

Pädiatrische Neuroanästhesie

Anästhesiologisches Management

Herbert Trautner • Franz Kehl • Martin Anetseder



Diagnostik und Therapie in der pädiatrischen Neurochirurgie und Neuroradiologie haben sich während der vergangenen Jahrzehnte rasant entwickelt. In spezialisierten Kliniken sind interventionelle Angiographien oder endoskopische Ventrikulostomien bei Säuglingen und Kleinkindern mittlerweile Standardeingriffe. Das breite Spektrum interventioneller Eingriffe in Neuroradiologie, Onkologie, Epilepsie- und Tumorchirurgie sowie in der neurochirurgischen Therapie von zephalen und spinalen Fehlbildungen setzt ein differenziertes anästhesiologisches Management voraus.

Die besonders enge Zusammenarbeit zwischen primär behandelndem Arzt und Anästhesisten ist Voraussetzung für eine optimale Anästhesieführung. Häufig sind die Patienten kleine Kinder mit schweren neurologischen bzw. generalisierten Entwicklungsstörungen sowie komplexen Fehlbildungssyndromen.

Prämedikationsvisite



Gesprächsatmosphäre Kinder und ihre Eltern müssen im Rahmen der Therapie besonders einfühlsam und intensiv betreut werden. Für manche Eltern liegen nur Tage oder Stunden zwischen der Diagnosestellung und dem Prämedikationsgespräch: Sie wissen erst seit Kurzem von der schweren Erkrankung ihres bislang gesund geglaubten Kindes. Die persönliche Kommunikation und viel Empathie mit den kleinen

Patienten und den Eltern spielen daher eine besonders wichtige Rolle.

Aufklärung über Risiken Im Prämedikationsgespräch ist eine differenzierte Aufklärung der Eltern über den perioperativen Anästhesieablauf, über spezielle Risiken und Komplikationen (► Tab. 1) sowie ggf. über eine intensivmedizinische postoperative Betreuung durchzuführen. Je nach psychischer Belastbarkeit sollte auch das Kind altersentsprechend über den anstehenden Eingriff informiert werden.

Daten zur präoperativen Risikoabschätzung

Erhoben werden zunächst allgemeinmedizinische Daten wie

- ▶ Krankengeschichte,
- ▶ Standardlaborwerte mit Blutbild, Gerinnung und Elektrolyten,
- ▶ ggf. EKG,
- ▶ klinischer Untersuchungsstatus.

Eine wesentliche Rolle kommt dem neurologisch-neurochirurgischen Befund zu, bei dem unter anderem

- ▶ EEG,
- ▶ CT,
- ▶ MRT,
- ▶ Angiographie,

bewertet werden. Essenziellen Einfluss auf die Planung der Anästhesie haben:

- ▶ Größe und Lokalisation von Tumoren,
- ▶ Größe und Lokalisation von Blutungen,
- ▶ Hinweise auf Hirnödemen und erhöhten intrakraniellen Druck, auf Hydrozephalus, Ischämiezonen, Gefäßmissbildungen, Gesichtsschädelanomalien usw.

Besonderheiten der Medikation Dosierungen von Antiepileptika in der perioperativen Phase werden in Absprache mit dem Operateur eingestellt. Oft ist eine Kortikoidtherapie notwendig, um Schwellungen im Bereich eines intrazerebralen oder spinalen Tumors zu minimieren. Kinder mit Kraniopharyngeomen oder mit Prozessen im Bereich der Hypophyse sind gele-

Tab. 1

Erhöhte Inzidenz spezieller Narkoserisiken in der pädiatrischen Neuroanästhesie

- ▶ Lagerungsschäden bei langen OP-Zeiten
- ▶ Schwierige Atemwegssicherung bei kraniofazialen Missbildungen
- ▶ Störung des Flüssigkeits- und Elektrolyt-Haushalts bei Diabetes insipidus
- ▶ Kardiopulmonale Probleme bei komplexen Fehlbildungen
- ▶ Latexallergie bei zahlreichen Wiederholungseingriffen
- ▶ Schluckstörungen bei hirnstammnahen Prozessen
- ▶ Krampfanfälle
- ▶ Bradykardie-Hypertonie
- ▶ Aspirationsrisiko bei erhöhtem Hirndruck

gentlich mit Desmopressin (Minirin®) dauertherapiert. Perioperativ wird die Therapie unter Bilanzierung des Flüssigkeitshaushaltes fortgeführt.

