

F.J. Frei

T. Erb

C. Jonmarker

R. Sümpelmann

O. Werner

Kinderanästhesie

4., überarbeitete Auflage

F.J. Frei
T. Erb
C. Jonmarker
R. Sämpelmann
O. Werner

Kinderanästhesie

4., überarbeitete Auflage

Mit 180 Abbildungen

Prof. Dr. med. Franz J. Frei

PD Dr. med. Thomas Erb

Universitäts-Kinderspital
beider Basel (UKBB)
Römergasse 8
4005 Basel, Schweiz

Dr. med. Olof Werner

Pediatric Anesthesia
and Intensive Care
University Hospital
22185 Lund, Sweden

Dr. med. Christer Jonmarker

Seattle Children's Hospital
4800 Sand Point Way NE
Seattle, WA 98105-0371
USA

Prof. Dr. med. Robert Sümpelmann

Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Medizinische Hochschule Hannover
Carl-Neuberg-Str. 1
D-30625 Hannover

Ihre Meinung interessiert uns: www.springer.com/978-3-540-92971-0

ISBN-13 978-3-540-92971-0 4. Auflage 2009 Springer Medizin Verlag

ISBN 3-540-00633-8 3. Auflage 2004 Springer Medizin Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Medizin Verlag

springer.de

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 1994, 1999, 2004, 2009

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Planung: Ulrike Hartmann, Heidelberg

Projektmanagement: Gisela Schmitt, Heidelberg

Copy-Editing: Dr. Sirka Nitschmann, Werl-Westönnen

Layout und Einbandgestaltung: deblik Berlin

Cartoons: Prof. Dr. Karl Skarvan

Satz: TypoStudio Tobias Schaedla, Heidelberg

SPIN: 12325627

Vorwort zur 4. Auflage

In der 4. Auflage wurde die Grundstruktur des Buches beibehalten. Das Anliegen ist auch in der 4. Auflage dasselbe geblieben: Es soll die wesentlichen theoretischen Kenntnisse sowie konkrete praktische Arbeitsabläufe vermitteln, die für eine kompetente Betreuung von Kindern aller Alterskategorien notwendig sind. Wiederum wurde das Buch in enger Zusammenarbeit zwischen den fünf Autoren, die gemeinsam für den Inhalt verantwortlich sind, geschrieben. Sämtliche Kapitel wurden vollständig überarbeitet und auf den neuesten Stand des Wissens gebracht. Die vorhandenen Rezensionen sowie mündliche Hinweise, Kritiken und Verbesserungsvorschläge wurden gesammelt und an geeigneter Stelle in den Text integriert. Verschiedene Abbildungen wurden neu hinzugefügt, andere weggelassen.

An dieser Stelle möchten wir uns bei PD Dr. Thierry Girard für die wertvollen Hinweise und Ergänzungen zum Kapitel »Maligne Hyperthermie« sowie bei Frau Ulrike Hartmann vom Springer Verlag für die Koordination, die Geduld und das Entgegenkommen bedanken.

Basel, Hannover, Seattle, Lund im Januar 2009

Franz Frei, Thomas Erb, Christer Jonmarker, Robert Sämpelmann, Olof Werner

Inhaltsverzeichnis

1	Die Interessen des Kindes	1
2	Qualitätssicherung und zukünftige Entwicklung	10
3	Physiologie und Pathophysiologie	19
4	Anästhetika	41
5	Planung, Einleitung, Aufrechterhaltung und Beenden der Anästhesie	64
6	Anästhesie bei Neu- und Frühgeborenen	88
7	Anästhesiegeräte und Monitoring	115
8	Offenhalten der Atemwege	131
9	Vaskulärer Zugang	152
10	Perioperative Infusions- und Transfusionstherapie	169
11	Regionalanästhesie	191
12	Intraoperative Probleme	207
13	Postoperative Betreuung	221
14	Sedierung, Analgesie und Anästhesie außerhalb des Operationssaals	233
15	Infektionen und Impfungen	244
16	Maligne Hyperthermie	248
17	Erkrankungen einzelner Organe	254
18	Systemerkrankungen und andere angeborene Anomalien	282
19	Akute Notfälle	290
20	Neugeborenenreanimation	308
21	Reanimation von Säuglingen und Kindern	316
	Stichwortverzeichnis	337

Die Interessen des Kindes

- 1.1 Kompetente Betreuung – 1
- 1.2 Interessen des Kindes vertreten – 2
- 1.3 Ambulanter Eingriff als Beispiel – 5
- Literatur – 8

➤ **Eine gute anästhesiologische Betreuung von Kindern hängt nicht vom Vorhandensein eines Kinderkrankenhauses ab, sondern von situationsgerechter Planung und kompetenter Durchführung von Narkosen in der vorgegebenen Infrastruktur.**

Das Recht auf bestmögliche medizinische Behandlung ist ein fundamentales Recht jedes kranken Kindes. Die European Association for Children in Hospital (EACH) hat einige Merksätze publiziert, die in einer Charta für Kinder im Krankenhaus zusammengefasst sind (■ Tab. 1.1). Bei diesen Vorgaben handelt es sich um durchaus erstrebenswerte Ziele, um deren Umsetzung man sich bei der Betreuung von Kindern bemühen sollte.

Der Einsatz für die Belange und Interessen der Patienten ist eine der anspruchsvollsten Aufgaben für Ärzte und Pflegende. Angehende Fachärzte für Kinder- und Jugendmedizin sowie Kinderkrankenschwestern werden schon früh während ihrer Ausbildung auf den speziellen Umgang mit Kindern vorbereitet. Anästhesisten, die während der Ausbildung vorwiegend erwachsene Patienten und erst später regelmäßig Kinder betreuen, müssen

den Umgang erst lernen. Die Anforderungen sind v. a. dort besonders hoch, wo Kinder in Erwachsenenabteilungen behandelt werden.

Punkt 8 der Charta besagt, dass Kinder von Personal betreut werden sollen, das durch Ausbildung und Einfühlungsvermögen befähigt ist, auf die körperlichen, seelischen und entwicklungsbedingten Bedürfnisse von Kindern und ihren Familien einzugehen. Dieser Punkt spricht u. a. unsere fachliche Kompetenz an.

1.1 Kompetente Betreuung

➤ **In deutschsprachigen Ländern existiert keine spezifische Aus- oder Weiterbildung zum »Facharzt Kinderanästhesie« oder »Fachpflegepersonal Kinderanästhesie«.**

Kompetente Betreuung bedeutet im engeren Sinne, dass die Sicherheit des Kindes vor, während und unmittelbar nach dem Eingriff gewährleistet wird und dem Kind durch unsere invasiven Maßnahmen (die Anästhesie ist per se eine extrem invasive Tätigkeit) kein Schaden zugefügt wird. Im weite-

■ Tab. 1.1. Charta für Kinder im Krankenhaus

1.	Die Aufnahme eines Kindes ins Krankenhaus soll nur dann erfolgen, wenn eine gleichwertige Pflege nicht zu Hause oder ambulant erbracht werden kann.
2.	Kinder im Krankenhaus haben das Recht, ihre Eltern oder eine andere Bezugsperson jederzeit bei sich zu haben.
3.	Bei der Aufnahme eines Kindes ins Krankenhaus soll den Eltern die Mitaufnahme angeboten werden, Hilfe und Unterstützung dabei müssen ebenfalls vom Krankenhaus aus kommen. Den Eltern dürfen daraus keine zusätzlichen Kosten und keine Einkommenseinbußen entstehen. Um an der Pflege ihres Kindes teilnehmen zu können, müssen die Eltern über die Grundpflege sowie den Stationsalltag informiert werden, und ihre aktive Teilnahme daran soll unterstützt werden.
4.	Kinder und Eltern haben das Recht, in angemessener Art ihrem Alter und ihrem Verständnis entsprechend informiert zu werden. Es sollen Maßnahmen ergriffen werden, um körperlichen und seelischen Stress zu mildern.
5.	Kinder und Eltern haben das Recht, in alle Entscheidungen, die ihre Gesundheitsfürsorge betreffen, einbezogen zu werden. Jedes Kind soll vor unnötigen medizinischen Behandlungen und Untersuchungen geschützt werden.
6.	Kinder sollen gemeinsam mit Kindern betreut werden, die von ihrer Entwicklung her ähnliche Bedürfnisse haben. Kinder sollen nicht in Erwachsenenstationen aufgenommen werden. Es soll keine Altersbegrenzung für Besucher von Kindern im Krankenhaus geben.
7.	Kinder haben das Recht auf eine Umgebung, die ihrem Alter und ihrem Zustand entspricht und die ihnen umfangreiche Möglichkeiten zum Spielen, zur Erholung und Schulbildung gibt. Die Umgebung soll für Kinder geplant, möbliert und mit Personal ausgestattet sein, das den Bedürfnissen von Kindern entspricht.
8.	Kinder sollen von Personal betreut werden, das durch Ausbildung und Einfühlungsvermögen befähigt ist, auf die körperlichen, seelischen und entwicklungsbedingten Bedürfnisse von Kindern und ihren Familien einzugehen.
9.	Kontinuität in der Pflege der Kinder soll durch ein möglichst kleines Team sichergestellt werden.
10.	Kinder sollen mit Takt und Verständnis behandelt werden, und ihre Intimsphäre soll jederzeit respektiert werden.

ren Sinne verstanden heißt dies aber auch, dass die Interessen der Kinder gegenüber Dritten vertreten werden (► nächsten Abschnitt). Lehrbücher der Kinderanästhesie befassen sich hauptsächlich damit, Grundlagen zu vermitteln, die dazu befähigen sollen, zunächst unter Aufsicht eines Erfahrenen, später in eigener Verantwortung, Neugeborene, Säuglinge und Kinder kompetent zu betreuen. Dies ist auch Anliegen des vorliegenden Buches. Bislang gibt es weltweit keine gesetzlich vorgeschriebenen Weiterbildungskataloge für einen Titel »Kinderanästhesist«. Überlegungen zu diesem Thema wurden von verschiedenen nationalen Gesellschaften und Interessenverbänden formuliert (► Kap. 2).

Eigenverantwortung

Wesentlicher als die Diskussion, ob ein solcher Titel geschaffen werden sollte oder nicht, ist der Appell an die Eigenverantwortung.

! Jeder Anästhesist muss selbst abschätzen, ob eigene Kompetenz und vorhandene Infrastruktur ausreichen, ein bestimmtes Kind perioperativ verantwortlich zu betreuen, oder ob er damit nachlässig oder gar fahrlässig handelt.

1.2 Interessen des Kindes vertreten

Obwohl die kompetente anästhesiologische Betreuung im Mittelpunkt der Anforderungen an den Kinderanästhesisten steht, muss er gleichzeitig Aufgaben wahrnehmen, deren Bedeutung häufig unterschätzt wird. Dazu gehört die Wahrnehmung der psychologischen Bedürfnisse von Kind und Eltern (■ Abb. 1.1). Auch unsere chirurgisch und pädiatrisch tätigen Kollegen haben »ihre« Bedürfnisse: Besonders schwierig kann die Situation sein, wenn mehrere Untersuchungen und Eingriffe bei einem Kind anstehen und der verständliche



■ Abb. 1.1.

Wunsch im Raume steht, alle Interventionen während derselben Narkose durchzuführen.

Nicht zuletzt haben wir mit dem Faktor »Ressourcenknappheit« zu kämpfen. Wir können und dürfen uns nicht aus der Verantwortung stehlen, wenn die Krankenhausleitung nicht die notwendige Infrastruktur zur optimalen Betreuung vor, während und nach einem Eingriff zur Verfügung stellt. Und schließlich müssen die Bedürfnisse des Anästhesiepersonals beachtet und thematisiert werden.

Damit ist das Spannungsfeld umschrieben, in dem sich der Kinderanästhesist befindet. Eine mangelnde Wahrnehmung oder gar Ignorieren dieser Anforderung kann zu Unzufriedenheit und Stress bei Patienten, Angehörigen und Personal führen.

