

Review Articles



Symposium Moderne Kinderanästhesie

Merheimer AINS-Symposium

Moderne Kinderanästhesie

28. November 2009, Köln-Merheim

Universität Witten/Herdecke

Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin

Abteilung für Kinderanästhesie

Kliniken der Stadt Köln gGmbH

Inhalt

Vorwort	586
F. Wappler, Köln Th. Koch, Dresden	
Anästhesie in der Schwangerschaft – Narkose für Mutter und Kind?	587
D. Bremerich, Limburg	
Erstversorgung des Neugeborenen – was muss der Anästhesist wissen?	590
M. Hoppenz, Köln	
Schädigen Anästhetika das Gehirn des Neugeborenen?	593
G. Schneider, München	
Perioperative Versorgung des herzkranken Kindes	597
E. Schindler, St. Augustin	
Perioperative Versorgung des adipösen Kindes	601
J. Giest, Berlin-Buch	
Perioperative Versorgung des Kindes mit schwierigem Atemweg	604
M. Laschat	
Versorgung des kindlichen Polytraumas	608
J. Kaufmann, Köln	
Perioperative Versorgung des Kindes mit neuromuskulärer Erkrankung	611
M. Jöhr, Luzern	
Welchen Einfluss hat die Anästhesie auf das Outcome?	614
K. Becke, Nürnberg	

Vorsitzende und Referenten

Dr. K. Becke

Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Cnopf'sche Kinderklinik, Nürnberg

Prof. Dr. Dr. Th. Boemers

Klinik für Kinderchirurgie, Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße, Köln

Prof. Dr. B. Böttiger

Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Köln

Prof. Dr. D. Bremerich

Abteilung für Anästhesie und operative Intensivmedizin, St. Vincenz Krankenhaus, Limburg

Prof. Dr. M. Fischer

Klinik für Anästhesie, operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Klinik am Eichert, Göppingen

Dr. J. Giest

Klinik für Anästhesie, perioperative Medizin und Schmerztherapie, HELIOS Klinikum Berlin-Buch

Dr. M. Hoppenz

Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße, Köln

Dr. M. Jöhr

Institut für Anästhesie, chirurgische Intensivmedizin und Schmerztherapie, Kantonsspital Luzern, Schweiz

Dr. J. Kaufmann

Abteilung Kinderanästhesie, Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße, Köln

Prof. Dr. Th. Koch

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, TU Dresden

Dr. M. Laschat

Abteilung für Kinderanästhesie, Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße, Köln

Prof. Dr. B. Pannen

Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Düsseldorf

Dr. E. Schindler

Zentrum für Kinderanästhesiologie, Deutsches Kinderherzzentrum, Asklepios Klinik Sankt Augustin

Priv.-Doz. Dr. G. Schneider

Klinik für Anästhesiologie, Klinikum rechts der Isar, TU München

Prof. Dr. med. F. Wappler

Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Witten / Herdecke - Köln

Prof. Dr. M. Weiß

Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße, Köln



Kliniken der Stadt Köln gGmbH

**Den nachfolgenden Firmen danken wir
für die Unterstützung des Symposiums Moderne Kinderanästhesie
28.11.2009 · Köln-Merheim**

Abbott GmbH

Altana Pharma Deutschland GmbH

Astra Zeneca GmbH

Astellas Pharma GmbH

B. Braun Melsungen AG

Baxter Deutschland GmbH

Bristol-Myers Squibb

Draeger Medical

Dr. F. Köhler GmbH

GE Healthcare Technologies

GlaxoSmith Kline GmbH

Grünenthal GmbH

Instrumentation Laboratory

Janssen-Cilag

MSD Sharp&Dohme GmbH

Mundipharma

Olympus

Organon

Pall GmbH Medical

Pfizer Pharma GmbH



Review Articles



Die Anästhesie von Kindern, insbesondere von Früh- und Neugeborenen, ist ungeachtet des Wissenszuwachses über die physiologischen Gegebenheiten, der Entwicklung neuer Substanzen als auch der Einführung moderner Monitoringverfahren und Behandlungskonzepte bei vielen Anästhesist(inn)en von Unsicherheit geprägt. Ursächlich hierfür sind zum einen die Besonderheiten der kindlichen Anatomie und Physiologie mit einem eingeschränkten Spektrum körperlicher Reserven (z.B. Hypoxietoleranz) und damit verbunden der Sorge vor Fehlern bei der Behandlung. Zum anderen fehlt es vielen Kolleg(inn)en an ausreichender Erfahrung in der Narkoseführung bei pädiatrischen Patienten, die letztlich in einer Verunsicherung münden.

Ein interessanter Ansatz ist daher, eine strukturierte, praxisbezogene Weiterbildung in der Anästhesie von Kindern aller Altersgruppen zu implementieren, wie dies unlängst von der Federation of European Associations of Paediatric Anaesthesia (FEAPA) vorgeschlagen wurde [5]. Obwohl das hierin aufgezeigte Curriculum prinzipiell zu einer verbesserten Ausbildung führen könnte, ist eine solche Konzeption bislang nicht standardisiert bzw. in den Kliniken eingeführt.

Neben den praktischen Ausbildungskonzepten, die unabdingbar sind für die kompetente Anästhesieführung [4,5], ist die kontinuierliche Fort- und Weiterbildung aller mit der Anästhesie von

Symposium Moderne Kinderanästhesie

Vorwort

Moderne Kinderanästhesie

F. Wappler · Th. Koch

Kindern betrauten Ärzt(inn)en und den Pflegekräften essentiell.

Unter der Schirmherrschaft der Deutschen Akademie für Anästhesiologische Fortbildung (DAAF) fand im November 2009 das Symposium „Moderne Kinderanästhesie“ statt. Ziel der Veranstaltung war es, wesentliche Aspekte der Thematik aufzuzeigen, beginnend mit der Anästhesie in der Schwangerschaft und der Erstversorgung des Neugeborenen. Zudem wurde das hochaktuelle Thema [1,2,6] der Effekte von Anästhetika auf das Hirn des Neugeborenen diskutiert. Des Weiteren wurden aktuelle Entwicklungen und Konzepte bei der perioperativen Versorgung von Kindern mit speziellen Erkrankungen, z.B. des Herzens oder des neuromuskulären Systems präsentiert. Abschließend wurde die Frage nach dem Einfluss der Anästhesie auf das Outcome kritisch beleuchtet.

Die nachfolgenden Beiträge stellen die Inhalte der auf dem Symposium präsentierten Beiträge in kurzer Form dar und sollen den Lesern einen Überblick über wichtige Aspekte der Anästhesie von Kindern jeglicher Altersstufen in anschaulicher Weise bieten.

Literatur

1. Blaylock M, Engelhardt T, Bissonnette B. Fundamentals of neuronal apoptosis relevant to paediatric anaesthesia. *Paediatr Anaesth* 2010;20:383-395.
2. Kalkman CJ, Peelen L, Moons KG, Veenhuizen M, Bruens M, Sinnema G, de Jong TP. Behavior and development

in children and age at the time of first anesthetic exposure. *Anesthesiology* 2009;110:805-812.

3. Melarkode K, Abdelaal A, Bass S. Training in pediatric anesthesia for registrars – UK National survey. *Paediatr Anaesth* 2009;19:872-878.
4. Shimada Y, Nishiwaki K, Sato K, Miyasaka K. Pediatric anesthesia practice and training in Japan: a survey. *Paediatr Anaesth* 2006; 16: 543-547.
5. Turner NM. Continuing medical education in pediatric anesthesia – a theoretical overview. *Paediatr Anaesth* 2008;18:697-701.
6. Wilder RT, Flick RP, Sprung J, Katusic SK, Barbaresi WJ, Mickelson C, Gleich SJ, Schroeder DR, Weaver AL, Warner DO. Early exposure to anesthesia and learning disabilities in a population-based birth cohort. *Anesthesiology* 2009; 110:796-804.

Korrespondenz-
adresse

**Prof. Dr. med.
Frank Wappler**

Universitätsklinikum Witten /
Herdecke - Köln
Klinik für Anästhesiologie und
operative Intensivmedizin
Krankenhaus Köln-Merheim
Ostmerheimer Straße 200
51109 Köln, Deutschland

Tel.: 0221 89073863

Fax: 0221 89073868

E-Mail: wapplerf@kliniken-koeln.de

Anästhesie in der Schwangerschaft – Narkose für Mutter und Kind

D. Bremerich



Schätzungen über die Häufigkeit von nicht-geburtshilflichen, operativen Eingriffen während der Schwangerschaft variieren zwischen 0,3-2,2 % [1,2]. Risikokollektive stellen insbesondere Jugendliche und Frauen zur laparoskopischen Sterilisation dar: hier betrug die Rate schwangerer Patientinnen 1,2 respektive 2,6 % [2,3]. Da Schwangerschaftstests für alle Frauen im gebärfähigen Alter einen Zeit- und Kostenfaktor darstellen (Kommunales Krankenhaus in Deutschland: β -HCG-Bestimmung im Plasma ca. 3,20 €, Bestimmungsdauer 25 min), empfiehlt die Arbeitsgruppe zur präoperativen Evaluation von Patienten der American Society of Anesthesiologists (ASA) zuerst weitergehende Fragen zur Wahrscheinlichkeit einer Schwangerschaft. Entsprechend dieser Anamnese ist ein Schwangerschaftstest präoperativ in Erwägung zu ziehen [4]. Bei unsicheren Angaben oder Risikokollektiven ist der präoperative Schwangerschaftstest grundsätzlich empfohlen [4].

Operative Eingriffe können zu jedem Zeitpunkt der Schwangerschaft notwendig werden, abdominalchirurgische Indikationen überwiegen (Tab. 1). Die

beiden letzten Reports der Confidential Enquiries into Maternal Death zeigen, dass zunehmend auch Todesfälle in der Schwangerschaft im Rahmen operativer Eingriffe auftreten [5,6]. Das anästhesiologische Vorgehen sollte daher den veränderten physiologischen Bedingungen während der Schwangerschaft und den Bedürfnissen von Mutter und Fetus angepasst werden.

Mütterliche Veränderungen und Gefahren

Schon zu einem frühen Zeitpunkt in der Schwangerschaft, ab der 8.-12. Gestationswoche, nimmt die funktionelle Residualkapazität (FRC) der Mutter aufgrund der uterinen Größenzunahme um 20 % ab, auch die MAC ist ab diesem Zeitpunkt um 30-40 % reduziert [7]. Die Gewichtszunahme und das häufig auftretende Schleimhautödem der Atemwege Schwangerer bewirken vermehrt eine schwierige Maskenbeatmung und endotracheale Intubation. Die schwierige Intubation ist mit 1:238 10x häufiger als im allgemeinen Patientenkollektiv [8]. Die Intubation stellt schon

in der Schwangerschaft ein Risiko dar, das der Intubation zur Kaiserschnittbindung vergleichbar ist. Absprachen zur Vorgehensweise bei einer schwierigen Intubation und alternative Hilfsmittel zur Atemwegssicherung (z.B. Larynxmasken, Videolaryngoskop) sollten entsprechend den jeweiligen Bedingungen der Klinik getroffen werden.

Der untere ösophageale Sphinctertonus ist schon in der Frühschwangerschaft durch hormonelle Veränderungen funktionell beeinträchtigt, in einem späteren Schwangerschaftsstadium ist der Sphincterschluss aufgrund der veränderten abdominalen Anatomie durch den graviden Uterus inkomplett. Aus diesen Veränderungen resultiert das höhere Aspirationsrisiko Schwangerer, das mit 1:661 zur Sectio caesarea angegeben wird [9]. Eine „rapid sequence induction“ und eine medikamentöse Aspirationsprophylaxe werden bei Schwangeren ab der 18.-20. Schwangerschaftswoche empfohlen [10]. Ab der zweiten Schwangerschaftshälfte kann das Gewicht des graviden Uterus in Rückenlage ein aorto-kavales Kompressionssyndrom mit einer Abnahme des mütterlichen HZV um 25-30% und einer Einschränkung der uteroplazentaren Perfusion hervorrufen; ab der 18.-20. Gestationswoche sollte daher die 15-30° Linksseitenlage der Mutter während der Operation eingehalten werden.

Tabelle 1

Häufigkeitsverteilung und Indikationen für operative Eingriffe in der Schwangerschaft (nach [1]).

Zeitpunkt	1. Trimenon	2. Trimenon	3. Trimenon
Häufigkeit	42 %	35 %	23 %
Indikation	Laparoskopie*	Appendektomie	

*Die Laparoskopie aus gynäkologischer Indikation ist mit 34 % im 1. Trimenon der häufigste Eingriff.

Fetale Risikofaktoren und Gefahren

Fetale Risikofaktoren bestehen in den 1.) Krankheits- und/oder therapieimmanenten Risiken, 2.) der potentiellen Teratogenität der Anästhetika in der perioperativen Phase, 3.) der Beeinträchtigung des uteroplacentaren Flows und letztlich 4.) in dem resultierenden Frühgeburtsrisiko bzw. der Frühgeburtlichkeit durch den notwendigen operativen Eingriff. Erkenntnisse zum Einfluss von Anästhetika auf diese Faktoren basieren auf Tierversuchen, epidemiologischen Beobachtungen und Untersuchungen an Frauen, die sich im Schwangerschaftsverlauf einer Narkose unterzogen haben.

Das teratogene Potential einer Substanz ist abhängig von der Dosis, dem Applikationszeitpunkt und einer Vielzahl anderer begleitender Einflüsse. Es sind 30 Medikamente bekannt, die für den Menschen teratogen sind. Zu diesen gehören z.B. Valproinsäure, Tetrazykline, Kumarine, ACE-Hemmer und Lithium.

Ionisierende Strahlung in der Schwangerschaft ist ebenfalls dosisabhängig teratogen, radiologische Untersuchungen sollten in der Schwangerschaft daher vermieden werden. Allerdings ist bei einer Strahlenbelastung unter 50 mGy bisher weder für Menschen noch für Tiere ein teratogener Effekt nachgewiesen worden, so dass konventionelle Röntgenuntersuchungen (Beispiele: maximale Strahlenbelastung einer Thoraxaufnahme <0,01 mGy, maximale Strahlenbelastung bei einer Beckenübersichtsaufnahme 4 mGy) sicher sind [11]. Computertomographische Untersuchungen des Abdomens (maximale Strahlenexposition 49 mGy) und des Beckens (maximale Strahlenexposition 79 mGy) sollten hingegen erst nach sorgfältigster Nutzen-Risiko-Abwägung durchgeführt werden.

Anästhesierelevante Medikamente

In den ersten zwei Wochen nach der Empfängnis unterliegt die befruchtete Eizelle dem „Alles- oder Nichts-Prinzip“, Schätzungen zufolge gehen bis zu 80 %

der befruchteten Eizellen in dieser Phase verloren – Effekte teratogener Substanzen spielen eine untergeordnete Rolle. In der Embryonalzeit, den ersten 2-8 Wochen nach der Befruchtung, findet die Organogenese statt, Exposition zu teratogenen Substanzen kann schwerwiegende morphologische Fehlbildungen hervorrufen. Soweit eine Schwangerschaft zu diesem frühen Zeitpunkt schon bekannt ist, sollten teratogene Einflüsse durch die Gabe von Medikamenten jeglicher Art in dieser Phase vermieden werden. In der folgenden Fetalzeit bis zur Geburt ist der Fetus vergleichsweise wenig empfindlich für potentiell teratogene Einflüsse.

Lachgas (N₂O) ist durch die Inhibition der Methioninsynthetase mit konsekutiver Störung der DNA-Synthese potentiell teratogen für Tiere [12], nach welcher Expositionszeit und in welcher Konzentration dies für den Menschen zutrifft, ist nicht bekannt. In jüngster Zeit mehren sich tierexperimentelle Befunde neurodegenerativer, apoptotischer Veränderungen und Verhaltensdefizite wie funktioneller Lernstörungen nach Gabe von Anästhetika wie z.B. Propofol, Ketamin, Thiopental [13] und volatilen Anästhetika [14]. Ob es sich bei diesen Veränderungen um einen direkten Effekt der Anästhetika handelt, die auch unter Homöostasebedingungen und nach kurzfristiger Exposition unabhängig von anderen, zugrunde liegenden Erkrankungen stattfinden, ist zur Zeit Gegenstand intensiver Diskussion [15].

Abort- und Frühgeburtsrisiko durch Exposition zu Anästhetika

Keine Untersuchungen zur Narkosegasexposition und dem Risiko eines Aborts oder einer Frühgeburt bei medizinischem Personal konnten bisher eine Kausalität nachweisen, das relative Risiko exponierter und nicht-exponierter Schwangerer ist vergleichbar [16]. Operative Eingriffe in der Schwangerschaft führten nicht zu einer Zunahme von Fehlbildungen, Totgeburten oder einem niedrigen Geburtsgewicht; allerdings wurde ein vermehrtes Auftreten von Neuralrohrdefekten nach Eingriffen in der 4.-5. Gestationswoche beobachtet [1]. Eine

zufällige Häufung dieser Fehlbildung konnte jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Fetales Monitoring perioperativ

Das Monitoring fetaler Herztöne mithilfe der transabdominellen Doppler-Ultraschallableitung ist ab der 18.-20. Gestationswoche möglich, bei abdominalen Eingriffen oder Adipositas der Mutter bietet die transvaginale Doppler-Ultraschallableitung eine Alternative. Das American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG) empfiehlt das intraoperative Monitoring der fetalen Herztöne nicht regelhaft, sondern nur entsprechend der individuellen Risikokonstellation [17]. Die Variabilität der fetalen Herzfrequenz, ein guter Indikator für das Wohlergehen des Feten, tritt physiologischerweise erst ab der 25.-27. Gestationswoche auf. Die intra- und postoperative Ableitung der fetalen Herzfrequenz und -variabilität erfordert zur Interpretation der Ergebnisse nicht nur die Anwesenheit eines in der Untersuchung erfahrenen Geburtshelfers, sondern auch eine interdisziplinäre Absprache zur Vorgehensweise bei einer Verschlechterung des fetalen Zustandes. Pharmakologische Effekte von Anästhetika auf die fetale Herzfrequenz und -variabilität sollten bekannt sein. So verursachen Opioide ein silentes CTG, ohne dass der Zustand des Feten beeinträchtigt ist [18], eine fetale Bradykardie hingegen ist immer ein Zeichen der fetalen Hypoxie. Eine unerklärliche Verschlechterung der fetalen Herzfrequenz und -variabilität erfordert die sofortige Evaluation der mütterlichen Lagerung, Hämodynamik, Oxygenierung und des Säure-Basen-Status. Auch eine Überprüfung der chirurgischen Instrumente und des Operations Situs sollte in diesem Fall sofort erfolgen, um eine mechanische Beeinträchtigung der uteroplacentaren Perfusion auszuschließen.

Besonderheiten bei laparoskopischen Eingriffen

Laparoskopische Eingriffe können sicher zu jedem Zeitpunkt der Schwangerschaft durchgeführt werden, bei elektiven Ein-

griffen ist das 2. Trimenon aufgrund des geringen Fehl- und Frühgeburtsrisikos zu bevorzugen. Die Leitlinien der Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons für laparoskopische Eingriffe in der Schwangerschaft empfehlen neben allgemeinen Maßnahmen eine perioperative geburtshilfliche Mitbetreuung der Patientin, die intraoperative Linksseitenlage zur Vermeidung des aortokavalen Kompressionssyndroms, ein endtidales CO₂-Monitoring und eine Begrenzung des pneumoperitonealen Drucks auf 10-15 mmHg [19].

