die Larynxmaske, deren Anwendung bereits ab dem Neugeborenenalter möglich ist. Meist ist eine suffiziente Beatmung mittels Larynxmaske auch bei schwierigen Atemwegen möglich. Die Größenzuordnung der Larynxmaske zu den kindlichen Gewichtsklassen differiert etwas von Hersteller zu Hersteller und ist in Tab. 38.9 unten für den Hersteller der Larynxmaske »Ambu – Aura once« und Tuben »Covidien – Mallinckrodt« angegeben.

Zudem kann die Larynxmaske – je nach Modell mehr oder weniger gut geeignet – als Leitschiene zur fiberoptischen Intubation unter laufender Beatmung verwendet werden. Dabei ist der Innendurchmesser der Larynxmaske zu beachten, der nur den Durchtritt eines Tubus mit dem entsprechend passenden Außendurchmesser ermöglichen kann. In der Tab. 38.9 sind die Abmessungen von Larynxmasken und Tuben jeweils eines Herstellers aufgeführt. Jeder Anwender muss sich eine solche Tabelle für sein verwendetes Equipment erstellen. Die Tabelle bietet zusätzlich die passenden Größen zum Gewicht des Kindes.

Praxistipp

Mit einer Larynxmaske können die meisten Kinder beatmet werden. Das Einbringen eines Nasen-Rachen-Tubus stellt eine weitere, sehr effiziente supraglottische Atemwegshilfe dar.

Tab. 38.9 Relevante Abmessungen bei einer Intubation durch eine liegende Larynxmaske

Maske	#1	#1½	#2	#2½	#3	#4
Gewicht (kg)	<5	5–10	10–20	20–30	30–50	50–70
ID der Larynxmaske (mm)	5,2	7,3	8,6	8,5	8,5	9,6
Passender Tubus ID (mm)	3,0	3,5	4,5	5,0	6,0	7,0
Passender Tubus OD (mm)	4,0	4,7	6,0	6,7	8,0	9,0
Fiberoptik OD (mm)	2,5	2,8	3,5	4,1	5,5	5,5

ID Innendurchmesser, *OD* Außendurchmesser (»outer diameter«). Beachte, dass die Tubusgröße in der Regel als ID angegeben wird

38.6.4 Nasen-Rachen-Tubus: Hilfsmittel bei der schwierigen Maskenbeatmung

Hierzu wird ein Endotrachealtubus verwendet in identischer Größe wie zur endotrachealen Intubation. Der Tubus wird nun vorsichtig durch ein Nasenloch in den Nasen-Rachenraum eingebracht. Die Tiefe sollte so gewählt werden, dass der Tubus beim Loslassen nicht von alleine wieder aus der Nase herausfällt – dafür reichen beim Neugeborenen meist 2–3 cm. Wenn der Tubus zu tief eingebracht wird, könnte er am Eingang des Ösophagus sitzen und zu einem Aufblähen des Magens führen, oder am Eingang des Larynx einen Laryngospasmus verursachen. Beim Neugeborenen wäre daher eine Tiefe von 6 cm nicht zu überschreiten, diese ist auch in größeren Altersklassen meist ausreichend. Nun wird der Mund des Kindes zugehalten und das Kind über den nasopharyngeal einliegenden Tubus von Hand beatmet. So kann Zeit gewonnen werden, um Hilfe zu holen und Alternativstrategien vorzubereiten.

38.6.5 Intubation

Die Anatomie beim Kind ist zur direkten Laryngoskopie und Intubation eher vorteilhaft, denn der Kehlkopf ist auf gerader und kurzer Strecke leichter zu erreichen, und dies gilt umso mehr, je jünger die Patienten sind, sodass die Situation einer formal schwierigen Intubation deutlich seltener auftritt.

Erschwerend für die Intubation ist bei Säuglingen jedoch die entwicklungsbedingte Weichheit der supraglottischen Strukturen (Abb. 38.6). Bei der direkten Laryngoskopie kann die supraglottische Weichheit dazu führen, dass trotz optimaler Positionierung des Kehlkopfs in der oralen Sichtachse die Epiglottis nicht angehoben werden kann, sondern auf der Stimmbandebene liegt. Um diese Schwierigkeit zu überwinden, kann ein zarter Druck von außen auf den Schildknorpel ausgeübt werden. Entscheidend ist eine streng mediane Position des Laryngoskopspatels mit der Spitze im Übergang vom Zungengrund zur Basis der Epiglottis (Abb. 38.5).

Abb. 38.5 Typische Handhaltung bei der endotrachealen Intubation eines Säuglings. Mit dem Kleinfinger der laryngoskopierenden Hand wird hier gleichzeitig ein vorsichtiger Druck auf den Larynx ausgeübt, um die Sicht auf den Larynx und damit die Intubationsbedingungen zu verbessern

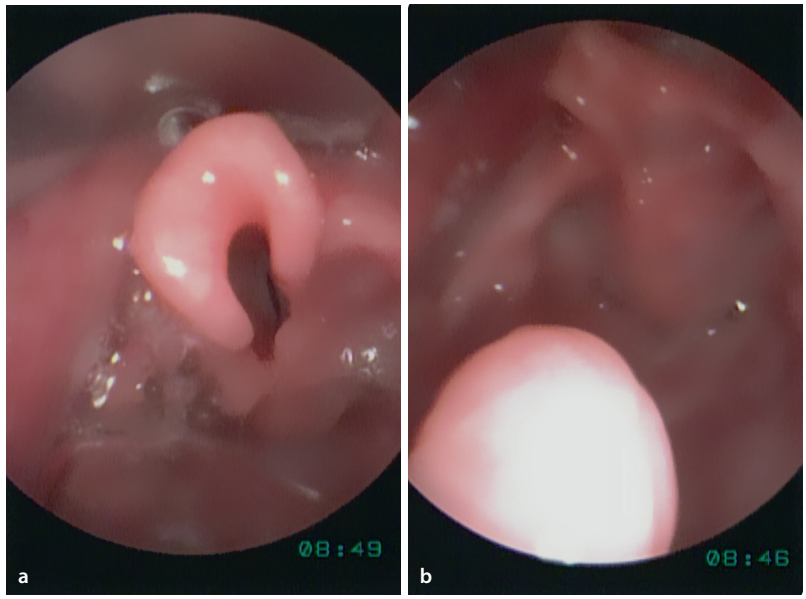

Abb. 38.6 Supraglottische Weichheit. (**a**) In der linken Abbildung ist die Spitze des Laryngoskopspatels optimal in der Mitte der Vallecula (= Grube zwischen Zungenbasis und Epiglottis) positioniert und eine Sicht der Stimmbandebene gut möglich. (**b**) In der Abbildung rechts bei gleichem Kind ist die Spatelspitze nach links abgerutscht und verdreht Glottis, Epiglottis und das gesamte periglottische Gewebe, sodass die Stimmbänder nicht mehr eingesehen werden können

Auch ein sehr zarter Zug des sich am Zungengrund befindlichen Spatels zum Auge des Intubierenden hin kann den supraglottischen Raum strecken und ein besseres Aufrichten der Strukturen ermöglichen. Ebenso hilfreich kann es sein, den rechten Epiglottisrand mit dem von rechts kommenden Tubus anzuheben, wodurch eine Sicht auf die Glottis ermöglicht wird.

Aufgrund der dargestellten Weichheit von Larynx und Epiglottis (Abb. 38.6) benutzen manche Kinderanästhesisten im 1. Lebensalter statt des gebogenen »Macintosh-Spatels« primär eine geraden »Miller-Spatel«, mit dem die Epiglottis vorsichtig aufgeladen wird. Bisher konnte kein Vorteil für die eine oder andere Spatelform bewiesen werden, entscheidend ist daher die persönliche Erfahrung.

Endotrachealtubus Sobald der Tubus die Stimmbandebene passiert, ist bei Kindern besondere Aufmerksamkeit erforderlich, denn auf Höhe vom Ringknorpel (Krikoid) verjüngt sich der Atemweg.

Die »dogmatische« Feststellung, dass das Krikoid die engste Stelle des kindlichen Atemwegs darstellt, wird heute von verschiedenen Arbeiten angezweifelt oder scheinbar widerlegt; allerdings haben diese Untersuchungen auch Limitationen. So bleibt es mindestens klinisch eindeutig, dass das Krikoid die funktionell engste Stelle ist. Ansonsten würde das Krankheitsbild des Pseudokrupps nicht mehr erklärbar sein. Zudem ist das Krikoid im Gegensatz zu allen anderen Strukturen des Atemweges (Larynx und Trachea) nicht dehnbar. Jede Kraft, die hier ausgeübt wird, verursacht somit klinisch beobachtbaren Schaden.

Um eine Schädigung zu vermeiden, müssen ein zu großer Tubus und ein zu festes Blocken des Tubuscuffs ausgeschlossen werden. Zudem ist die Trachea bei Kindern kurz, sodass rasch eine einseitige Intubation erfolgen kann. Daher muss der Endotrachealtubus für Säuglinge und Kleinkinder folgende Kriterien erfüllen:

- kurzer Abstand zwischen Tubusspitze und Cuffunterrand,
- kurzer Cuff,
- Markierung für die Positionierung in der Stimmbandebene.

Ein blockbarer Tubus muss dann so positioniert werden, dass die Tubusspitze oberhalb der Karina und der Cuff unterhalb des Krikoid liegen. Der Cuffdruck muss zusätzlich sofort nach der Intubation und wenn möglich kontinuierlich oder mindestens wiederholt kontrolliert werden. Wenn alle genannten Bedingungen befolgt werden, sind geblockte Tuben vorteilhaft, weil dann seltener Umintubationen aufgrund eines undichten Tubus notwendig sind. Der Wechsel auf einen kleineren Tubus während des »Steckenbleibens« im Glottis-Subglottis-Bereich ist dann ebenfalls seltener, denn es kann primär der etwas kleinere Tubus gewählt werden. Die empfohlenen Tubusgrößen in Abhängigkeit vom Alter sind in ◘ Tab. 38.10 dargestellt.