! Das Missachten solcher Bedürfnisse ist eine häufige Begleitursache beim Auftreten kritischer Zwischenfälle und Komplikationen.

Psychische Bedürfnisse der Kinder

Säuglinge

Der psychische Zustand und die psychologischen Bedürfnisse des Kindes sind stark altersabhängig. So können Neugeborene und kleine Säuglinge mit

einer Mahlzeit (Schoppen) einfach zufriedengestellt werden, was die Bedeutung einer angemessenen Nüchternzeit in dieser Alterskategorie aufzeigt.

Vorschulalter

Kinder jenseits des 1. Lebensjahrs sind i. Allg. verunsichert durch die fremde Umgebung und reagieren empfindlich auf die Trennung von den Eltern. Die Abläufe, die bei einem Eingriff in Narkose zum Tragen kommen, sollen demnach so gestaltet werden, dass die Eltern den Umständen entsprechend möglichst lange beim wachen Kind bleiben können.

Schulalter

Kinder im Schulalter sind in der Lage, die Abläufe und die Bedeutung einer Operation zu »verstehen«. Sie sollen deshalb angemessen informiert werden. Am meisten fürchten Kinder in diesem Alter, dass sie während der Operation aufwachen. Allerdings wird diese Angst aufgrund der mangelnden Fähigkeit, sich nicht richtig und verständlich äußern zu können, oft nicht thematisiert.

Adoleszenz

Adoleszente verstehen gut, was mit der geplanten Operation erreicht werden soll und wo die Probleme einer Anästhesie liegen, wenn sie entsprechend aufgeklärt werden. In diesem Alter entwickelt sich die Sexualität, und es besteht eine große Sorge, dass die Intimsphäre nicht angemessen respektiert wird. So gibt es z. B. keinen Grund, beim Anlegen der EKG-Elektroden den Oberkörper im Wachzustand zu entblößen. In diesem Alter besteht auch die Angst vor Verlust der körperlichen Integrität.

Taktvoller Umgang

Kinder sollen mit Takt und Verständnis behandelt werden. Obwohl es sich hier um eine Selbstverständlichkeit handelt, ist das Einhalten dieser Forderung nicht immer einfach. Weil das Kind seine eigenen Interessen nicht oder nur ungenügend vertreten kann, werden aber gerade in diesem Bereich häufig Fehler begangen. Da diese Aspekte von Kindern und Eltern nur selten thematisiert

werden, werden sie im Routinebetrieb eines Krankenhauses oft vernachlässigt.

Das Missachten der psychologischen Bedürfnisse der Kinder hat einen negativen Einfluss auf die Beziehung zwischen Arzt und Eltern, oder – positiv formuliert: Das Ernstnehmen der kindlichen Bedürfnisse ist die Grundlage für eine gute Zusammenarbeit mit den Angehörigen.

Kinderschutz und Empfehlungen zur Prävention vor Übergriffen

Viele Krankenhäuser haben Arbeitsgruppen oder andere Gremien, die sich speziell dem Thema widmen. Ihre Aufgabe ist es, jederzeit an die Möglichkeit einer Misshandlung respektive eines Übergriffs zu denken und im Verdachtsfall die notwendigen Schritte einzuleiten. Unter »Übergriff« versteht man dabei nicht nur sexuelle Handlungen, sondern auch körperliche und psychische Übergriffe, wie z. B. inadäquate Bestrafungen, wiederholte medizinische Handlungen mit ungenügender Schmerzmedikation etc. Empfehlungen, Richtlinien, Weisungen usw. können dazu beitragen, das Kind besser vor Übergriffen zu schützen.

Bedürfnisse der Eltern

Der psychische Zustand der Bezugsperson hat einen unmittelbaren Effekt auf das Befinden des Kindes.

! Der Anästhesist, der anlässlich der präoperativen Visite das Gespräch mit Angehörigen und Kind führt, baut stets – ob er will oder nicht – ein Dreiecksverhältnis mit entsprechenden Interaktionen auf.

Gelingt es, die Bedürfnisse von Kind und Eltern situationsgerecht zu befriedigen, ist die Grundlage für einen möglichst reibungslosen perioperativen Ablauf gelegt.

Bedürfnisse unserer Kollegen

Das Kind kommt wegen des Eingriffs ins Krankenhaus, nicht wegen der Anästhesie. Neben der sicheren anästhesiologischen Betreuung ist es des-

halb zweifellos von großer Bedeutung, dass die operativ oder interventionell tätigen Kollegen unter optimalen Bedingungen arbeiten können. Wir müssen auch akzeptieren, dass diese Kollegen genauso unter Zeitdruck stehen wie wir. Das Aufrechterhalten eines effizienten Operationsbetriebs stellt damit eine außerordentliche Herausforderung an alle Beteiligten dar.

Mehrfacheingriffe

Häufig wird der Wunsch geäußert, verschiedene Eingriffe in derselben Narkose durchzuführen (■ Abb. 1.2). Dieses Anliegen ist gut nachvollziehbar und im Prinzip gerechtfertigt, die Umsetzung kann jedoch an Grenzen stoßen. Dem Wunsch, eine MR-Untersuchung zusammen mit einer Augenuntersuchung und einer Lumbalpunktion durchzuführen, kann mit einigem »good will« je nach räumlichen Gegebenheiten entsprochen werden. Soll aber in derselben Narkose auch noch eine Gastroskopie und eine Zahnsanierung erfolgen, sind logistische Schwierigkeiten u. U. unüberwindbar.

! Es gilt, in Zusammenarbeit mit Kollegen anderer Disziplinen Vereinbarungen zu treffen, die die Regulierung von Mehrfacheingriffen zum Gegenstand haben.



■ Abb. 1.2.

Bedürfnisse des Anästhesisten

Unsere Dienstleistung muss kompetent angeboten werden, anderenfalls ist die Sicherheit des Patienten gefährdet. Über die dazu notwendigen Voraussetzungen müssen wir uns zuerst selbst Klarheit verschaffen. Besteht darüber in der eigenen Abteilung keine Einigkeit, können diese Voraussetzungen nicht oder nur schwer gegenüber unseren klinisch tätigen Kollegen oder unseren Geldgebern vermittelt bzw. die notwendigen Forderungen durchgesetzt werden. Zu unseren Aufgaben gehört effizientes Arbeiten; es darf aber nicht sein, dass wegen ungenügender personeller Besetzung oder übermäßigen Zeitdrucks Patienten gefährdet werden. Diese Forderungen sind zweifelsohne mit starken Emotionen besetzt. Deswegen müssen sie möglichst präzise definiert werden.

! Neben allgemein gültigen Richtlinien und Standards von Fachgesellschaften oder Behörden müssen abteilungsinterne Vereinbarungen getroffen werden – eine Aufgabe, der sich keine Anästhesieabteilung entziehen kann.

Kindergerechte Infrastruktur

Minimalanforderungen müssen garantiert werden können, damit die erforderliche Sicherheit der Patienten gewährleistet werden kann. Dazu gehört die Möglichkeit, eine präoperative Evaluation zur Abschätzung des perioperativen Risikos durchführen zu können. Nach dem Eingriff muss Personal zur Verfügung stehen, das für die Betreuung und die Überwachung der Kinder ausgebildet ist. Der Anästhesiarzt trägt auch dann eine Mitverantwortung, wenn dieses Personal organisatorisch nicht der Anästhesieabteilung unterstellt ist. Zur angepassten Infrastruktur gehört auch die Möglichkeit, einen Pädriater hinzuziehen zu können. Röntgen- und Laboruntersuchungen müssen von Personal durchgeführt werden, das im Umgang mit Kindern ausgebildet ist und das über die notwendigen Apparate und entsprechenden Techniken verfügt.

Aufgrund dieser Überlegungen muss entschieden werden, ob der geplante Eingriff im betreffenden Krankenhaus durchgeführt werden kann, oder ob das Kind in eine geeignete Klinik überwiesen werden soll.

1.3 Ambulanter Eingriff als Beispiel

➤ **Ein ambulanter kleinchirurgischer Eingriff sollte sich idealerweise ins normale Tagesprogramm eines Kindes einbauen lassen.**

Ambulant durchgeführte Eingriffe erfüllen Punkt 1 der Charta (■ Tab. 1.1) bestens. Vieles spricht bei Kindern für einen ambulanten Ablauf: Die verkürzte Trennung von der vertrauten Umgebung oder den Eltern vermindert Angst und konsekutive Verhaltensstörungen. Das Risiko einer im Krankenhaus akquirierten Infektionskrankheit ist reduziert. In einer Kinderklinik mit einem »normalen« Krankengut können 40–60% der Operationen ambulant durchgeführt werden.

Organisation

Ambulante Eingriffe sollten, wenn möglich, in separaten Räumlichkeiten durchgeführt werden. Erfahrungsgemäß ist der Ablauf eines stationären Programms mit großer zeitlicher Unsicherheit behaftet, sodass lange Wartezeiten den geordneten Ablauf von ambulant zu versorgenden Patienten gefährden können (■ Tab. 1.2).

Kriterien für die Durchführung von ambulanten Eingriffen

Verschiedene Voraussetzungen sollten erfüllt sein, damit ein Kind ambulant operiert und anästhesiert werden kann:

Operationsdauer

Die Operationsdauer sollte in der Regel nicht mehr als 2–3 h betragen.

Tab. 1.2. Organisation ambulant durchgeführter Eingriffe: zu beantwortende Fragen

Vorbereitungen

Wer stellt wann die Indikation zur Operation?
 Welche Operationen in welchen Alterskategorien können in Anbetracht der bestehenden Infrastrukturen sicher durchgeführt werden?
 Wann findet der Vorbesuch statt, d. h. wann kann der Anästhesist das Kind zum ersten Mal sehen?
 Sollen Laboruntersuchungen durchgeführt werden, wenn ja, welche?
 Wie werden Kinder bzw. Eltern über den Ablauf am Operationstag informiert? Wird eine schriftliche Information abgegeben?
 Wie erfahren die Eltern, wann sie mit dem Kind am Operationstag eintreten können?

Operationstag

Wo halten sich die Eltern mit dem Kind vor bzw. nach dem Eingriff auf?
 Wie lauten die Entlassungskriterien?
 Von wem und wie werden die Eltern über potenzielle postoperativ auftretende Probleme informiert?
 Wen können die Eltern anrufen, wenn Schwierigkeiten zu Hause auftreten?

Risikoklasse

Schwerkranke instabile Patienten sollten nicht ambulant operiert werden. Chronisch Kranke, die in die Risikoklasse ASA II oder sogar III eingeteilt werden, können durchaus ambulant betreut werden (z. B. zahnärztliche Behandlung bei einem Kind mit zerebraler Bewegungsstörung, Knochenmarkentnahme bei Malignompatienten).

Art des Eingriffs

In der Regel handelt es sich um kleine Eingriffe, d. h. es werden keine Körperhöhlen (Thorax, Abdomen) eröffnet. Als Beispiele seien erwähnt: Inguinalherniotomie, Zirkumzision bei Phimose, Otoskopie mit Einlegen von Röhrchen, diagnostische Eingriffe wie Zystoskopie, Gastroskopie oder Bronchoskopie. Unterschiedliche Vorgehensweisen bestehen bei gewissen Hals-Nasen-Ohren-Eingriffen: Nach Tonsillektomien werden Kinder vielerorts für einen bis mehrere Tage stationär aufgenommen, anderenorts ambulant behandelt.

Alter

Unterschiedlich gehandhabt wird auch die Altersbegrenzung nach unten: Es gibt Krankenhäuser, die Säuglinge bis zum 6. Lebensmonat nicht ambulant operieren. Diese Altersgrenze variiert zwischen den Krankenhäusern: auch eine Verzicht auf ambulante Operationen bei Kindern jünger als 3 Monate oder 4 Wochen sind üblich. Grund dafür ist das Problem des plötzlichen Kindstodes; Eltern könnten aus naheliegenden Gründen einen kausalen Zusammenhang zwischen der Anästhesie und dem Eintreten eines solchen Ereignisses herstellen. Es existieren allerdings keine Daten, die eine erhöhte Inzidenz des plötzlichen Kindstodes nach einer Allgemeinanästhesie vermuten lassen.