Kontrolle der Hirndruckzeichen Die klinischen Zeichen eines Hirndruck-Anstiegs sind bei Kindern variabel – typische Symptome der intrakraniellen Druckerhöhung können auch andere Ursachen haben. Hinweise auf einen erhöhten ICP sind unter anderem:

- ▶ Kopfschmerzen
- ▶ Erbrechen
- ▶ Gespannte Fontanelle
- ▶ Bradykardie und Hypertonie
- ▶ Herabgesetzte Vigilanz
- ▶ Herabgesetzte motorische Antworten auf Schmerzreize
- ▶ Stauungspapille

Anästhesieführung



Zeit und Ort der Prämedikation Nicht immer liegen pädiatrische und neurochirurgische bzw. neuroradiologische Abteilung Tür an Tür. Ein intravenöser Zugang sollte schon am präoperativen Tag gelegt werden – so werden im Rahmen der Narkoseeinleitung Stressreaktionen vermieden, die z.B. relevante ICP-Erhöhungen nach sich ziehen können. Bei allen Erkrankungen des ZNS muss mit erhöhtem ICP – oder zumindest mit einer geringeren intrakraniellen Elastance – gerechnet werden. Kinder in gutem Allgemeinzustand und ohne neurologische Defizite können – je nach Alter, Grunderkrankung und örtlichen Gegebenheiten – ihre Prämedikation am OP-Tag bereits auf der Station erhalten. Kinder, die aus anderen Gebäuden in den OP gebracht werden – und bei denen eine adäquate Überwachung während des Transportes nicht möglich ist – erhalten ihre Prämedikation erst unmittelbar bei Übernahme in den OP. Gut geeignet sind Benzodiazepine wie Midazolam (0,5 mg/kg KG p.o., ggf. 0,05–0,1 mg/kg KG i.v.).

Atemwegsmanagement Die oberste Priorität beim Atemwegsmanagement haben

- ▶ Atemwegssicherung,
- ▶ optimale Oxygenierung.

Bei erhöhtem Hirndruck mit Erbrechen ist eine schnelle Einleitung (Rapid Sequence Induction, RSI) angezeigt. Bei Säuglingen muss in Einzelfällen jedoch von diesem Vorgehen abgewichen und über Maske ventiliert werden – wegen ihrer geringen Hypoxietoleranz und der entsprechend kurzen normoxämischen Apnoezeit. Lange OP-Zeiten und eine anschließende intensivmedizinische Versorgung mit Nachbeatmung werfen die kontrovers diskutierte Frage auf, ob die kleinen Patienten besser über einen Tubus mit bzw. ohne Cuff beatmet werden [1, 2]. In unserer ei-

Abb.: H. Trautner



Abb. 1 Kontinuierliche Kontrolle des Cuff-Druckes mit einem Cuff-Druckregler

genen klinischen Praxis werden Tuben mit Cuff und ein kontinuierlicher Cuff-Druckregler verwendet (◀ Abb. 1). Bei ca. 2000 neuropädiatrischen Eingriffen in den letzten 7 Jahren sind keine relevanten subglottischen Stenosen oder andere Atemwegskomplikationen aufgetreten.

Praxistipp Für Kinder eignet sich zur Ventilation die Verwendung von Tuben mit Cuff und kontinuierlichem Cuff-Druckregler.

Management des schwierigen Atemwegs In der pädiatrischen Neurochirurgie werden häufig Patienten mit ausgeprägten Dysmorphie-Syndromen operativ versorgt. So erfordern z.B. kraniofaziale Entwicklungsstörungen aufgrund von Mittelgesichts- oder Mandibulahypoplasie besondere Kenntnisse im Management des schwierigen Atemwegs. Die Rate einer unmöglichen konventionellen Intubation ist hier deutlich erhöht [3]. Zur Sicherung der Atemwege kann in diesen Fällen nach Gesichtsmaskenbeatmung eine Larynxmaske eingeführt werden, über die mit Hilfe eines Fiberskops endotracheal intubiert wird (◀ Abb. 2). Die primäre fiberoptische Intubation unter Spontanatmung ist beim wachen und auch beim sediertem Kind technisch sehr anspruchsvoll.

Abb.: H. Trautner



Abb. 2 Fiberoptische Intubation über die liegende Larynxmaske.