Schlussfolgerungen

Der anästhesiologische Focus bei der Betreuung schwangerer Patientinnen zu nicht-geburtshilflichen Eingriffen liegt in dem Vermeiden einer mütterlichen Hypoxämie, Hypotension, Azidose und Hyperventilation.

Literatur

- Mazze RI, Källen B. Reproductive outcome after anesthesia and operation during pregnancy: a Registry study of 5405 cases. *Am J Obstet Gynecol* 1989;161:1178-85.
- Wheeler M, Cote CJ. Preoperative pregnancy testing in a tertiary care children's hospital: a medico-legal conundrum. *J Clin Anesth* 1999;11:56-63.
- Kasliwal A, Farrquharson RG. Pregnancy testing prior to sterilisation. *Br J Obstet Gynaecol* 2000;107:1407-9.
- Practice advisory for preanesthesia evaluation. A report by the American society of anesthesiologists task force for preanesthesia evaluation. *Anesthesiology* 2002;96:485-96.
- The Confidential Enquiry into maternal and child health. Why mothers die: 2000-2002. The Sixth report of the Confidential Enquiries into maternal death in the United Kingdom. London, CEMACH, 2005.
- The Confidential Enquiry into maternal and child health. Saving mothers' lives: 2003-2005. The Seventh report of the Confidential Enquiries into maternal death in the United Kingdom. London, CEMACH, 2007.
- Gin T, Chan MTV. Decreased minimum alveolar concentration of isoflurane in pregnant humans. *Anesthesiology* 1994;81:829-32.
- Rahman K, Jenkins JG. Failed tracheal intubation in obstetrics: no more frequent but still managed badly. *Anaesthesia* 2005;60:168-71.
- Warner MA, Warner ME, Weber JG. Clinical significance of pulmonary aspiration during the perioperative period. *Anesthesiology* 1993;78:56-62.
- Brock-Utne JG, Dow TBC, Dimopoulos GE, et al. Gastric and lower oesophageal sphincter pressures early in pregnancy. *Br J Anaesth* 1981;53:381-4.
- Baysinger CL. Imaging during pregnancy. *Anesth Analg* 2010;110:863-7.
- Baden JM, Fujinaga M. Effects of nitrous oxide on day 9 rat embryos grown in culture. *Br J Anaesth* 1991;66:500-3.
- Fredriksson A, Pontén E, Gordh T, Eriksson P. Neonatal exposure to a combination of N-methyl-D-aspartate and gamma-aminobutyric acid type A receptor anesthetic agents potentiates apoptotic neurodegeneration and persistent behavioral deficits. *Anesthesiology* 2007;107:427-36.
- Nikizad H, Yon JH, Carter LB, Jevtovic-Todorovic V. Early exposure to general anesthesia causes significant neuronal deletion in the developing rat brain. *Ann N Y Acad Sci* 2007;1122:69-82.
- Wilder RT, Flick RP, Sprung J, Katusic SK, Barbaresi WJ, Mickelson C, Gleich SJ, Schroeder DR, Weaver AL, Warner DO. Early exposure to anesthesia and learning disabilities in a population-based birth cohort. *Anesthesiology* 2009; 110:796-804.
- Spence AA. Environmental pollution by inhalation anaesthetics. *Br J Anaesth* 1987;59:96-103.
- ACOG Committee on Obstetric Practice. ACOG Committee Opinion Number 284, August 2003: Nonobstetric surgery in pregnancy. *Obstet Gynecol* 2003;102:431.
- Immer-Bansi A, Immer FF, Henle S, Spörri S, Petersen-Felix S. Unnecessary emergency Caesarean section due to silent CTG during anaesthesia? *Br J Anaesth* 2001;87:791-3.
- Guidelines Committee of the Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons, Yumi H. Guidelines for diagnosis, treatment, and use of laparoscopy for surgical problems during pregnancy. *Surg Endosc* 2008;22:849-61.

Korrespondenz- adresse



**Prof. Dr. med.
Dorothee Bremerich**

Abteilung für Anästhesie und
operative Intensivmedizin
St. Vincenz Krankenhaus Limburg
Auf dem Schafsberg
65549 Limburg, Deutschland

Tel.: 06431 292-4501

Fax: 06431 292-4516

E-Mail: d.bremerich@st-vincenz.de

Erstversorgung des Neugeborenen – was muss der Anästhesist wissen?

M. Hoppenz



Nach den Beschlüssen des Gemeinsamen Bundesausschusses sollen Risikogeburten grundsätzlich in geburtshilflichen Abteilungen mit angeschlossener Kinderklinik bzw. durchgehender Präsenz eines Kinderarztes durchgeführt werden. Ein Großteil der Nicht-Risikogeburten sowie diejenigen Risikogeburten, bei denen eine pränatale Verlegung in ein Perinatalzentrum nicht mehr möglich ist, finden jedoch in geburtshilflichen Abteilungen statt, in denen kein Kinderarzt kontinuierlich zur Verfügung steht. Bei drohenden bzw. bereits eingetretenen kindlichen Komplikationen wird darum der Anästhesist vor Ort für die Versorgung des Neugeborenen hinzugezogen.

Der folgende Artikel soll einen Überblick darüber verschaffen, welche Kenntnisse und praktischen Fähigkeiten hierfür erforderlich sind.

Normale neonatale Adaptation

Der Fetalkreislauf ist gekennzeichnet durch drei arteriovenöse Shunts (Ductus venosus, Foramen ovale, Ductus arteriosus Botalli). Intrauterin liegt die Sauerstoffsättigung des Feten bei 60-70 %, der Sauerstoffpartialdruck liegt zwischen 27 und 35 mmHg.

Die ersten Atemzüge führen zur Etablierung der funktionellen Residualkapazität der Lunge. Der Sauerstoffpartialdruck im Blut steigt auf Werte zwischen 70 und 100 mmHg an. Es folgt eine Erweiterung der Pulmonalarterien, im Bereich des

Ductus arteriosus kommt es zur Shuntumkehr mit Überwiegen eines Links-Rechts-Shunt und zum funktionellen Verschluss des Foramen ovale.

Diese Kreislaufumstellung erfolgt nicht plötzlich, sondern allmählich im Rahmen der ersten 10 Lebensminuten. So liegt die mittlere Sättigung des Neugeborenen fünf Minuten nach Spontangeburt bei 87 %, nach Entbindung per Sectio caesarea bei 81 %.

Im Mittel wird eine Sauerstoffsättigung über 90 % erst nach acht Lebensminuten erreicht [1]. Hieraus ergibt sich, dass eine Zyanose unmittelbar nach der Geburt als physiologisch anzusehen ist („All newborns are cyanotic at birth“). Für die Beurteilung der Adaptation des Neugeborenen während der ersten zehn Lebensminuten wird der Apgar-Score erhoben [2,3].

Erhebung anamnestischer Risiken vor Geburt

Der Erstversorgende sollte über Risiken informiert sein, die eine gestörte postnatale Adaptation erwarten lassen, um ggf. entsprechende Vorbereitungen treffen zu können. Hierzu zählen:

- **Sectio/Vaginalentbindung?**
(Höheres Risiko für Atemstörung nach Sectio caesarea)
- **Gestationsalter?**
Frühgeburtlichkeit mit entsprechenden Problemen wie Atemnotsyndrom oder Auskühlung. Übertragung

(>41 SSW) mit erhöhtem Risiko für Mekoniumaspiration

- **Pathologisches CTG? Schwierige Entwicklung? Nabelarterien-pH?**
Erhöhtes Asphyxierisiko
- **Vaginale Blutung der Mutter?**
Asphyxierisiko, hämorrhagischer Schock
- **Narkose der Mutter?**
Kindliche Atemdepression.

Vermeidung von Hypothermie

Eine Hypothermie des Neugeborenen, klinisch erkennbar an einer Akrozyanose, Lethargie, Bradycardie und Apnoe-neigung, insbesondere ein Absinken der Körpertemperatur unter 36° C sollte vermieden werden. Es drohen Hypoglykämie, Azidose, Atemnotsyndrom und Hypoxämie. Dies gilt in besonderem Maße für Frühgeborene.

Ursachen für eine gestörte neonatale Adaptation

- Perinatale Azidose (Schulterdystokie, Nabelschnurkomplikationen, Plazentalösung)
- Mekoniumaspiration
- Transitorische Tachypnoe
- Atemnotsyndrom (RDS)
- Konnatale Pneumonie
- kardiale/pulmonale Fehlbildungen

Folgestände:

- Pneumothorax
- Persistierende pulmonale Hypertension des Neugeborenen (PPHN)

Transitorische Tachypnoe des Neugeborenen (TTN)

Synonym wird auch der Begriff Flüssigkeitslunge verwendet. Es handelt sich um eine selbstlimitierende Atemstörung mit Tachypnoe, Nasenflügeln, Stöhnatmung, jugulären und thorakalen Einziehungen sowie Zyanose.

Unter der Geburt kommt es zur Adrenalinausschüttung, welche eine Aktivierung von Natriumkanälen bewirkt, die einen Flüssigkeitstransport aus dem Alveolarraum in die Alveolarzellen bewirkt. Eine verminderte Adrenalinausschüttung unter der Geburt (z.B. nach Entbindung per Sectio) kann diesen Flüssigkeitstransport verzögern.

Der zusätzliche Sauerstoffbedarf liegt unter 40 %, in der Regel sind die Symptome nach 12-24 h verschwunden. Radiologisch zeigt sich eine perihiläre und interlobäre Zeichnungvermehrung.

Therapeutisch ist meist die Gabe von zusätzlichem Sauerstoff und ggf. die Applikation eines CPAP über Maske oder nasopharyngealen Tubus mit einem Druck von 5-7 cm H₂O ausreichend.

Atemnotsyndrom

Beim primären Atemnotsyndrom handelt es sich um die Folge eines unreifebedingten Surfactantmangels.

Der Beginn der fetalen Lungenreifung mit der Bildung von Surfactant erfolgt in der 24.-25. Schwangerschaftswoche (SSW). Umstritten ist, wann die Lungenreifung abgeschlossen ist. Die Annahmen schwanken zwischen 34 und 38 SSW, es ist von interindividuellen Unterschieden auszugehen. Eine zusätzliche Anregung der Surfactantproduktion findet durch Adrenalinausschüttung unter der Geburt statt. Es ist demnach plausibel, dass nicht nur bei Frühgeborenen, sondern gerade nach einer Entbindung per Sectio caesarea auch nach 37 SSW ein Atemnotsyndrom die postnatale Adaptation erschweren kann.

Sekundär kann ein Atemnotsyndrom durch Surfactantinaktivierung im Rahmen einer Hypoxie, Infektion oder Aspiration (Blut, Mekonium) entstehen.

Klinisch ist ein Atemnotsyndrom nicht von einer transitorischen Tachypnoe zu unterscheiden, radiologisch zeigt sich eine bis in die Lungenperipherie reichende relativ homogene Zeichnungvermehrung.

Therapeutisch ist neben der ggf. erforderlichen zusätzlichen Sauerstoffgabe die Anlage eines CPAP von vorrangiger Bedeutung. Hervorzuheben ist, dass der CPAP möglichst nicht unterbrochen werden soll, um die Neubildung von Dystelektasen zu verhindern. In schwereren Fällen sind aber eine Intubation und ggf. die intratracheale Applikation von Surfactant durch den Neonatologen notwendig.

Mekoniumaspirationssyndrom

Definition: Deutlich deprimiertes instabiles NG, bei dem bei der Laryngoskopie zähes, mekoniumhaltiges Fruchtwasser hinter den Stimmlippen sichtbar ist und eine Aspiration von mekoniumhaltigem Fruchtwasser stattgefunden hat.

Die Mekoniumaspiration führt neben der Verlegung der Atemwege zur Inaktivierung von Surfactant. Typisch ist das gleichzeitige Vorliegen von Atelektasen und deutlich überblähten Lungenarealen, die Gefahr eines Pneumothorax ist drastisch erhöht.

Ein routinemäßiges intrapartales oropharyngeales oder nasopharyngeales Absaugen bei mekoniumhaltigem Fruchtwasser wird nicht mehr empfohlen [4]. Falls das Kind vital und spontanatmend ist, ist eine laryngoskopische Einstellung entbehrlich und das Kind kann beobachtet werden.

Falls das Kind jedoch deprimiert und ohne Spontanatmung ist, soll keine Stimulation oder Maskenbeatmung erfolgen, sondern umgehend mit einem grosslumigen Katheter das Mekonium aus Mund und Rachen abgesaugt werden. Es erfolgt die tracheale Intubation und tracheales Absaugen. Mit Hilfe eines Mekoniumaspirators (Adapter zwischen Absaugung und Tubus) kann der Trachealtubus selbst als Absaugkatheter benutzt werden, muss dabei aber ent-

fernt werden. Nach Reintubation soll erst dann eine Beatmung durchgeführt werden.

Die weitere neonatologische Versorgung beinhaltet die Applikation von Surfactant intratracheal [5]. Eine Spülung mit reiner Kochsalzlösung ist obsolet, da es hierdurch zu einem weiteren Ausspülen von Surfactant kommt. Eine Spülung mit verdünntem Surfactant (1:10 in Kochsalz) ist umstritten. Gegner dieser Methode führen an, dass es hierdurch zur Hypoxämie mit weiterer Erhöhung des ohnehin großen Risikos für die Entwicklung PPHN kommen kann.

Pneumothorax

Die Häufigkeit eines Pneumothorax wird mit 1-2 % aller Neugeborenen angegeben. Er entsteht in der Regel als Komplikation einer vorbestehenden Atemstörung (TTN, Atemnotsyndrom, Aspiration, Lungenfehlbildungen, Pneumonie) bzw. als Behandlungskomplikation nach Reanimation, maschineller Beatmung und endotrachealem Absaugen. Die auskultatorische Diagnose ist beim Neugeborenen unzuverlässig. Bei jeder ineffektiven Reanimation muss an einen Pneumothorax gedacht werden.

Bei nicht auszuschließendem Verdacht ist eine Probepunktion der Pleura (Abocath 18G, 4.-6. ICR in der vorderen Axillarlinie) vorzunehmen. Über einen Dreiwegehahn kann Luft abgezogen werden, im Anschluss daran erfolgt ggf. die Anlage einer Thoraxdrainage.

Zwerchfellhernie

Mit zunehmender Qualität der pränatalen Ultraschalldiagnostik ist die Diagnose in der Regel pränatal gestellt und die Entbindung kann in einem spezialisierten Perinatalzentrum stattfinden. Dennoch ist bei ineffektiver Reanimation das Vorliegen einer nicht vorbekannten Zwerchfellhernie zu erwägen.

Die Prinzipien der Erstversorgung beinhalten den Verzicht auf eine Maskenbeatmung und die sofortige tracheale Intubation. Da regelhaft eine Lungenhypoplasie besteht, ist das Risiko für die

Entwicklung eines Pneumothorax hoch. Eine umgehende Verlegung in ein spezialisiertes Zentrum ist erforderlich.

Besonderheiten der Reanimation des Neugeborenen

Die Reanimation des Neugeborenen orientiert sich an den ILCOR-Leitlinien von 2005 [6]. Folgende Besonderheiten sind hervorzuheben:

Beatmung

Eine wirksame Maskenbeatmung alleine ist für die erfolgreiche Erstversorgung eines Neugeborenen fast immer ausreichend! Voraussetzung ist die Verwendung einer Maske und eines Beatmungsbeutels in geeigneter Größe. Besondere Beachtung verdient dabei die korrekte Kopfposition: Der Kopf soll in der sog. „Schnüffelstellung“, d.h. leicht extendiert gelagert werden. Eine Überstreckung des Kopfes führt infolge der besonderen anatomischen Verhältnisse zur Verlegung des Larynxeinganges. Ein Beatmungsdruck von ca. 20 cm H₂O ist meist ausreichend, die Beatmungsfrequenz sollte 40-60/min betragen.

Eine Intubation ist nur selten erforderlich. Indikationen stellen eine ineffektive Maskenbeatmung, ein Mekoniumaspirationssyndrom, die kardiopulmonale Reanimation mit Herzdruckmassage, eine Zwerchfellhernie sowie die Notwendigkeit der intratrachealen Applikation von Surfactant dar.

Sauerstoff

Während in den Leitlinien aus dem Jahre 1992 noch die Verwendung von 100 % Sauerstoff im Rahmen der Neugeborenenreanimation empfohlen wurde, gibt es inzwischen zunehmende Evidenz dafür, dass ein Beginn der Reanimation mit 21 % Sauerstoff nicht nur ebenso effektiv ist, sondern die Mortalität signifikant vermindern kann [7]. Die Reanimationsleitlinien von 2005 legen daher die zu verwendende Sauerstoffkonzentration bei Beginn der Reanimation nicht mehr fest [6]. Es erscheint sinnvoll, zunächst mit 21 % zu beginnen und dann die Sauerstoffzufuhr über die gemessene Sauerstoffsättigung zu steuern.

Herzdruckmassage

Die Indikation für eine Herzdruckmassage stellt eine Herzfrequenz unter 60/min trotz adäquater Beatmung über 30 Sekunden dar. Sie erfolgt durch die 2-Daumenmethode, Druckpunkt ist das untere Sternumdrittel. Die Kompressionstiefe soll 1/3 des Thoraxdurchmessers betragen, die Frequenz 90/min, d.h. 3:1 im Verhältnis zur Ventilation.

Gefäßzugang

Die Indikation für einen Gefäßzugang besteht in der Notwendigkeit intravenöser Medikamentengaben (z.B. Adrenalin) bzw. Volumengaben. Ein Gefäßzugang kann einfach über die Nabelvene erfolgen. Bei akutem hämorrhagischem Schock infolge einer vorzeitigen Plazentalösung kann hierüber die Transfusion eines Notfallerythrozytenkonzentrates erfolgen.

Alternativ ist auch beim Neugeborenen ein intraossärer Zugang möglich.

Medikamente

In der Regel ist die Gabe von Medikamenten im Rahmen der Erstversorgung nicht indiziert. Suprarenin findet Verwendung, wenn trotz adäquater Ventilation und Herzdruckmassage eine Bradykardie mit einer Herzfrequenz unter 60/min fortbesteht. Die Dosierung liegt bei 0,01-0,03 mg/kg KG i.v. bzw. intraossär. Höhere Dosen bieten keinen Vorteil, sondern verschlechtern die myokardiale Funktion und das neurologische Outcome. Die Wirksamkeit intratrachealer Suprareningaben ist nicht erwiesen und sollte unterbleiben.

Der Nutzen von Natriumbikarbonat im Rahmen der Reanimation ist nicht erwiesen und die Gabe ebenso wie die Verabreichung von Opiatantagonisten oder Vasopressoren nur sehr selten indiziert.

Literatur:

- Rabi Y, Yee W, Chen SY, Singhal N. Oxygen saturation trends immediately after birth. *J Pediatr* 2006;480:590-594.
- Apgar V. A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. *Curr Res Anesth Analg* 1953;32:260-267.
- Casey BM, McIntire DD, Leveno KJ. The continuing value of the Apgarscore for the assessment of newborn infants. *NEJM* 2001;344:467-471.
- Halliday HK, Sweet D. Endotracheal intubation at birth for preventing morbidity and mortality in vigorous, meconium-stained infants born at term. *Cochrane Database* CD000500.
- El Shahed AI, Dargaville P, Ohlsson A, Soll RF. Surfactant for meconium aspiration syndrome in full term/near term infants. *Cochrane Database* CD004341.
- International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) Part 7: Neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2005;6:293-303.
- Saugstad OD. Optimal Oxygenation at Birth and in the Neonatal Period. *Neonatology* 2007;91:319-322.