Ehemalige Frühgeborene sollten grundsätzlich nicht ambulant operiert werden (► Kap. 6).

Postoperative Betreuung

Die Pflege durch die Eltern muss nach der Operation gewährleistet sein: Dies hängt nicht nur von sozialen Umständen ab, sondern auch von der Verständigung. Die Entfernung Wohnort–Krankenhaus darf nicht zu groß sein, um bei Problemen innerhalb einer angemessenen Zeit das Krankenhaus wieder erreichen zu können.

Präoperatives Gespräch

Der Anästhesiearzt sollte nicht darauf verzichten, vor einem Eingriff mit dem Kind und seinen Angehörigen zu sprechen. Das Erheben der Anamnese und die Durchführung einer Kurzuntersuchung unmittelbar vor der Einleitung der Anästhesie sind abzulehnen. Es ist schwer vorstellbar, dass beunruhigte Eltern zu diesem Zeitpunkt dem ihnen unbekannten, vielleicht teilweise verummten Anästhesiearzt das notwendige Vertrauen entgegenbringen können. Zudem setzt sich der Anästhesist selbst einem unnötigen Druck aus: Lehnt er die Durchführung der Anästhesie zu diesem Zeitpunkt – aus welchen Gründen auch immer – ab, so ist dies gegenüber den Eltern und dem Chirurgen meist schwer zu vertreten (insbesondere, wenn das Kind bereits eine Prämedikation erhalten hat) und löst Unzufriedenheit bei allen Beteiligten aus.

In vielen Fällen wird ein Gespräch am gleichen Tag des Krankenhauseintritts möglich sein. Der Vorbesuch kann aber auch anlässlich des Gesprächs zwischen Kind, Eltern und Chirurg stattfinden. Dabei spielt es u. E. keine wesentliche Rolle, ob das Gespräch 1, 3 oder 14 Tage vor dem geplanten Operationstermin durchgeführt wird.

Wurde das Kind einige Tage vor dem geplanten Eingriff als gesund beurteilt und hat sich in der Zwischenzeit ein Infekt entwickelt, so bitten wir die Eltern, dies frühzeitig telefonisch mitzuteilen. Die Entscheidung, ob das Kind überhaupt ins Krankenhaus eintreten soll, kann häufig aufgrund dieses Gespräches getroffen werden.

Das Einhalten der Nüchternzeiten kann sich wegen Verständigungsproblemen oder wegen Mangel an Zuverlässigkeit als Problem entpuppen. Diesem Umstand soll mit Konsequenz, aber auch mit Phantasie Rechnung getragen werden: Kurzfassende Texte in verschiedenen Sprachen mit Zeichnungen, die das Wesentliche festhalten, tragen zur Verständigung bei.

Der Zeitpunkt des Eintritts in das Krankenhaus sollte so gewählt werden, dass die Wartezeit möglichst kurz gehalten werden kann. Die Eltern können sich beispielsweise am Vorabend des geplanten Eingriffs telefonisch erkundigen, wann sie mit dem Kind erscheinen sollen und bis wann es trinken oder essen darf.

Während des Gesprächs mit Kind und Eltern soll der Anästhesist darüber informieren, dass ein Elternteil bei der Anästhesieeinleitung anwesend sein kann. Eventuell kann der Anästhesiearzt im Vorgespräch nicht verbindlich sagen, ob er selbst die Anästhesie durchführt. Darauf sollte unbedingt hingewiesen werden, um Eltern und Kind nicht zu enttäuschen, wenn zur Anästhesie nur fremde Gesichter auftauchen.

Die geschätzte Operationsdauer, die Zeitdauer nach dem Eingriff, bis das Kind wieder nach Hause entlassen werden kann, die Organisation der Rückreise sowie allfällige Probleme, die postoperativ auftreten können, sind weitere Themen, die während des Vorbereitungsgesprächs diskutiert werden. Da im Klinikalltag häufig unvorhergesehene Änderungen eintreten, muss auch darüber informiert werden.

Prämedikation

Damit eine Entlassung nach dem Eingriff bald möglich ist, sollte auf lang wirksame Medikamente für die Prämedikation verzichtet werden. Es können dieselben Sedativa wie in Kap. 5 beschrieben verwendet werden. Vor allem bei Kindern im Schulalter ist der Verzicht einer Prämedikation durchaus gerechtfertigt. Bei kleineren Kindern verwenden wir am häufigsten die rektale oder orale Prämedikation mit Midazolam.

Ist eine intravenöse Einleitung geplant, kann dem Kind ein Pflaster mit lokalanästhesiehaltiger Salbe am Ort der Punktion aufgetragen werden. Da diese Salbe mindestens 60 min braucht, um ihre volle Wirkung zu entfalten, muss das Kind mindestens 1,5–2 h vor Anästhesieeinleitung ins Krankenhaus kommen, es sei denn, das Pflaster wird zu Hause von den Eltern aufgetragen.

Anästhesie

Die Prinzipien der anästhesiologischen Betreuung sind dieselben wie bei hospitalisierten Patienten. Eine tracheale Intubation stellt keine Kontraindikation für einen ambulanten Eingriff dar. Bei kleinen Eingriffen von kurzer Dauer ist aber meistens eine Anästhesie mit Maske oder Larynxmaske vorzuziehen (► Kap. 8). Für ambulante Eingriffe sollen kurz wirksame Medikamente eingesetzt werden.

Bei einer großen Zahl der ambulanten Patienten kann zur postoperativen Schmerztherapie sofort nach der Anästhesieeinleitung eine regionale Anästhesie durchgeführt werden. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um eine Kaudalblockade, eine Penisblockade, um die Blockade des N. iliohypogastricus und ilioinguinalis oder einfach um eine Infiltrationsanästhesie. Andere Leitungsblockaden, wie die Axillarisblockade oder die Femoralisblockade, können ebenfalls angewendet werden und stellen keine Kontraindikation für die ambulante Betreuung dar. Rückenmarknahe Anästhesien können, bei entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen und Information der Eltern, ebenfalls ambulant durchgeführt werden (zu den einzelnen Techniken ► Kap. 11).

Postoperative Betreuung

Es gelten die Maßnahmen, die in Kap. 13 beschrieben sind. Die Betreuung erfolgt bis zur Stabilisierung der vitalen Funktionen in einem Aufwachraum, in dem die Eltern anwesend sein dürfen, und anschließend idealerweise in Räumen, in denen das Kind spielen und sich erholen kann. Die Entlassung aus dem Krankenhaus erfolgt je nach Verlauf 1–4 h nach Ende des operativen Eingriffs.

Analgesie

Es sollte sichergestellt sein, dass den Eltern zuhause analgetisch wirksame Suppositorien, Flüssigkeiten (Saft, Tropfen) oder Tabletten zur Verfügung stehen.

Verschiedene Ursachen sind verantwortlich für das postoperative Erbrechen (► Kap. 13). Bei ambulanten Patienten ist die frühzeitige Mobilisation eine weitere Ursache. Vielerorts werden aus diesem Grund beispielsweise Kinder, die eine Strabismusoperation haben, während der ersten Nacht im Krankenhaus behalten.

Perorale Flüssigkeitszufuhr

Nehmen Kinder vor dem Transport viel Flüssigkeit oder Nahrung zu sich, scheint die Inzidenz des Erbrechens höher zu sein. Deshalb soll man mit der peroralen Flüssigkeitszufuhr vor der Entlassung zurückhaltend sein.

Nachblutung

Bevor der Patient das Krankenhaus verlässt, muss der Chirurg die Wundverhältnisse kontrolliert haben. Kleine Blutungen können große Sorge hervorrufen und einen Wiedereintritt verursachen.

Miktion

Kinder, die eine Zirkumzision oder einen anderen Eingriff am Penis hatten, werden im Krankenhaus behalten, bis sie einmal uriniert haben. Bei allen anderen Eingriffen dürfen die Kinder auch dann nach Hause, wenn sie noch kein Wasser gelassen haben.

Transport nach Hause

Ist das Kind wach, sind Kreislauf und Atmung stabil und hat es entweder gar nicht oder nur vereinzelt erbrochen, kann das Kind nach Hause entlassen werden. Erfolgt der Transport nach Hause mit dem Auto, sollte außer dem Fahrer eine zusätzliche Person anwesend sein, die das Kind betreuen kann.

Komplikationen

Wiedereintritte aufgrund von Komplikationen sind selten: Eine Inzidenz von 0,1–5% ist beschrieben. Unsere eigenen Zahlen liegen unter 1%. Die häufigsten Gründe für Wiederaufnahmen sind rezidivierendes Erbrechen, Fieber und chirurgische Komplikationen (Blutungen). Die Möglichkeit der telefonischen Nachfrage durch die Eltern muss in allen Fällen gegeben sein.

Literatur

- Brennan LJ (1999) Modern day-case anaesthesia for children. *Brit J Anaesth* 83: 91–103
- Charta für Kinder im Krankenhaus. <http://www.akik-bundesverband.de/charta.html>
- Fisher QA, McComiskey CM, Hill JL et al. (1993) Postoperative voiding interval and duration of analgesia following peripheral or caudal nerve blocks in children. *Anesth Analg* 75: 173–177
- Frei F, Dangel P, Gemperle G et al. (1993) In welchen Spitälern sollen Säuglinge und Kleinkinder operiert werden? *Schweizerische Aerztezeitung* 74: 140–144
- Hackmann T, Steward DJ, Sheps SB (1991) Anemia in pediatric day-surgery patients: prevalence and detection. *Anesthesiology* 75: 27–31
- Kain ZN, Mayes LC, Caldwell-Andrews AA et al. (2002) Sleeping characteristics of children undergoing outpatient elective surgery. *Anesthesiology* 97: 1093–1101
- Kotiniemi LH, Ryhanen PT, Moilanen IK (1997) Behavioural changes in children following day-case surgery: a 4-week follow-up of 551 children. *Anaesthesia* 52: 970–976
- Kotiniemi LH, Ryhanen PT, Valanne J et al. (1997) Postoperative symptoms at home following day-case surgery in children: a multicentre survey of 551 children. *Anaesthesia* 52: 963–969
- Madadaki C, Laffon M, Lesage V et al. (2002) Postoperative comfort in pediatric outpatient tonsillectomy. *Ann Fr Anesth Reanim* 21: 767–774
- Mantzke US, Brambrink AM (2002) Paracetamol im Kindesalter: Aktueller Wissensstand und Hinweise für einen ratio-

- nen Einsatz zur postoperativen Analgesie. *Anaesthesist* 51: 735–746
- Mehler J (2006) Schmerztherapie bei ambulanten Operationen im Kindesalter. *Schmerz* 20: 10–16
- Moore EW, Pollard BJ, Elliott RE (2002) Anaesthetic agents in paediatric day case surgery: do they affect outcome? *Eur J Anaesthesiol* 19: 9–17
- Richtlinien Kinderanästhesie der Schweizerischen Gesellschaft für Kinderanästhesie. <http://www.sgar-ssar.ch/sgka/sgka.htm>
- Schreiner M, Nicolson S, Martin T et al. (1992) Should children drink before discharge from day surgery. *Anesthesiology* 76: 528–533
- Von Ungern-Sternberg BS, Habre W (2007) Pediatric anaesthesia – potential risks and their assessment: part I. *Paediatr Anaesth* 17: 206–215
- Von Ungern-Sternberg BS, Habre W (2007) Pediatric anaesthesia – potential risks and their assessment: part II. *Paediatr Anaesth* 17: 311–320

Qualitätssicherung und zukünftige Entwicklung

- 2.1 Qualitätssicherung – 10
- 2.2 Ausbildung in pädiatrischer Anästhesie – 16
- 2.3 Forschung in pädiatrischer Anästhesie – 17
- Literatur – 18

Auch Kinderanästhesieabteilungen werden zunehmend an der Qualität der erbrachten Arbeit gemessen. Neben gesetzgeberischen Aspekten, die die Einrichtung der Qualitätssicherung zwingend vorschreiben, hat die praktische Qualitätssicherung in den letzten Jahren auch in der anästhesiologischen Arbeit einen wachsenden Stellenwert eingenommen. Standards und Richtlinien für die anästhesiologische Versorgung, aber auch Erkenntnisse für notwendige Weiterentwicklungen (z. B. Ausbildung von Kinderanästhesisten, Forschungsschwerpunkte) sind Ergebnisse, die aus der praktischen Qualitätssicherung resultieren können. Auf einige für uns wesentliche Aspekte wird im Folgenden eingegangen.