Praxistipp

Für Kinder über einem Jahr gilt:

$$\text{ID (mm) Tubus ohne Cuff} = 4 + \frac{Alter}{4}$$

$$\text{ID (mm) Tubus mit Cuff} = 3{,}5 + \frac{Alter}{4}$$

◘ **Tab. 38.10** Auswahl eines passenden Endotrachealtubus

Alter	Gewicht	ID (mm) Tubus ohne Cuff	ID (mm) Tubus mit Cuff
<1 Jahr [a]	<1 kg	2,0	---
	1,0–2,5 kg	2,5	---
	3 kg	3,0	---
	3,5 kg	3,5	3,0
	4 kg	4,0	3,5
Ab 1 Jahr		$4 + \frac{Alter}{4}$	$3{,}5 + \frac{Alter}{4}$

Die Schätzung am kleinen Finger bei morphologisch regelrechter Hand ist wissenschaftlich nicht evaluiert, im klinischen Alltag aber oft hilfreich. Eine andere evaluierte und in den Reanimationsleitlinien des ERC empfohlene Methode ist die Schätzung über die Körperlänge (z. B. mit Hilfe des »Pädiatrischen Notfall-lineals«)

[a] Die Angaben zur Tubusgröße für Neugeborene entsprechen der persönlichen Erfahrung der Autoren

38.6.6 Erwartet schwieriger Atemweg

Wird von vornherein ein schwieriger Atemweg erwartet, so sollte zur Einleitung möglichst ein sicherer i.v.-Zugang vorliegen. Wenn ein Kind keinen venösen Zugang hat und besonders dann, wenn die Anlage eines Zugangs schwierig ist und das Kind Atemnot hat, kann es sinnvoll sein, die Narkose inhalativ einzuleiten, um dann einen Zugang zu legen. Sollte dies nicht möglich sein, besteht die Option, einen intraossären Zugang zu legen. Ob nun primär i.v. oder inhalativ eingeleitet wird, in jedem Fall ist zunächst das Ziel, die Spontanatmung zu erhalten.

Es muss dann festgestellt werden, ob das Kind mit der Maske zu beatmen ist. Die Wahl der verwendeten Hilfsmittel hängt von den Erfahrungen der Beteiligten ab, wobei mehrere Hilfsmittel inkl. der Fiberoptik vorhanden sein und beherrscht werden sollten. Hierzu können gehören:

- Endotrachealtuben: Standardtuben aller Größen mit und ohne Cuff, überlange Tuben und Tuben mit Mikrocuff,
- Spatel verschiedener Größe und Arten, z. B. Macintosh, Miller, ggf. McCoy,
- Intubationshilfen wie »gum elastic bougie« (»Eschmann-Stab«) und Magill-Zange,
- supraglottische Hilfsmittel: Larynxmasken, Nasopharyngealtubus,
- Fiberoptiken: Flexible Fiberoptik als Bronchoskop, ggf. starre Optik,
- Sets zur Punktionskoniotomie und Punktionstracheotomie,
- Intraossärnadeln oder -bohrer.

38.6.7 Einleitung beim nicht nüchternen Kind (RSI)

Zur Narkoseeinleitung von nicht nüchternen Kindern liegt eine Handlungsempfehlung des WAKKA aus dem Jahr 2007 vor, deren Kenntnis verpflichtend ist.

Die Lagerung des Kinds dient initial ausschließlich zur Vorbereitung optimaler Beatmungs- und Intubationsbedingungen. Hinsichtlich der Prävention einer Aspiration sind Lagerungsmaßnahmen weitgehend ungeeignet. Idealerweise erhält das Kind bereits auf der Station eine Magensonde, was

bei der Prämedikationsvisite angefordert werden sollte. Damit wird dann unmittelbar vor der Narkoseeinleitung der Magen noch einmal gründlich abgesaugt und die Magensonde dann entfernt. Eine begründete Abweichung von der Handlungsempfehlung des WAKKA ist bei Säuglingen unter folgender Argumentation möglich:

- Bei der Maskenbeatmung kann es zur Insufflation des Magens kommen, was bei kleinen Patienten häufiger passiert und öfter zu erheblichen Beatmungsproblemen führt.
- Eine liegende Magensonde ist extrem selten ein Intubationshindernis und kann in diesen Einzelfällen durch einen kurzen Griff entfernt werden.

Die Frage, ob bei einem Kind, das nicht nüchtern ohne Magensonde in den OP kommt, zunächst eine solche gelegt werden soll, wird auch vom WAKKA nicht allgemeingültig beantwortet, sondern eine »situative, individuelle Nutzen-Risiko-Abwägung« empfohlen. Wir empfehlen die Anlage einer Magensonde vor der Narkoseeinleitung unter folgenden Bedingungen:

- Der Mageninhalt besteht ausschließlich aus Flüssigkeit, z. B. bei Pylorusstenose, Dünndarmatresie oder -ileus. Feste Nahrungsanteile verhindern ein suffizientes Absaugen.
- Das Kind ist wach genug, sodass keine Aspirationsgefahr besteht, falls es bei Anlage der Magensonde zu Erbrechen kommt.
- Das Kind ist kooperativ genug, dass das Legen der Magensonde ohne Traumatisierung möglich ist.

Es erfolgt keine Gabe von Natriumzitrat. Die Narkoseeinleitung muss zwingend intravenös erfolgen, die Anästhetika sind ausreichend zu dosieren, damit rasch eine ausreichende Narkosetiefe erreicht wird. Unmittelbar nach Narkoseinduktion wird das Muskelrelaxans gegeben. Mittel der ersten Wahl ist Rocuronium aufgrund der kurzen Anschlagszeit. Succinylcholin sollte nicht mehr verwendet werden. Es erfolgt eine vorsichtige Zwischenbeatmung mit dem Ziel der ausreichenden Oxygenierung unter Vermeidung von Luftinsufflation in den Magen, dabei sollte der Beatmungsspritzendruck möglichst 10–12 mbar nicht überschreiten. Manche Autoren bevorzugen hierfür eine druckkontrollierte maschinelle Beatmung. Die Intubation erfolgt ohne Krikoiddruck mit einem Tubus in üblicher Größe, wobei – sofern verfügbar – ein geblockter Tubus verwendet werden sollte.

Bei Beatmungs- und/oder Intubationsproblemen greift uneingeschränkt der Algorithmus zum »Vorgehen bei schwierigem Atemweg« (▶ Abschn. 38.6.6). Dementsprechend kommen ohne Verzögerung auch supraglottische Atemwegshilfen zum Einsatz. Das Verhindern einer Hypoxie hat vor dem Verhindern einer Aspiration Priorität. Nach der Intubation wird eine dicke Magensonde gelegt und gründlich abgesaugt.

38.6.8 Laryngospasmus

Der Laryngospasmus ist eine der wichtigsten Komplikation in der Kinderanästhesie. Er kommt häufig vor (bei etwa 15% aller Narkosen bei Kindern <6 Jahren) und kann zu einer lebensbedrohlichen Hypoxie führen. Wer in der Kinderanästhesie tätig ist, muss die Therapie des Laryngospasmus sicher beherrschen. Durch einen krampfartigen Verschluss der Stimmbandebene und der darüber liegenden Taschenfalten kommt es zu einem vollständigen Verschluss des Kehlkopfs, der eine Beatmung oder Spontanatmung unmöglich macht. Ausprägung und Dauer des Laryngospasmus können sehr unterschiedlich sein. Häufig dauert er nur wenige Sekunden und ist selbstlimitierend, aber er kann auch so lange bestehen, dass es ohne therapeutische Maßnahmen zu einem hypoxiebedingten Herzstillstand kommen würde.

Der Verlauf eines Laryngospasmus ist beim Auftreten nicht vorherzusagen, daher muss in jedem Fall sofort eine stufenweise eskalierende Intervention erfolgen.

Bei erhaltenen Atembemühungen kann ein »leichter« Laryngospasmus durch einen inspiratorischen Stridor imponieren. Bei vollständigem Laryngospasmus kann trotz Atembemühungen keine Luftbewegung festgestellt werden. Wenn bei dichtsitzender Beatmungsmaske unter Öffnen der oberen Atemwege (mit Esmarch-Handgriff, ggf. mit Guedel-Tubus) und bei einer mit den Atembemühun-

gen des Kindes synchronisierten, unterstützenden Beatmung keine Tidalvolumina gemessen oder erzeugt werden können, muss von einem Laryngospasmus ausgegangen werden.

Eine direkte Laryngoskopie bietet die Möglichkeit, den Verschluss des Larynx zu sehen oder Differenzialdiagnosen zu erkennen. Unmittelbar nach einer Opioidgabe muss als Differenzialdiagnose an eine Thoraxrigidität gedacht werden. Für einen Bronchospasmus sprechen ein verlängertes Exspirium und der typische Auskultationsbefund.

In den allermeisten Fällen wird ein Laryngospasmus durch eine Irritation der Atemwege verursacht, v. a. in der Einleitungs- oder Ausleitungsphase einer Narkose. Kinder mit erhöhtem Risiko, z. B. mit einem akuten Atemwegsinfekt, sollten vom Erfahrenen betreut werden. Manipulationen in den vulnerablen Phasen der Ein- uns Ausleitung müssen auf ein Minimum reduziert werden. Bei der Extubation sollte die Lunge grundsätzlich gebläht werden, der dadurch entstehende künstliche Hustenstoß soll Sekrete aus der Stimmritze entfernen.