♣ **Abb. 3** Anlage eines zentralen Venenkatheters; ultraschallgesteuerte Punktion der V. jugularis interna

♣ **Abb. 4** Ultraschall-gesteuerte Punktion der A. radialis



Abb.: H. Trautner

Standardmonitoring Die altersentsprechende Ausstattung des Arbeitsplatzes mit Beatmungsgerät, Infusionen und Überwachung muss sichergestellt sein. Die standardisierte Überwachung der Vitalparameter beinhaltet

- ▶ EKG,
- ▶ nichtinvasive Blutdruckmessung,
- ▶ Pulsoximetrie,
- ▶ Kapnometrie,
- ▶ Temperaturmessung.

Insbesondere bei längeren Eingriffen sollte ein Ösophagusstethoskop mit Temperaturmessung zur Anwendung kommen sowie eine Magensonde gelegt werden. Die Anlage eines Blasenkatheters bei Kindern erfordert eine strenge Indikation (z.B. Diabetes insipidus, lange OP-Zeiten) und sollte durch einen in der Technik Erfahrenen durchgeführt werden. Das Standardmonitoring wird häufig durch invasive Messung des arteriellen und zentralvenösen Druckes erweitert.

Zentraler Venenkatheter Die Anlage eines zentralen Venenkatheters (ZVK) in der pädiatrischen Neuroanästhesie ist bei allen intrakraniellen Eingriffen zu erwägen (♣ Abb. 3). Eine klare Indikation besteht bei

- ▶ zu erwartendem hohen Volumenumsatz,
- ▶ Operationen im Bereich des Kleinhirns und des Hirnstamms,
- ▶ Kraniopharyngeomen und Hypophysentumoren (wegen gelegentlichem Diabetes insipidus und Luftemboliegefahr),
- ▶ komplexen kardiopulmonalen Missbildungen.

Der ZVK sollte vorzugsweise über die V. jugularis interna oder die V. femoralis gelegt werden. Wegen des höheren Pneumothorax-Risikos sollte die V. subclavia nicht unmittelbar präoperativ punktiert werden. Die ultraschallgesteuerte Punktion ist das Verfahren der Wahl [4]: Sie gewährleistet eine schnelle und sichere Punktion unter Sicht sowie die Reduktion relevanter Komplikationen (z. B. arterielle Punktion, Läsion von N. phrenicus und N. laryngeus recurrens, interskalenäre Plexusläsion und Pneumothorax) [5]. Eine korrekte Platzierung des Katheters erfolgt durch intrakardiale EKG-Kontrolle.

Der ZVK ist möglichst über die V. jugularis interna oder die V. femoralis zu legen – keine Punktion der V. subclavia unmittelbar vor OP wegen des erhöhten Pneumothorax-Risikos! Die ultraschall-gesteuerte Punktion ist das Verfahren der Wahl.

Größe des ZVK Da neben der Applikation von Medikamenten meist auch Volumengabe und Messung des zentralvenösen Drucks über den ZVK erfolgen, sind mehrlumige Katheter meist besser geeignet als Monolumenkatheter. Die Größe des Katheters muss altersentsprechend gewählt werden (1. Lebensjahr: 4F; 2.–6. Jahr: 5F; ab 6. Lebensjahr: 7F.). Die Nähe des ZVK zum OP-Gebiet birgt das Risiko des intraoperativen Abknickens – daher muss streng auf die adäquate Fixierung des Katheters geachtet werden.

Arterielle Kanüle Die Indikation zur invasiven Blutdruckmessung sollte analog zu der Indikation zur ZVK-Anlage in Abhängigkeit von

- ▶ kardiopulmonalen Erkrankungen,
- ▶ Dauer, Lokalisation und Ausdehnung des Eingriffs sowie
- ▶ dem zu erwartenden Volumenumsatz gestellt werden. Insbesondere bei Eingriffen mit möglicherweise raschen hämodynamischen Veränderungen (z.B. Operationen in der hinteren Schädelgrube oder im Hirnstammbereich) ist die arterielle Blutdruckmessung obligat. Am weitesten verbreitet ist die Punktion unter Palpation der A. radialis (♣ Abb. 4) oder der A. dorsalis pedis mit einer G22- oder G24-Kanüle. Die