2.1 Qualitätssicherung

- Obwohl der Begriff »Qualitätssicherung« mittlerweile ein Schlagwort ist, muss sich jeder Anästhesist und jede Anästhesieabteilung systematisch damit auseinandersetzen.

Qualität kann definiert werden als »die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eig-

nung festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen«. Der Erfolg eines Prozesses ist dabei in Abhängigkeit von einer formulierten Zielvorgabe zu sehen, wobei sich das Ausmaß an erreichter Qualität anhand der Erfüllung dieser zuvor festgelegten Kriterien beurteilen lässt. Dies bedingt die Formulierung von Standards, die die Interessen des Patienten und den aktuellen Kenntnisstand der Medizin berücksichtigen sollten. Standards werden von verschiedensten Fachgremien, Gesellschaften, Interessenvereinigungen etc. ausgearbeitet, diese sollen hier nicht diskutiert werden. Vielmehr geht es in der vorliegenden Diskussion um die Qualitätssicherung auf dem Niveau einer Anästhesieabteilung.

- ❗ **Die Erarbeitung von abteilungsinternen Standards ist nur auf der Grundlage der Konsensfindung möglich. Diese Tätigkeit hat per se bereits einen qualitätsfördernden Effekt.**

Als Beispiele für solche Standards sind die minimalen Sicherheitsvorschriften (■ Tab. 2.1), die Checkliste (■ Abb. 2.1) und die Empfehlungen zur Prävention von Eingriffsverwechslungen (■ Abb. 2.2) aufgeführt, die am Universitäts-Kinderspital beider Basel (UKBB) Gültigkeit haben (■ Abb. 2.3).

Tab. 2.1. Minimale Sicherheitsvorschriften Anästhesie am Universitäts-Kinderspital beider Basel (UKBB). Beispiel von abteilungsinternen Vorschriften, wie sie am UKBB Gültigkeit haben. Diese Vorschriften nehmen auf die Tatsache Rücksicht, dass das Anästhesiepflegepersonal in Anwesenheit des für die Anästhesieführung verantwortlichen Anästhesiarztes die Einleitung und Ausleitung einer Allgemeinanästhesie gemäß dessen Vorgabe oder einer bestehenden Weisung vornehmen kann. Dieser kann dem Anästhesiepflegepersonal die Überwachung des Patienten während der Anästhesie anvertrauen.

Allgemeines

Diese Vorschriften gelten für die Bereiche, in denen Mitglieder der Anästhesieabteilung des UKBB Patienten anästhesiologisch betreuen.

Definition Anästhesiepersonal	1. <i>Anästhesiefachperson:</i> Schwester, Pfleger oder Arzt in Weiterbildung bzw. Ausbildung Anästhesie oder mit abgeschlossener Ausbildung Anästhesie.
	2. <i>Anästhesiefachperson mit abgeschlossener Ausbildung:</i> Schwester, Pfleger oder Arzt.
	3. <i>AFAEK:</i> Anästhesiefachperson mit abgeschlossener Ausbildung und Erfahrung in Kinderanästhesie.

Ursachen für ein Nichteinhalten der Vorschriften (ein temporärer Mangel an Personal oder Material ist kein Grund) müssen auf dem Anästhesieprotokoll vermerkt werden. Arzt und Pflegeperson sind gemeinsam für das Einhalten dieser Vorschriften verantwortlich. Vor jeder Anästhesie muss die Checkliste durchgegangen werden.

Personelles/Kenntnisse

1.	Der diensthabende bzw. der verantwortliche Oberarzt muss über jede Anästhesie informiert werden.
2.	Werden Anästhesien an entlegenen Orten durchgeführt, muss sich zusätzlich zur Anästhesiefachperson, die die Anästhesie durchführt, zu jedem Zeitpunkt eine Person (jemand, der die deutsche Sprache versteht) in Rufnähe befinden. Damit kann gewährleistet werden, dass einfache Hilfeleistungen erbracht werden können oder dass eine zweite Anästhesiefachperson telefonisch zur Hilfe angefordert werden kann. Diese muss über eine Personensuchanlage erreichbar sein und innerhalb von maximal 2 min am Untersuchungsort eintreffen.
3.	Für die Einleitungsphase einer Anästhesie muss eine AFAEK anwesend sein. Sie muss durch eine zweite Anästhesiefachperson unterstützt werden. Bei instabilen Patienten oder solchen mit schwierigen Luftwegen darf die Einleitung nur in Anwesenheit des Oberarztes erfolgen.
4.	Vor jeder Anästhesie muss ein Briefing zwischen den beteiligten Personen stattfinden.
5.	Während der Ausleitungsphase muss neben einer Anästhesiefachperson eine zweite Person (z. B. Operateur oder Operationsschwester) anwesend sein. Eine zusätzliche Anästhesiefachperson muss sich in Rufnähe befinden. Eine der beiden Anästhesiefachpersonen muss eine AFAEK sein.
6.	Für Eingriffe in den Operationssälen muss immer eine AFAEK in den Operationsräumlichkeiten anwesend sein. Eine zweite Anästhesiefachperson muss sich ebenfalls in der grünen Zone befinden.
7.	Jede Anästhesiefachperson kennt die Suchnummer des diensthabenden Oberarztes, den Standort des Krikothyreotomiesets, des Defibrillators und des transportablen Sauerstoffs mit Beatmungsbeutel auswendig.
8.	Notfalleingriffe außerhalb der normalen Dienstzeiten können von einem Assistenzarzt in delegierter Verantwortung zusammen mit der diensthabenden Anästhesiepflegeperson in Abwesenheit des Oberarztes durchgeführt werden, wenn das Kind älter als 6 Jahre ist und der Assistenzarzt vom Personal der Anästhesieabteilung als qualifiziert beurteilt wurde.
9.	Bei Verwendung von Triggersubstanzen (Succinylcholin oder Inhalationsanästhetika) sowie großen und/oder langdauernden Eingriffen muss die Temperatur gemessen werden.

Medikamente, Volumina, Zugänge

1.	Die benötigten Medikamente werden vor Beginn der Anästhesie aufgezogen.
2.	Jede Spritze ist korrekt etikettiert (Inhalt).
3.	Jede Infusion mit Zusätzen (Medikamente, Elektrolyte) muss gut lesbar beschriftet sein (inklusive Datum und Unterschrift).
4.	Jedes Erythrozytenkonzentrat wird separat zu zweit anhand von Blutgruppenausweis und Patientenunterlagen kontrolliert.
5.	Die kontinuierliche Zufuhr intravenöser Anästhetika muss über einen Perfusor erfolgen, eine Rücklaufsperrung ist anzubringen.

Checkliste Anästhesie

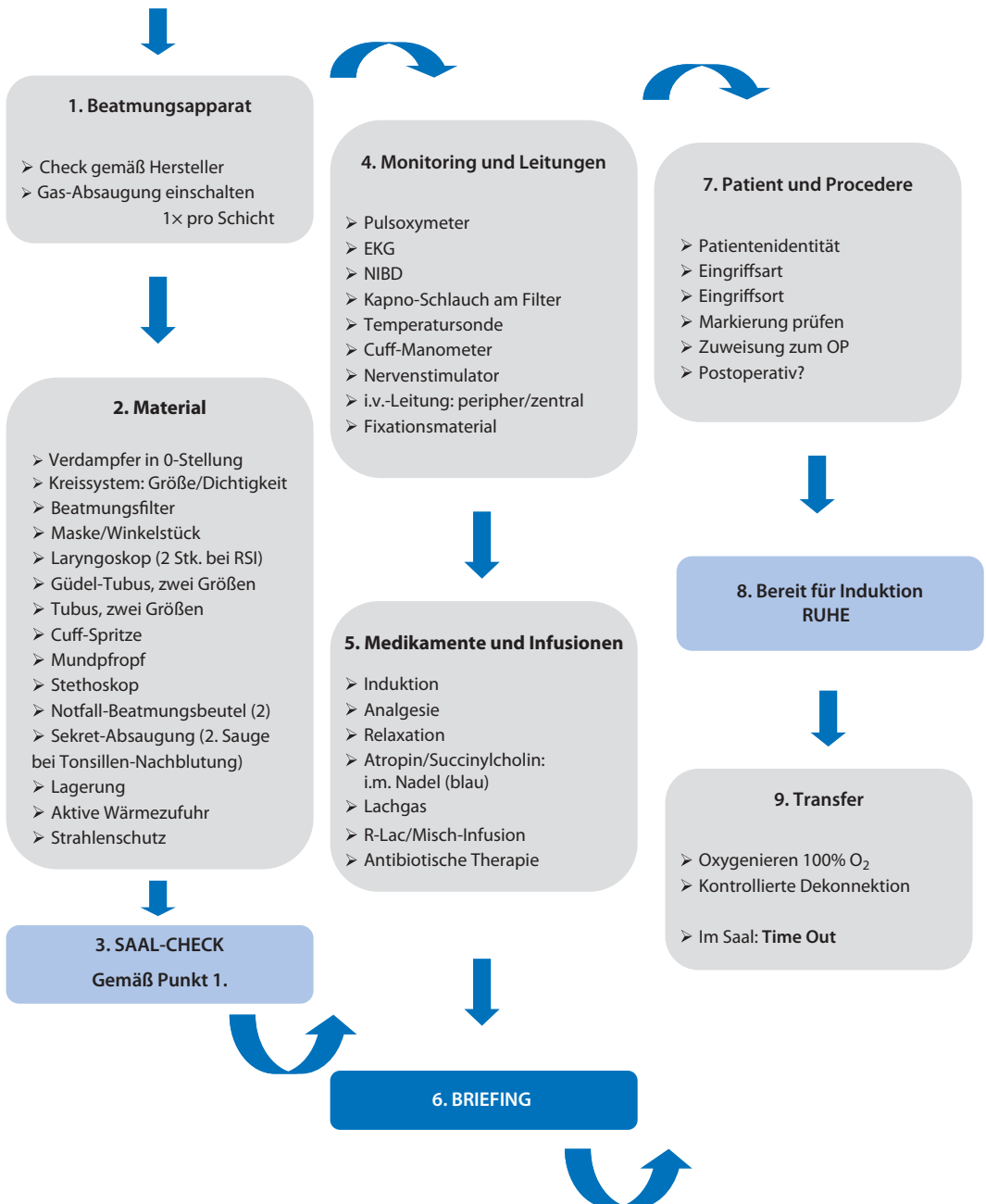


Abb. 2.1. Checkliste Anästhesie

Empfehlungen zur Prävention von Eingriffsverwechslungen

1	2	3	4
Identifikation Patient - Operateur, aufklärender Arzt, voll informierter Arzt - Aufklärungsgespräch vor oder nach Aufnahme	Markierung Eingriffsort - Operateur, aufklärender Arzt, voll informierter Arzt - außerhalb des OPs - bei wachem Patienten	Zuweisung zum richtigen OP-Saal - definierte, verantwortliche Person - unmittelbar vor Anästhesie-einleitung und vor Eintritt in den Saal	Team-Time-Out vor Schnitt - OP-Team - initiiert durch definierte, verantwortliche Person - unmittelbar vor Schnitt
wer?	wer?	wer?	wer?
wann?	wann?	wann?	wann?
was? ■ Richtiger Patient - Namen und Geburtsdatum sagen lassen und prüfen ■ Eingriffsort - im Gespräch mit dem Patienten bestätigen ■ Eingriffsort - aktiv fragen und zeigen lassen - Angehörige einbeziehen (vor allem bei Kindern und nicht urteilsfähigen Patienten) ■ Abgleich mit Akten und Bildern	was? ■ Abgleich mit Akten - richtiger Patient - Eingriffsort ■ Patienten aktiv einbeziehen - Eingriffsort zeigen lassen - Angehörige einbeziehen ■ Markierung - nur Eingriffsort - eindeutige Zeichen (Pfeil, Initialen) - nicht abwischbarer Stift - mehrere Eingriffsorte: alle markieren	was? ■ Patientenidentität - Namen und Geburtsdatum prüfen ■ Eingriffsort - prüfen und bestätigen ■ Eingriffsort - prüfen und bestätigen ■ Markierung prüfen - mit Aktenabgleich - wenn möglich ■ Saalcheck - Zuweisung zum OP-Saal überprüfen	was? ■ Letztes Innehalten - letzte Richtigeitsprüfung ■ Mittels Minicheckliste - richtiger Patient - (Namen und Geburtsdatum) - Eingriffsort - Eingriffsort (Markierung) - Bilder (die richtigen, alle erforderlichen, richtig aufgehängt) - richtige Implantate verfügbar ■ Alle Punkte aktiv bestätigen ■ Durchführung des Team-Time-Out dokumentieren