Schrittweise Therapie beim Laryngospasmus

Wenn beim Laryngospasmus kein Venenzugang besteht oder unmittelbar zu legen ist, muss sofort ein intraossärer Zugang geschaffen werden. Manche Kliniker erwägen die Gabe von Succinylcholin in dieser Situation, ggf. auch i.m. Nach Erfahrung der Autoren ist dies aber nicht erforderlich, wenn man sich an die hier dargestellte Vorgehensweise hält.

- Immer $FiO_2 = 1{,}0$!
- **Öffnen der oberen Atemwege:** optimierte Lagerung, PEEP, Esmarch-Manöver, Zwei-Helfer-Methode, ggf. Einlage eines Guedel- oder Wendl-Tubus
- **Apnoische Oxygenierung:** Hochfrequente (200/min), niedrigamplitudige Beatmung auf einem Druckniveau von ca. 20 mbar
- **Inspektion der oberen Atemwege:** direkte Laryngoskopie, Ausschluss von Sekret, Tamponade, Blut
- Sedierung mit ca. ⅓ der Induktionsdosis, z. B. 1 mg/kg Propofol oder 1–2 mg/kg Thiopental
- Falls eine (nochmalige) Narkoseeinleitung erforderlich ist: normale Induktionsdosis, normale Relaxansdosis, atraumatische Intubation

38.7 Gefäßzugänge

Die Anlage von Venenzugängen bei Kindern kann schwierig sein. Leider gibt es kein technisches Hilfsmittel, das Erfahrung ersetzen oder die Trefferrate sicher erhöhen könnte. Geeignete periphere Verweilkanülen für Frühgeborene haben eine Größe von 26 G (meist »lila«), ab dem Neugeborenenalter sind 24 G (meist »gelb«) üblich. Kinder, die an den auch beim Erwachsenen üblichen Stellen keine Venen bieten, können oft an der V. saphena vor dem Innenknöchel des Sprunggelenks oder an einer Kopfhautvene punktiert werden.

Die in der Notfallsituation gut geeigneten Bohrmaschinen zur Anlage eines intraossären Zugangs müssen mit gewichtsbezogen Nadeln verwendet werden. Von ihrem Einsatz ist bei Kindern unter 3 kg abzuraten, hier sollten besser manuelle Intraossärnadeln, z. B. nach Dieckmann, verwendet werden.

Zentrale Venenkatheter (ZVK)

Als ZVK stehen für Frühgeborene Größen ab 1 F (0,33 mm) Außendurchmesser zur Verfügung (Tab. 38.11). Besonders geeignet erscheint bis zum Kleinkindalter die V. subclavia, denn hier sind eine bessere Fixierung möglich und geringere Komplikationsraten bezüglich Dislokation und Infektion nachgewiesen. Auch die V. jugularis interna ist möglich, allerdings besteht hier beim Säugling, dessen Lungenspitzen noch über die Klavikula hinausragen, eine vergleichbare Rate an Pneumothoraces und die genannte höhere Dislokationsgefahr. Die V. femoralis birgt eine höhere Gefahr für Thrombosen und Infektionen, weswegen sie nur verwendet werden sollte, wenn andere Punktionsorte nicht möglich sind. Wie beim Erwachsenen sollten Ultraschallverfahren bevorzugt werden. Ab dem Schulalter kann die Lagekontrolle durch EKG-Ableitung erfolgen, davor ist eine Durchleuchtung zur Positionierung unerlässlich.

Tab. 38.11 Beispiele für geeignete Zentralvenenkatheter in der Kinderanästhesie

Größe	Beispiel	Anlage	Totraumvolumen	Flussgeschwindigkeit	Typische Indikation	Besonderheiten
Katheter nach dem Einschwemmverfahren						
28 G/1 F, Ein-Lumen, Länge 20 cm	Z. B. Premicath, Vygon	wird durch 24-G-Venenzugang gelegt	0,06 ml	1 ml/min	unter 2 kg	**Cave:** keine Prostaglandine geben, darf nicht im Vorhof liegen (Perforationsgefahr)
24 G/2 F, Zwei-Lumen, Länge 20 cm	Z. B. Premicath, Vygon	wird durch 20-G-Nadel gelegt	2×0,2 ml	2×1,45 ml/min	unter 2 kg	
24 G/2 F, Ein-Lumen, Länge (15)/30/(50) cm	Epicutaneo-Cava-/Silastic-Katheter, Vygon	wird durch 20-G-Butterfly-Nadel gelegt	0,12 ml	5 ml/min	unter 4 kg	
Peripherer Katheter nach Seldinger-Technik						
3,5 F/20 G, Länge 6 cm	Leader-flex, Vygon	20-G-Punktionsnadel			für lange Liegedauer statt PVK	Kann auch zur arteriellen Druckmessung verwendet werden
Zentrale Katheter nach der Seldinger-Technik						
3 F/22 G, Ein-Lumen, Länge 15 cm	Hydrokath, Becton Dickinson		0,2 ml	1,45 ml/min	über 3 kg	
4 F/18 G, Zwei-Lumen, Länge 20 cm	Careflow, Becton Dickinson	22-G-Punktionsnadel	nicht angegeben	17 bzw. 4 ml/min	über 4–5 kg	
4,5 F/17 G, Zwei-Lumen, Länge 6 cm	Multi-Cath 2, Vygon	21-G-Punktionsnadel	2×0,2 ml	20 bzw. 24 ml/min	über 4–5 kg	
4,5 F/17 G, Drei-Lumen, Länge 6 cm	Multi-Cath 3, Vygon	21-G-Punktionsnadel	3×0,2 ml	14,8 bzw. 7,1 bzw. 8,1 ml/min	über 4–5 kg	
4,5 F/17 G, Zwei-Lumen, Länge 12,5 cm	Multi-Cath 2, Vygon	21-G-Punktionsnadel	2×0,25 ml	15 bzw. 18 ml/min	größer 10 kg	
5,5 F/15 G, Drei-Lumen, Länge 20 cm	Logicath, Smith Medical		0,45 und 2×0,3 ml	am 18-G-Schenkel 24 ml/min	hoher Flüssigkeitsumsatz	18-, 22- und 22-G-Schenkel

Anmerkung: Selbstverständlich gibt es auch ZVK anderer Hersteller. Die Auswahl hier erfolgte ausschließlich nach der Praxiserfahrung der Autoren
PVK periphere Venenverweilkanüle

Arterielle Zugänge

Diese werden bei Neugeborenen und (kleinen) Kindern routinemäßig im Rahmen von großen chirurgischen Eingriffen zum invasiven Monitoring von Hämodynamik und für die Blutgasanalyse eingesetzt. Die Standardzugangswege für eine arterielle Kanülierung bei Kindern sind wie im Erwachsenenalter die A. radialis und die A. femoralis. Die A. brachialis und noch mehr die A. axillaris sollten den Ausnahmesituationen vorbehalten bleiben. Bei Kindern unter 3–4 Jahren sind die zur Verfügung stehenden Seldinger-Systeme meist zu groß, sodass die Punktion der A. radialis hier mit Venenverweilkanülen der Größen 24 oder 22 G zu empfehlen ist.

38.8 Intraoperative Infusionstherapie

Zur Flüssigkeitstherapie dürfen ausschließlich Vollelektrolytlösungen verwendet werden, da ansonsten ein Hirnödem droht. Die Flussrate der »Basisinfusion«, also der sog. Grundbedarf, kann anhand der **4-2-1-Regel** berechnet werden:

- 4 ml/kg/h für die ersten 10 kg Körpergewicht,
- 2 ml/kg/h für die weiteren 10 kg und
- für jedes folgende kg je 1 ml/kg/h.

Um durch Nüchternheit entstandene Defizite auszugleichen, ist für Neugeborene und Vorschulkinder mit kürzeren Eingriffen (bis zu 1 h Dauer) eine Infusionsgeschwindigkeit von 10 ml/kg/h zu wählen. Bei größeren Kindern und für längere Eingriffen sollte jedoch weiterhin die 4-2-1-Regel verwendet werden.

Für diesen Grundbedarf und zur Volumentherapie werden balancierte Vollelektrolytlösungen verwendet, z. B. mit Azetatpuffer. Säuglinge bzw. Kinder <1 Jahr erhalten eine vergleichbare Lösung mit einem Zusatz von 1% Glukose als fertige Infusionslösung, z. B. die »Elektrolyt-Infusionslösung 148 mit Glukose 1 PÄD« (Serumwerk Bernburg) oder die Infusionslösung »Benelyte« (Fresenius Kabi). Hierdurch werden Fehler beim Mischen und Verunreinigungen verhindert, was die Patientensicherheit erhöht.

Cave

Bei Frühgeborenen besteht oft ein Glukosebedarf, der durch eine »Basisinfusion« mit 1%iger Glukose nicht ausreichend substituiert ist.

Bei Frühgeborenen wird der individuelle Glukosebedarf des Frühgeborenen bei der bettenführenden Station erfragt. Am einfachsten ist es, wenn die dortige, individuell vorbereitete »Basisinfusion« (in der Pädiatrie individuell vorbereitete Lösungen, meist mit 7,5% Glukosegehalt, ohne Fett oder Aminosäuren) auch intraoperativ weiterverwendet wird. Regelmäßige Kontrollen und Korrekturen des Blutzuckers, z. B. mit einem Glukosebolus von 200 mg/kg, sind häufig zusätzlich erforderlich.

Zum akuten Volumenersatz sind Bolusgaben von 10(–20) ml/kg zu empfehlen. Bei wiederholten Volumengaben muss mit einem Transfusionsbedarf gerechnet werden. Kolloidale Infusionslösungen wie Albumin, Gelatine und HES sind klinisch weitgehend verzichtbar, können aber (möglichst zurückhaltend) verwendet werden, wenn die Infusionstherapie mit Kristalloiden unzureichend ist und noch keine Transfusionsindikation besteht.