Korrespondenzadresse



Dr. med.
Marc Hoppenz

Kinder- und Jugendmedizin
Kinderkrankenhaus Amsterdamer
Straße
Amsterdamer Straße 59
50735 Köln, Deutschland
E-Mail: hoppenzm@kliniken-koeln.de

Schädigen Anästhetika das Gehirn des Neugeborenen?

G. Schneider



Weltweit werden jährlich Millionen kleiner Kinder anästhesiert, um an ihnen operative Eingriffe oder diagnostische Maßnahmen durchzuführen. Dies geschieht mit einer breiten Palette von Medikamenten und – dank der Fortschritte moderner Kinderanästhesie – mit großer Sicherheit. Während der letzten zehn Jahre mehren sich jedoch Zweifel, ob die Durchführung einer Allgemeinanästhesie bei Kleinkindern wirklich unbedenklich ist.

Da die postoperativen psychischen Störungen bei Kleinkindern unter 2 Jahren bisher zumindest zum Teil der Trennung von der Familie zugeschrieben wurden, ging man bisher ironischerweise davon aus, es sei am besten, operative Eingriffe unmittelbar nach Geburt durchzuführen, noch bevor eine Bindung an Familienmitglieder und emotionale Anknüpfung an die Umgebung ausgeprägt sind. Tragischerweise ist ausgerechnet dies die Phase, in denen die neurotoxische Wirkung auf das Gehirn am stärksten sein dürfte. Diese Annahme beruht auf tierexperimentellen Arbeiten, in denen für zahlreiche Anästhetika eine apoptotische Wirkung nachgewiesen wurde – sie induzieren programmierten Zelltod. Die Übertragbarkeit dieser tierexperimentellen Daten mag eingeschränkt sein, sie können jedoch nicht einfach ignoriert werden.

Deshalb sollen im Folgenden physiologischen Grundlagen, experimentelle sowie klinische Befunde über mögliche neuronale Zellschädigung durch die

Anwendung von Anästhetika beim Neugeborenen und Kleinkind kritisch beleuchtet werden.

Neuronale Entwicklung

Die Entwicklung des Gehirns ist durch neuronale Vernetzung und Ausbildung von Synapsen gekennzeichnet, die bis ins zweite Lebensjahr hinein besonders ausgeprägt ist. Apoptose, der programmierte Zelltod, ist ein Charakteristikum der normalen Entwicklung des zentralen Nervensystems. An Knockout-Mäusen, bei denen unterschiedliche Schritte der apoptotischen Kaskade blockiert waren, ließ sich nachweisen, dass Apoptose einen lebenswichtigen Faktor der neuronalen Entwicklung darstellt. Die Blockade der apoptotischen Kaskade im Rahmen der neuronalen Entwicklung führte zu schweren Defekten, die mit dem Leben nicht vereinbar waren. Zusätzlich wurde gezeigt, dass Knockout-Experimente, die antiapoptotische Gene auslöschten, zu schweren neurologischen Defiziten bei Mäusen führen und in vielen Fällen den intrauterinen Tod oder das Sterben des Neugeborenen nach sich zogen.

Mechanismen neuronaler Schädigung: Alkohol- und Anästhetika-getriggerte Apoptose von Nervenzellen

Neuronale Apoptose kann insbesondere beim unreifen Gehirn des Säugetieres während der Phase schnellen Wach-

tums ausgelöst werden. Dies geschieht sowohl durch Substanzen, die das glutamaterge System blockieren (NMDA-Antagonisten), als auch durch Substanzen, die GABA-Rezeptoren aktivieren: Anästhetika (Ketamin, Lachgas, Isofluran, Propofol, Halothan), Antikonvulsiva (Benzodiazepine, Barbiturate) sowie Alkohol und Drogen. Alkohol, der sowohl als NMDA-Antagonist als auch als GABA-Agonist wirkt, ist ein potenter Trigger ausgedehnter apoptotischer neuronaler Schädigung in der vulnerablen Phase der ZNS-Reifung. So erklärt mütterlicher Alkoholkonsum im letzten Trimester der Schwangerschaft die neuropathologischen Veränderungen des fetalen Gehirns und das klinische Bild des fötalen Alkoholsyndroms. Insbesondere der gemeinsame Wirkmechanismus von Alkohol und Anästhetika auf Rezeptorebene ist Grund zur Besorgnis.

Anästhetika-induzierter Zelltod ist apoptotisch und beinhaltet mehrere Wege der Kaspase-Aktivierung, die letztlich in massiver DNA-Fragmentierung münden. Durch Translokation des BAX-Proteins zur Mitochondrienmembran kommt es zu einer Störung der Membranpermeabilität. Cytochrom C tritt aus dem Mitochondrium aus, dies führt zu einer Reihe intrazellulärer Veränderungen, die letztlich Kaspase 3 aktivieren. Die Effektor-kaspasen, vornehmlich Kaspase 3 und 7, führen dann zum apoptotischen Zelltod. Sie sind selbst aktiv am Abbau der Zellmembran und von Teilen des Zytoskelettes beteiligt. Zusätzlich aktivieren sie sekundäre Zielproteine durch

limitierte Proteolyse. Letztlich schnürt sich die Zelle nach und nach in kleinen Vesikeln ab, die wiederum durch Phagozyten aufgenommen werden [1]. Sowohl der intrinsische (Mitochondrien-abhängige) als auch der extrinsische („Todesrezeptor“-abhängige) Pfad wird durch Allgemeinanästhesie aktiviert [2-3].

Tierexperimentelle Befunde

Seit mehr als 10 Jahren weisen tierexperimentelle Befunde darauf hin, dass Anästhetika apoptotische Neurodegeneration induzieren. 1999 wurde eine Untersuchung an Ratten publiziert, bei denen der im späten fetalen oder früheren neonatalen Stadium hypersensitive NMDA-Rezeptor blockiert wurde. In der histopathologischen Untersuchung des Kortex zeigte sich, dass durch die Blockade der NMDA-Rezeptoren apoptotische Neurodegeneration induziert worden war [4]. An neugeborenen Ratten zeigten sich sowohl ausgeprägte Neurodegeneration als auch bleibende Lerndefizite, nachdem Anästhesie mit Midazolam, Lachgas und Isofluran durchgeführt worden war. In der 2003 publizierten Studie erfolgte eine Nachuntersuchung in 3 Gruppen [5]: histopathologische Aufarbeitung, Durchführung von Verhaltenstests sowie Untersuchung hippocampaler Hirnschnitte zur Untersuchung von LTP (long-term potentiation). Apoptotischer Zelluntergang zeigte sich sowohl bei entsprechender Zellanfärbung als auch durch Nachweis aktivierter Kaspase 3. Betroffen waren insbesondere Cortex (Cingulus posterior), Cubiculum, Thalamus, Hippocampus und parietaler Cortex. Im Verhaltenstest zeigten die Tiere langsames Lernen im Water-Maze Test, dies entspricht schlechterem räumlichem Lernen. Diese Effekte waren bei den Tieren selbst noch im Erwachsenenalter nachweisbar. Weiterhin zeigte sich in der elektrophysiologischen Untersuchung hippocampaler Hirnschnitte eine Beeinträchtigung der Long-Term-Potentiation. Dies verweist auf die pathophysiologischen Mechanismen kognitiver Beeinträchtigung, nämlich einer Störung synaptischer Mechanismen des Lernens im Hippocampus.

In zahlreichen weiteren Untersuchungen an Säugetieren ließen sich inzwischen entsprechende Veränderungen nachweisen. Eine umfassende Übersicht wurde 2008 in „Anesthesia & Analgesia“ publiziert [6]. Einzelne Spezies reagierten unterschiedlich. Bei Maus und Ratte waren neurodegenerative Veränderungen deutlich nachweisbar, auch bei Rhesusaffen zeigten sich entsprechende Befunde. Widersprüchliche Ergebnisse ergaben sich bei der Untersuchung von Schweinen und Schafen. Tierexperimentelle Befunde sind jedoch mit Vorsicht zu interpretieren. Zum einen muss unterschieden werden, ob die beobachteten Veränderungen wirklich durch Anästhetika, und nicht durch Hypoxie induziert sind. In den meisten Fällen ist dies dadurch belegbar, dass der beobachtete Zellschaden apoptotisch, nicht hypoxisch ist. Ein weiteres Problem der Übertragbarkeit der Befunde stellt die Expositionsdauer der Anästhetika-Gabe dar. In der Dauer neuronaler Entwicklung existieren klare Unterschiede zwischen den Spezies. Bei der Ratte ist die neuronale Ausdifferenzierung innerhalb von 2 Wochen abgeschlossen, während sie beim Menschen von der 25. Woche bis 6. Lebensjahr andauert. Ausgehend von diesem Unterschied könnte es sinnvoll sein, die Expositionsdauer anteilig auf die Dauer der neuronalen Entwicklung zu betrachten. Hierbei entspräche eine 6-stündige Exposition bei der Ratte einer Gabe von mehr als einem Monat beim Menschen.

Klinische Untersuchungen

Trotz tierexperimenteller Befunde bleibt es schwierig, die Ergebnisse auf Menschen zu übertragen. Dies liegt zum einen an methodischen Problemen. Verständlicherweise ist die Durchführung von doppelblinden randomisierten Studien nicht möglich. Die isolierte Durchführung einer Anästhesie dürfte auch die Ausnahme sein und findet allenfalls zu Zwecken der diagnostischen Bildgebung (Kernspintomographie, Computertomographie) – d.h. bei bestehender Grunderkrankung – statt. Deshalb stützt sich ein Großteil der Erkenntnisse, die am

Menschen gewonnen wurden, auf Fallberichte und Kohortenstudien. Hier finden sich jedoch teilweise Ergebnisse, die für eine Beeinträchtigung durch Anästhesie im fetalen Stadium und neugeborenen Alter sprechen.

In einer Fallkontrollstudie an 172 Patienten, die als Föten der Wirkung von Barbituraten ausgesetzt waren, zeigte sich ein größerer Bedarf an sonderpädagogischen Maßnahmen: Lernschwierigkeiten waren zu beobachten und der Intelligenzquotient war niedriger. Weiterhin zeigte sich in einigen Untersuchungen auch noch im Erwachsenenalter verminderte Aufmerksamkeit. Nicht nachgewiesen werden konnten Unterschiede im Gedächtnis [7]. In einer Metaanalyse prospektiver Studien, die alle in einem Zentrum durchgeführt worden waren, untersuchten Kain et al. 791 Patienten, die Sevofluran-Anästhesie erhalten hatten [8]. Jüngere Kinder und Kinder, deren Eltern ängstlicher bei Einleitung waren, zeigten vermehrt auffälliges Verhalten.

In einer retrospektiven Kohortenstudie an 5.357 Kindern zeigten Wilder et al., dass eine einzelne Allgemeinanästhesie das Risiko für Lernschwäche nicht signifikant erhöhte [9]. Allerdings zeigten Kinder, die zwei oder mehr Allgemeinanästhesien erhalten hatten, ein erhöhtes Risiko für Lernschwäche. Darüber hinaus stieg das Risiko mit Anstieg der kumulativen Dauer der Anästhesie.

DiMagio et al. untersuchten 93.317 Patienten mit Focus auf Lernschwäche [10]. Auch hier zeigte sich, dass Kinder, die im Alter von weniger als 3 Jahren anästhesiert worden waren, im Vergleich zu Kindern ohne Narkose vermehrt Medicaid-Unterstützung für die Therapie von Lernstörungen in Anspruch nahmen. Kalkman und Kollegen untersuchten in einer retrospektiven Pilotstudie, welche Fallzahl nötig wäre, um den Einfluss des Alters zum Zeitpunkt der ersten Anästhetikaexposition auf Störungen neuronaler Entwicklung und Verhaltens zu analysieren [11]. Die Gruppe untersuchte 314 Kinder, die sich urologischen und pädiatrischen Eingriffen unterziehen mussten. Unter den 243 beantworteten Fragebogen zeigte der Gesamtscore An-

derungen bei 23 % (41) der Kinder, die unter 24 Monaten die erste Anästhesie erhalten hatten, während dies nur bei 20 % (13) der Kinder der Fall war, die älter als 24 Monate waren. Die Odds Ratio für ein abweichendes kindliches Verhalten stieg mit niedrigerem Alter zum Zeitpunkt des chirurgischen Eingriffs an, allerdings bei sehr breiten Konfidenzintervallen. Die adjustierte Odds Ratio betrug 1,38 bei Kindern, die im Alter unter 6 Monaten operiert wurden, 1,19 im Alter zwischen 6 und 12 Monaten und 1,20 im Alter zwischen 12 und 24 Monaten – jeweils verglichen mit Kindern, die im Alter über 24 Monaten operiert wurden. Allerdings stellten Kaltman und Kollegen fest, dass eine adäquate Fallzahl für eine Kohortenstudie bei 2.268 Kindern läge.

Nach wie vor bleibt die Frage ungeklärt, ob die gezeigten oder vermuteten klinischen Symptome wirklich Folge der Anästhetika-Wirkung oder vielmehr Folge des operativen Eingriffs sind. Dies wird sich allerdings in Patientenstudien kaum klären lassen, da weder operativer Eingriff noch Allgemeinanästhesie voneinander getrennt bei Neugeborenen oder Kindern durchgeführt werden.

An eineiigen Zwillingen wurde retrospektiv ein möglicher Zusammenhang zwischen Verabreichung von Anästhetika und kognitiver Beeinträchtigung untersucht [12]. Die Untersuchung wurde in den Altersgruppen bis zu 3 Jahren und von 3-12 Jahren durchgeführt. Zwillinge, die im Alter unter 3 anästhesiert und operiert worden waren, erreichten signifikant niedrigere Bildung und wiesen signifikant mehr kognitive Probleme auf als Zwillinge, die im Alter unter 3 Jahren mit Anästhesie nicht in Kontakt kamen. Interessanterweise unterschied sich jedoch der Zwilling, der sich einem operativen Eingriff unter Allgemeinanästhesie unterziehen musste, nicht von seinem Geschwister, das sich keinem operativen Eingriffe unterziehen musste. Die zugrunde liegende genetische Veranlagung des Individuums für eine Lernschwäche sei am wahrscheinlichsten mit der Ursache korreliert, die bei einem Geschwister des Zwillingspärchens den chirurgischen Eingriff unter Allgemeinanästhesie nötig

gemacht hatte. Dies dürfte unabhängig davon sein, ob Anästhesie nun beim Individuum verabreicht worden war oder nicht. Auch diese Studie weist einige Limitationen auf, insbesondere gibt es keine detaillierten Beschreibungen der eingesetzten Medikamente sowie keine Altersgruppe von Patienten, die sich im Alter von weniger als 18 Monaten einem operativen Eingriff unterziehen mussten. Dies berücksichtigt nicht adäquat, dass der Hauptteil der Synaptogenese innerhalb der ersten 18 Lebensmonate stattfindet. Letztlich zeigt diese klinische Untersuchung, dass kausaler Zusammenhang zwischen Anästhetikaverabreichung und klinischer Symptomatik nur schwer herzustellen ist, insbesondere auch nicht losgelöst von Co-Faktoren betrachtet werden kann.

Die Victorian Infant Collaboratory Study Group untersuchte den Einfluss von Anästhesie auf Frühgeborene [13], die unter 27 Wochen und mit weniger als 1.000 Gramm Geburtsgewicht zur Welt gekommen waren und 5 Jahre überlebten. 54 dieser 221 Frühgeborenen mussten sich einem chirurgischen Eingriff unterziehen. Nach 5 Jahren zeigten sich deutliche sensorineuronale Defizite. 13 % der Patienten waren schwerbehindert, 15 % moderat behindert, 23 % leicht behindert und 49 % nicht behindert. Diese Studie mag zwar auch auf einen Einfluss von Anästhesie in dieser früheren Entwicklungsphase hinweisen, untersuchte jedoch eine extreme Patientengruppe.

Schlussfolgerungen

In ihrer Zusammenschau weisen die experimentellen und klinischen Ergebnisse darauf hin, dass sowohl Alkohol als auch Barbiturate, Benzodiazepine und Anästhetika neuronale Schäden hervorrufen können. Die Mechanismen dieser neuronalen Schädigungen sind in Tiermodell zumindest teilweise nachgewiesen, die Dosis-Wirkungs-Beziehung ist jedoch unklar. Die Vielzahl der auslösenden Medikamente sowie die letztlich noch nicht vollständig geklärten Mechanismen in der Induktion neuronalen

Zelltodes durch Anästhetika sind Gegenstand intensiver Forschung. Die FDA hat im März 2007 mit dem Anesthesia Advisory Committee ein entsprechendes Gremium ins Leben gerufen. Dies kam 2008 einstimmig zu dem Schluss, dass derzeit die Datenlage nicht ausreicht, die Ergebnisse der Tierversuche auf den Menschen zu übertragen. Patientendaten sind kaum vorhanden.

Allerdings stellt die Anästhesie, insbesondere bei diesen jungen Patienten, keinen Selbstzweck dar, sondern dient dem Schutz vor chirurgischem Trauma und Traumatisierung. Aus theoretischen Überlegungen sollte davon ausgegangen werden, dass chirurgische Eingriffe unter Allgemeinanästhesie, die sich auf ein Alter über 18 Monate verschieben lassen, auch erst dann operiert werden sollen. Diese Empfehlung beruht jedoch ausschließlich auf experimentellen Befunden und grundlegenden physiologischen Überlegungen. Patientendaten, die sie wirklich unterfüttern würden, sind derzeit nicht vorhanden.

Literatur

1. Olney JW, Young C, Wozniak DF, Ikonomidou C, Jevtovic-Todorovic V. Anesthesia-induced developmental neuroapoptosis. Does it happen in humans? *Anesthesiology* 2004;101:273-5.
2. Lu LX, Yon JH, Carter LB, Jevtovic-Todorovic V. General anesthesia activates BDNF-dependent neuroapoptosis in the developing rat brain. *Apoptosis* 2006; 11:1603-15.
3. Yon JH, Carter LB, Reiter RJ, Jevtovic-Todorovic V. Melatonin reduces the severity of anesthesia-induced apoptotic neurodegeneration in the developing rat brain. *Neurobiol Dis* 2006;21:522-30.
4. Ikonomidou C, Bosch F, Miksa M, Bittigau P, Vockler J, Dikranian K, Tenkova TI, Stefovskva V, Turski L, Olney JW. Blockade of NMDA receptors and apoptotic neurodegeneration in the developing brain. *Science* 1999;283:70-4.
5. Jevtovic-Todorovic V, Hartman RE, Izumi Y, Benshoff ND, Dikranian K, Zorumski CF, Olney JW, Wozniak DF. Early exposure to common anesthetic agents causes widespread neurodegeneration in the developing rat brain and persistent learning deficits. *J Neurosci* 2003;23:876-82.