! Jede Unstimmigkeit sofort klären

Jede Unstimmigkeit sofort klären

Ohne Markierung keine Anästhesie

STOP
Bei Unstimmigkeiten kein Schnitt

Abb. 2.2. Empfehlungen zur Prävention von Eingriffsverwechslungen



■ **Abb. 2.3.** Um einen geordneten Betrieb garantieren zu können, sind minimale Sicherheitsstandards für jede Anästhesieabteilung erforderlich

Dimensionen des Qualitätsbegriffes

Auch bei sozialen Dienstleistungen definieren die Anforderungen des Kunden, seine Erwartungen, seine Zufriedenheit und Unzufriedenheit das, was als Qualität anzusehen ist. Kunden sind in diesem Zusammenhang Patienten, operative Abteilungen und Stationen, Rettungsdienst, Mitarbeiter und Krankenhausleitung. Der Qualitätsbegriff ist mehrdimensional, wobei normalerweise 3 Dimensionen betrachtet werden:

- die »Strukturqualität« (Input-Betrachtung),
- die »Prozessqualität« (Throughput-Betrachtung) und
- die »Ergebnisqualität« (Output-Betrachtung).

Elemente der 3 Qualitäten, die in der Anästhesie von Bedeutung sein können, sind ■ Tab. 2.2 beispielhaft zusammengetragen.

Welche Elemente für eine bestimmte Abteilung von besonderer Bedeutung sind, muss in einem steten Prozess hinterfragt und neu festgelegt

■ **Tab. 2.2.** Beispiele für Elemente der Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität in der Anästhesie

Struktur	Prozess	Ergebnis
Klinikinterne Infrastruktur	Indikationsstellung	Outcome
Organisationsform	Diagnose	Perioperative Mortalität
Ausbildung und Qualifikation der Mitarbeiter	Anästhesieverfahren	Beeinflussung von Vitalparametern
Führungsstrukturen	Monitoring	Schmerzreduktion
Kommunikationsstruktur	Patientenübergabe	Lebensqualität
Handlungsanweisungen	Informationsübermittlung	Behandlungskosten
Dokumentationssystem	Schulung von Mitarbeitern	
Fehleranalysesystem	Supervision	

werden. Dabei hat sich beispielsweise im Bereich der Anästhesie für ambulante Operationen gezeigt, dass die Prioritäten aus Sicht der Patienten (adäquate Kommunikation und Informationsvermittlung) nicht a priori mit von Anästhesisten erwarteten Prioritäten (freundlicher, sicherer und speditiver Ablauf) übereinstimmen müssen.

Ergebnisse der Qualitätssicherung müssen publik gemacht werden. Die Qualitätsberichterstattung ist deshalb ein wesentliches Element in der Qualitätssicherung. Dabei ist es schließlich das Ziel, das Vertrauen von Patienten, Angehörigen (Eltern), aber auch von allen Disziplinen mit Schnittstellen zur Anästhesie zu gewinnen.

Meldung und Analyse von kritischen Zwischenfällen (»Incident Reporting«)

➤ **Die Meldung von kritischen Zwischenfällen ist ein Instrument zur Fehleranalyse. Sie kann in der Anästhesie eingesetzt werden, um Schwachstellen im System und in den Prozessen aufzudecken, Komplikationen zu vermeiden und Verbesserungsmaßnahmen in die Wege zu leiten.**

Mit der Reduktion der anästhesiebedingten Mortalität ist auch der gesellschaftliche Anspruch auf risikoarme Abläufe in der Anästhesieroutine gewachsen. Große Ressourcen sind folglich in technische Neuerungen der Anästhesieführung und -überwachung investiert worden. Zugleich ist bekannt, dass dem Faktor Mensch auch in der Anästhesie in der Kette der Unfallentstehung eine übertragende Bedeutung zukommt. Traditionell wurde früher bei der Untersuchung von eingetretenen Komplikationen auf Komplikationskonferenzen großes Gewicht gelegt.

Auch aus anderen Bereichen, wie beispielsweise der Luftfahrt, ist bekannt, dass manifeste Unfälle lediglich die »Spitze des Eisbergs« einer viel größeren Anzahl von Zwischenfällen darstellt. Folglich bieten kritische Zwischenfälle eine viel breitere Datenbasis zur Erarbeitung von Präventionsstrategien zur Unfallvermeidung. Was wird als kritischer Zwischenfall kategorisiert? Die Grenzen sind nicht scharf; unsere abteilungsinterne

Definition von kritischen Zwischenfällen ist sehr umfassend und gewährt einigen Spielraum zur Interpretation:

! **»Jedes ungewollte Ereignis, das ohne Intervention zu einem unerwünschten Ausgang, d. h. einer physischen oder psychischen Beeinträchtigung eines Patienten hätte führen können oder trotz Intervention dazu geführt hat.«**

Die aufgetretenen kritischen Zwischenfälle müssen also nicht mit einem negativen Ausgang gekoppelt sein. Der Ursprung kann im Faktor Mensch, im System, den Umgebungsfaktoren oder dem komplexen Zusammenspiel dieser Faktoren liegen.

Rahmenbedingungen

Damit ein Meldesystem »kritische Zwischenfälle« erfolgreich angewendet werden kann, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein.

— *Vertrauen:*

Dem Aufbau einer Fehlerkultur kommt übertragende Bedeutung zu. Erst bei Vorherrschen einer Atmosphäre, die frei von Schuldzuweisungen und Sanktionen ist, kann werteneutral über kritische Zwischenfälle diskutiert werden. Die Schwierigkeiten, eine Fehlerkultur im medizinischen Umfeld und insbesondere unter Ärzten aufzubauen, können beträchtlich sein; immerhin bedeutet es die praktische Auseinandersetzung gegen die »Null-Fehler-Vorstellung« in der Medizin.

— *Anonymität:*

In der Aufbauphase eines Meldesystems muss das Problem der Anonymität mit den Beteiligten diskutiert werden. Die Anonymität von Berichterstattern eines EDV-gestützten Meldesystems kann mit hoher Sicherheit gewährleistet werden, falls die kritischen Zwischenfälle nicht zu einem Schaden geführt haben und das System eine große Verbreitung hat (z. B. nationale Systeme auf Internet-Basis). Werden hingegen Meldeformulare in einer kleinen Abteilung ausgefüllt, ist das Zusichern der Anonymität eine Illusion und zudem der Sache auch nicht dienlich, da häufig gezielte Fragen gestellt werden müssen, um Fehlern im System

auf die Spur zu kommen. Diese Fragen kann nur der Berichtersteller beantworten.

– *Freiwilligkeit:*

In Anbetracht der oben angeführten Definition ist es gar nicht möglich, alle kritischen Zwischenfälle zu melden; die Auswahl wird von den Mitarbeitern entsprechend ihren eigenen Prioritäten getroffen (Eigenverantwortung). Niemand darf gezwungen werden, Zwischenfälle zu berichten. Dies würde dem Aufbau einer Fehlerkultur widersprechen.

– *Motivation:*

Berichtersteller erkennen den Wert ihrer Berichte, wenn ersichtlich wird, dass dadurch das System sicherer wird. Dieser Nachweis muss anhand von durchgearbeiteten Beispielfällen regelmäßig erbracht werden.

– *Einfachheit:*

Die Berichterstattung muss auf einfache Weise möglich sein. Länge, Anzahl und Struktur der Fragen müssen auf die potenziellen Benutzer ausgerichtet sein.

– *Umgang mit Schnittstellen:*

Kritische Zwischenfälle treten wegen schlecht definierter Abläufe und mangelhafter Kenntnisse »der anderen Seite« häufig an Schnittstellen von Abteilungen auf. Mitarbeiter sollen ermuntert werden, solche Zwischenfälle ebenfalls zu melden, damit die Qualität der Versorgung nicht nur innerhalb der Abteilungen, sondern auch zwischen den Abteilungen gesichert und gefördert werden kann.

Mögliche Vorteile

Mit dieser Methodik der Fehleranalyse lassen sich, gemessen an der Anzahl tatsächlich aufgetretener Unfälle, deutlich mehr Beobachtungen analysieren. Da kritische Zwischenfälle und Unfälle die gleichen Wurzeln haben, lassen sich damit die gleichen Ursachen für Systemmängel finden. Ein Zwischenfall ist im günstigen Fall durch eine Bewältigungsstrategie nicht zu einem Unfall exazerbiert. Wenn diese Situationen analytisch ausgewertet werden, können systematische Kenntnisse gewonnen werden, wie derartige Situationen optimal bewältigt werden können. Da sich kein Schadensfall ereignet hat, kann dieses Ereignis ohne Ansehens-

verlust potenziell einen Beitrag dazu leisten, künftige kritische Situationen zu vermeiden.

Die Methodik der Meldung von kritischen Zwischenfällen hat in der Anästhesie mittlerweile vielerorts Einzug gehalten. Neben abteilungsinternen Systemen stehen inzwischen auch überregionale Programme zur Meldung von kritischen Anästhesiez Zwischenfällen zur Verfügung, für die der Zugang anonym über das Internet besteht (CH: <http://www.cirrnnet.ch/>; D: <https://www.d-i-p-s.de/pasis/indexSSL.html>).

2.2 Ausbildung in pädiatrischer Anästhesie

➤ Untersuchungen belegen, dass die Struktur der Kliniken und die Ausbildung der betreuenden Ärzte Einfluss auf das anästhesiologische Risiko bei Kindern haben.

Als Determinanten für das Ergebnis (Outcome) von Anästhesien bei Kindern wurden Anzahl der Anästhesien in einer bestimmten Altersgruppe, insbesondere bei Neugeborenen und Säuglingen, und Spektrum der behandelten Fälle, z. B. bei Kindern mit kongenitalen Herzerkrankungen, identifiziert. Bei einer Konzentration auf spezialisierte Kinderzentren mit ihrer inhärenten Kumulation von Fachexpertise und Leistungsangeboten (z. B. Intensivstationen) entsteht jedoch der Nachteil, dass u. U. Verlegungen über beträchtliche Distanzen nötig sind. Weil zudem die Qualität der Notfallversorgung in der Peripherie durch allzu ausgeprägte Zentralisierung wahrscheinlich abnimmt, muss jede Region entsprechend den geographischen Gegebenheiten einen optimalen Weg finden, um das Ergebnis von Anästhesien bei Kindern zu verbessern.