Bei intraoperativ offenem Abdomen können erhebliche Flüssigkeitsmengen erforderlich sein, um die Perspiratio insensibilis zu ersetzen, also unabhängig von bestehenden Flüssigkeitsdefiziten oder Blutverlusten, die ggf. zusätzlich ausgeglichen werden müssen. Hierzu gibt es keine sicheren Daten, in einem anderen Zusammenhang wurde eine Mengenangabe von bis 50 ml/kg/h beschrieben. Die Erfahrung zeigt, dass auch kurzfristig 100 ml/kg/h und mehr erforderlich sein können.

Entscheidend ist hier die klinische Einschätzung anhand von Blutdruck, Herzfrequenz, Mikrozirkulation, ggf. Undulation der invasiven Blutdruckmessung, Urinproduktion sowie Blutgasanalysen inkl. Säure-Basen-Status und Laktat. In Problemsituationen ist es ratsam, Volumenstatus und Kontraktilität echokardiographisch zu beurteilen (▶ Abschn. 38.13). Zu weiteren Details der perioperativen Infusionstherapie im Kindesalter sei auf die DGAI-Leitlinie aus 2016 (Sümpelmann R et al.) verwiesen.

38.9 Postoperative Schmerztherapie

Grundsätzlich gelten für die perioperative Schmerztherapie im Kindesalter die gleichen Regeln wie beim Erwachsenen – mit der Besonderheit, dass bei Kindern die Kommunikationsfähigkeit eingeschränkt ist, sodass andere Methoden zur Erfassung von Schmerzen oder Nebenwirkungen von Medikamenten erforderlich sind. Zusätzlich müssen bei den Medikamenten altersspezifische Nebenwirkungen und Zulassungsbeschränkungen beachtet werden. Neben den allgemeinen Vorteilen einer guten Schmerztherapie kommt bei Frühgeborenen eine Gefahr hinzu, die zwingend zu vermeiden ist: Stress und Schmerzen begünstigen Hirnblutungen und Hirninfarkte, denn im periventrikulären Subependym[2] des unreifen Gehirns befindet sich eine als »germinale Matrix« bezeichnete neuronale Keimregion, die stark vaskularisiert ist und deren Gefäßstrukturen sehr fragil sind. Weil Schmerzen und Stress aber erheblich die Hämodynamik beeinflussen, ist es nachvollziehbar, dass diese als direkte Risikofaktoren für intraventrikuläre Hämorrhagien (IVH, Hirnblutungen) und periventrikuläre Leukomalazien (PVL, Hirninfarkte) identifiziert werden konnten.

Besonderheit bei Früh- und Neugeborenen Bei der Behandlung von Früh- und Neugeborenen mit Opioiden gibt es eine weitere Besonderheit: Die Dichte an Opioidrezeptoren ist in allen dem Hirnstamm übergeordneten Bereichen zum Zeitpunkt der Geburt erheblich geringer als beim Erwachsenen. So entspricht die Dichte an Opioidbindungsstellen z. B. im Hippocampus des reifen Neugeborenen weniger als 14% der Dichte beim Erwachsenen. Hingegen erfolgt die Ausreifung des Hirnstamms erheblich früher, sodass hier mit der Geburt schon eine Dichte von fast 40% erreicht wird. Dadurch wirken Opioide bei Frühgeborenen schon deutlicher im Hirnstamm, wo die Atemdepression entsteht, als im Mittelhirn, wo die Modulation der emotionalen Schmerzempfindung und kortikalen Weiterleitung vermittelt wird. Daher können Frühgeborene bei Opioidspiegeln, die keine ausreichende Analgesie bewirken, bereits eine ausgeprägte Atemdepression zeigen. Somit ist also das beim Erwachsenen grundsätzliche Prinzip, dass man Opioide in der Regel bis zur Schmerzfreiheit titrieren kann, ohne eine Atemdepression zu beobachten, für die Anwendung bei Frühgeborenen nicht gültig. Dies unterstreicht, dass bei Früh- und Neugeborenen möglichst Regionalverfahren verwendet werden sollten, um dadurch Opioide einzusparen.

Tab. 38.12 KUS-Skala zur Schmerzmessung bei Kindern von 0 bis 4 Jahren

Beobachtung	Bewertung	Punkte
Weinen	Gar nicht	0
	Stöhnen, Jammern, Wimmern	1
	Schreien	2
Gesichtsausdruck	Entspannt, lächelnd	0
	Mund verzerrt	1
	Mund und Augen grimassieren	2
Rumpfhaltung	Neutral	0
	Unruhig	1
	Krümmen, Aufbäumen	2
Beinhaltung	Neutral	0
	Strampelnd, tretend	1
	An den Körper gezogen	2
Motorische Unruhe	Nicht vorhanden	0
	Mäßig	1
	Ruhelos	2

Schmerzskala Zur quantitativen Beurteilung von Schmerzen bei Säuglingen und Kleinkinder hat die »Kindliche Unbehagen- und Schmerzskala« (KUSS) die weiteste Verbreitung und wissenschaftliche Akzeptanz erfahren (Tab. 38.12). Hierbei werden die Merkmale »Weinen, Gesichtsausdruck, Beinhaltung, Rumpfhaltung und motorische Unruhe« mit jeweils 0–2 Punkten bewertet und die Summe (0–10 Punkte) wie bei der visuellen Analogskala (VAS) des Erwachsenen bewertet.

2 Ependym = Zellschicht, die das Ventrikelsystem zum Liquor hin auskleidet

Tab. 38.13 Dosierungsempfehlung für Paracetamol, Ibuprofen und Metamizol in Abhängigkeit von Lebensalter und Applikationsweg. [Mod. nach Zernikow B, Hechler T (2008) Schmerztherapie bei Kindern und Jugendlichen. Dtsch Ärztebl 105: 511–522 und Kaufmann J et al (2012) Perioperative Schmerztherapie bei Frühgeborenen, Säuglingen und Kleinkindern. Anästh Intensivmed 53: 656–669]

	Therapiebeginn (mg/kg)	Folgedosis (mg/kg)	Dosierungsintervall (h)	Tageshöchstdosis (mg/kg/Tag)
Paracetamol rektal				
0–6 Monate	30	15	8	60
7–12 Monate	30–45	15–20	6–8	60
1–6 Jahre	30–45	15–20	(4–)6	75[a]
>6 Jahre	30–45	15–20	(4–)6	90[a] (max. 4 g)
Paracetamol oral				
0–6 Monate	20	20	8	60
7–12 Monate	30	10–20	(4–)6	60
1–6 Jahre	30	15	(4–)6	75[a]
>6 Jahre	30	15	(4–)6	90[a] (max. 4 g)
Paracetamol intravenös				
<10 kg lt. Zulassung	7,5	7,5	6	30
>10 kg, altersunabhängig	15	15	6	60 (max. 4 g)
Ibuprofen: oral und rektal				
>6 Monate	7–10	7–10	6–8 h	30
Metamizol oral				
Ab 3 Monate, Einzeldosis, oral	15		4–6	60–75 (max. 5 g)
Metamizol intravenös				
Ab 12 Monate	2,5–3 mg/kg/h als Perfusor 15-20 mg/kg über 15–20 min			60–75 (max. 5 g)

[a] In der Fachinformation wird für Kinder eine Tageshöchstdosis von 60 mg/kg angeben

Die KUS-Skala sollte wiederholt erhoben werden, z. B. im Rahmen des pflegerischen Überwachungsbogens, weil sie so aussagekräftiger ist als bei Einzelmessungen. Etwa ab dem 5. Lebensjahr kann ein Kind die Gesichterskala (»Smiley-Skala«) als modifizierte VAS anwenden. Etwa ab dem Schulalter kann dann die bei Erwachsenen übliche »numeric rating scale« (NRS) verwendet werden.

Geeignete Medikamente zur Basisanalgesie werden in Tab. 38.13 dargestellt. Es mehren sich die Hinweise aus Metaanalysen, dass die Kombination von Paracetamol und Ibuprofen einen synergistischen Effekt aufweist und damit sogar dem Metamizol, welches gemeinhin als stärkstes Nichtopioidanalgetikum gilt, überlegen ist.

Bei stärkeren und akuten Schmerzen sind vornehmlich Opioide zur Ergänzung der Basisanalgesie notwendig (Tab. 38.14).

38.10 Aufwachraum

Der Aufwachraum spiegelt in hohem Maße die Qualität der perioperativen kinderanästhesiologi-

Tab. 38.14 Dosierungsempfehlungen verschiedener Opioidanalgetika zur postoperativen Schmerztherapie im Kinderanästhesie

	Dosis (mg/kg)
Piritramid intravenös	
Einzelgaben	0,05-0,1 mg/kg
Zur i.v.-PCA	
- Bolusdosis	0,02 mg/kg
- Lock-out-Zeit	6 min
- 4-h-Höchstmenge	0,25 mg/kg
Morphin intravenös	
Einzelgaben	0,05 mg/kg
Tramadol intravenös [a]	
Einzelgaben	0,5-1,0 mg/kg
Kontinuierlich	0,25 mg/kg/h
Nalbuphin intravenös [b]	
Einzelgaben	0,1-0,2 mg/kg

[a] Die Anwendung von Tramadol wurde aktuell durch die amerikanische Food and Drug Administration (FDA) stark eingeschränkt. Tramadol ist für Kinder unter 1 Jahr nicht zugelassen
[b] Nalbuphin wirkt über den κ-Opioidrezeptor analgetisch, ist aber ein μ-Opioidrezeptorantagonist! Nalbuphin kann bei Bolusgabe zu einem Injektionsschmerz führen

schen Versorgung wider. Nur wenn eine gute anästhesiologische Versorgung gewährleistet ist, sind hier vornehmlich ruhige, zufriedene und schmerzfreie Kinder anzutreffen.