6. Loepke AW, Soriano SG. An assessment of the effects of general anesthetics on developing brain structure and neurocognitive function. *Anesth Analg* 2008; 106:1681-707.
7. Dessens AB, Cohen-Kettenis PT, Mellenbergh GJ, Koppe JG, van De Poll NE, Boer K. Association of prenatal phenobarbital and phenytoin exposure with small head size at birth and with learning problems. *Acta Paediatr* 2000; 89:533-41.
8. Kain ZN, Caldwell-Andrews AA, Maranets I, McClain B, Gaal D, Mayes LC, Feng R, Zhang H. Preoperative anxiety and emergence delirium and postoperative maladaptive behaviors. *Anesth Analg* 2004;99:1648-54.
9. Wilder RT, Flick RP, Sprung J, Katusic SK, Barbaresi WJ, Mickelson C, Gleich SJ, Schroeder DR, Weaver AL, Warner DO. Early exposure to anesthesia and learning disabilities in a population-based birth cohort. *Anesthesiology* 2009; 110:796-804.
10. DiMaggio C, Sun LS, Kakavouli A, Byrne MW, Li G. A retrospective cohort study of the association of anesthesia and hernia repair surgery with behavioral and developmental disorders in young children. *J Neurosurg Anesthesiol* 2009; 21:286-91.
11. Kalkman CJ, Peelen L, Moons KG, Veenhuizen M, Bruens M, Sinnema G, de Jong TP. Behavior and development in children and age at the time of first anesthetic exposure. *Anesthesiology* 2009;110:805-12.
12. Bartels M, Althoff RR, Boomsma DI. Anesthesia and cognitive performance in children: no evidence for a causal relationship. *Twin Res Hum Genet* 2009; 12:246-53.
13. The Victorian Infant Collaborative Study Group. Surgery and the tiny baby: sensorineural outcome at 5 years of age. *J Paediatr Child Health* 1996;32:167-72.

Korrespondenz- adresse



**Prof. Dr. med.
Gerhard Schneider**

Zentrum für Anästhesie, Notfall-
medizin und Schmerztherapie
Helios Klinikum Wuppertal
Heusenerstraße 40
42283 Wuppertal, Deutschland

Tel.: 0202 896-1641

Fax: 0202 896-1642

E-Mail:

gerhard.schneider@helios-kliniken.de



Einleitung

In Deutschland werden jedes Jahr etwa 6.000 Kinder mit angeborenen Herzfehlern (AHF) geboren. Diese Zahl ist unabhängig von der immer besser werdenden Pränataldiagnostik sehr konstant. Der Trend der letzten Jahre hat gezeigt, dass diese Patienten immer jünger der korrekativen oder palliativen Versorgung zugeführt werden. Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist, dass im Jahr 2006 erstmalig mehr kurativ oder palliativ versorgte Patienten leben, als Neuerkrankungen auftreten. Viele der operativ versorgten Patienten erreichen nun das Erwachsenenalter [1]. Das bedeutet, dass eine zunehmende Wahrscheinlichkeit besteht, dass sich auch in nicht spezialisierten Krankenhäusern jederzeit ein bereits operativ versorgter Patient mit AHF vorstellen kann. Die Daten der „POCA Studie“ zeigten, dass ein narkosebedingter Herzstillstand häufiger bei Kindern mit AHF auftreten kann [2]. Eine Studie der Mayo Clinic konnte belegen, dass die anästhesiebedingten Komplikationsraten bei Patienten mit AHF für nicht-herzchirurgische Eingriffe niedrig sind [3]. Auch der nicht im täglichen Umgang geübte Anästhesiologe kann diese Patienten sicher und erfolgreich betreuen, wenn weitergehende Kenntnisse des zugrundeliegenden Herzfehlers und der damit verbundenen Pathophysiologie bekannt sind [4]. Im Folgenden soll auf einige dieser Aspekte näher eingegangen werden. Das Ziel dieses Artikels ist, nicht den Respekt,

wohl aber die Angst vor der Narkose bei Patienten mit bereits operativ versorgtem AHF zu nehmen.

Spezielle Aspekte bei körperlicher Untersuchung und Anamnese

In jedem Fall sollte sich der prämedizierende Anästhesiologe im Detail über die zugrunde liegende Erkrankung des Patienten informieren. Meist sind die Eltern von Kindern mit AHF sehr gut über den Herzfehler unterrichtet. Zusätzlich sollte natürlich der letzte Arztbrief des behandelnden Kinderkardiologen eingesehen werden. Es ist zu bedenken, dass etwa 25 % aller Kinder mit AHF weitere kongenitale Fehlbildungen haben können. Rund 20 % haben multiple und 8,5 % haben definierte Fehlbildungen im Rahmen eines Syndroms (z.B. M. Down) [5]. Eine detaillierte Anamnese, besonders bei jüngeren Kindern, ist extrem hilfreich, um das Vorhandensein einer Herzinsuffizienz abschätzen zu können. Die Fragen: Ermüdet das Kind leicht beim Toben? Schwitzt es beim Trinken aus der Flasche? Kommt es zu schneller Ermüdung bei körperlicher Aktivität? können einige wertvolle anamnestische Hinweise auf das Vorliegen einer Herzinsuffizienz je nach Alter liefern. Bei bereits erwachsenen Patienten wird ebenfalls genau nach Zeichen einer Herzinsuffizienz gefahndet. Eine wichtige Frage sollte nach der Dauer einer jeweiligen Beatmung nach der oder den Herzoperationen gestellt werden, da manchmal subglottische

Stenosen als Residuum vorliegen können. Die meisten Patienten mit einfacher Korrektur und sonst leerer Anamnese ohne Begleitmedikation stellen keine weiteren Ansprüche an besondere Labor- oder apparative Diagnostik.

Endokarditisprophylaxe

Die infektiöse Endokarditis ist nach wie vor eine schwer zu behandelnde und lebensbedrohliche Krankheit des Herzmuskels mit teils dramatischen Folgen. Aus diesem Grund galt über 50 Jahre die großzügige antibiotische Behandlung aller Patienten mit einer Herzerkrankung als obligat. Nun hat sich ein drastischer Wandel in der Empfehlung zur Endokarditisprophylaxe (EP) vollzogen. In Zukunft sollen nach einem Positionspapier, das die Deutsche Gesellschaft für Kardiologie gemeinsam mit der Paul-Ehrlich-Gesellschaft und in Kooperation mit 16 weiteren medizinischen Fachgesellschaften aus Deutschland, Österreich und der Schweiz sowie der Deutschen Herzstiftung erarbeitet und verabschiedet hat, nur noch definierte Hochrisikopatienten eine EP bekommen (Tab. 1). Grundlage waren neue Leitlinien der American Heart Association (Amerikanische Herzgesellschaft), die im April 2007 erschienen sind und wesentliche Änderungen an den bisherigen Empfehlungen vornahmen.

Hochrisikopatienten demnach sind:

- Patienten mit Klappenersatz (mechanische und biologische Prothesen)

- Patienten mit rekonstruierten Klappen unter Verwendung von Fremdmaterial für die Dauer von 6 Monaten nach der Operation
- Patienten, die eine Endokarditis durchgemacht haben
- Patienten mit angeborenen Herzfehlern
- Herztransplantierte, die eine Herzklappenerkrankung entwickeln.

Detaillierte Informationen und relevante Publikationen können u.a. den Internet-Seiten der Deutschen Herzstiftung entnommen werden (<http://www.herzstiftung.de>).

Folgen der chronischen Hypoxie

Patienten, die noch nicht, teilweise oder palliativ korrigiert sind, bedürfen eingehender Laboruntersuchungen. Insbesondere Hämoglobin/Hämatokrit (Hb/Hk), Parameter zur Blutgerinnung und Elektrolytstatus sind hier von Bedeutung [6]. Patienten mit primär zyanotischem Herzfehler sind häufig geprägt von den Folgen einer chronischen Hypoxie. Hb-Werte >20 g/dl oder ein Hk >65 % sind assoziiert mit Hyperviskosität („sludge“), verminderter kapillarer Flussgeschwindigkeit und damit verbunden verminderter Sauerstoffversorgung der peripheren Gewebe. Eine erhöhte Gefahr der Thromboembolie ist gegeben. Die Hyperviskosität kann sich deutlich verstärken, bei zu langer Nüchternheit und unzureichender intraoperativer

Flüssigkeitstherapie. Sekundäre Polyzythämie ist häufig mit einer Koagulopathie verbunden. Thrombozytopenie und -pathie, Hypofibrinogenämie und erniedrigte Vitamin-K-abhängige Gerinnungsfaktoren werden bei Patienten mit chronischer Zyanose beobachtet. Bei Patienten mit Fontan-Zirkulation kann eine chronische Leberstauung die Produktion von Gerinnungsfaktoren zusätzlich hemmen [7].

Medikamente zur Prämedikation und Narkoseführung

Gerade bei zyanotischen Patienten ist man versucht, eine Prämedikation ob der drohenden Hypoxie bei vermindertem Atemtrieb zu vermeiden. Allerdings gilt auch für diese Patienten, dass eine medikamentöse Anxiolyse zur Stressreduktion beiträgt und auch gerade bei Patienten mit AHF empfohlen wird. Vorsicht ist lediglich bei Patienten mit ausgeprägter pulmonaler Hypertonie (PHT) geboten. Schon eine leichte Hypercarbie bei Hypoventilation kann zu einem Anstieg des pulmonalen Druckes führen. Wir empfehlen bei Kindern 0,5 mg/kg KG Midazolam-Saft zur Prämedikation bis maximal 28 kg/KG (entspricht 14 mg). Bei älteren Patienten wird 7,5 mg (1/2 Tablette Midazolam) bis 15 mg empfohlen. Eine Dauermedikation (ausgenommen Diuretika und Antikoagulantien) sollte wie üblich auch am Morgen der Operation fortgeführt

werden. Die genauen Kenntnisse über diese Medikamente und deren Interaktion mit Narkotika sind selbstverständlich.

Die Einleitung und Aufrechterhaltung der Narkose ist weniger von dem verwendeten Medikament geprägt als von der Maxime, die Kreislaufverhältnisse weitestgehend so zu halten, wie im Wachzustand des Patienten angetroffen. Kein Narkosemedikament ist absolut kontraindiziert bei Patienten mit AHF. Lediglich Lachgas sollte aufgrund der möglichen Drucksteigerung im kleinen Kreislauf vermieden werden. Eine Studie bei 50 Kindern mit zyanotischem AHF, die in verschiedene „Einleitungs“-Gruppen unterteilt wurden und jeweils mit entweder Thiopental, Ketamin, Halothan oder Fentanyl eingeleitet wurden, zeigte keine wesentlichen Unterschiede in Hinblick auf Veränderungen von Herzfrequenz, Blutdruck und Sauerstoffsättigung. Halothan bewirkte ein deutlicheres Absinken des Blutdrucks ohne Bezug zur Sauerstoffsättigung [8]. Die Aufrechterhaltung der Narkose sollte mit den dem durchführenden Anästhesiologen am besten bekannten Medikamenten erfolgen.

Eine häufig gestellte Frage ist die zur Anwendung von regionalanästhesiologischen Verfahren (RA) bei Patienten mit korrigierten oder palliativ versorgten AHF. Generell gilt, dass zum Beispiel die Periduralanästhesie kein Problem in der Anwendung darstellt, solange ein drastisches Absinken des peripheren Gefäßwiderstandes vermieden wird [9]. Auch für die RA gilt, dass die im Wachzustand beobachteten Kreislaufverhältnisse in Narkose erhalten bleiben sollten. Schwer zyanotische Patienten mit einer Koagulopathie sollten wie Patienten mit anderen Gerinnungsstörungen von der Spinal- oder Periduralanästhesie ausgeschlossen werden.

Narkoseführung und Hämodynamik bei Fontan-Patienten

Patienten mit sogenannter „Fontan-Zirkulation“ stellen eine Besonderheit in der Kreislaufphysiologie bei Patienten mit AHF dar. Bei Fontan – oder Hemifon-

Tabelle 1

Empfehlungen zur Prophylaxe der infektiösen Endokarditis bei Hochrisikopatienten. Entnommen aus: http://www.herzstiftung.de/pdf/Sonderdruck_Endokarditis.pdf

Situation	Antibiotikum	Einzeldosis 30 - 60 Minuten vor dem Eingriff	
		Erwachsene	Kinder
Einnahme durch Schlucken (p.o.)	Amoxicillin ¹	2 g p.o.	50 mg/kg p.o.
Wenn Schlucken nicht möglich ist, durch Spritzen (i.v.)	Ampicillin ^{1,2}	2 g i.v.	50 mg/kg i.v.
Penicillin- oder Ampicillinallergie – Einnahme durch Schlucken (p.o.)	Clindamycin ^{3,4}	600 mg p.o.	20 mg/kg p.o.
Penicillin- oder Ampicillinallergie – wenn Schlucken nicht möglich ist, durch Spritzen (i.v.)	Clindamycin ^{2,4}	600 mg i.v.	20 mg/kg i.v.

tanpatienten erfolgt der Blutfluss durch die Lunge druckpassiv, d.h. ohne kontraktile Hilfe der rechten Kammer. Das Blut aus der oberen und unteren Hohlvene fließt hier direkt über die Lungenstrombahn in den linken oder gemeinsamen Vorhof. Patienten mit Fontan-Zirkulation (oder „single-ventricle“ Physiologie) sind in hohem Maße Vorlast-abhängig, um ihr Herzzeitvolumen (HZV) zu erhalten. Ihr Flüssigkeitsstatus beeinflusst direkt die Hämodynamik und Oxygenierung [10]. Kommt es zum Beispiel bei einem laparoskopischen Eingriff zu einer abdominalen Druckerhöhung, so kann der Rückstrom aus der unteren Körperhälfte reduziert sein. Als Folge sinken die Sauerstoffsättigung und die Füllungsdrücke des Herzens. Erfolgt nun der gewohnte Reflex, durch Recruitmentmanöver (mehr PEEP, manuelles Blähen etc) vermutete Atelektasen zu eröffnen, wird der venöse Rückstrom noch mehr gedrosselt, und der zur Oxygenierung des Patienten notwendige Druckgradient von rechts nach links nimmt weiter ab. Das Resultat ist eine zunehmende Kreislaufdepression mit weiter zunehmender Zyanose. Werden nun unter der Annahme der myokardialen Pumpschwäche Katecholamine eingesetzt, nimmt der linksatriale Druck weiter zu und der R-L-Druckgradient weiter ab. Im beschriebenen Fall schützt die genaue Kenntnis der Kreislaufphysiologie bei Fontan-Patienten vor einem Circulus vitiosus. Die Aufrechterhaltung des Druckgradienten gelingt mit ausreichender Volumengabe und entsprechender Beatmung, die einen möglichst niedrigen intrapulmonalen Druck als Ziel haben sollte. Zudem sollte der Operateur auf die Besonderheiten des Patienten hingewiesen werden, um entsprechende Vorsicht (kurze Pneumokapnoperitoneum-Zeiten, geringerer Druck) zu garantieren. Generell ist die Durchführung eines laparoskopischen Eingriffs keine absolute Kontraindikation bei dieser speziellen Patientengruppe, wie zahlreiche Hinweise aus der Literatur zeigen [11]. Weiterhin sollte die frühzeitige Entwöhnung von jeglicher maschinellen Beatmung bei Fontan-Patienten angestrebt werden. Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass

ein hochnormaler paCO_2 den Blutfluss durch die Lunge über ein vermehrtes Volumenangebot über die zerebrale Zirkulation begünstigt (dies gilt besonders für Hemi-Fontan-Patienten) [12].

Monitoring

Anästhesiologisches Monitoring für Patienten mit AHF für nicht-herzchirurgische Eingriffe umfasst für viele Eingriffe EKG, Pulsoxymetrie, NIBP, Kapnometrie und Daten der maschinellen Beatmung. Die Anlage eines zentralen Venenkatheters für routinechirurgische Maßnahmen ist meist nicht erforderlich. Die Kapnometrie liefert häufig ungenaue Daten insbesondere bei vorliegendem Ventilation/Perfusions-Mismatch, bei Rest-Shunts oder bei R-L-Shunt. In diesen Fällen ist die angezeigte end-tidale CO_2 (etCO_2)-Konzentration häufig niedriger als der gemessene paCO_2 im arteriellen Blut. Je größer der Shunt, desto größer das Ungleichgewicht zwischen etCO_2 und paCO_2 . Bei Patienten mit Blalock-Taussig-Shunt (Verbindung zwischen rechter A. subclavia und Pulmonalarterie) ist der gemessene Blutdruck am rechten Arm deutlich niedriger als links. Bei diesen Patienten sollte die nichtinvasive Blutdruckmanschette oder invasive arterielle Kanüle auf der gegenüberliegenden Körperseite angebracht werden. Je jünger die zu behandelnden Patienten sind, desto wichtiger ist die Aufrechterhaltung der Körpertemperatur. Eine Temperatursonde und wärmeerhaltende Maßnahmen sind daher empfehlenswert. Bei Patienten mit Polyzythämie begünstigt die Hypothermie ein zuvor beschriebenes „sludge-Phänomen“ und, damit verbunden, eine metabolische Azidose.

Sollte ein zentraler Venenkatheter notwendig sein, sollte die Anlage möglichst nach Ultraschallkontrolle vom Erfahrenen erfolgen, da diese Patienten in der Regel schon häufig punktiert wurden und Gefäßverschlüsse wahrscheinlich sein können. Gerade die Femoralgefäße sind durch Katheteruntersuchungen und Interventionen strapaziert.

Schlussfolgerung

Diese komprimierte Abhandlung hat zum Ziel, einen respektvollen, aber angstfreien Umgang mit korrigierten oder palliativ versorgten Patienten mit angeborenen Herzfehlern zu erreichen. Auch der nicht im täglichen Umgang mit AHF-Patienten geübte Anästhesiologe kann diese spezielle Patientengruppe sicher und erfolgreich behandeln. Zur sicheren Behandlung gehört die sorgfältige Anamnese, die besonders Zeichen der Herzinsuffizienz berücksichtigt, der Status der Behandlung (Korrektur oder Palliation) und die Beurteilung des derzeitigen Zustands des Patienten. Genaue Kenntnisse der Kreislaufphysiologie bei bestimmten Herzfehlern sind zwingend notwendig.

Literatur

1. Deanfield J, Thaulow E, Warnes C et al. Management of grown up congenital heart disease. EurHeart J 2003;24: 1035-84.
2. Ramamoorthy C, Haberkern CM, Bhananker SM et al. Anesthesia-Related Cardiac Arrest in Children with Heart Disease: Data from the Pediatric Perioperative Cardiac Arrest (POCA) Registry. AnesthAnalg 2010;110:1376-82.
3. Warner MA, Lunn RJ, O'Leary PW, Schroeder DR. Outcomes of noncardiac surgical procedures in children and adults with congenital heart disease. Mayo Perioperative Outcomes Group. Mayo ClinProc 1998;73:728-34.
4. Cannesson M, Earing MG, Collange V, Kersten JR. Anesthesia for noncardiac surgery in adults with congenital heart disease. Anesthesiology 2009;111:432-40.
5. Greenwood RD, Rosenthal A, Parisi L, Fyler DC, Nadas AS. Extracardiac abnormalities in infants with congenital heart disease. Pediatrics 1975;55:485-92.
6. Maddox TM. Preoperative cardiovascular evaluation for noncardiac surgery. Mt.Sinai JMed 2005;72:185-92.
7. Galli KK, Myers LB, Nicolson SC. Anesthesia for adult patients with congenital heart disease undergoing noncardiac surgery. IntAnesthesiolClin 2001;39:43-71.
8. Laishley RS, Burrows FA, Lerman J, Roy WL. Effect of anesthetic induction

- regimens on oxygen saturation in cyanotic congenital heart disease. *Anesthesiology* 1986;65:673-7.
9. Holzman RS, Nargoizian CD, Marnach R, McMillan CO. Epidural anesthesia in patients with palliated cyanotic congenital heart disease. *JCardiothoracVascAnesth.* 1992;6:340-3.
10. Freedom RM, Nykanen D, Benson LN. The physiology of the bidirectional cavopulmonary connection. *AnnThoracSurg* 1998;66:664-7.
11. Slater B, Rangel S, Ramamoorthy C, Abrajano C, Albanese CT. Outcomes after laparoscopic surgery in neonates with hypoplastic heart left heart syndrome. *JPediatrSurg* 2007;42:1118-21.
12. Bradley SM, Simsic JM, Mulvihill DM. Hypoventilation improves oxygenation after bidirectional superior cavopulmonary connection. *JThoracCardiovascSurg* 2003;126:1033-9.