Es sind heute pädiatrische Patientensimulatoren (für Neugeborene und Kleinkinder) verfügbar, mit denen ein realistisches, sicheres und reproduzierbares Lernumfeld geschaffen werden kann. So lassen sich relevante Themen der pädiatrischen Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin bearbeiten, wobei sowohl Einzelpersonen (mit unterschiedlichem Ausbildungsstand) als auch ganze Teams partizipieren können. Simulator basiertes

Training umfasst dabei neben spezifischen medizinisch-technischen Aspekten auch die für die Praxis außerordentlich wichtigen relevanten »non-technical« skills.

In mehreren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass der Ausbildungsstand des Anästhesisten eine Risikodeterminante darstellt. Allgemein lässt sich aus diesem Umstand die Notwendigkeit für eine spezialisierte Ausbildung im Teilbereich der pädiatrischen Anästhesie ableiten. Berufsverbände aus verschiedenen, vornehmlich angelsächsischen Ländern, aber auch die FEAPA (Federation of European Associations of Paediatric Anaesthesia), haben detaillierte Vorschläge für Inhalte und Struktur einer Weiterbildung in pädiatrischer Anästhesie ausgearbeitet. Im Wesentlichen nehmen diese Ausbildungskonzepte Rücksicht auf den Umstand, dass unterschiedliche Kenntnisse und Fertigkeiten nötig sind, um beispielsweise einerseits ein ansonsten gesundes Schulkind für eine Appendektomie, aber andererseits ein krankes Neugeborenes für eine Kolostomie bei Analatresie kompetent zu anästhesieren.

2.3 Forschung in pädiatrischer Anästhesie

Basierend auf Forschungserkenntnissen hat sich die klinische Anästhesiepraxis während der vergangenen Jahre radikal verändert. Viele klinische Probleme sind wissenschaftlich als solche zunächst identifiziert und in der Folge systematisch aufgearbeitet worden.

Diese Aussage trifft für die Kinderanästhesie jedoch nur in eingeschränktem Maße zu. Weltweit sind alle Ärzte, die Kinder betreuen, mit dem Dilemma konfrontiert, medizinische Produkte verabreichen zu müssen, die für den spezifischen Einsatz bei Kindern nicht oder nur unvollständig evaluiert sind (verglichen mit für Erwachsene selbstverständlich geltenden Standards). Dies ist in besonderem Maße bei unseren jüngsten Patienten der Fall, bei denen eine beträchtliche interindividuelle Variabilität des (Medikamenten)metabolismus bei physiologischer und evtl. pathologischer Unreife der Organfunktionen besteht. Somit ist gerade für diese Population ein großer Bedarf an

wissenschaftlich gesicherten Informationen betreffend Pharmakokinetik, Pharmakodynamik, Sicherheit und Effektivität der applizierten Produkte gegeben.

Obwohl diese Fakten seit Jahrzehnten i. Allg. unbestritten sind, sind nun in jüngster Zeit vermehrt internationale Anstrengungen zu verzeichnen, die klinische Forschung an Kindern auszuweiten. Es ist zu hoffen, dass es damit gelingt, das Ausmaß der »Annahmen« als Grundlage medizinischer Verschreibungen und des »Experimentierens« (oft Bestandteil der ersten Anwendungen von neuen Medikamenten) in der Kinderanästhesie zu reduzieren. Schließlich sollte es damit aber auch möglich werden, die Entwicklung von medizinischen Produkten zu fördern, die primär der Behandlung von »typisch« pädiatrischen Krankheiten zugute kommt.

Ergebnisse von neueren tierexperimentellen Arbeiten über potenziellen Anästhetika induzierter Neurotoxizität bei Kindern haben für Schlagzeilen sowohl in der Fach- als auch in der Laienpresse gesorgt und diese Frage in den Fokus der gesamten anästhesiologischen Forschung rücken lassen. Die Bedeutung dieser experimentiell gewonnenen Erkenntnisse für die klinische Praxis ist aber weiterhin sehr umstritten und wird sich letztlich nur anhand von klinischen »Outcome-Untersuchungen« ergründen lassen.

Die unbestrittene Forderung, verbesserte Erkenntnisse betreffend der Effektivität und Sicherheit von Behandlungen für die pädiatrische Population als Ganzes zu erwerben, muss sorgfältig gegenüber Schutz und Respekt für den Einzelnen abgewogen werden. Unter »Respekt« wird in diesem Zusammenhang die Möglichkeit verstanden, dass sowohl Kind als auch Eltern völlig frei über Teilnahme oder Abbruch an einer Studie entscheiden können. Im Allgemeinen dient die schriftliche Einverständniserklärung zur Teilnahme an klinischer Forschung bei kompetenten Personen dazu, ihre Autonomie zu respektieren. Die besondere emotionale, kognitive und sozioökonomische Situation von Kindern macht es jedoch nötig, den Prozess der Einverständniserklärung zu modifizieren, damit für teilnehmende Kinder ein mit dem für Erwachsene vergleichbarer Schutz besteht (■ Abb. 2.4).



■ **Abb. 2.4.** Doppelblind, randomisiert und kontrolliert durchgeführte Studien sind auch in der Kinderanästhesie notwendig, um Fortschritte zu erzielen. Entsprechende Erklärungen müssen den Eltern und Kindern vor der Einwilligung abgegeben werden

! Der Deklaration von Helsinki folgend, ist zum einen die Einwilligung der Eltern/des gesetzlichen Vertreters (»parental permission«) einzuholen. Wenn immer möglich soll auch beim teilnehmenden Kind eine seinem Entwicklungsstand entsprechende Zustimmung (»assent«) eingeholt werden.

Der Informationsstand der Eltern für die Entscheidung, an einer Studie teilzunehmen, muss dergestalt sein, dass es ihnen möglich ist, die Interessen ihres Kindes umfassend zu schützen. Das teilnehmende Kind ist umgekehrt in einer Art und in einem Ausmaß zu informieren, die es ihm erlauben, seine affirmative Zustimmung zur Teilnahme zu treffen.

Literatur

Anand KJ, Garg S, Rovnaghi CR et al. (2007) Ketamine reduces the cell death following inflammatory pain in newborn rat brain. *Pediatr Res* 62: 283–290

Arul GS, Spicer RD (1998) Where should paediatric surgery be performed? *Arch Dis Child* 79: 65–72

Auroy Y, Ecoffey C (1997) Relationship between complications of pediatric anesthesia and volume of pediatric anesthetics. *Anesth Analg* 84: 234–235

Bähr K, van Ackern K (2000) Qualitätsmanagement in der Anästhesie. *Anaesthesist* 49: 65–73

Bhananker SM, Ramamoorthy C, Geiduschek JM et al. (2007) Anesthesia-related cardiac arrest in children: update from the Pediatric Perioperative Cardiac Arrest Registry. *Anesth Analg* 105: 344–350

Bhutta AT, Venkatesan AK, Rovnaghi CR, Anand KJ (2007) Anesthetic neurotoxicity in rodents: is the ketamine controversy real? *Acta Paediatr* 96: 1554–1556

Choy CY (2008) Critical incident monitoring in anaesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol* 21:183–186

Coté JC, Alexander J (2003) Drug development for children: the past, the present, hope for the future. *Paediatr Anaesth* 13: 279–283

Cottrell JE (2008) We care, therefore we are: anesthesia-related morbidity and mortality: the 46th Rovenstine Lecture. *Anesthesiology* 109: 377–388

Eich C, Timmermann A, Russo SG et al. (2007) Simulator-based training in paediatric anaesthesia and emergency medicine: thrills, skills and attitudes. *Br J Anaesth* 98: 417–419

Erb TO, Schulman SR, Sugarman J (2002) Permission and assent for clinical research in pediatric anesthesia. *Anesth Analg* 94: 1155–1160

Habkern CM, Geiduschek JM, Sorensen GK et al. (1997) Multi-institutional survey of graduates of pediatric anesthesia fellowship: assessment of training and current professional activities. *Anesth Analg* 85: 1191–1195

Keenan RL, Shapiro JH, Dawson K (1991) Frequency of anesthetic cardiac arrests in infants: effect of pediatric anesthesiologists. *J Clin Anesth* 3: 433–437

Marcao A., Vasanawala A (2001) Improving quality of anesthesia care: opportunities for the new decade. *Can J Anesth* 48: 12–19

Murat I, Constant I, Maud'huy H (2004) Perioperative anaesthetic morbidity in children: a database of 24.165 anaesthetics over a 30-month period. *Paediatr Anaesth* 14: 158–166

Schmidt J, Becke K, Strauss J (2006) European guidelines for training in paediatric anaesthesia. Empfehlungen für die anästhesiologische Versorgung von Kindern in Europa. *Anästhesiologie und Intensivmedizin* 5: 283–286

Ständer S. (2001) »Incident Reporting« als Instrument zur Fehleranalyse in der Medizin. *Z Arztl Fortbild Qualitätssich* 95: 479–484

Trait AR, Voelpel-Lewis T, Malviya S (2003) Do they understand? (Part I) Parental consent for children participating in clinical anesthesia and surgery research. *Anesth Analg* 98: 603–608

Trait AR, Voelpel-Lewis T, Malviya S (2003) Do they understand? (Part II) Assent of children participating in clinical anesthesia and surgery research. *Anesth Analg* 98: 609–614

Ulsenheimer K (1998) Leitlinien, Richtlinien, Standards: Risiko oder Chance für Arzt und Patient? *Anästhesist* 47: 87–92

Physiologie und Pathophysiologie

3.1 Umstellung bei der Geburt – 19

3.2 Das Frühgeborene – 26

3.3 Postnatale Entwicklung – 28

Literatur – 39

➤ Die außergewöhnliche Physiologie und Pathophysiologie sowie die charakteristischen Krankheitsbilder während der Neonatalperiode verlangen spezielle Kenntnisse und Kompetenzen des betreuenden Personals. Innerhalb der ersten Wochen geschehen die größten Umstellungsprozesse: Ein 3 Monate alter Säugling ist physiologisch einem Erwachsenen ähnlicher als einem Früh- oder Neugeborenen.

Pränatales Wachstum

Das Wachstum des Fetus vollzieht sich hauptsächlich gegen Ende der Schwangerschaft. Zwischen der 28. und 40. SSW verdreifacht sich die Körpermasse von 1 auf 3 kg. Während der letzten Schwangerschaftswochen nehmen Glykogen- und Fettvorrat stark zu, weshalb Frühgeborene eine Hungerperiode schlechter überstehen als reife Kinder (■ Abb. 3.1, 3.2 und ■ Tab. 3.1).

3.1 Umstellung bei der Geburt

➤ Bei der Geburt finden gleichzeitig verschiedene physiologische Änderungen statt. Je nach Organsystem treten sie während der

Geburt oder während der ersten Stunden, Tage oder Wochen auf, was bei der Planung und Durchführung der Anästhesie berücksichtigt werden muss.

Kreislauf

Fetus

Gegen Ende der Gravidität pumpt das fetale Herz ca. 450 ml Blut/kgKG/min. Die Hälfte davon fließt in die Plazenta, lediglich 30 ml/kgKG/min passieren die Lungen. Die übrigen Gewebe des Körpers werden mit ungefähr 200 ml/kgKG/min versorgt.