Praxistipp

Die Anwesenheit der Eltern ist ein entscheidendes Element zur Stressreduktion von Kindern im Aufwachraum.

Der Aufwachraum sollte wegen der Begleitpersonen etwas größer sein und eine geschützte, ruhige und nicht zu helle Atmosphäre bieten. Neben der vollständigen Ausstattung mit Equipment für die versorgten Altersklassen muss das Aufwachraumpersonal über entsprechende Erfahrung verfügen. Ein Facharzt mit kinderanästhesiologischer Erfahrung muss jederzeit in Rufnähe zur Verfügung stehen.

Die Entlassung aus dem Aufwachraum kann erfolgen, wenn die Vitalfunktionen stabil und die Schutzreflexe sicher vorhanden sind. Zudem muss die übernehmende Station (oder bei ambulanten Eingriffen die Familie) den weiteren Behandlungs- und Überwachungsbedarf gewährleisten können. Hierzu kann es keinen starren zeitlichen Ablauf geben, sondern die Entscheidung zur Entlassung aus dem Aufwachraum erfordert Erfahrung und muss individuell und an die Gesamtsituation angepasst erfolgen.

Aufwachdelir

Postoperative Unruhe- und Erregungszustände werden auch als »emergence delirium« oder »Aufwachdelir« bezeichnet und stellen eine erhebliche Belastung für Kinder und Eltern dar. Neben der psychischen Alteration der Kinder besteht die Gefahr der Dislokation von Zugängen und Kathetern sowie der Selbstverletzung und der Beeinträchtigung des operativen Ergebnisses.

Ein Aufwachdelir kommt v. a. bei den Kindern im Vorschulalter vor, die ängstlich in den OP kommen. Daher sollte die präoperative Vorbereitung drauf abzielen, Angst zu reduzieren. Bei »robusten« Eltern, kann deren Anwesenheit bis zum Einschlafen hilfreich sein, bei sehr aufgeregten und ängstlichen Eltern ist diese oft sogar kontraproduktiv. Ebenso besteht auch kein pauschaler Nutzen darin, jedem Kind eine medikamentöse Prämedikation zu geben. Bei »Risikokindern« hingegen kann die Prämedikation Teil eines Konzepts sein, den präoperativen Stress möglichst gering zu halten. Die Narkose sollte so geführt werden, dass die Kinder schmerzfrei und nicht zu rasch in einer ruhigen, warmen und nicht zu hellen Umgebung wach werden. Weil die Eltern nach einer OP in der Regel nicht mehr angespannt sind, ist ihre Anwesenheit fast ausnahmslos hilfreich, um ein Aufwachdelir zu verhindern oder zu verringern. Die aktuelle DGAI-Leitlinie »Prävention und Therapie des pädiatrischen Emergence Delir« (Ghamari S et al. 2016) nennt folgende Risikofaktoren:

- Vorschulalter,
- kindliche Angst,

Tab. 38.15 Medikamente zur PONV-Prophylaxe

Medikament	Dosierung	Höchstdosis	Bemerkungen
Dexamethason	0,15 mg/kg	4 mg	
Ondansetron	0,1 mg/kg	4 mg	
Dimenhydrinat	0,5 mg/kg	62 mg	wirkt sedierend
Droperidol	0,01 mg/kg	0,625–1,25 mg	nur als Reservemedikament!

- Eingriffe im Kopf-Hals-Bereich,
- unzureichende postoperative Analgesie,
- moderne Inhalationsanästhetika wie Sevofluran und Desfluran.

Ein Behandlungsbedarf besteht typischerweise, wenn das Kind weint und nicht mehr zu beruhigen ist oder völlig agiert ist und ungezielte Abwehrbewegungen macht. Zunächst müssen Schmerzen ausgeschlossen und im Zweifel Opioide titriert werden (Tab. 38.14). Wenn Schmerzen ausreichend behandelt sind, sollte ohne Verzögerung der Erregungszustand unterbrochen werden. Dazu haben sich v. a. eine geringe Dosis Propofol (z. B. 0,5–1 mg/kg i.v.) oder Clonidin (2 µg/kg i.v.) bewährt.

PONV

Die für Erwachsene verwendeten Risikoscores sind im Kindesalter nicht anwendbar; stattdessen wurde der POVOC-Score (»postoperative vomiting in children«) evaluiert. Hierbei gibt es je 1 Punkt für:

- OP-Dauer >30 min,
- Alter >3 Jahre,
- Strabismus- oder HNO-OP,
- postoperativer Opioidbedarf,
- Anamnese für PONV oder Reisekrankheit.

Spätestens ab drei Punkten sollte eine PONV-Prophylaxe erfolgen (Tab. 38.15).

Da Droperidol als Neuroleptikum psychomimetische und extrapyramidalmotorische Nebenwirkungen besitzen kann, sollte es im Kindesalter nur als Reservemedikament (»Mittel der letzten Wahl«) eingesetzt werden. Zudem ist Droperidol erst bei Kindern ab 2 Jahren zugelassen.

38.11 Regionalanästhesie

Regionalanästhesie kann auch im Kindesalter sicher durchgeführt werden und wird durch den Einsatz von Ultraschall vielfach erleichtert. Zudem konnte nachgewiesen werden, dass durch Regionalanästhesie allein oder als Kombinationsverfahren eine bessere Unterdrückung der vegetativen und hormonellen Stressantwort möglich ist als durch eine Allgemeinanästhesie mit hohem Opioidgebrauch. Weitere Vorteile der Regionalanästhesie sind der verminderte Einsatz systemischer Analgetika und Sedativa, wodurch die ungewünschten Nebenwirkungen dieser Substanzen (weitgehend) vermieden werden können. Regionalverfahren werden beim Kind meist in Narkose durchgeführt, um Verletzungen bei plötzlichen Bewegungen zu vermeiden.

38.11.1 Pharmakologie der Lokalanästhetika

Bei Säuglingen ist das Herzzeitvolumen im Verhältnis zum Körpergewicht 2- bis 3-mal größer als beim Erwachsenen, weshalb die systemische Resorption von Lokalanästhetika rascher stattfindet. Dazu kommen eine niedrigere Plasmaeiweißkonzentration, ein höheres Verteilungsvolumen und eine unreife Leberfunktion. Als Konsequenz müssen die Höchstdosen in dieser Altersgruppe reduziert werden. Besonders mit Bupivacain und Ropivacain liegen gute klinische Erfahrungen und pharmakokinetische Daten vor, weswegen diese besonders geeignet für die Versorgung von Kindern sind. Ropivacain hat gegenüber Bupivacain eine größere therapeutische Breite, wirkt aber etwas vasokonstringierend. Daher sollte Ropivacain grundsätzlich

Tab. 38.16 Maximaldosierungen von Lokalanästhetika im Kindesalter

Alter	Höchstdosis
Bupivacain (1 ml Bupivacain 0,5% enthält 5 mg)	
<6 Monate	2 mg/kg
>6 Monate	2,5 mg/kg
Ropivacain (1 ml Ropivacain 0,2% enthält 2 mg)	
Kinder	3 mg/kg
Prilocain (1 ml Prilocain 1% enthält 10 mg)	
Kinder	7 mg/kg

bevorzugt werden, nur beim Peniswurzelblock wird heute Bupivacain empfohlen.

Cave
Durch die vasokonstriktorische Wirkung ist Ropivacain beim Peniswurzelblock nicht indiziert.

Über Sinn und Zweck der Angabe von Maximaldosierungen von Lokalanästhetika bestehen teilweise kontroverse Sichtweisen, weil neben der Gesamtdosis auch immer die Resorptionsgeschwindigkeit eine wichtige Rolle spielt (zu Details ▶ Kap. 26). Trotzdem werden in Tab. 38.16 mit allen Einschränkungen sog. Maximaldosierungen angegeben, die sich zudem im unteren Bereich der publizierten Empfehlungen bewegen.

Prilocain soll im Alter unter 6 Monaten nicht verwendet werden, weil hier das Risiko einer Methämoglobinämie erhöht ist. Bei Intoxikationserscheinungen gilt auch im Kindesalter das Lipid-Rescue-Konzept (▶ Kap. 26).

38.11.2 Kaudalanästhesie

Mit der Kaudalanästhesie steht bei Kindern, die noch einen offenen Hiatus sacralis haben, eine Form der recht risikoarmen Periduralanästhesie zur Verfügung. Bei Kindern bis zum 10. Lebensjahr ist eine Punktion in der Regel möglich. Die Kaudalanästhesie ist bei allen Eingriffen indiziert mit einer Schmerzlokalisation unterhalb des Rippenbogens, also etwa unterhalb von Th7, wenn postoperativ starke Schmerzen erwartet werden und zudem kein anderes Regionalanästhesieverfahren favorisiert wird. Die wichtigste Komplikation ist die (hohe) Spinalanästhesie, die jedoch bei technisch richtiger Durchführung nahezu nicht vorkommt.

Durchführung

Bei der Kaudalanästhesie wird das (meist in Narkose befindliche) Kind auf die Seite gedreht und es werden dabei die Knie angezogen (Abb. 38.7). Nun wird der Hiatus sacralis palpiert und auf Höhe der Cornua sacralia unter sterilen Kautelen in einem Einstichwinkel von etwa 45–60° nach kranial punktiert. Dabei werden Haut, Subkutis und dann das Lig. sacrococcygeum passiert, letzteres wird manchmal als »Plopp« bemerkt. Wenn in dieser Punktionsrichtung Knochenkontakt auftritt, muss die Nadel 1–2 mm zurückgezogen werden. Danach wird die Nadel am Ende abgesenkt und beim Säugling wenige Millimeter (etwa 5 mm) nach kranial vorgeschoben. Dabei darf kein Widerstand entstehen. In dieser Position erfolgt ein Aspirationsversuch; zudem wird die offene Nadel zum Ausschluss einer akzidentellen Durapunktion beobachtet, ob spontan Liquor abfließt.