**Korrespondenz-
adresse****Dr. med.
Ehrenfried Schindler**

Asklepios Klinik Sankt Augustin GmbH
Deutsches Kinderherzzentrum (DKHZ)
Arnold-Janssen-Straße 29
53737 Sankt Augustin, Deutschland
Tel.: 02241 249641
Fax: 02241 249644
E-Mail: e.schindler@asklepios.com



Perioperative Versorgung des adipösen Kindes

J. Giest

Fünfzehn Prozent der deutschen Kinder und Jugendlichen sind übergewichtig (BMI 25-30), etwa 6 % adipös (BMI >30). Ein Missverhältnis zwischen Energieaufnahme und körperlicher Aktivität ist die häufigste Ursache, somatische Erkrankungen liegen nur in etwa 5 % der Fälle zugrunde [1]. Die Prävalenz der Adipositas bei Kindern und Jugendlichen nimmt zu: von 1998 bis 2009 ist der Anteil übergewichtiger Kinder und Jugendlicher von 14 % auf fast 18 %, der Anteil adipöser Kinder von 5,8 % auf 7,7 % gestiegen [2]. Weil Anästhesisten damit immer häufiger mit übergewichtigen und adipösen Kindern konfrontiert werden, müssen sie die besonderen Aspekte der perioperativen Versorgung, die Ursachen des erhöhten Anästhesierisikos und die typischen Zwischenfälle dieser Patienten kennen (Tab. 1).

Pathophysiologie

Die pathophysiologischen Veränderungen bei kindlicher Adipositas betreffen bereits früh das respiratorische System. So leiden etwa 30 % der adipösen Kin-

der an einem anstrengungsassoziierten Asthma bronchiale und neigen zu häufigen respiratorischen Infekten [3]. Extreme Adipositas (BMI >>30) führt zu einer Reduktion der Lungenvolumina (insbesondere von Vitalkapazität und FRC), einer Abnahme der alveolären Diffusionskapazität und einer Obstruktion der unteren Atemwege. Bei ausgeprägter Adipositas kann das Ausmaß dieser pulmonalen Funktionsstörungen präoperativ durch einen Lungenfunktionstest erfasst werden.

Äußerst wichtig ist die Abklärung von obstruktiver Schlafapnoe (OSA), die sich durch Schnarchen, unruhigen Schlaf und gestörten Tag-Nacht-Rhythmus bemerkbar machen kann. Grund für die Atemwegobstruktion sind Fetteinlagerungen an der Pharynxwand, der Uvula, den Tonsillen, der Zunge und den Aryalten sowie die Einengung und Kollapsneigung der oberen Atemwege [5]. Die Atemwegobstruktion bei Adipositas kann während der Einleitung (Maskenbeatmung), vor allem aber postoperativ zu einem Problem werden.

Präoperative Diagnostik

Die präoperative Diagnostik des adipösen Kindes orientiert sich damit an der Anamnese, der körperlichen Belastbarkeit und dem operativen Eingriff. Die Prämedikation mit Benzodiazepinen führt zu einer Abnahme der Vitalkapazität und sollte bei ausgeprägter Adipositas kritisch erwogen werden und unter kontinuierlicher Pulsoxymetrie erfolgen [14].

Adipöse Kinder können bereits im Alter von 7 Jahren erste Anzeichen von Arteriosklerose und Diabetes (Typ 2) zeigen [4]. Um das perioperative Risiko kardialer Erkrankungen einzuschätzen, kann die Durchführung einer Echokardiographie, u.a. zum Ausschluss einer pulmonalen Hypertonie, und eine EKG-Analyse zur Abklärung von Rhythmusstörungen notwendig werden. Bei Diabetes mellitus ist die perioperative Blutzuckerbalance durch minimale Nüchternzeiten und eine angepasste Insulintherapie zu gewährleisten.

Schlechte Venenverhältnisse, eine kurze Apnoetoleranz und schwierige Atemwege stellen eine Herausforderung für den Anästhesisten dar. Ohne ein spezielles Equipment für den schwierigen Atemweg und den schwierigen Gefäßzugang sollte die Anästhesie daher nicht angefangen werden. Der Guedeltubus gehört zum Standard der Maskenbeatmung, die Larynxmaske hat sich auch bei stark erhöhtem BMI als Mittel der ersten Wahl bei schwierigen Atemwegen bewährt [16,17,18]. An der eigenen Klinik haben wir mit dem Glidescope sehr gute Erfahrungen gemacht.

Tabelle 1

Anästhesierelevante Aspekte bei Kindern mit Adipositas.

- Erschwerte Venenpunktion durch subkutane Fetteinlagerung
- Atemwegobstruktion durch Fetteinlagerung und Kollapsneigung der oberen Luftwege
- Asthma bronchiale und hyperreagibler Atemweg
- Geringer Effekt einer Präoxygenierung durch verminderte Lungenvolumina
- Obstruktive Schlafapnoe (OSA)
- Beginnender arterieller Hypertonus
- Juveniler Diabetes mellitus

Narkoseeinleitung

Die Narkoseeinleitung kann bei Kindern mit einem BMI >30 durchaus mit der Maske erfolgen [10]. Bei adipösen Kindern ist eine erschwerte Maskenbeatmung und Intubation dreimal so häufig wie bei Normalgewichtigen. Grund dafür ist die oben beschriebene Atemwegsobstruktion [5]. Die Maskenbeatmung wird bei extremer Adipositas leichter, wenn Kopf und Oberkörper mit einem speziellen Kissen etwa 20° hochgelagert werden, damit das Zwerchfell entlastet wird [15]. Das Öffnen der oberen Atemwege mittels Chinlift und Esmarch-Handgriff, die Verwendung eines Guedeltubus und die Aufrechthaltung eines kontinuierlich positiven Atemwegdruckes (CPAP) erleichtern die Beatmung über die Maske.

Bei extremer Adipositas sollte selbst vor einer geplanten Maskeneinleitung ein Venenzugang vorhanden sein. Ultraschall und die Möglichkeit zu einer intraossären Punktion sind wichtige Voraussetzungen für einen Venenweg im Notfall (Tab. 2).

Tabelle 2

Für die Narkose relevant:

- Sichere Narkoseeinleitung (Venenzugang)
- Lagerung (Zwerchfell entlasten)
- Präoxygenierung
- Beatmung nur mit PEEP
- Gut steuerbare Hypnotika und Analgetika unter Neuromonitoring
- Zurückhaltender Einsatz von Muskelrelaxanzien
- Regionalanästhesie und NSAR als Basis der perioperativen Schmerztherapie

Die Abnahme der Vitalkapazität und die verminderte Diffusionskapazität führen bei Adipositas trotz regelrechter Präoxygenierung zu einem raschen Abfall der O₂-Sättigung [8,11]. Eine erhöhte Refluxneigung bei adipösen Kindern konnte in einer retrospektiven Analyse von über 50.000 Kindernarkosen durch Borland [6] ausgeschlossen werden. Damit ist auch die Modifikation im Sinne einer RSI nicht notwendig [7]. Im Zweifelsfall senken Antazida den pH im Magen.

Narkose und Beatmung

Kurzwirksame Hypnotika und gut steuerbare Analgetika sollten bevorzugt werden. Ziel ist die rasche Wiederherstellung der Vigilanz und der muskulären Kraft nach der Operation. Desfluran und Remifentanyl haben auch bei Kindern und Jugendlichen Vorteile. Die Kombination mit Regionalanästhesieverfahren ist sehr sinnvoll.

Dorsale und basale Atelektasen sind die häufigste Komplikation einer Beatmung adipöser Patienten [12]. Die konsequente Anwendung eines PEEP verhindert die Atelektasenbildung [13].

Welche Rolle Veränderungen von Verteilungsvolumina und Elimination bei adipösen Kindern haben, ist bislang nicht klar. Es ist aber zu erwarten, dass die Orientierung der Dosis an Ideal- oder Totalgewicht sich nicht von Erwachsenen unterscheiden wird. Sicher ist die Beurteilung des Wirkeffektes; die Schlaftiefe kann beispielsweise mittels Neuromonitoring eingeschätzt werden (Abb. 1). Die Elimination von Remifentanyl ist bei Adipositas nur gering verzögert. Die Kombination mit einer Regionalanästhesie ist sehr sinnvoll. Vorsicht ist bei der Dosierung von Opiaten mit längerer kontextsensitiver Halbwertszeit, wie Alfentanil und Sufentanil, geboten. Die Dosierung der Muskelrelaxanzien sollte sich am Idealgewicht orientieren, um unerwünscht lange Depolarisationen und postoperative Atemdepressionen zu vermeiden. Das Monitoring der Relaxierung (Cave: Restrelaxierung!) ist Standard.

Nach der Narkose

Am Ende der Operation sollten die Kinder schmerzfrei sein (Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, NSAR! Opiode nach Wirkung titrieren) und keinen Überhang von Relaxanzien oder Opioiden (Auswahl kurzwirksamer Substanzen, ggfs. antagonisieren) haben. Im Aufwachraum sollte die Möglichkeit zu einer non-invasiven Beatmung bestehen.

Die Adipositas ist per se keine Kontraindikation für eine ambulante Narkose [9].

Abbildung 1



Begleiterkrankungen erhöhen jedoch das Risiko für perioperative Komplikationen. Die Abwägung erfolgt am besten individuell.

Schlussfolgerungen

Das anästhesiologische Management des adipösen Kindes basiert auf der exakten Evaluation von Begleiterkrankungen und der Prävention typischer adipositas-assoziiierter respiratorischer Komplikationen, die durch eine gewissenhafte Narkosevorbereitung und Überwachung beherrscht werden können.

Literatur

1. Kurth BM, Schaffrath RA. Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2007;50:736-743.
2. Höhne C, Ulrici J, Strauß JM, Kaisers UX. Anästhesie bei Adipositas – Adipositas in der Kinderanästhesie. AINS 2009;44(9): 592–597.
3. Tait AR, et al. Incidence and risk factors for perioperative adverse respiratory events in children who are obese. Anesthesiology 2008;108:375-380.
4. Iannuzzi A. et al. Increased Carotid Intima-Media Thickness and Stiffness in Obese Children. Diabetes Care 2004;27: 2506-8.
5. Nafiu OO, et al. Obesity and risk of peri-operative complications in children presenting for adenotonsillectomy. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2009;73:89-95.
6. Borland LM, et al. Pulmonary aspiration in pediatric patients during general anesthesia: incidence and outcome. J Clin Anesth 1998;10:95-102.

7. Elitsur Y, et al. Obesity is not a risk factor in children with reflux esophagitis: a retrospective analysis of 738 children. *Metab Syndr Relat Disord* 2009;7:211-4.
8. Veyckemans F. Child obesity and anaesthetic morbidity. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008 Jun;21(3):308-12.
9. Strauß J, Höhne C. Adipositas – Risiko für die ambulante Anästhesie? *ambulant operieren* 2/2008, Seite 56-60.
10. Setzer N, Saade E. Childhood obesity and anesthetic morbidity. *Pediatric Anesthesia* 2007;17:321–326.
11. Berthoud MC. Effectiveness of preoxygenation in morbidly obese patients. *Brit J Anaesth* 1991;67:464–466.
12. Eichenberger A, Proietti S, Wicky S, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, Magnusson L. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem. *Anesth Analg* 2002;95:1788-92.
13. Cadi P, Guenoun T, Journois D, Chevallier JM, Diehl JL, Safran D. Pressure-controlled ventilation improves oxygenation during laparoscopic obesity surgery compared with volume-controlled ventilation. *Brit J Anaesth* 2008; 100:709-16.
14. von Ungern-Sternberg BS. Effect of obesity and site of surgery on perioperative lung volumes. *Brit J Anaesth* 2004; 92:202-7.
15. Reber A. Atemwege und respiratorische Funktion bei Adipositas. *Anästhesist* 2005;54:715-27.
16. Combes X, Sauvat S, Leroux B, Dumerat M, Sherrer E, Motamed C, Brain A, D'Honneur G. Intubating laryngeal mask airway in morbidly obese and lean patients: a comparative study. *Anesthesiology* 2005;102:1106-9.
17. Matic AA, Olson J. Use of the Laryngeal Tube in two unexpected difficult airway situations: lingual tonsillar hyperplasia and morbid obesity. *Can J Anesth* 2004; 51:1018–21.
18. Natalini G, Franceschetti ME, Pantelidi MT, Rosano A, Lanza G, Bernardini A. Comparison of the standard laryngeal mask airway and the ProSeal laryngeal mask airway in obese patients. *Brit J Anaesth* 2003;90:323-6.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Judith Giest

Klinik für Anästhesie, Perioperative Medizin und Schmerztherapie
 HELIOS Klinikum Berlin-Buch
 Schwanebecker Chaussee 50
 13125 Berlin, Deutschland
 E-Mail: judith.giest@helios-kliniken.de

Perioperative Versorgung des Kindes mit schwierigem Atemweg

M. Laschat



Definition

Laut Definition der ASA aus dem Jahr 2003 ist der schwierige Atemweg „eine Situation im klinischen Alltag, in der ein durchschnittlich trainierter Anästhesist Schwierigkeiten hat, einen Patienten mit der Maske zu beatmen oder dessen Trachea zu intubieren bzw. weder eine suffiziente Maskenbeatmung noch eine Intubation ohne Schwierigkeiten möglich ist“ [1].

Diese Definition umfasst drei wesentliche Aspekte, die ursächlich für einen schwierigen Atemweg sein können:

1. Patientenassoziierte Faktoren, wie z.B. konnatale und erworbene Fehlbildungen der Atemwege.
2. Das klinische Setting, d.h. die Verfügbarkeit von geeigneten Instrumenten, Material und Algorithmen.
3. Die Erfahrung und den Ausbildungsstand des Anästhesie-Teams.

Häufigkeit

Der schwierige Atemweg scheint im Kindesalter – verglichen mit dem Erwachsenenalter – eher seltener zu sein. Tait et al. [2] fanden in 2,8 % die Maskenbeatmung und in 0,9 % Laryngoskopie bzw. Intubation schwierig gegenüber ca. 5 % [3] schwierigen Maskenbeatmungen und 5,8 % schwierigen Laryngoskopien bzw. Intubationen im Erwachsenenalter [4]. In speziellen Fällen, wie z.B. bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten oder bei Kindern, die tracheotomiert werden

sollen, ist wesentlich häufiger mit einem schwierigen Atemweg zu rechnen [5,6].

Diagnose

Entscheidend für das erfolgreiche Management des schwierigen Atemwegs ist es, diesen schon im Vorfeld zu erkennen. Nur so lässt sich die potentiell gefährliche Situation des unerwarteten schwierigen Atemwegs vermeiden. Daher muss bei der Voruntersuchung zur Narkose immer gezielt nach Symptomen und Kennzeichen gesucht werden, die zusätzlich zu den bekannten Be-

sonderheiten im Kindesalter, wie z.B. Kehlkopfhochstand, großes Okziput, kurze Apnoetoleranz u.a., das Atemwegsmanagement erschweren könnten.

Anamnestische Hinweise

- Atemwegsprobleme bei Vornarkosen
- Schnarchen und Schlafapnoen
- Inspiratorischer / expiratorischer Stridor bei Belastung, bei Infekten der oberen Luftwege
- Z.n. Langzeitintubation
- Schluckstörung
- Apparently life threatening event (ALTE) in der Vorgeschichte.

Assoziierte Symptome und Diagnosen

- Kraniofaziale Fehlbildungen (Mikro-, Retrognathie; Lippen-Kiefer-Gaumenspalte)
- Raumfordernde Prozesse im Mund-, Kiefer-, Gesichts- und Halsbereich (Lymph-, Hämangiome, Abszesse)
- Inspiratorischer / expiratorischer Stridor
- Einschränkung der Beweglichkeit im Mund-, Kiefer-, Gesichts- und Halsbereich
 - Ankylosen des Kiefergelenks, der Halswirbelsäule
 - Polyarthritiden
 - Frakturen
 - Narbenkontrakturen (Abb. 1)
 - Abszesse
- Adipositas
- Blutung, z.B. Tonsillennachblutung.

Abbildung 1



Intubationssitus bei einem 3-jährigen Jungen mit Z.n. Verätzung des Pharynx durch Toilettenreiniger. Der Rachen ist durch einen Narbenring, der die Epiglottis (schwarzer Pfeil) mit einschließt, eingeengt.

Die Glottis ist mit der direkten Laryngoskopie (weißer Pfeil = Spatel) nicht einstellbar. Das Kind war klinisch unauffällig. Aufgrund der Anamnese wurde ein schwieriger Atemweg erwartet.

Anästhesieverfahren

Eine der Grundregeln im Management des schwierigen Atemweges ist der Erhalt der Spontanatmung, bis der Atemweg sicher beherrscht werden kann. Die fiberoptische Wachintubation ist daher in der Erwachsenenästhesie das gebräuchlichste Verfahren zur Atemwegssicherung. In der Kinderanästhesie ist dies wegen mangelnder Kooperation der Patienten nur selten möglich. In der Regel sind Manipulationen an den Atemwegen nur in tiefer Sedierung oder in Anästhesie möglich.

Vor Einleitung der Anästhesie sollte – wenn möglich – immer ein intravenöser Zugang gelegt werden. Die Einleitung kann inhalativ mit Sevofluran oder intravenös mit kurz wirksamen, gut steuerbaren und idealerweise rasch antagonisierbaren Substanzen erfolgen. Immer muss sehr vorsichtig nach Wirkung dosiert werden, da bei den meisten Wirkstoffen die Pharmakokinetik und -dynamik altersabhängig sowie abhängig von Begleiterkrankungen variieren und im Fall einer Überdosierung Atemdepression und komplette Atemwegsobstruktion drohen.

Die Frage der Relaxation beim schwierigen Atemweg wird kontrovers diskutiert [5,7]. Einerseits kann durch den

Verlust des Muskeltonus eine komplette Obstruktion der oberen Atemwege eintreten, andererseits verbessert die Relaxierung die Intubationsbedingungen und eliminiert das Risiko eines Laryngospasmus. Daher empfehlen einige Autoren die Gabe von Muskelrelaxantien unter der Voraussetzung einer gesicherten Ventilation über Maske oder Larynxmaske. Hier könnte sich die Substanz Rocuronium als vorteilhaft erweisen, da im Falle einer totalen Atemwegsobstruktion die Wirkung schnell und zuverlässig mit Sugammadex zu antagonisieren ist [8].