Die systolischen Blutdrücke in der rechten und der linken Kammer sind identisch, ca. 60–70 mmHg. Die Wände der Lungenarterien haben eine gut ausgebildete Muskelschicht, die etwa gleich dick ist wie die der Systemarterien. Das oxygenierte Blut aus der V. cava inferior passiert größtenteils das Foramen ovale und erreicht über den linken Vorhof und die linke Kammer die Aorta ascendens (■ Abb. 3.3). Dementsprechend erhält das Gehirn Blut mit einem Sättigungsgehalt, der etwas höher ist als in den kaudal gelegenen Organen und der Plazenta, die größtenteils über den Ductus arteriosus versorgt werden. Der

Tab. 3.1. Vorrat an Nährstoffen. Theoretische Berechnung, um darzustellen, wie eng die Grenzen bei Frühgeborenen sind. Glykogen, Fett und Protein in [g/kgKG]. Die Ziffern in Klammern geben an, wie lange der Vorrat reichen würde, wenn dieser die einzige Energiequelle wäre und komplett ausgenutzt würde. Der Energieverbrauch wird angesetzt mit 150 kJ/kgKG/Tag für Erwachsene und 400 kJ/kgKG/Tag für Neugeborene (1 kJ=0,24 kcal)

	Frühgeborenes	Neugeborenes	Erwachsener
	28. SSW, 1200 g	40. SSW, 3500 g	70 kg
Glykogen	4 (4 h)	10 (10 h)	6 (16 h)
Fett	8 (19 h)	150 (13 Tage)	150 (40 Tage)
Protein	70 (2,5 Tage)	110 (5 Tage)	170 (20 Tage)

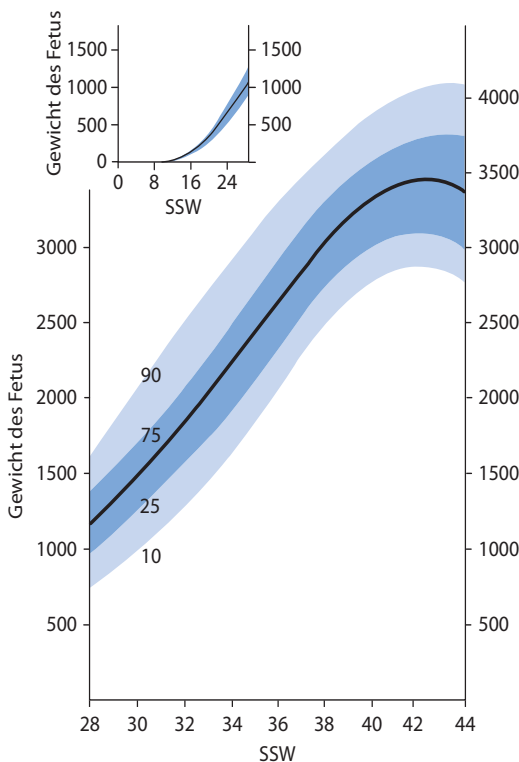


Abb. 3.1. Das Wachstum des Fetus. Die Geburtsreife ist zwischen der 37. und 42. Schwangerschaftswoche erreicht. Außerhalb dieses Zeitintervalls wird das Kind als untertragen (frühgeboren) bzw. übertragen bezeichnet. Das gesamte schraffierte Feld gibt die Variationsbreite zwischen der 10. und 90. Perzentile an. Hypotrophe Neugeborene (Mangelgeburten, »small-for-date«) haben ein Gewicht, das unterhalb der 10er Perzentile liegt. Jungen sind ca. 5% schwerer als Mädchen. Dieses Diagramm zeigt einen Durchschnitt beider Geschlechter. (Nach Brenner et al. 1976)



Abb. 3.2. 3 Neugeborene. Links ein normalgewichtiges Kind, das am Termin geboren wurde. In der Mitte ein untergewichtiges, am Termin geborenes Kind, und rechts eine Frühgeburt. (Mit freundlicher Genehmigung von Ulf Westgren)

tiefe O_2 -Partialdruck (ca. 25 mmHg im arteriellen Blut) und der hohe Gehalt von Prostaglandin tragen dazu bei, den Ductus arteriosus offen zu halten.

Nach der Geburt

Wegen der Expansion der Lungen und des erhöhten pO_2 -Werts in den Alveolen vermindert sich der Lungengefäßwiderstand unmittelbar nach der Geburt. Deshalb sinkt der Druck in der rechten Kammer und im Pulmonalkreislauf. Sobald der Blutfluss durch die Plazenta sistiert, erhöht sich der systemische Widerstand, und der Blutdruck in der linken Kammer und der Aorta steigt an. Durch die Widerstandserhöhung im linken Kreislauf steigt der Vorhofdruck links und ist nach der

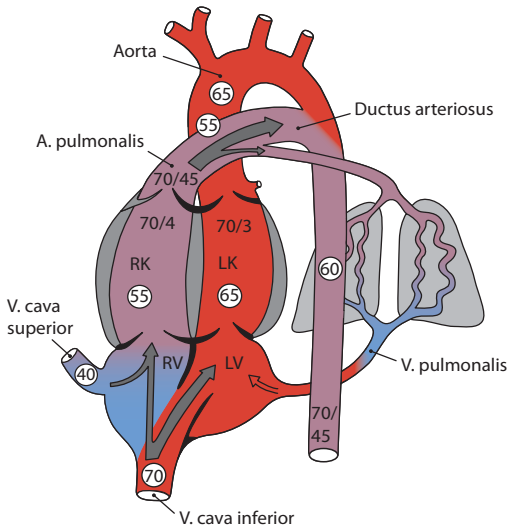


Abb. 3.3. Fetalen Kreislauf. Alle Messungen wurden beim nichtgeborenen Lamm durchgeführt; die Verhältnisse beim Menschen sind vergleichbar. Die systolischen/diastolischen Druckwerte sind in mmHg, die Sättigungswerte (eingekreist) in % angegeben. Die Drücke in den Vorhöfen betragen 2–3 mmHg. RK rechte Kammer, LK linke Kammer, RV rechter Vorhof, LV linker Vorhof. (Nach Rudolph 2001)

Geburt höher als im rechten Vorhof; dies führt zum funktionellen Verschluss des Foramen ovale. Somit gelangt nur noch Blut, das in den Lungen mit Sauerstoff gesättigt wurde, in den linken Vorhof und in die linke Kammer.

Der Abfall des pulmonalarteriellen Drucks erfolgt schrittweise (Abb. 3.4), ein gewisser Rechts-links-Shunt via Ductus arteriosus während der ersten Lebensstunden ist normal. Nach ungefähr 12–24 h kann im Ductus arteriosus normalerweise kein Fluss mehr nachgewiesen werden.

! Dieser Verschluss ist am Anfang nur funktionell. Faktoren, die den systemvaskulären Widerstand senken – wie Anämie, arterielle Hypotension und hohe Dosen von Anästhetika – oder Faktoren, die zu einem Anstieg des pulmonalarteriellen Widerstandes führen – wie Hypoxie, Hyperkapnie, Azidose, Überwässerung, Hypothermie und mechanische Stimulationen der Luftwege – können eine erneute Durchgängigkeit des Ductus mit Rechts-links-Shunt verursachen.

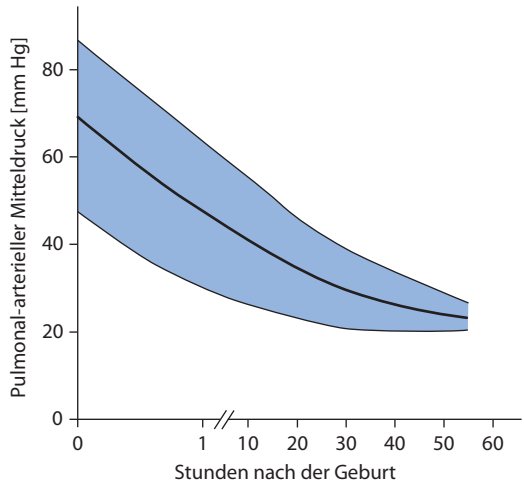


Abb. 3.4. Mitteldrücke in den Lungenarterien beim Neugeborenen. (Nach Harris 1977)

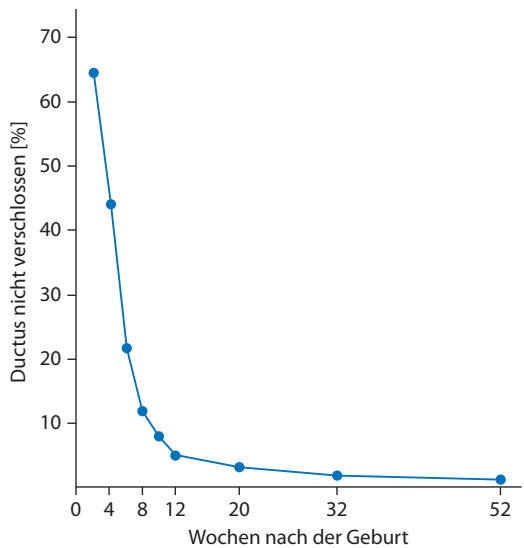


Abb. 3.5. Prozentualer Anteil von Säuglingen in Abhängigkeit vom Alter, bei denen der anatomische Verschluss des Ductus arteriosus noch nicht stattgefunden hat. (Nach Harris 1977)

Der anatomische Verschluss des Ductus erfolgt fast immer im Verlauf der ersten 3 Lebensmonate (Abb. 3.5). Als Folge eines Anstiegs des pulmonalarteriellen Widerstandes kann auch ein Anstieg des Drucks im rechten Vorhof auftreten und das

funktionell verschlossene Foramen ovale wieder eröffnen mit konsekutivem Rechts-links-Shunt auch auf diesem Niveau. So kann sich ein Circulus vitiosus entwickeln mit Zunahme der Hypoxie und Azidose, welche wiederum das Fortbestehen des Rechts-links-Shunts unterhält.

Herz

Der Herzmuskel des Neugeborenen besitzt weniger kontraktile Elemente pro Gewichtseinheit als der des älteren Kindes oder eines Erwachsenen. Echokardiographische Untersuchungen zeigen, dass die Kontraktilität beim Neugeborenen am größten ist und während der nächsten Monate bis Jahre abnimmt. Dieses Paradox beruht darauf, dass das Neugeborenenherz im Gegensatz zum Erwachsenenherz am oberen Limit seiner Leistungsfähigkeit arbeitet. Reserven, die bei einer zusätzlichen Belastung notwendig wären, sind begrenzt und der Effekt von positiv inotropen Medikamenten demzufolge geringer. Außerdem reagiert es empfindlicher auf die negativ inotrope Wirkung der Inhalationsanästhetika.

! Das Schlagvolumen ist relativ konstant, eine Herzfrequenz unter 80–100/min führt zu einer deutlichen Abnahme des Herzminutenvolumens.

Blutvolumen

Unmittelbar nach der Geburt schwankt das Blutvolumen zwischen 65 und 100 ml/kgKG, je nachdem, ob die Abnabelung früh oder spät erfolgt. Durch Ein- und Austritt von Flüssigkeit in die

Blutbahn bzw. den Extrazellulärraum pendelt sich das Blutvolumen innerhalb weniger Stunden um 80 ml/kgKG ein.

Lungenfunktion und Gasaustausch

Fetale Atembewegungen können lange vor der Geburt festgestellt werden. Dies führt zu unbedeutenden Flüssigkeitsverschiebungen von der Amnionhöhle in die Lunge und umgekehrt. Während der Passage durch den Geburtskanal wird der Thorax komprimiert, es treten Drücke bis zu 100 cm H₂O auf. Dadurch werden ca. 35 ml Flüssigkeit aus den Atemwegen herausgepresst.

Die ersten Atemzüge bewirken einen negativen intrathorakalen Druck von bis zu 60 cm H₂O, was zu einer Ausdehnung und Belüftung der Alveolen führt. Nach einigen wenigen Atemzügen besitzt das gesunde Neugeborene eine funktionelle Residualkapazität von ungefähr 20 ml/kgKG. Während der nächsten Stunden wird die verbleibende Lungenflüssigkeit von den Alveolen über das Lymphsystem abtransportiert. Das Tidalvolumen pendelt sich bei ungefähr 6–8 ml/kgKG ein, die Atemfrequenz beträgt 30–60/min.

Fünf Minuten nach Geburt beträgt die O₂-Sättigung bei 50% der Neugeborenen 95% (■ Tab. 3.2). Es bestehen große interindividuelle Unterschiede und es ist durchaus möglich, dass bei einem ansonsten gesunden Neugeborenen die Sättigung noch während mehreren Stunden niedriger ist. Diese Adaptationsstörung ist i. Allg. mit einer transienten Tachypnoe assoziiert und wird durch eine verspätete Resorption von interstitieller pulmonaler Flüssigkeit verursacht.