Bei Aspiration oder Abfließen von Liquor hat eine spinale Punktion stattgefunden – ein erneuter Punktionsversuch ist jetzt nicht mehr statthaft. Auch darf bei der Injektion des Lokalanästhetikums kein nennenswerter Widerstand auftreten.

Bei Aspiration oder Abfließen von Blut muss abgebrochen werden, es kann aber ein erneuter Versuch unternommen werden.

Verwendet wird eine Nadel der Größe 22–25 G, am besten als immobile Nadel mit einem durchsichtigen Verbindungsschlauch; zudem gibt es auch spezielle Kaudalanästhesienadeln.

Durch Palpation der Haut über der Punktionsstelle während der Injektion kann eine subkutane Injektion rasch erkannt werden. Eine Testdosis mit Adrenalin bringt keinen zuverlässigen Ausschluss einer intravasalen Lage der Nadel. Als Lokalanästhetikum zur Kaudalanästhesie ist Ropivacain 0,2%, gut geeignet, wobei die verwendete ml-Menge von der angestrebten Höhe der Kaudalanästhesie abhängt:

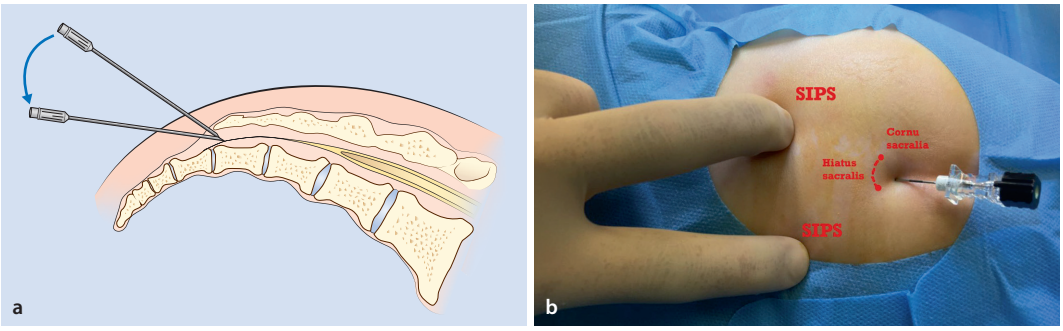

Abb. 38.7 Kaudalanästhesie. **a** Punktionswinkel, **b** Vorgehen in situ

Dosierungen bei Kaudalanästhesie

- Ropivacain 0,2%
- 1 ml/kg für Eingriffe an den Extremitäten und unterhalb des Nabels
- 1,25 ml/kg für Eingriffe zwischen Nabel und Xiphoid
- Die Gesamtdosis soll 3 mg/kg Ropivacain nicht überschreiten

Als maximale Gesamtmenge sind 25–30 ml Ropivacain 0,2% sinnvoll, denn sonst wird die motorische Blockade bei den dann schon größeren Kindern als störend empfunden und verhindert möglicherweise eine frühe Mobilisierung. Bei einem Eingriff, der postoperativ besonders schmerzhaft ist oder lange dauert, können 0,5–2 µg/kg Clonidin hinzugegeben werden, wodurch die Wirkung um 30–50% verlängert wird. Aufgrund einer möglichen Atemdepression, die bei Neugeborenen berichtet wurde, sollte bei Kindern unter einem Jahr oder <10 kg sowie bei ambulanten Eingriffen auf eine Clonidingabe verzichtet werden. Bei langen Eingriffen über 2–3 h Dauer besteht zudem die Möglichkeit, nach OP-Ende und vor der Extubation nochmal eine zweite Dosis Ropivacain 0,2% kaudal zu injizieren, dann meist die Hälfte der Initialdosis.

38.11.3 Periduralanästhesie

Eine Periduralanästhesie kann frühestens bei Schulkindern durchgeführt werden, wenn diese ausreichend verständig sind und uneingeschränkt kommunizieren können, damit potenzielle Komplikationen frühzeitig erkannt werden können. Zudem wird die Periduralanästhesie auch im Kindesalter vor Anästhesieeinleitung durchgeführt, sodass die Kinder dies auch verstehen und mitmachen müssen.

Durchführung

Die technische Durchführung erfolgt wie beim Erwachsenen (▶ Kap. 27). Absolute Voraussetzungen für eine Periduralanästhesie im Kindesalter sind eine eindeutige Indikation und die sehr gute Erfahrung mit dem Verfahren. Die Anlage einer Periduralanästhesie am narkotisierten Kind halten wir aufgrund der fehlenden Warnzeichen bei Fehlpunktion für risikoreich; sie ist daher dem Ausnahmefall vorbehalten.

38.11.4 Axilläre Plexusanästhesie

Die Plexusblockade wird in Narkose durchgeführt und sollte unter Ultraschallkontrolle erfolgen.

Durchführung

Zur **axillären Plexusblockade** wird der Arm wie üblich gelagert (zu Details ▶ Kap. 28). Der Linearschallkopf wird quer zur Gefäß-Nerven-Straße nahe der Axilla aufgesetzt und so platziert, dass die A. axillaris mittig im Bild dargestellt wird. In einer optimalen Darstellung sind dann die drei Nerven, also N. ulnaris, N. radialis und N. medianus, um die Arterie herum darstellbar. Zusätzlich wird der N. musculocutaneus dargestellt. Nun werden alle vier Nerven aufgesucht und unter Ultraschallkontrolle mit Lokalanästhetikum umspritzt. In der Re-

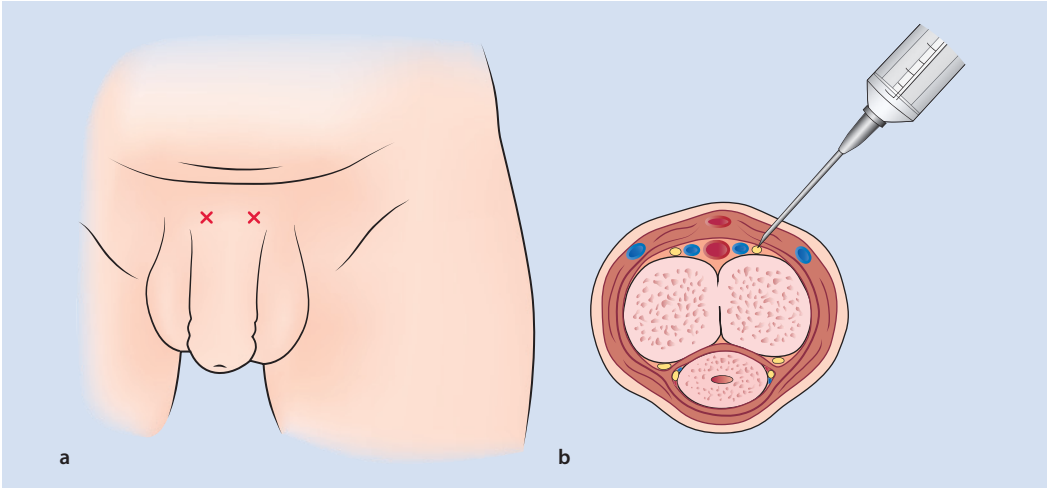

Abb. 38.8 Peniswurzelblock. **a** Punktionsort, **b** Punktionsrichtung im Querschnitt

gel werden hierzu insgesamt 0,5 (0,3–0,75) ml/kg Ropivacain 0,2% verwendet.

38.11.5 Peniswurzelblock

Der Peniswurzelblock ist bei der Zirkumzision oder Operationen an der Penisspitze indiziert. Hierbei wird v. a. der N. dorsalis penis blockiert, der vom Penis aus durch den subpubischen Raum kaudal der Symphyse verläuft. Da der subpubische Raum begrenzt ist, wird hier Bupivacain in höherer Konzentration und kleinerer Menge verabreicht, konkret Bupivacain 0,5% mit 0,2 ml/kg, meist als 2 Injektionen à 0,1 ml/kg. Zu den möglichen Komplikationen zählt eine Injektion in die A. dorsalis penis, wodurch eine Nekrose des Glans penis bei Verwendung von vasokonstriktiven Medikamenten (z. B. Adrenalinzusatz) verursacht werden kann. Auch Ropivacain sollte wegen seiner vasokonstringierenden Eigenschaften nicht verwendet werden. Eine Perforation des Corpus cavernosum oder der Harnröhre sollte unbedingt vermieden werden, verläuft aber meist problemlos.

Durchführung

Durch zartes Herunterziehen des Penis vergrößert sich der Raum zwischen Symphyse und Peniswurzel. Dazu kann der Penis unter leichtem Zug mit einem Pflaster zwischen den Beinen fixiert werden. Die Punktion erfolgt nun unter sterilen Kautelen. Hierzu wird die Unterkante der Symphyse getastet, dann erfolgen knapp unterhalb der Symphyse und oberhalb der Peniswurzel paramedian zwei Punktionen, jeweils etwa 10° nach medial und kaudal gekippt (Abb. 38.8). Beim Nadelvorschub kann man die Perforation der Scarpa-Faszie meist als »Plopp« spüren, nun wird die Nadel noch ein wenig weiter eingeführt. Die Dosierung beträgt auf jeder Seite 0,1 ml/kg Bupivacain 0,5% (ohne Zusätze), also in der Summe 0,2 ml/kg (Maximaldosis 5 ml). Zusätzlich ist ein Frenulumblock sinnvoll, um dort eine Anästhesielücke zu verhindern. Hierzu werden weitere 0,2 ml Bupivacain 0,5% (Absolutmenge, nicht ml/kg!) subkutan mittig an den Skrotumansatz des Penis injiziert, sodass sich dort eine kleine subkutane »Beule« ausbildet.