Techniken

Maskenbeatmung

Die Beatmung von Kindern mit der Maske ist für den Ungeübten nicht unproblematisch. Häufige Fehler sind Druck mit den Fingern der die Maske haltenden Hand auf das submentale Dreieck und den Mundboden und zu starke Überstreckung des Kopfes. Mit zunehmender Narkosetiefe nimmt der Tonus der Muskulatur in der Zunge, im Pharynx und im Larynx ab, und das weiche Gewebe um den Pharynx wird instabil. Hierdurch verkleinert sich der nasopharyngeale Raum signifikant bis hin zur kompletten Obstruktion. Dem

kann man durch leichtes Anheben des Kinns (chin lift), durch Applikation von kontinuierlichem positivem Druck (CPAP) über die Maske und mit dem Es-march-Handgriff entgegenwirken. Auch eine Lagerung auf der Seite kann hilfreich sein.

Supraglottische Atemhilfen

Ist trotz richtiger Technik eine suffiziente Maskenbeatmung nicht möglich, sollten unverzüglich supraglottische Atemhilfen eingesetzt werden. Folgende Instrumente sind für das Kindesalter geeignet.

1. Guedeltubus: die optimale Länge entspricht dem Abstand zwischen Mund und Kieferwinkel. Bei zu geringer Narkosetiefe kann beim Einsetzen ein Laryngospasmus oder Erbrechen ausgelöst werden.
2. Larynxmaske: der Einsatz der Larynxmaske ist mittlerweile Bestandteil der meisten Algorithmen zum Management des schwierigen Atemwegs. In einem Großteil der denkbaren Szenarien ist hiermit eine suffiziente Beatmung möglich. Vorteilhaft ist die Möglichkeit der fiberoptischen Intubation über die Larynxmaske.
3. Larynxtubus: diese Alternative bietet keinen eindeutigen Vorteil gegenüber der Larynxmaske. Eine fiberoptische Intubation ist über den Larynxtubus nicht möglich.
4. Nasopharyngealer Tubus: es empfiehlt sich der Einsatz eines handelsüblichen endotrachealen Tubus, der über einen Nasengang bis in den Pharynx geschoben wird. Im Gegensatz zum Wendeltubus kann dieser problemlos an ein Beatmungssystem angeschlossen werden. Meist ist beim Säugling und Kleinkind die Ventilation über dieses System erstaunlich einfach und effektiv. Auch eine fiberoptische Intubation ist über den nasopharyngealen Tubus möglich.

Intubation

Gerade beim schwierigen Atemweg ist vor jeder Intubation die Indikation hierzu kritisch zu prüfen. Man sollte sich im Klaren darüber sein, dass jeder misslungene Intubationsversuch potentiell die Bedingungen für einen weiteren Intubationsversuch verschlechtert.

Tabelle 1

Beispiel für die Ausstattung eines Notfallwagens für den schwierigen Atemweg.

Masken	Alle Größen, klar und mit aufblasbarem Rand, Frei-Endoskopiemarken alle Größen
Larynxmasken	Standard-LMA, ProSeal-LMA jeweils Größe 1-4
Guedel-Tuben	Alle kleinen Größen
Tuben	Standardtuben ab I.D. 2.0 – 5.0, überlange Tuben ab I.D. 2.5, gecuffte Tuben ab I.D. 3.0
Laryngoskope	Verschiedene gebogene und gerade Spatel, Mc Coy-Spatel
Intubationshilfen	Führungsstäbe Kunststoff, Bronchus-Blocker Rüschi 5 Fr.
Videoeinheit	Storz Tele Pack mit integriertem Bildschirm, Videoeinheit, Lichtquelle
Starre Intubationsbronchoskope	Intubations-Endoskop nach Bonfils 2 mm und 3,5 mm;
Flexible Intubationsbronchoskope	2.8 mm und 3.7 mm mit Absaugkanal
Punktionskatheter nach Ravussin	16 G und 14 G
Diverses Zubehör	Antibeslagmittel, Absaugschläuche, Batterie-Lichtquelle, Swivel-Adapter, Lichtkabel, Führungsdraht COOK 1,2 mm, 145 cm

Laryngoskope

Bei der Wahl des Laryngoskopes sollte primär dasjenige Modell eingesetzt werden, mit dem der Intubierende die meiste Erfahrung hat. Gelingt die Intubation nicht, kann ein Versuch mit einem anders geformten Spatel unternommen werden. In der Kinderanästhesie werden gewöhnlich die gebogenen Macintosh- und/oder die geraden Millerspatel eingesetzt. Eine Alternative stellt der McCoy-Spatel dar.

Videolaryngoskope

Zunehmend werden auch Videolaryngoskope wie z.B. das GlideScope und das Videolaryngoskop der Firma Storz im Management des schwierigen Atemwegs eingesetzt, da sich die Glottis mit diesen Geräten häufig besser darstellen lässt. Nachteilig sind die Verlängerung des Intubationsvorganges bei Einsatz der Instrumente und die Verletzungsgefahr [9], wenn der Tubus mit einem stark gebogenen Führungsstab „um die Ecke geführt“ werden muss. Zudem kann im Gegensatz zu den starren und flexiblen Optiken der subglottische Raum nicht ausreichend beurteilt und eine subglottische Stenose übersehen werden.

Flexible Bronchoskope

Flexible Intubationsbronchoskope sind im Management des schwierigen Atemwegs unverzichtbar. Beispielsweise kann bei extrem eingeschränkter Mundöffnung nur mithilfe dieser Instrumente unter Sichtkontrolle und somit relativ atraumatisch intubiert werden. Flexible Bronchoskope sind inzwischen auch mit sehr kleinem Außendurchmesser erhältlich. Die Handhabung ist schwieriger als die der im Erwachsenenbereich eingesetzten Endoskope, da sie entweder keinen oder nur einen sehr kleinen Absaugkanal haben, das Sichtfeld eingeschränkt und die Steuerung aufgrund mangelnder Steifheit auch schwieriger ist. Es empfiehlt sich, die Anwendung dieser Geräte regelmäßig am normalen kindlichen Atemweg zu üben.

Mithilfe der flexiblen Endoskope kann nasal, oral oder über eine Larynxmaske intubiert werden. Während des Vorgangs

wird über die mit einem 90°-Winkeladapter versehene Maske bzw. Larynxmaske oder über einen nasopharyngealen Tubus beatmet. Ist das Endoskop sicher in der Trachea, wird der aufgefädete Tubus über diese Leitschiene in die Trachea eingeführt.

Starre Bronchoskope

Die starren Bronchoskope (Intubations-Endoskop nach Bonfils bzw. Brambrink, Shikani Optical Stylet) haben gegenüber den flexiblen Geräten einige Vorteile. Sie sind deutlich preiswerter, leichter zu reinigen und robust. Ihre Anwendung ist unkompliziert und leicht erlernbar. Leider sind sie nicht für alle denkbaren Szenarien geeignet. Beispielsweise sind sie bei einer extrem eingeschränkten Mundöffnung nutzlos, da die nasotracheale Intubation mit ihnen nicht möglich ist. Besser als die im Kindesalter wenig geeignete retromolare Technik ist der Einsatz in Kombination mit einem Laryngoskop [10].

Der erwartete schwierige Atemweg

Beim erwarteten schwierigen Atemweg ist eine optimale Vorbereitung unabdingbar. Vor Narkoseeinleitung sollte die Vorgehensweise am besten nach einem den Gegebenheiten der Abteilung angepassten Algorithmus genau geplant und unter den anwesenden Mitarbeitern abgesprochen werden. Es sollte ein zweiter Anästhesist anwesend sein, zumindest einer sollte Erfahrung im Management des schwierigen Atemwegs im Kindesalter haben. Alle notwendigen Medikamente, Instrumente und Materialien müssen im Saal vorhanden und einsatzbereit sein. Günstig ist es, einen eigens für den schwierigen Atemweg ausgerüsteten Narkosewagen vorzuhalten. Sind in der Klinik keine für Neugeborene, Säuglinge und Kinder geeigneten Instrumente vorhanden, sollte die Verlegung in eine andere Klinik erwogen werden.

Der unerwartete schwierige Atemweg

Typischerweise wird der unerwartete schwierige Atemweg erst nach Einleitung der Narkose bemerkt. Im ungünstigsten Fall ist der Patient beispielsweise nach einer Ileuseinleitung schon relaxiert. Aufgrund der kurzen Apnoetoleranz im Kindesalter bleibt nur wenig Zeit. Ist eine Oxygenierung mit der Maske und der Larynxmaske bzw. einem nasopharyngealen Tubus nicht möglich, sollte sofort ein Intubationsversuch unternommen werden. Ist die Laryngoskopie bzw. die Intubation nicht möglich, muss ein invasiver Atemweg geschaffen werden. Beim Neugeborenen und Säugling ist eine Tracheotomie in der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit praktisch unmöglich. Eine Koniotomie ist aufgrund der anatomischen Verhältnisse sehr schwierig. Eine mögliche Technik ist die perkutane Nadeltracheotomie mit der Ravussin-Kanüle, über die mit einem Niedrigdrucksystem zumindest eine ausreichende Oxygenierung möglich ist [7].

Schlussfolgerungen

Der schwierige Atemweg ist im Kindesalter selten und daher auch für den erfahrenen Kinderanästhesisten immer eine Herausforderung. Der unerwartete schwierige Atemweg ist eine potentiell lebensbedrohliche Situation, die in den allermeisten Fällen mit einer sorgfältigen Anamnese und Untersuchung der Atemwege vermieden werden kann. Das Management und die dazu gehörigen Techniken müssen regelmäßig geübt werden.

Literatur

1. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 2003;98:1269-1277.
2. Tait AR, Voepel-Lewis T, Burke C, et al. Incidence and risk factors for perioperative adverse respiratory events in children who are obese. *Anesthesiology* 2008;108:375-380.

3. Langeron O, Masso E, Huraux C. Prediction of difficult mask ventilation. *Anesthesiology* 2000;92:1229-1236.
4. Shiga T, Wajima Z, Inoue T. Predicting difficult intubation in apparently normal Patients: a meta-analysis of bedside test performance. *Anesthesiology* 2005;103:429-437.
5. Xue FS, Zhang GH, Li P, et al. The clinical observation of difficult laryngoscopy and difficult intubation in infants with cleft lip and palate. *Pediatr Anesth* 2006;16:283-289.
6. Wrightson F, Soma M, Smits J. Anesthetic experience of 100 pediatric tracheostomies. *Pediatr Anesth* 2009;19:659-666.
7. Coté CJ, Lerman J, Todres ID (Hrsg). A practice of anesthesia for infants and children. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2009.
8. Plaud B, Meretoja O, Hofmockel R, et al. Reversal of Rocuronium-induced neuromuscular blockade with sugammadex in pediatric and adult surgical patients. *Anesthesiology* 2009;110:284-94.
9. Cooper RM. Complications associated with the use of the GlideScope video-laryngoscope. *Can J Anesth* 2007;54:54-57.
10. Laschat M, Kaufmann J, Wappler F. Management of a difficult airway in a child with partial trisomy 1 mosaic using the pediatric bonfils fiberscope. *Pediatr Anesth* 2010;20:199-201.

**Korrespondenz-
adresse****Dr. med.
Michael Laschat**

Abteilung für Kinderanästhesie
Kinderkrankenhaus Amsterdamer
Straße
Amsterdamer Straße 59
50735 Köln, Deutschland
Tel.: 0221 89075264
Fax: 0221 89075494
E-Mail: laschatm@kliniken-koeln.de



Versorgung des kindlichen Polytraumas

J. Kaufmann

Das Polytrauma ist definiert als Verletzung mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, wenn wenigstens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer Verletzungen vital bedrohlich ist. Einerseits ist das pädiatrische Polytrauma für jeden Notarzt eine Seltenheit (und dies trägt zur Unsicherheit im Umgang damit bei), andererseits sind sie Ursache für 60 % aller Todesfälle von Menschen unter 18 Jahren in den USA. In Deutschland werden im Straßenverkehr nach Angaben des ADAC zirka 6.500 Kinder pro Jahr verletzt. Aber auch außerhalb des Straßenverkehrs werden Kinder geschädigt. In einer Untersuchung wurde festgestellt, dass $\frac{1}{4}$ aller Schädelhirntraumata von Kindern unter 2 Jahren durch andere Personen zugefügt wurden [1]. Misshandlungen werden meist wiederholt und bezüglich Ihrer Intensität gesteigert, daher ist es für den Notarzt wichtig, aufmerksam Einzelheiten der Örtlichkeiten, Umstände und beteiligten Personen wahrzunehmen, zu dokumentieren und den weiterbehandelnden Kollegen zu übergeben.

Bei der Versorgung von Kindern sollte den Eltern die Möglichkeit gegeben werden, der Behandlung beizuwohnen, sofern es der Qualität des ärztlichen Handelns nicht im Wege steht. So konnte nachgewiesen werden, dass Eltern, die eine solche Gelegenheit hatten, signifikant seltener behandlungsbedürftige posttraumatische Psychopathologien entwickeln, als Eltern, denen dies nicht ermöglicht wurde [2].

Das Verteilungsmuster der Verletzungen ist bei Kindern aufgrund Ihrer Körperproportionen und knöchernen Entwicklung anders als beim Erwachsenen: mit fast 90 % weisen schwerverletzte Kinder wesentlich häufiger Kopfverletzungen auf, was auch die häufigste Todesursache bei diesen Kindern ist. Thorax und Becken sind hingegen seltener betroffen und zudem klinisch seltener bedrohlich als beim Erwachsenen. Bezüglich des Schädelhirntraumas (SHT) ist bemerkenswert, dass es regelhaft Kinder gibt, die weder durch Prellmarken noch durch eine initiale neurologische Symptomatik einen Hinweis auf eine schwerwiegende Verletzung präsentieren, die dennoch Schädelfrakturen, intrakranielle Blutungen oder neuroaxonale Schädigungen aufweisen [3]. Daher ist es besonders wichtig, die Anamnese eines schweren Traumas detailliert zu erheben und sehr ernstzunehmen. Eine weitere Besonderheit des Kindes ist das subgaleale Hämatom [4]. Aufgrund einer noch sehr lockeren Anheftung der Kopfschwarte an die Kalotte, kann sich ein Hämatom um den gesamten Kopf herum ausbreiten – Säuglinge und Kleinkinder können hier rasch lebensbedrohliche Blutverluste erleiden, die adäquat substituiert werden müssen. Eine Kompression dieses Hämatoms ist vor allem bei noch nicht verschlossenen Fontanellen obsolet.

Bei der prähospitalen Polytraumaversorgung gelten die gleichen Grundregeln wie beim Erwachsenen. Im Rahmen der

präklinischen Primärversorgung ist entscheidend, allzeit stabile Vitalparameter zu gewährleisten. Ziel aller Maßnahmen ist letztendlich das Aufrechterhalten einer ausreichenden Perfusion und Oxygenierung der lebenswichtigen Organe. Die technischen Anforderungen wie Intubation und Zugänge, aber auch Medikamentendosierungen und Flüssigkeitsmengen stellen jedoch andere Ansprüche an den Notarzt. So ist eine individuelle Anpassung der Medikamentendosierung unverzichtbar.

Es konnte gezeigt werden, dass bei Kindern mit einem SHT im Alter von 2-6 Jahren ein arterieller Mitteldruck von >48 mmHg, >54 mmHg im Alter von 7-10 und >58 mmHg bei 11 bis 15-jährigen ein besseres Outcome ermöglicht als Werte, die darunter liegen [5]. Diese Mitteldrücke sind in dem Bereich, in dem auch die altersentsprechende Normwerte angegeben werden, somit bieten die genannten Studien einen klaren Hinweis, dass diese Werte auch als Orientierung im Notfall herangezogen werden dürfen.

Die Sicherung des kindlichen Atemweges kann für den Ungeübten schwierig sein, Besonderheiten und Verletzungsgefahren bieten. Bei einem Intubationsversuch ist die Wahl eines passenden Tubus und das Vermeiden jeglicher Traumatisierung erforderlich. Wenn eine Intubation nicht gelingt oder nicht erfolgsversprechend scheint, kann auf die Alternativen einer Larynx- oder einer Gesichtsmaske ausgewichen werden. In

einer Untersuchung war selbst bei Kindern mit einem SHT – was als grundsätzliche Intubationsindikation gilt – keine Veränderung des Ergebnisses beim Vergleich einer Beatmung durch Maske oder Intubation im Rahmen der präklinischen Versorgung feststellbar [6].

Vergleichbares gilt auch, wenn das Anlegen eines venösen Zugangs nicht gelingt oder initial aussichtslos erscheint, jedoch medizinisch zwingend erforderlich ist. Dann sollte auf eine intraossäre Nadel ausgewichen werden. Wenn man diese nach einer Stabilisierungsphase durch einen anderen Zugang ersetzt und nur adäquate Medikamente verabreicht, ist hierbei nicht mit ernstzunehmenden Komplikationen zu rechnen. Die Gefahr einer Osteomyelitis besteht nur bei längerer Liegedauer [7]. Die technische Durchführung wird durch Systeme, die mit einem Akkubohrer vergleichbar sind (wie den EZ-IO® Intraossär-Bohrer der Firma Vidacare), erheblich erleichtert.

Zur Flüssigkeitstherapie dürfen ausschließlich Vollelektrolytlösungen verwendet werden, da ansonsten ein Hirnödem droht. Zum Grundbedarf kann die weit verbreitete 4-2-1-Regel verwendet werden (4 ml/kg/h für die ersten 10 kg Körpergewicht (KG), 2 ml/kg/h für die weiteren 10 kg/KG und für jedes folgende kg/KG je 1 ml/kg/h). Zu einem akuten Volumenersatz sind Bolusgaben von 10 ml/kg Körpergewicht maximal 3-mal unproblematisch, weitere Mengen können in einem Transfusionsbedarf resultieren. Über den Einsatz von Kolloiden bei Säuglingen und Kleinkindern liegen keinerlei Studien vor, die klinische Erfahrung zeigt aber, dass ein Kind welches mehrere Bolusgaben kristalloider Lösungen benötigt, meist transfundiert werden muss.

Die Reanimationsleitlinien stellen bis zum Alter von 28 Tagen fest, dass eine suffiziente Beatmung zwingend erforderlich ist, um eine erfolgreiche Reanimation durchzuführen. Wenn diese nicht gelingt, macht es keinen Sinn, überhaupt mit der Herzdruckmassage zu beginnen. Mit dem 29. Lebenstag wechseln die Empfehlungen auf einen Rhythmus von 15:2, und die für die

Neugeborenen betonte Bedeutung der Beatmung wird nicht mehr hervorgehoben. Aus der klinischen Erfahrung ist die existentielle Wichtigkeit der Beatmung bezüglich des Erfolges einer Reanimation mindestens im gesamten Säuglingsalter (1 Jahr) weiterhin gegeben. Bezüglich der Herzdruckmassage (HDM) ergibt sich – den Empfehlungen bis zum 28. Lebenstag folgend – bei einer Aktionsfrequenz von 120/min und einem HDM:Ventilationsverhältnis von 3:1 eine HDM-Frequenz von 90/min. Bei den älteren Säuglingen und Kleinkindern ist – folgend dem Rhythmus von 15:2 und einer Aktionsfrequenz von 120/min – somit eine HDM-Frequenz von 106/min leitlinienkonform. Es gibt verschiedene Hinweise, dass bei Kleinkindern die optimale Frequenz zur Herzdruckmassage im Bereich von 160/min liegt [8].