■ Tab. 3.2. Normale arterielle O₂-Sättigung. (Nach Kamlin 2006, Kuipers 1997, Rudolph 2001)

	Alter	Sättigung [%]	25.–75. Perzentile
Fetus	Vor Geburt	60	
Neugeborenes	1 min	60	55–70
	3 min	70	60–85
	5 min	95	80–95

Neugeborene, die durch Kaiserschnitt entbunden werden und deren Lungen deshalb nicht durch den engen Geburtskanal komprimiert wurden, sind deutlich häufiger von dieser Störung betroffen.

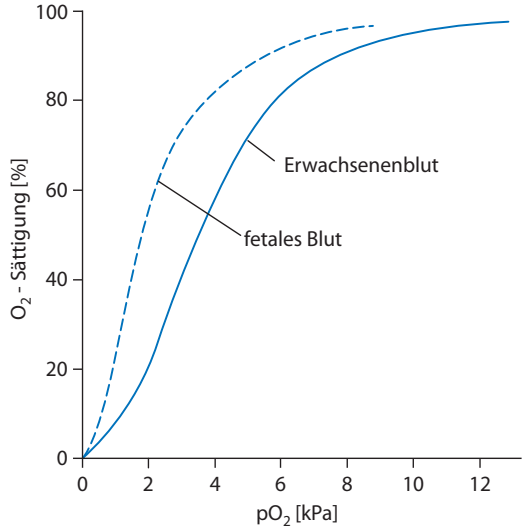
Das Atemzentrum reagiert auf Hyperkapnie und Hypoxie nicht wie beim Erwachsenen, bei dem eine zunehmende Hypoxie über die Chemozeptoren des Karotissinus zuerst eine ausgeprägte Atemstimulation auslöst, bevor die Hypoxie eine zentrale Atemdepression bewirkt. Beim Neugeborenen erfolgt die zentrale Atemdepression früh und wird akzentuiert durch Hypothermie und das Vorhandensein von Anästhetika.

HbF, HbA

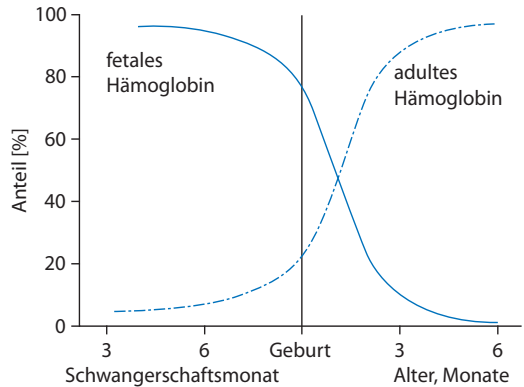
Bei der Geburt beträgt der Anteil des fetalen Hämoglobins (HbF) am Gesamthämoglobin ca. 60–90%. Der Rest besteht aus dem adulten Hämoglobin (HbA). Die O_2 -Dissoziationskurve des HbF ist nach links verschoben (■ Abb. 3.6), d. h. die O_2 -Sättigung ist bei einem bestimmten pO_2 höher. Dies erleichtert den placentaren O_2 -Transport von der Mutter zum Feten, wohingegen die Abgabe von Sauerstoff an das Gewebe nach der Geburt erschwert wird. Dieser Nachteil wird jedoch durch die hohe O_2 -Transportkapazität kompensiert: Der Hämoglobingehalt beträgt beim Neugeborenen 160–210 g/l, abhängig vom Zeitpunkt der Abnabelung. Die Neusynthese von Hämoglobin nach der Geburt verteilt sich ungefähr zu gleichen Teilen auf HbF und HbA. Im Alter von 3 Monaten dominiert die Synthese von HbA, und das HbF ist fast vollständig aus dem Blut verschwunden (■ Abb. 3.7).

Thermoregulation

Beim 3 kg schweren Neugeborenen ist der Quotient Körperoberfläche/Körpergewicht ungefähr 3-mal größer als beim Erwachsenen. Da die isolierende Fettschicht dünn und die Haut gut durchblutet ist, kann der Wärmeverlust groß sein. Beim nackten Kind kann eine Umgebungstemperatur von 33°C als Neutraltemperatur bezeichnet werden, was bedeutet, dass die Energieproduktion bei dieser Tem-



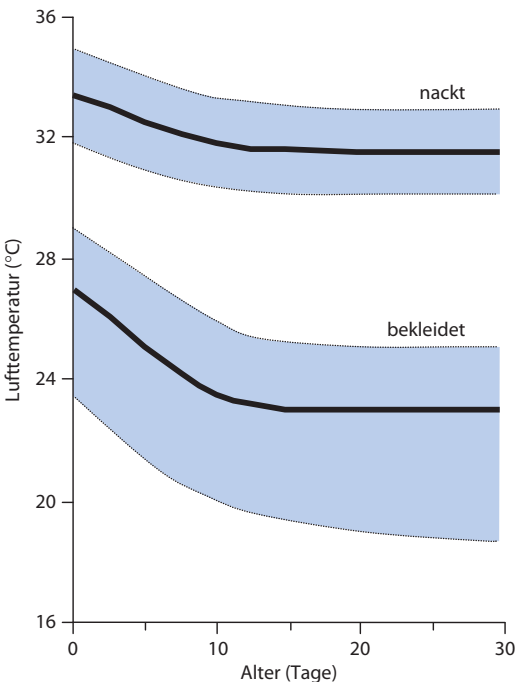
■ Abb. 3.6. Das fetale Hämoglobin hat eine höhere Affinität zum Sauerstoff als das adulte, d. h. die O_2 -Dissoziationskurve ist nach links verschoben. (Nach Nunn 1993)



■ Abb. 3.7. Gehalt des Blutes an fetalem und adultem Hämoglobin. (Nach Huehns 1965)

peratur minimal ist. Eine zu tiefe Umgebungstemperatur erhöht den O_2 - und den Energieverbrauch beim wachen Kind und verschlechtert gleichzeitig die zentrale Atemregulation.

! Bei 20–22°C kann die Energieproduktion beim nackten Kind bis zu 300% gesteigert sein.



■ **Abb. 3.8.** Optimale Umgebungstemperatur bei Säuglingen mit einem Geburtsgewicht von 3 kg. Die obere schraffierte Fläche bezieht sich auf ein nacktes Kind in einer Isolette, die untere auf ein angekleidetes Kind im Bett (Nach Gairdner 1971).

Das frühgeborene Kind ist wegen der fehlenden Fettreserven und der größeren Körperoberfläche (bezogen auf das Gewicht) noch empfindlicher gegenüber Wärmeverlusten (■ Tab. 3.3), dementsprechend sind diese Kinder i. Allg. auf die exogene Zufuhr von Wärme angewiesen (Inkubator oder Infrarotstrahler). Ein bekleidetes Kind toleriert tiefere Temperaturen (■ Abb. 3.8, 3.9). Die Elimination verschiedener Pharmaka, z. B. Muskelrelaxanzien und Inhalationsanästhetika, ist bei bestehender Hypothermie verlangsamt.

■ **Tab. 3.3.** Neutrale Umgebungstemperatur beim nackten Neugeborenen. (Nach Scopes 1966)

Gewicht [g]	Umgebungstemperatur [°C]
<1000	35–36
1000–1500	34–36
1500–2500	33–35
2500–3500	33–34
>3500	31–33



■ **Abb. 3.9.** Obwohl sowohl praxisbezogenes Anästhesieren und theoretische Überlegungen zur optimalen Betreuung gehören, müssen manchmal Prioritäten gesetzt werden

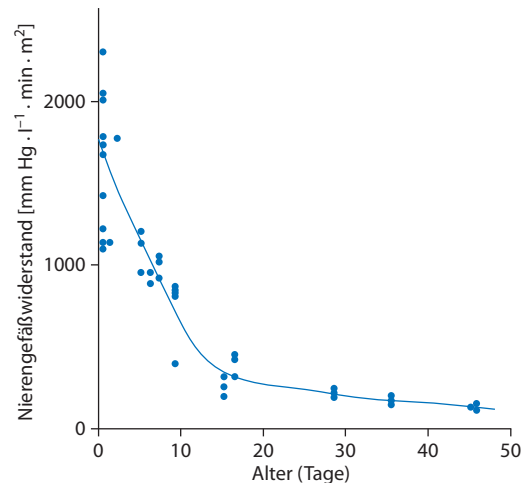
Nierenfunktion und Flüssigkeitsbilanz

Fetus

Während der Gravidität erfolgen die Flüssigkeitsregulierung und Ausscheidung von harnpflichtigen Stoffen über die Plazenta. Kurz vor Geburt produziert der Fetus ungefähr 150 ml Urin/kgKG/Tag, davon werden ungefähr $\frac{5}{6}$ wieder vom Feten geschluckt, der Rest wird über die Amnionflüssigkeit durch die Mutter ausgeschieden. Wenn die Urinproduktion wegen einer Nierenkrankheit intrauterin abnimmt oder ganz zum Erliegen kommt, führt dies zu verminderter Amnionflüssigkeit (Oligohydramnion), was die Ausbildung und Entwicklung der Lungen verzögert. Als Resultat können bei der Geburt hypoplastische Lungen vorliegen. Die übrige Entwicklung des Fetus wird durch eine verminderte Nierenfunktion nicht gestört, Elektrolyte und Kreatininwerte bleiben im Normbereich.

Glomeruläre Filtration

Während der ersten Tage nach der Geburt ist der renale Gefäßwiderstand hoch (■ Abb. 3.10) und die glomeruläre Filtrationsrate tief. Am 1. Lebenstag beträgt die Urinproduktion manchmal weniger als



■ **Abb. 3.10.** Renaler Gefäßwiderstand während der ersten Lebensmonate. Die glomeruläre Filtrationsrate verändert sich auf ähnliche Art und Weise. Die Daten stammen von neugeborenen Schweinen. (Nach Gruskin 1970)

5 ml/kgKG, um im Verlauf der 1. Lebenswoche schrittweise anzusteigen. Während dieser Zeit ist die Fähigkeit der Nieren, eine erhöhte Flüssigkeitszufuhr mit einer erhöhten Diurese zu beantworten, begrenzt. Andererseits ist aber auch die Flüssigkeitsaufnahme wegen der nur langsam in Gang kommenden Milchproduktion der Mutter normalerweise relativ gering. Die unvollständige Nierenfunktion führt dazu, dass bestimmte Medikamente wie Digoxin oder Pancuronium verlangsamt ausgeschieden werden.

Tubulusfunktion

Bei der Geburt sind die Henle-Schleifen kurz und befinden sich noch nicht tief in der Medulla. Tritt eine Dehydratation auf, kann das Neugeborene den Urin nur ungenügend konzentrieren (► Kap. 3.3).

Leberfunktion, Gerinnung

Der Kohlenhydratmetabolismus und die oxidative Metabolisierung von Medikamenten in der Leber (■ Tab. 4.1) sind bei der Geburt nicht vollständig entwickelt. Vitamin K wird im Dickdarm durch die Mikroflora produziert. Da das Neugeborene bakterienfrei auf die Welt kommt und nur einen niedrigen Vorrat von Vitamin K hat, können Vitamin-K-abhängige Gerinnungsfaktoren vermindert sein, was im Extremfall zu Gerinnungsstörungen führen kann. Neugeborenen wird deshalb routinemäßig sofort nach der Geburt Vitamin K verabreicht. Nach den ersten Lebenswochen ist die Fähigkeit, Albumin und Gerinnungsfaktoren zu synthetisieren, normal. Sowohl die oxidativen als auch die übrigen Enzymsysteme reifen, sodass im Alter von 3 Monaten die Leberfunktion mit derjenigen des Erwachsenen vergleichbar ist.

Bilirubin

Die unreife Leberfunktion und der wegen des Abbaus des fetalen Hämoglobins erhöhte Anfall von Bilirubin führen beim gesunden Neugeborenen zu einem Anstieg des Serumbilirubins von ca.