38.12 Typische Operationen in der Kinderanästhesie

Eine Auflistung typischer kinderchirurgischer Eingriffe und geeigneten Anästhesieverfahren findet sich in Tab. 38.17.

Tab. 38.17 Beispiele für Operationen und geeignete Anästhesieverfahren

Operation	Atemweg	Regionalverfahren	ZVK	iBP	Besonderheiten
Ösophagus-atresie	ETT	Paravertebralblocka-de durch Operateur	X	x!	Tracheoskopie/Bronchoskopie vorweg zur Lokalisation der Fistel(n) und Planung der Tubuslage, EK bereitstellen, zwingend Intensivbett. Invasive Blutdruckmessung sehr wertvoll
Leistenhernie, Orchidopexie	LMA	KDA, ab 20 kg und einseitiger OP ggf. mit Lokalanästhetikum unterspritzen oder Ilioinguinalisblock			Evtl. alleinige Kaudalanästhesie bei Frühgeborenen bis zu einem Gestationsalter von 60 Wochen, dann auch auf Sedativa verzichten
Zirkumzision	LMA	Peniswurzelblock			
Hypospadie	LMA	KDA			
Pyloromyo-tomie	ETT, RSI	KDA			Schwallartiges Erbrechen, Dehydratation, Alkalose und Hyponatriämie. Die Kinder müssen durch Infusionstherapie eine ausgeglichene BGA erreicht haben, bevor sie operiert werden
PDA-Verschluss	ETT	Paravertebralblocka-de durch Operateur	(x)	(x)	Intraoperativ prä- und postduktale Sättigung messen! Intensivbett
Trichterbrust-OP	ETT	Thorakale PDA (Th7-9)			Doppellumentubus und PDA sind erst bei größeren Kindern möglich
Thorakosko-pische OP	ETT	Ggf. thorakale PDA			Doppellumentubus und PDA sind erst bei größeren Kindern möglich
Duodenal-atresie	ETT, RSI	KDA	X	(x)	ZVK zur parenteralen Ernährung, in 70% mit anderen Anomalien assoziiert (z. B. in 50% mit Herzfehlern)
Gastroschisis	ETT, RSI	KDA	X	(x)	Je nach Gesamtsituation ggf. invasives Monitoring, ggf. Nachbeatmung, postoperativ Intensivtherapie, prophylaktisch latexfreies Arbeiten
Omphalozele	ETT, RSI	KDA	X	X	Blutungen bei Parenchymverletzungen und großflächige Blutungsfläche beim Ablösen des Omphalozelensacks von der Leber sind möglich. Bei Beckwith-Wiedemann-Syndrom kann eine Makroglossie mit Intubationsschwierigkeiten vorliegen und ein Hyperinsulinismus (Glukosebedarf liegt dann bei bis zu 10 mg/kg/h). Ggf. Nachbeatmung, postoperativ Intensivtherapie, prophylaktisch latexfreies Arbeiten, EK bereitstellen
Akutes Abdomen des Frühgeborenen (Darmperforation, Volvulus, etc.)	ETT, RSI	KDA	X	(x)	Letalität der Frühgeborenen steigt signifikant mit dem Auftreten einer Darmperforation. Immer Intensivbett für Nachbeatmung, ZVK zur parenteralen Ernährung

Tab. 38.17 (Fortsetzung)

Operation	Atemweg	Regionalverfahren	ZVK	iBP	Besonderheiten
Harnleiter-/ Nieren-operationen	ETT	KDA	(x)	(x)	Nur bei zusätzlichen Vorerkrankungen: ggf. ZVK, invasive Blutdruckmessung, Intensivbett nur bei Nierenteilresektion (dann immer EK bereitstellen)
Appendektomie (Laparotomie oder Laparoskopie)	ETT, RSI	KDA			Beim »Single-Port«-Verfahren sehr kurze OP-Zeiten möglich
Analatresie	ETT, RSI	KDA (**Cave:** Sakrale Fehlbildungen?)	X		ZVK zur parenteralen Ernährung

BGA Blutgasanalyse, *EK* Erythrozytenkonzentrat, *ETT* Endotrachealtubus, *iBP* invasive Blutdruckmessung, *KDA* Kaudalanästhesie, *PDA* Periduralanästhesie, *RSI* »rapid sequence induction«, Narkoseeinleitung beim nicht nüchternen Kind, *ZVK* zentraler Venenkatheter

38.13 Vorgehensweise im Schock

Für eine sinnvolle Handlungsempfehlung muss v. a. die klinische Situation beurteilt werden. Dazu gehören neben der Kenntnis der Grunderkrankungen (z. B. Vitien) und der OP-Situation auch die altersabhängigen Besonderheiten. Wesentlich ist eine Einschätzung der Vor- und Nachlast, der Kontraktilität und der systemisch und pulmonal vaskulären Widerstände. Dazu sollte im Schock – wenn immer möglich – eine echokardiographische Beurteilung von Kontraktilität und Füllungszustand durchgeführt werden. Schließlich können zur Einschätzung die Effekte einer Volumengabe herangezogen werden.

Grundsätzlich ist eine Katecholamintherapie nur dann indiziert, wenn trotz Normovolämie eine behandlungsbedürftige Hypotension besteht.

Klinische Zeichen zur Einschätzung von Volumenstatus und Kreislaufsituation

- Rekapillarisierung der Peripherie (<1 s gut, >2 s schlecht)
- Temperatur der Peripherie (ggf. Hauttemperaturmesssonde auf dem Fußrücken)
- Blutdruck und Herzfrequenz
- Urinproduktion mit Ziel 1 ml/kg/h (Beachte: Neugeborene produzieren in den ersten 24 h oft keinen Urin)
- Undulieren der arteriellen Druckkurve unter Beatmung
- pH-Wert und BE in der Blutgasanalyse
- Laktat in der Blutgasanalyse (normal <3 mmol/l)

Im Folgenden wird das therapeutische Vorgehen bei 3 verschiedenen Schockformen dargestellt:

- hypodynamer Schock im Früh- und Neugeborenenalter,
- hypovolämischer Schock im Kindesalter für alle Altersklassen (vor der Pubertät),
- septischer Schock im Kindesalter für alle Altersklassen (vor der Pubertät).

38.13.1 Hypodynamer Schock im Früh- und Neugeborenenalter

Die für diese Altersgruppe vorhandenen Erkenntnisse stammen von der Primärversorgung nach der Geburt. Bei der Geburt muss es zu einem Abfall des pulmonalvaskulären Widerstands unter den sys-

temvaskulären Widerstand kommen, damit die Durchblutung der Lunge möglich wird. Daraus kann man die Empfehlung ableiten, dass zumindest am ersten Lebenstag und bei persistierendem pulmonalen Hypertonus oder bekannter kardialer Dysfunktion Dobutamin bevorzugt eingesetzt werden sollte. Zu einem späteren Zeitpunkt – oder wenn der pulmonale Widerstand abgefallen ist – wird dann Dopamin bevorzugt.

Therapiemaßnahmen beim hypodynamen Schock im Früh- und Neugeborenenalter

- Erste Maßnahme: 10–20 ml/kg Vollelektrolytlösung
- Katecholamin der 1. Wahl: Dopamin 5–20 µg/kg/min (erster Lebenstag Dobutamin)
- Ggf. Eskalation mit zusätzlich: Dobutamin 5–20 µg/kg/min
- Ggf. Gabe von Kortikoiden, z. B. Dexamethason 0,25 mg/kg oder Hydrokortison 2,5 mg/kg
- Ggf. Eskalation mit zusätzlich Adrenalin 0,01-1 µg/kg/min und mehr
- Bei lebensbedrohlicher Hypotension zusätzlich Noradrenalin 0,01–1 µg/kg/min und mehr

38.13.2 Hypovolämischer Schock im Kindesalter

Die pädiatrische Arbeitsgruppe »Schock« der DIVI empfiehlt hier zunächst die rasche Infusion von 20–40–60 ml/kg Vollelektrolytlösung unter Berücksichtigung von Elektrolytverschiebungen. Bei hyper- oder hypotoner Dehydratation darf der Ausgleich von Natrium im Plasma nur langsam erfolgen (Cave: Hirnödem). Weitere Volumengaben erfordern eine zusätzliche Überwachung des Hb-Werts und ggf. eine Transfusion. Wenn eine vorübergehende Kreislaufunterstützung notwendig ist, soll diese als erste Wahl mit Adrenalin durchgeführt werden.

Therapiemaßnahmen beim hypovolämischen Schock im Kindesalter

- Zuerst 20–40–60 ml/kg Vollelektrolytlösung
- Katecholamin der ersten Wahl: Adrenalin 0,01–1 µg/kg/min (und mehr)

38.13.3 Septischer Schock im Kindesalter

Initiale Therapieziele sind eine normale (altersentsprechende) Herzfrequenz, normaler Blutdruck und eine Rekapillarisierungszeit <2 s. Bei erweiterten Maßnahmen kommen die Therapieziele regelrechter Perfusionsdruck (MAP-ZVD) und ausreichende zentralvenöse Sättigung (>70%) hinzu.