Nachgewiesenermaßen sind neben Atemwegsproblemen Fehldosierungen von Medikamenten die häufigsten bedrohlichen Fehler bei der Reanimation von Kindern. Es bietet sich an, hier Hilfe beispielsweise in Form von Tabellen und Kitteltaschenbüchern vorzuhalten. Das „Pädiatrische Notfalllineal“ bietet neben Normwerten, Auflistung der passenden Ausrüstungsgegenstände und körpergewichtbezogenen Medikamentendosierungen zusätzlich die Möglichkeit zu einer präzisen Gewichtsschätzung bei Kindern mit nicht bekanntem Körpergewicht (Einzelheiten zum wissenschaftlichen Hintergrund und Bezug unter www.notfalllineal.de). Das in den USA verbreitete „Broselow-Tape“ benutzt die gleichen Prinzipien, ist dort bereits etabliert und wurde in einer Vielzahl von Studien evaluiert.

Eine erste grob orientierende Untersuchung des verletzten Kindes sollte unmittelbar nach der Feststellung der Vitalparameter erfolgen. Mit Abschluss der präklinischen Versorgung und Beginn des Transports ist es wichtig, das Ausmaß und die Verteilung der Verletzungen differenziert zu erkennen und somit eine Entscheidung zu ermöglichen, in welche Klinik und mit welchem Rettungsmittel ein Kind transportiert werden muss. Für

die dazu notwendige Untersuchung sollte ein festes Ablaufschema eingeübt werden, um dieses lückenlos und zügig in Stresssituationen durchführen zu können. Jeder Zeitverlust bei der Versorgung muss wie beim Erwachsenen vermieden werden, wobei durch Auskühlen bei Kindern eine zusätzliche Gefahr droht.

Auch bezüglich der klinischen Versorgung gilt, dass die Ablaufschemata (beispielsweise nach ATLS) wie bei den Erwachsenen angewendet werden können. Vermutlich liegt es an der besseren Performance in der genannten technischen Umsetzung, dass Traumazentren mit speziell für Kinder qualifizierten Teams bessere Ergebnisse erzielen als andere [9]. Solange die Fontanellen offen sind, kann per Ultraschall eine sehr schnelle, aussagekräftige und strahlungsfreie intrakranielle Bildgebung erfolgen. Bei allen anderen Kindern mit einem Wert nach der pädiatrisch modifizierten Glasgow-Coma-Scale (GCS) von unter 12 sollte eine Computertomographie (CT) des Gehirns durchgeführt werden [10]. Die Frage, ob für den restlichen Körper eine konventionelle Bildgebung oder ein CT indiziert ist, lässt sich aus derzeitiger Datenlage nicht eindeutig beantworten; alle Untersuchungen bei Kindern müssen vor allem eindeutige Aussagen zur Strahlenbelastung liefern, und alleine schon diesbezüglich gibt es grundlegende und noch nicht entschiedene Differenzen zur Methodik. Bei lebensbedrohlich verletzten Kindern ist derzeit bezüglich der Entscheidung für eine Ganzkörper-CT oder ein konventionelles Röntgenprogramm ausschlaggebend, wie die zeitlichen Abläufe in der jeweiligen Klinik eine möglichst zügige und optimale Versorgung ermöglichen. Bei einem unauffälligen Schädel-CT und niedrigen GCS-Werten muss an ein axonales Trauma gedacht werden, welches erst in einer Magnetresonanztomographie (MRT) sichtbar gemacht werden kann. Weil dies aber keine therapeutischen Konsequenzen beinhaltet, kann das MRT des Schädels im zeitlichen Intervall nach einer Stabilisierungsphase erfolgen.

Schlussfolgerungen

Das kindliche Polytrauma zeichnet sich durch ein anderes Verletzungsmuster aus, als es beim Erwachsenen der Fall ist. Hervorzuheben ist dabei die Häufigkeit der Schädel-Hirn-Verletzungen und die Tatsache, dass schwere Schädel-Hirn-Traumata oft initial schwieriger zu erkennen sind. Sowohl die prähospitalen wie auch die klinische Versorgung folgen den gleichen Grundregeln wie beim Erwachsenen. Es gibt Anhalt dafür, dass die als altersbezogen normwertig erachteten Vitalparameter auch als Ziel der therapeutischen Maßnahmen beim Polytrauma verwendet werden können. Dimensionen von Ausrüstungsgegenständen, Dosierungen von Medikamenten sowie Mengen von Infusionen müssen alters- und gewichtsbezogen angepasst werden. Auch jenseits der Neugeborenenperiode ist bei der Reanimation von Säuglingen und Kleinkindern die Beatmung essentiell, die nicht zwingend mit einer Intubation zu erfolgen hat. Bei der intrahospitalen Versorgung scheinen Zentren, die ein spezialisiertes Kinderteam zur Verfügung stellen, anderen überlegen zu sein. Klare Empfehlungen, ob die initiale Bildgebung konventionell oder mit Computertomographie durchgeführt werden sollte, gibt es bisher nicht.

Literatur

1. Duhaime AC, Christian CW, Rorke LB, Zimmerman RA. Nonaccidental head injury in infants—the „shaken-baby syndrome“. *N Engl J Med* 1998;338(25):1822-1829.
2. Robinson SM, Mackenzie-Ross S, Campbell Hewson GL, Egleston CV, Prevost AT. Psychological effect of witnessed resuscitation on bereaved relatives. *Lancet* 1998;352(9128):614-617.
3. Giza CC, Mink RB, Madikians A. Pediatric traumatic brain injury: not just little adults. *Curr Opin Crit Care* 2007;13(2):143-152.
4. Sudhakar N, Simpson BA. Massive subgaleal haematoma. *Br J Neurosurg* 2002;16(4):394-395.
5. Catala-Temprano A, Claret Teruel G, Cambra Lasasoa FJ, Pons Odena M, Noguera Julian A, Palomeque Rico A. Intracranial pressure and cerebral perfusion pressure as risk factors in children with traumatic brain injuries. *J Neurosurg* 2007;106(6 Suppl):463-466.
6. Gausche M, Lewis RJ, Stratton SJ, Haynes BE, Gunter CS, Goodrich SM, et al. Effect of out-of-hospital pediatric endotracheal intubation on survival and neurological outcome: a controlled clinical trial. *Jama* 2000;283(6):783-790.
7. Rosetti VA, Thompson BM, Miller J, Mateer JR, Aprahamian C. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med* 1985;14(9):885-888.
8. Babbs CF, Meyer A, Nadkarni V. Neonatal CPR: room at the top—a mathematical study of optimal chest compression frequency versus body size. *Resuscitation* 2009;80(11):1280-1284.
9. Potoka DA, Schall LC, Ford HR. Improved functional outcome for severely injured children treated at pediatric trauma centers. *J Trauma* 2001;51(5):824-832.
10. Maier B, Maier-Hemming A, Lehnert M, Mutschler WE, Marzi I, Rose S. [Relevance of CT-scans for pediatric head injuries]. *Unfallchirurg* 2003;106(3):220-225.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Jost Kaufmann**

Abteilung Kinderanästhesie
Kinderkrankenhaus
Kliniken der Stadt Köln gGmbH
Amsterdamer Straße 59
50735 Köln, Deutschland
E-Mail: Kaufmannj@Kliniken-Koeln.de



Perioperative Versorgung des Kindes mit neuromuskulärer Erkrankung

M. Jöhr

Einleitung

Kinder sind seltene Patienten, und viele Anästhesisten sind mit ihren Besonderheiten nicht umfassend vertraut. Für ein erfolgreiches und sicheres Management der kleinen Patienten sind Erfahrung mit Kindern und manuelle Fertigkeiten erforderlich, d.h. eine regelmäßige Exposition mit genügenden Fallzahlen; noch viel mehr trifft das zu, wenn Kinder mit einer seltenen neuromuskulären Erkrankung zu behandeln sind.

Die Einteilung der Krankheitsbilder erfolgt am besten anhand des Ortes des Krankheitsgeschehens: Das sind Gehirn, Rückenmark, Nervenwurzel, Nerv, Synapse und Muskelzelle (Tab. 1; Abb. 1).

Die Wahl des Anästhesieverfahrens

Häufige Vorurteile

Unkritisch wird oft behauptet, eine intravenöse Anästhesie sei immer dann von Vorteil, wenn etwas unklar sei. Propofol sei sozusagen gut für alles, eine Panazee. Man solle außerdem wenig Muskelrelaxanzien und schon gar kein Succinylcholin verwenden. Zudem drohe gar ständig die Gefahr einer malignen Hyperthermie.

Triggerfreie Anästhesie

Die maligne Hyperthermie (MH) beruht auf einer Mutation am Ryanodin-1-Rezeptor auf Chromosom 19. Es werden allerdings im Zusammenhang mit der

Tabelle 1

Einordnung der Krankheitsbilder nach der Hauptlokalisierung des Krankheitsprozesses.

Hauptlokalisierung des Krankheitsprozesses	Beispiele (kursiv = im Text erwähnt)
Gehirn	<i>Zerebralparese, Tuberoöse Hirnsklerose</i>
Rückenmark	<i>Spinale Muskelatrophien, Myatrophe Lateralsklerose, Tetanus, Poliomyelitis</i>
Nervenwurzel	<i>Polyradikulitis Guillain-Barré</i>
Nerv	<i>Polyneuropathien, Porphyrrie</i>
Neuromuskuläre Synapse	<i>Myasthenia gravis, Eaton-Lambert-Syndrom</i>
Muskelzelle	<i>Muskeldystrophie Duchenne und Becker, Myotonia congenita Thomsen, Maligne Hyperthermie, Enzymdefekte</i>

MH auch noch Mutationen am Dihydropyridinrezeptor auf Chromosom 1 und möglicherweise anderen Chromosomen diskutiert [1]. Ausgelöst durch die Triggersubstanzen (halogenierte Inhalationsanästhetika und Succinylcholin) kommt es zu einem unkontrollierten Kalziumanstieg im Sarkoplasma und zum Hypermetabolismus mit den bekannten, fatalen Folgen. Eine triggerfreie Anästhesie ist zwingend erforderlich bei allen Zuständen, die mit einer

MH-Reaktion einhergehen können; die Liste dieser Erkrankungen scheint nach heutigem Wissen die MH und noch vier weitere Krankheitsbilder zu umfassen (Tab. 2) [2].

Bei anderen Myopathien, die oft auch unklar bleiben und trotz Muskelbiopsie keiner Entität zugeordnet werden können, ist eine inhalative Einleitung durchaus eine Option, wenn sie von Vorteil ist. Theoretisch ist es auch durchaus denkbar, dass Propofol in gewissen Situationen von Nachteil sein könnte, z.B. bei mitochondrialen Zytopathien oder bei Störungen der Fettsäureoxydation, denn im Rahmen des Propofol-Infusionssyndroms wird ein Potenzial der Substanz zur Beeinträchtigung der Fettsäureoxydation diskutiert [3]. Allerdings gibt es bis dato noch keine Untersuchungen über Anästhesien bei Kindern mit Myopathien, die dieses belegen.

Tabelle 2

Liste der Zustände, die mit einer MH-Reaktion und Hypermetabolismus einhergehen und eine triggerfreie Anästhesie erfordern.

- Maligne Hyperthermie
- King-Denborough-Syndrom
- Central Core Disease
- Multi-minicore Disease
- Nemaline Rod Myopathy

Succinylcholin und Duchenne

Die **Muskeldystrophie Duchenne** wird x-chromosomal rezessiv vererbt (häufigste Myopathie, Inzidenz 1:4'000) und beruht auf einem Mangel am Strukturprotein Dystrophin; d.h. die Zellmembran wird instabil und vermehrt anfällig auf störende Ereignisse [4]. Die massive Stimulation durch Succinylcholin führt zur Rhabdomyolyse mit Hyperkaliämie und oft fatalem Ausgang [5]. Inwieweit zusätzlich eine Rezeptor-Upregulation an der Hyperkaliämie mitschuldig ist, ist höchstens von wissenschaftlichem Interesse: Succinylcholin ist kontraindiziert! Zahlreiche Faktoren können jedoch schon beim Gesunden eine Rhabdomyolyse begünstigen (z.B. Fibrat, Statine, Heroin, Infektionen, Ketoazidose), und so wurde vereinzelt auch bei Kindern mit Muskeldystrophie nach Sevoflurannarkosen über eine Rhabdomyolyse berichtet. Für viele Kinderanästhesisten ist aber die inhalative Einleitung bei fehlendem Venenzugang eine akzeptable Option, in der Regel wird aber die intravenöse Anästhesie favorisiert [6].

Die **Muskeldystrophie Becker** ist ebenfalls x-chromosomal vererbt, sie ist aber seltener als der Typ Duchenne (Inzidenz 1:20'000); es wird ein vermindert funktionsfähiges Dystrophin gebildet, und die Symptome treten oft erst im Erwachsenenalter auf. Es gelten die gleichen anästhesiologischen Überlegungen wie beim Typ Duchenne.

Succinylcholin und Myotonien

Die **Myotonia congenita Thomsen** wird autosomal-dominant vererbt (Chromosom 7), die **Myotonia Becker** (nicht zu verwechseln mit der Muskeldystrophie Becker) autosomal-rezessiv. Es bestehen keine Muskelatrophien, im Gegenteil, ein besonders muskulöser Körperbau ist typisch. Die Symptome beginnen schon im Säuglingsalter, sozusagen „in der Wiege“, und die Lebenserwartung ist normal. Diese Krankheitsbilder gehören zu den Ionenkanalerkrankungen („channelopathies“); wegen einer verminderten Chloridpermeabilität depolarisieren Muskelzellen leichter, es kommt

nach chemischer, mechanischer oder elektrischer Stimulation zur anhaltenden Kontraktion, der sog. myotonen Reaktion: Succinylcholin ist kontraindiziert! Die große Gefahr ist eine generalisierte myotone Reaktion, bei der das Kind weder intubiert noch beatmet werden kann. Es besteht jedoch keine Anomalie am Ryanodin-1-Rezeptor, d.h. das Risiko einer unkontrollierten Kalziumfreisetzung mit Hypermetabolismus ist zu verneinen [7]. Ein Verzicht auf Inhalationsanästhetika drängt sich nicht auf. Wenn im Labor am isolierten Tiermuskeln mittels Chloridkanalblocker eine Myotonie simuliert wird, so lässt sich ein Vorteil für Propofol vermuten [8]. Inhalationsanästhetika werden jedoch von vielen Kinderanästhesisten und auch vom Autor problemlos bei Kindern mit Myotonie verwendet.

Die **Dystrophia myotonica Curschmann-Steinert** wird autosomal-dominant vererbt (Chromosom 19; 1:20'000) und ist die zweithäufigste Myopathie überhaupt; sie gehört zu den Trinukleotid-Repeat-Erkrankungen. Es wird eine kongenitale und eine adulte Form unterschieden; die kongenitale Form wird meist von der Mutter vererbt, und es besteht eine Antizipation, d.h. die Nachkommen sind schwerer und früher betroffen als die Eltern. Bedingt durch eine verminderte Produktion der Myotonin-Proteinkinase kommt es zu Schäden an der Muskelfasermembran und an der Kalziumpumpe. Myotone Reaktionen stehen nicht im Vordergrund. Succinylcholin ist aber kontraindiziert! Das Leiden ist aber vor allem eine Multisystem-Erkrankung mit Muskelschwäche, Schluckstörungen, Herzbeteiligung, Katarakt etc.; diese Symptome, und nicht die myotonen Reaktionen stehen für den Anästhesisten im Vordergrund [9].

Die echten klinischen Probleme

Muskuläre Schwäche und pulmonale Probleme

Bei muskulär schwachen Kindern gilt es jede zusätzliche Beeinträchtigung von Lungenmechanik und Gasaustausch zu vermeiden: ein Relaxanzienüberhang

wäre natürlich fatal. Ebenso gilt es Atelektasen zu verhindern; 100 % Sauerstoff mit dem Risiko von Resorptionsateletasen ist wie auch eine Beatmung ohne positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) ungünstig. Generell kann bei peripherer Chirurgie davon ausgegangen werden, dass wenn ein Kind präoperativ nicht beatmet ist, es auch postoperativ keinen Tubus benötigt; sofern man alles richtig macht.

Venenzugang und Lagerung

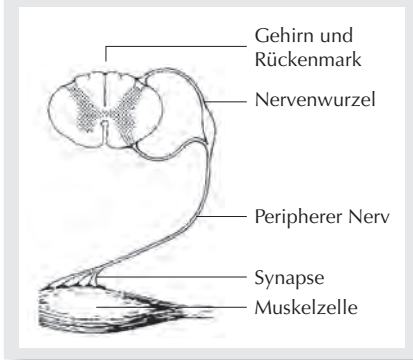
Praktische Probleme beim Anlegen des venösen Zugangs oder der Lagerung eines deformierten Körpers ohne Druckstellen beherrschen oft unser Handeln. Ein erschwelter Venenzugang kommt sehr häufig vor bei diesem Patientenkollektiv. Für das Umbetten und Lagern hat es sich bewährt, die Eltern oder die Betreuungsperson mit einzubeziehen, um eine für das Kind optimale Lagerung und das Vermeiden von späteren Klagen zu erreichen.

Bei Kindern mit Zerebralparese oder anderen Behinderungen fällt die Körpertemperatur während längerer Eingriffen typischerweise stärker ab als bei gesunden Kindern. Sie weisen einen weniger aktiven Metabolismus auf, sie haben eine geringere endogene Wärmeproduktion, sie haben eine „vita reducta“. Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Normothermie sind daher ganz besonders wichtig.

Dosierung der Anästhetika, Relaxanzien und Opioide

Anästhesisten sind schon bei gesunden Kindern stets auf der Suche nach der richtigen Dosis. Bei Kindern mit Vorerkrankungen ist dieses Anliegen noch schwieriger. Kinder mit einer zerebralen Beeinträchtigung scheinen „weniger Narkose“ zu benötigen, sie reagieren oft sehr empfindlich auf Anästhetika: bei Kindern mit Zerebralparese sind die MAC-Werte von Halothan tiefer als bei gesunden Kontrollen [10], und kleinere Dosen von Propofol reichen aus, um den BIS-Zielwert zu erreichen. Bei Anwenden einer einheitlichen Dosierung resultieren tiefere BIS-Werte [11]. Inwiefern EEG-basiertes Hypnosemonitoring wie z.B.

Abbildung 1



BIS auch bei diesem Patientenkollektiv aussagekräftig eingesetzt werden kann, ist allerdings Gegenstand der aktuellen wissenschaftlichen Diskussion.

Die geringen Muskelmassen von Kindern mit Zerebralparese lassen auf den ersten Blick einen verminderten Bedarf an Muskelrelaxanzien vermuten; in Realität ist aber genau das Gegenteil der Fall: Diese Kinder weisen oft eine Rezeptor-Upregulation mit einer Resistenz gegenüber Muskelrelaxanzien auf. Eine Sondersituation ist die Muskeldystrophie Duchenne: Der Wirkeintritt von Rocuronium erfolgt langsamer, und die Wirkdauer ist erheblich verlängert; für eine vollständige Blockade scheint allerdings eine normale Dosierung erforderlich zu sein [12]. Es ist zu vermuten, dass mindestens ein Teil der Fälle von schwieriger Intubation bei Kindern mit neuromuskulären Erkrankungen auf eine ungenügende Relaxierung zurückzuführen ist. Aus falschem Sicherheitsempfinden und oft aus Unwissen wird auf Relaxanzien verzichtet oder sie werden ungenügend dosiert. Die Anwendung von Muskelrelaxanzien sollte immer bedarfsgerecht und unter relaxometrischer Kontrolle erfolgen.