Therapiemaßnahmen beim septischen Schock im Kindesalter

- Initiale Maßnahmen, die innerhalb von 5 min begonnen werden sollten:
  - 20–40–60 ml/kg Vollelektrolytlösung
  - Korrektur von Hypoglykämie und Hypokalzämie
  - Wenn nötig Adrenalin- oder Noradrenalinbolus nach Wirkung
- Maßnahmen, wenn der Schock trotz Volumengabe fortbesteht (möglichst innerhalb von 15 min):
  - Dopamin bis zu 10 µg/kg/min, falls keine Stabilisierung dann
  - Adrenalin 0,05–0,3(–1) µg/kg/min
  - bei starker Vasodilatation (warmer Peripherie) zusätzlich oder alternativ Noradrenalingabe 0,01–1 µg/kg/min
- Abnahme von mikrobiologischem Probenmaterial und Blutkulturen, dann kalkulierte Antibiotikagabe (möglichst innerhalb von 30 min)
- Maßnahmen bei Katecholaminresistenz (möglichst innerhalb von 60 min):
  - Hydrokortisongabe erwägen bei volumen- und katecholaminrefraktärem Schock und Hinweis für bzw. V. a. Nebennierenrindeninsuffizienz
  - Hb nicht unter 10 g/dl

Die weitere Therapie sollte – wenn möglich – unter Monitoring von HZV, Widerstandsmessung und Überwachung des Füllungszustands durchgeführt werden. Andere Ursachen wie Pneumothorax, Perikarderguss und intraabdominelles Kompartmentsyndrom müssen ausgeschlossen werden.

Fallbeispiel Teil 2

Eine Krankenschwester und die Mutter bringen Lukas zum OP, dabei weint die Mutter. Lukas (4 Jahre, 15 kg) ist zunächst trotz der Prämedikation von den Tränen seiner Mutter irritiert, lässt sich dann aber gut vom geschulten Personal ablenken, als seine Mutter weg ist. Der Mutter war angeboten worden, bis zur Narkoseeinleitung dabei zu sein. Sie hat dies aber abgelehnt, weil sie es als zu belastend empfunden hatte. Während Lukas von einer Schwester abgelenkt wird, gelingt es der Anästhesistin, einen Zugang im durch EMLA schmerzfreien Hautareal zu legen. Die Narkose wird mit 3 µg Sufentanil (0,2 µg/kg) sowie 45 mg Propofol (3 mg/kg) eingeleitet. Die Maskenbeatmung gelingt zunächst nicht, womit die Anästhesistin aber gerechnet hatte, denn aufgrund der Adenoide ist die Nase nicht durchgängig. Sie legt einen Guedel-Tubus ein, woraufhin die Beatmung problemlos möglich ist. Nach klinikinterner Absprache mit den Operateuren legt sie eine Larynxmaske der Größe 2 ein und verwendet Isofluran mit einer endexspiratorischen Konzentration von 0,9 Vol.-% zur Aufrechterhaltung der Narkose. Der Cuffdruck der Larynxmaske wird mit 20 mbar gemessen. Mit einem Spitzendruck von 10 mbar, einem PEEP von 3 mbar, einer Beatmungsfrequenz von 20/min, einer Inspirationszeit von 1 s und einem FiO_2 von 0,3 (ohne Lachgas) ist das Kind normoventiliert und die pulsoxymetrisch gemessene O_2-Sättigung liegt ≥97%.

Zur postoperativen Schmerztherapie erhält das Kind ein 125-mg-Ibuprofen-Zäpfchen (7–10 mg/kg) sowie 0,75 mg (0,05 mg/kg) Piritramid, außerdem zur PONV-Prophylaxe 2,25 mg (0,15 mg/kg) Dexamethason. Die Operation verläuft problemlos. Am Ende demonstriert der HNO-Arzt der Anästhesistin den trockenen Mund- und Nasenrachenraum mit Hilfe einer Spiegelung.

Lukas schläft noch, aber erreicht nach dem Abatmen von Isofluran rasch wieder eine ruhige stabile Spontanatmung. Die Anästhesistin saugt erneut den Mund-Rachen-Raum ab, der weiterhin trocken ist und entfernt die Larynxmaske in Rückenlage, ohne den Cuff zu entblocken. Die Anästhesistin sieht die Atemexkursionen im Epigastrium, die jedoch nicht durch eine fühlbare Atmung am Mund begleitet werden. Sie setzt die Beatmungsmaske auf und macht einen Esmarch-Handgriff, wobei auch dabei keine Atmung zu detektieren ist. Auf einem Druckniveau von 20 mbar versucht sie nun, hochfrequent (ca. 200/min) ein wenig reinen Sauerstoff durch die Stimmbandebene zu bringen. Gleichzeitig verabreicht die Schwester auf Anordnung 15 mg (1 mg/kg) Propofol. Nach wenigen Sekunden merkt die Anästhesistin, dass sie nun zunehmend beatmen kann, und reduziert die Beatmung auf einen Spitzendruck von 15 mbar und eine Frequenz von 20/min unter gut sichtbarer Atemexkursion. Nach wenigen Beatmungen setzt bei Lukas eine suffiziente Atmung ein und die Maske sowie der Esmarch-Handgriff können schrittweise gelockert und schließlich ganz weggelassen werden. Die Schwester schließt ein mobiles Pulsoxymeter an und legt die Gesichtsmaske sowie einen Beatmungsbeutel neben den Kopf des Kindes. Lukas wird von Anästhesistin und Anästhesieschwester in sein Bett zurückgelegt und zum Aufwachraum gefahren. Dort übernimmt nach Übergabe aller relevanten Informationen und Anschluss an das dortige Monitoring (EKG, psO_2 und NIBP) der Anästhesiepfleger im Aufwachraum. Dieser überprüft nochmal alle Vitalparameter, entfernt die restlichen verbliebenen Blutspuren im Gesicht und ruft nun die Mutter von Lukas dazu.

Literatur

Becke K, Eich C, Höhne C, Kranke P, Volk T (2017) Anästhetika und Sedativa: neue FDA-Warnung für kleine Kinder und Schwangere. Anaesth Intensivmed 58: 119

Becke K, Giest J, Strauss J (2007) Handlungsempfehlung zur präoperativen Diagnostik, Impfabstand und Nüchternheit im Kindesalter. Anaesth Intensivmed 48: S62–S66

Brierley J, Carcillo JA, Choong K et al (2009) Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock: 2007 update from the American College of Critical Care Medicine. Crit Care Med 37: 666–688

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (2002) Verwendung von Succinylcholin – Aktualisierte Stellungnahme der DGAI. Anaesth Intensivmed 43: 831

Eich C, Weiss M, Neuhaus D et al (2011) Handlungsempfehlung zur intraossären Infusion in der Kinderanästhesie. Anaesth Intensivmed 52: S46–S52
Ghamari S, Höhne C, Becke K et al (2016) S2e – Leitlinie 001/035: Prävention und Therapie des pädiatrischen Emergence Delir. www.awmf.org (Zugriff 22.04.2017)
Gooden C (2017) An update on pediatric airway management. Int Anesthesiol Clin 55: 86–96
Habre W, Disma N, Virag K et al (2017) Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT): a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. Lancet Respir Med 5: 412–425
Hansen TG (2017) Use of anaesthetics in young children. Consensus statement of the European Society of Anaesthesiology, the European Society for Paediatric Anaesthesiology, the European Association of Cardiothoracic Anaesthesiology and the European Safe Tots Anaesthesia Research Initiative. Eur J Anaesthesiol 34: 327–328
Hoffmann F, Keil J, Urban B et al (2016) Atemwegsmanagement mit supraglottischen Atemwegshilfen in der Kindernotfallmedizin: Larynxmaske ist State-of-the-art. Anaesth Intensivmed 57: 377–386
Jöhr M (2015) Regional anaesthesia in neonates, infants and children: an educational review. Eur J Anaesthesiol 32: 289–297
Kaufmann J, Becke K, Höhne C et al (2017) S2e-Leitlinie – Medikamentensicherheit in der Kinderanästhesie. Anaesth Intensivmed 58: 105–118
Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2012) Medikamentenfehler bei Kindernotfällen – eine systematische Analyse. Dtsch Arztbl Intl 109: 609–616
Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2012) Perioperative Schmerztherapie bei Frühgeborenen, Säuglingen und Kleinkindern. Anaesth Intensivmed 53: 656–669
Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2014) Das Kind im Aufwachraum. Anaesth Intensivmed 55: 422–435
Laschat M, Kaufmann J, Wappler F (2016) Präoperative Evaluation in der Kinderanästhesie. Anaesth Intensivmed 57: 332–345
Mader T, Hornung M, Boos K (2007) Handlungsempfehlungen zur Regionalanästhesie bei Kindern. Anaesth Intensivmed 48: S79–S85
Rakow H, Finke W, Mutze K et al (2007) Handlungsempfehlung zur perioperativen Schmerztherapie bei Kindern. Anaesth Intensivmed 48: S99–S103
Schmidt J, Strauß JM, Becke K (2007) Handlungsempfehlung zur Rapid-Sequence-Induction im Kindesalter. Anaesth Intensivmed 48: S88–S93
Strauß J, Becke K, Schmidt J (2006) Gerinnungsstörungen – auf die Anamnese kommt es an. Dtsch Arztebl 103: A1948
Sümpelmann R, Becke K, Brenner S et al (2016) S1-Leitlinie: Perioperative Infusionstherapie bei Kindern. Anaesth Intensivmed 57: 368–376
Trieschmann U, Kaufmann J, Menzel C (2015) Besonderheiten des Gefäßzugangs bei Kindern. Intensivmedizin up2date 11: 257–274
Weiss M, Schmidt J, Eich C et al (2011) Handlungsempfehlung zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemwegs in der Kinderanästhesie. Anaesth Intensivmed 52: S54–S63

Internetlinks

www.ak-kinderanaesthesie.de/fachmaterial/handlungsempfehlungen.html: Hier findet man die Handlungsempfehlungen des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie (WAKKA) der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)