Kinder mit chronischer nächtlicher Hypoxie bei obstruktiver Schlafapnoe reagieren sehr empfindlich auf Opiode. So sind bei solchen Kindern niedrigere Dosen eines Opioids ausreichend, um die Schmerzen nach Tonsillektomie zu kontrollieren, wenn sie präoperativ regelmäßig schwer entsättigen. Tierexperimentell wurde gezeigt, dass eine Standarddosis Fentanyl das Atemminu-

tenvolumen stärker deprimiert, wenn die Versuchstiere täglich während 7 Stunden eine hypoxische Mischung atmeten. Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass nicht auch Kinder, die wegen neuromuskulärer Leiden chronisch hypoxisch sind, ebenso vermehrt empfindlich auf Opiode reagieren. Eine sorgfältige Dosierung und vor allem eine adäquate postoperative Überwachung sind daher unerlässlich.

Schlussfolgerungen

Es geht nicht lediglich um die Wahl der Medikamente und eine möglichst triggerfreie Anästhesie. Maligne Hyperthermie und Rhabdomyolyse sind unterschiedliche Entitäten. Vielfach stehen aber ganz andere Probleme im Vordergrund: respiratorische Insuffizienz, muskuläre Schwäche, Intubationsprobleme oder Schwierigkeiten bei der Lagerung und beim Venenzugang. Profunde Kenntnisse sind daher nötig, um jeden einzelnen Patienten optimal zu behandeln.

Literatur

- Robinson R, Carpenter D, Shaw MA, Halsall J, Hopkins P. Mutations in RYR1 in malignant hyperthermia and central core disease. *Hum Mutat* 2006; 27(10):977-989.
- Klingler W, Rueffert H, Lehmann-Horn F, Girard T, Hopkins PM. Core myopathies and risk of malignant hyperthermia. *Anesth Analg* 2009;109(4):1167-1173.
- Vasile B, Rasulo F, Candiani A, Latronico N. The pathophysiology of propofol infusion syndrome: a simple name for a complex syndrome. *Intensive Care Med* 2003;29(9):1417-1425.
- Hopkins PM. Anaesthesia and the sex-linked dystrophies: between a rock and a hard place. *Br J Anaesth* 2010; 104(4):397-400.
- Gurnaney H, Brown A, Litman RS. Malignant hyperthermia and muscular dystrophies. *Anesth Analg* 2009; 109(4):1043-1048.
- Hayes J, Veyckemans F, Bissonnette B. Duchenne muscular dystrophy: an old anesthesia problem revisited. *Paediatr Anaesth* 2008;18(2):100-106.
- Parness J, Bandschapp O, Girard T. The myotonias and susceptibility to malignant hyperthermia. *Anesth Analg* 2009;109(4):1054-1064.
- Bandschapp O, Ginz HF, Soule CL, Girard T, Urwyler A, Iazzo PA. In vitro effects of propofol and volatile agents on pharmacologically induced chloride channel myotonia. *Anesthesiology* 2009; 111(3):584-590.
- White RJ, Bass SP. Myotonic dystrophy and paediatric anaesthesia. *Paediatr Anaesth* 2003;13(2):94-102.
- Frei FJ, Haemmerle MH, Brunner R, Kern C. Minimum alveolar concentration for halothane in children with cerebral palsy and severe mental retardation. *Anaesthesia* 1997;52(11):1056-1060.
- Valkenburg AJ, de Leeuw TG, Tibboel D, Weber F. Lower bispectral index values in children who are intellectually disabled. *Anesth Analg* 2009; 109(5):1428-1433.
- Muenster T, Schmidt J, Wick S, Forst J, Schmitt HJ. Rocuronium 0.3 mg x kg⁻¹ (ED95) induces a normal peak effect but an altered time course of neuromuscular block in patients with Duchenne's muscular dystrophy. *Paediatr Anaesth* 2006;16(8):840-845.

Kurzprofil des Autors

Dr. Martin Jöhr ist verantwortlich für die Anästhesie am Kinderspital Luzern. Er ist Autor eines Lehrbuchs über Kinderanästhesie in der siebten Auflage, Referent an internationalen Kongressen sowie Gutachter für verschiedene internationale Zeitschriften, vor allem aber täglich klinisch tätiger Anästhesist mit der Überzeugung, dass die Versorgung jedes einzelnen Patienten nicht anders als perfekt sein darf.

Korrespondenzadresse



**Dr. med.
Martin Jöhr**

Institut für Anästhesie, chirurgische Intensivmedizin, Rettungsdienst und Schmerztherapie
Anästhesie Kinderspital
Luzerner Kantonsspital
6004 Luzern, Schweiz
Tel.: +41 41 2054908
Fax: +41 41 3705427
E-Mail: joehrmartin@bluewin.ch

Welchen Einfluss hat die Anästhesie auf das Outcome?

K. Becke



Einleitung

Als Outcome wird im medizinischen Sprachgebrauch das Ergebnis, das durch präventive Maßnahmen oder medizinische Therapie erzielt wird, bezeichnet. Das Ergebnis wird klassifiziert durch Definition verschiedener Ziele: ein typischer Endpunkt im Bereich Anästhesie ist z.B. die Komplikationsrate. Letztlich geht es um die Qualität, die unterteilt werden kann in Prozess-, Struktur- und Ergebnisqualität, die das Outcome wesentlich beeinflussen.

Qualität in der Kinderanästhesie ist ein multidimensionales Merkmal: es gilt, den Ansprüchen der Patienten, in diesem speziellen Fall Kinder verschiedener Altersgruppen, der Eltern der Kinder, der Operateure, der Anästhesisten und des beteiligten Pflegepersonals, aber auch der Krankenhausleitung sowie der Fachgesellschaften gerecht zu werden. Oberste Priorität hat die Sicherheit bei der Durchführung pädiatrischer Anästhesien (= Vermeidung von Morbidität und Mortalität), gefolgt von der Wahrung der spezifischen Bedürfnisse und Interessen der einzelnen Beteiligten.

Präoperative Vorbereitung pädiatrischer Patienten

Für Kinder ist der wesentliche Punkt eine möglichst geringe Beeinträchtigung durch einen Krankenhausaufenthalt. Vordringlich erscheint das Vermeiden von überflüssigen Interventionen und die Minimierung von prozeduralen Schmer-

zen. Untersuchungen ohne Konsequenz für das anästhesiologische Vorgehen sollten daher vermieden werden. Aussagekräftiger als Routineblutentnahmen ist eine sorgfältig erhobene, standardisierte Anamnese [1]. Einfache, aber sehr effektive Maßnahmen zur Vermeidung von Schmerzen sind u.a. die Lokalanästhesie der Haut vor intravenöser Punktion (z.B. EMLA®-Salbe), die orale Gabe von Glukose vor i.v.-Punktionen bei Früh-, Neugeborenen und Säuglingen sowie die konsequente Durchführung unangenehmer oder schmerzhafter diagnostischer und interventioneller Eingriffe in Sedierung durch geschultes Personal [2].

Trennungsängste vor einer Operation/Anästhesie können durch Aufklärung und Information im Vorfeld, ein professionelles interdisziplinäres Setting und eine adäquate medikamentöse Prämedikation verhindert werden. Eine zentrale Rolle spielt hier der aufklärende Anästhesist bzw. die Anästhesie-Ambulanz. Neben der Erfassung des medizinischen Risikos ist es die Aufgabe des Anästhesisten, eine verlässliche Vertrauensbasis für den Patienten und seine Eltern zu schaffen, dies geschieht vor allem durch ein aufklärendes, informatives Gespräch, das den Kindern und Eltern erlaubt, die individuellen Ängste zu äußern. Die medikamentöse Prämedikation mit Benzodiazepinen (i.d.R. Midazolam) gilt im Kleinkindalter noch immer als Anxiolyse der Wahl, es existieren aber auch andere wirksame Strategien, Kindern (und Eltern) die Angst zu nehmen (Hypnose, Clown-Doktor etc.) [3].

Vermeiden anästhesiologischer Morbidität und Mortalität

Respiratorische Komplikationen

Die häufigsten und schwerwiegendsten Komplikationen in der Kinderanästhesie betreffen das respiratorische System [4]. Durch das ungleiche Verhältnis zwischen Sauerstoffbedarf und -reserve kann es bei Zwischenfällen rasch zu gefährlicher Hypoxie kommen: das perfekte Management des kindlichen Atemwegs zur kontinuierlichen Oxygenierung ist also unabdingbar.

Im Vordergrund steht bei Kindern der unerwartet schwierige Atemweg, der häufiger als bei Erwachsenen auftritt und auch wesentlich häufiger als der erwartet schwierige Atemweg ist. Die Prävention des unerwartet schwierigen Atemwegs besteht aus dem Erkennen schwieriger Atemwege, der adäquaten Vorbereitung des Arbeitsplatzes, der richtigen Zusammensetzung des Teams und der suffizienten Präoxygenierung. Kommt es bei der Anästhesieeinleitung trotz präventiver Maßnahmen zu einem Problem der Oxygenierung, müssen anatomische und funktionelle Atemwegsobstruktionen ausgeschlossen respektive behandelt werden: Freimachen des Atemwegs durch Lagerungsoptimierung und Esmarch-Handgriff, oropharyngealer Atemweg (z.B. Guedel-Tubus), Vertiefung der Anästhesie. Klare Algorithmen geben Sicherheit im klinischen Alltag [5].

Wesentliche Faktoren zur Minimierung der anästhesiebedingten Morbidität und

Mortalität sind die Kompetenz und Erfahrung des Anästhesisten. Eine fundierte Ausbildung und Supervision sind ebenso essentiell wie regelmäßiges Zwischenfallstraining, z.B. auf der Basis der Anästhesie-Simulation. Nur die regelmäßige Durchführung von Kinderanästhesien führt zu dauerhafter, bleibender Kompetenz [6].

Postoperative Komplikationen

Die Qualität anästhesiologischen Handelns und die Zufriedenheit der Patienten kann entscheidend durch eine Reduktion postoperativ auftretender Befindensstörungen verbessert werden. Die Minimierung von postoperativen Schmerzen, postoperativer Übelkeit/Erbrechen (postoperative nausea and vomiting, PONV) und postoperativer Agitation wird durch standardisierte, differenzierte Behandlungsschemata möglich.

Multimodale Schmerztherapie

Die Kombination von Opioiden, Nicht-Opioid-Analgetika/Co-Analgetika und Lokal-/Regionalanästhesie bereits während der Anästhesie vermindert postoperativen Schmerz und Schmerzmittelverbrauch [7]. Die postoperative Schmerztherapie sollte durch speziell geschultes Fachpersonal gewährleistet sein. Voraussetzung für eine adäquate Schmerztherapie ist die Schmerzerfassung anhand geeigneter Skalen (z.B. KUSS-Skala) [8]. Standardisierte Vorgaben zur Schmerzmittelgabe, z.B. eine Tabelle mit gewichtsbezogenen Dosisangaben und Höchstdosierungen, und entsprechendes Monitoring der Vitalparameter erhöhen die Effizienz und die Sicherheit der Therapie.

Postoperative Übelkeit und Erbrechen

PONV stellt vor allem im Alter zwischen 3-12 Jahren ein häufiges Problem dar, das nicht nur wesentlich die Befindlichkeit der Kinder beeinträchtigt, sondern auch zu medizinischen Komplikationen wie Dehydrierung, Elektrolytstörungen und Gefährdung des OP-Ergebnisses führen kann. Am individuellen PONV-Risiko adaptierte prophylaktische Vorgehensweisen sind effektiv [9], die Implementierung im klinischen Alltag aber

schwierig. Eine Alternative ist die generelle Prophylaxe, eine Kombination von zwei antiemetischen Medikamenten: Propofol im Rahmen einer total intravenösen Anästhesie (TIVA) plus Dexame-thason oder einem 5-HT₃-Antagonisten; bei Verwendung von Volatila Dexame-thason plus einem 5-HT₃-Antagonisten. Tritt Übelkeit/Erbrechen postoperativ auf, so sollte die medikamentöse Therapie mit Antiemetika, z.B. 5-HT₃-Antagonisten oder Dimehydrinat, umgehend eingeleitet werden und bis zum Sistieren der Symptomatik fortgesetzt werden.

Postoperative Agitation

Ein besonderes Problem der Kinderanästhesie ist die postoperative Agitation, auch „emergence delir“ genannt. Kli-

nisch imponiert nach dem Erwachen aus der Anästhesie das Bild eines völlig aufgelösten Kindes, das nicht mehr tröstbar oder beruhigbar ist, mit außergewöhnlicher motorischer Aktivität. Da es sich für alle Beteiligten um einen Zustand mit hohem Leidensdruck und gleichzeitig mit Gefährdungspotential des Kindes durch Verletzungen handelt, sollte umgehend die Therapie eingeleitet werden, auch wenn die postoperative Agitation an sich selbstlimitierend ist. Identifizierte Risikofaktoren sind u.a. Alter und Geschlecht des Kindes (v.a. Jungen im Vorschulalter), Anästhesieverfahren (Volatila, v.a. Sevofluran) und Eingriffsart (HNO-Eingriffe). Präventiv wirken intraoperativ verabreichtes Propofol, Ketamin, Clonidin oder Opiode;

Tabelle 1

Beispiele für Maßnahmen, die Outcome und Qualität in der Kinderanästhesie verbessern können.

Kategorie	Maßnahme	Beispiel
Allgemein	Schaffung abteilungsinterner und -übergreifender Standards	Schaffung von SOPs für wesentliche Prozesse
	Schaffung einer kindgerechten Umgebung	Kinder-Einschlaf-/ Aufwachraum
	Ausbildung von Spezialisten	Bildung von "Kinderanästhesie-Teams"
	Regelmäßiges Training	Anästhesie-Simulator
	Etablierung eines Fehler-Management-Systems	PASOS, CIRS
Präoperative Vorbereitung	Vermeiden überflüssiger Routineuntersuchungen ohne anästhesiologische Konsequenz	Gerinnungsanamnese statt Routineblutentnahme
	Eltern- und kindgerechte Information, Aufklärung	Info-Broschüre "Anästhesie bei Kindern"
	Medikamentöse Anxiolyse	Prämedikation mit Midazolam
	Vermeiden schmerzhafter Maßnahmen	Lokalanästhesie vor i.v.-Punktion, z.B. EMLA®-Salbe
Perioperatives Management	Kompetentes Atemwegsmanagement	Etablierung eines Algorithmus zum "unerwartet schwierigen Atemweg", Training und Supervision
	Multimodale Schmerztherapie inkl. postoperativer Verordnungen	Kombination von Regionalanästhesie, Opioiden, Nicht-Opioid-Analgetika, Co-Analgetika
	PONV-Prophylaxe und -Therapie	standardisierte Gabe von Antiemetika
	Prophylaxe und Therapie von postoperativer Agitation	Intraoperativ Prävention, postoperativ konsequente Therapie
Nachbereitung	Patientenbefragung	Postanästhesiologische Visite, Telefon-Interview nach ambulanten Operationen
	Nachbesprechung von Zwischenfällen	"Debriefing", interdisziplinäre Fallkonferenzen

Midazolam wirkt hingegen nicht präventiv [10]. Die gleichen Substanzen sind auch zur Therapie geeignet.

Nachbetreuung

Damit auch Probleme, die nach der Entlassung auf die Normalstation oder nach ambulanter Operation zu Hause auftreten, umgehend therapiert werden können, sind schriftlich dokumentierte interdisziplinäre Empfehlungen zur Weiterversorgung nützlich. Diese beinhalten u.a. Empfehlungen zur weiteren Schmerztherapie, zur PONV-Therapie und einen benannten Ansprechpartner mit Telefonnummer.

Überprüfung der Qualität

Ein wichtiger Baustein der Qualitätssicherung ist die regelmäßige Überprüfung des Outcomes. Beispielhaft genannt seien die postanästhesiologische Visite bzw. das Telefon-Interview nach ambulanter OP.

Schwerere Komplikationen und Beinahe-/Zwischenfälle sollen zeitnah erfasst und aufgearbeitet werden; eine sachliche, konstruktive Nachbesprechung („Debriefing“) mit allen Beteiligten fördert die Fehlerkultur und kann das Wiederauftreten verhindern. Abteilungsinterne Standards müssen regelmäßig überprüft und an die aktuelle wissenschaftliche Studienlage sowie die Vorgaben der Fachgesellschaften angepasst werden.

Schlussfolgerungen

Die Anästhesie kann an vielen Stellen das Outcome der Patienten positiv beeinflussen. Ziel der Kinderanästhesie ist eine kindgerechte Versorgung mit einem Höchstmaß an anästhesiologischer Kompetenz und Sicherheit (Tab. 1). Innerhalb der Routine eines Krankenhauses sollten Standards etabliert sein, die zur Optimierung der Abläufe beitragen, indem sie die Zusammenarbeit von Ärzteschaft und Pflegepersonal klar definieren. Das Vorhandensein von modernem Monitoring, Equipment und Medikamenten gehört essentiell dazu.

Zusammenfassend ist die Qualität der perioperativen Behandlung von Kindern

also ein komplexes Gebiet, das neben dem reinen Beherrschen der Techniken („technical skills“) und klaren Vorgaben/Empfehlungen der Fachgesellschaften auch persönliches, berufsgruppenüberschreitendes Engagement fordert.

Literatur

1. Strauß J, Becke K, Schmidt J. Gerinnungsstörungen: Auf die Anamnese kommt es an. Deutsches Ärzteblatt 2006; 103:28-29.
2. Entschließung des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin: „Analosedierung für diagnostische und therapeutische Maßnahmen im Kindesalter“. Anästh Intensivmed 2010;51:S603-S614.
3. Yip P, Middleton P, Cyna AM, Carlyle AV. Non-pharmacological interventions for assisting the induction of anaesthesia in children. Cochrane Database of Systematic Reviews 2009, Issue 3. Art. No.: CD006447. DOI: 10.1002/14651858.CD006447.
4. Morray JP, Geiduschek JM, Ramamoorthy C, Haberkern CM, Hackel A, Caplan RA, et al. Anesthesia-related cardiac arrest in children: initial findings of the Pediatric Perioperative Cardiac Arrest (POCA) Registry. Anesthesiology 2000;93:6-14.
5. Weiss M, Engelhardt T. Proposal for the management of the unexpected difficult pediatric airway. Pediatr Anesth 2010; 20:454-464.
6. Auroy Y, Ecoffey C; Messiah A, Rouvier B. Relationship between complications of pediatric anesthesia and volume of pediatric anesthetics. Anesth Analg 1997;84:228-239.
7. Morton NS. Prevention and control of pain in children. Br J Anaesth 1999;83: 118-129.
8. Büttner W, Finke W. Analysis of behavioural and physiological parameters for the assessment of postoperative analgesic demand in newborns, infants and young children: a comprehensive report on seven consecutive studies. Paediatr Anaesth 2000; 10:303-18.
9. Becke K, Kranke P, Weiss M, Kretz FJ. Handlungsempfehlung zur Risikoeinschätzung, Prophylaxe und Therapie von postoperativem Erbrechen im Kindesalter. Anästh Intensivmed 2007; 48:S95-S98.
10. Dahmani S, Stany I, Brasher C, Lejeune C, et al. Pharmacological prevention of sevoflurane- and desflurane-related emergence agitation in children: a meta-analysis of published studies. Br J Anaesth 2010;104:216-223.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Karin Becke**

Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin Cnopf'sche Kinderklinik/
Klinik Hallerwiese
Diakonie Neuendettelsau
St. Johannis-Mühlgasse 19
90419 Nürnberg, Deutschland

Tel.: 0911 3340-4900

Fax: 0911 3340-4911

E-Mail: Karin.Becke@
diakonieneuendettelsau.de