Tab. 2

Grundsätze zur Lagerung

- ▶ Keine extreme Kopfdrehung, keine Reklination und Anteflexion: Der venöse Abfluss darf nicht behindert sein!
- ▶ Sichere Tubusfixierung (z. B. Fixomull-Streifen)
- ▶ Kein Druck auf Nase und Augen!
- ▶ Mayfieldklemme ab dem 2. Lebensjahr
- ▶ Trockene Wärme und keine Wickelung der Extremitäten (um Mazerationen zu verhindern)
- ▶ Unterstützende Polsterung der Arme, Knie und Fersen
- ▶ Keine Falten in Lagerungstüchern!
- ▶ Grundsätzlich gilt: Je länger die Operation, desto geringer sollte die Abweichung der Gelenke von der Neutral-Null-Position sein.

ultraschallgesteuerte Punktion mit linearem Schallkopf (ab 8MHz) reduziert deutlich die Zahl der Punktionsversuche und sollte insbesondere bei Säuglingen und Kleinkindern bevorzugt eingesetzt werden [6]. Funktionelle Endarterien – wie z.B. A. femoralis und A. brachialis – werden wegen der Gefahr einer Perfusionstörung im Endstromgebiet nicht punktiert. Das Lumen der arteriellen Kanüle wird durch kontinuierlichen niedrigen Fluss mit einem Spülsystem (Druckbeutel oder Spritzenpumpe) offen gehalten. Je kleiner das arterielle Gefäß, umso empfindlicher reagiert es auf hohen Druck und hohes Volumen mit einem Vasospasmus.

Laborparameter Je nach intraoperativem Fortgang werden im Abstand von 1–3 Stunden kontrolliert:

- ▶ Hämoglobin
- ▶ Laktat
- ▶ Säure-Basen-Status
- ▶ Blutgase

Zur Hb-Kontrolle werden Point-of-Care-Geräte (wie der Hämocue®) verwendet, die nur wenige Tropfen Blut erfordern. Blutbild, Gerinnung und Elektrolyte werden mittels volumenminimierter pädiatrischer Laborküvetten bestimmt.

Gefahr der Hypo- und Hyperthermie Die Wärmeverluste durch

- ▶ Konvektion (große Körperoberfläche in Relation zum Gewicht, nicht abgedeckter Patient während der Desinfektion des OP-Gebietes),
- ▶ Konduktion (kalte Tücher und Matten),
- ▶ Radiation (anästhesiebedingte Vasodilatation),

werden durch eine reduzierte Wärmeproduktion (Reduktion der Stoffwechselrate unter Anästhesie) begünstigt. Eine Hypothermie kann u.a. zu Wundheilungs-, Herz-Kreislauf- und Gerinnungsstörungen führen. Seltener führt die Abdeckung mit sterilen Tüchern über längere Zeit zu einer iatrogenen Hyperthermie. Diese steigert den zellulären Metabolismus sowie den Sauerstoffverbrauch und kann eine neurologische Schädigung verstärken. Die kontinuierliche Messung der Körperkerntemperatur ist daher bei den typischerweise langen operativen Eingriffen in der pädiatrischen Neurochirurgie obligat. Zur Temperaturmessung kann entwe-

der ein Ösophagusstethoskop oder ein entsprechender Blasenkatheter verwendet werden.

Management der Wärmehomöostase Lange OP-Zeiten, große Wundflächen und mitunter erhebliche Blutverluste verlangen ein konsequentes Management der Wärmehomöostase, das schon bei Einleitung der Narkose einsetzt [7]. Neben einer Anpassung der Saaltemperatur (z.B. 28 °C) und der Erwärmung von Infusionen (z.B. Hotline®) sollten alle Prozeduren während der Einleitungsphase unter Einsatz von Wärmelampe und Wärmematte durchgeführt werden. Vor dem sterilen Abdecken wird das Kind in eine Warmluftdecke eingehüllt. Als besonders effektiv erweist sich entweder die Kombination Wärmelampe und Wärmematte oder die Lagerung des Kindes auf einer Warmluftdecke (z.B. Bairhugger®, Warmtouch®). Bei postoperativen Transporten ist es außerordentlich wichtig, das Kind vor erneuten Wärmeverlusten zu schützen – etwa durch das Einpacken der Extremitäten und des Kopfes in Watte, Silberfolie und/oder Wärmetücher.

Die kontinuierliche Messung der Körperkerntemperatur ist bei den langen Operationen in der pädiatrischen Neurochirurgie obligat. Zur Temperaturmessung eignen sich Ösophagusstethoskop oder entsprechende Blasenkateter. Hypo- und Hyperthermie sind zu vermeiden.

Lagerung Ziel der Lagerung ist, dem Operateur den optimalen Zugang zum Operationsgebiet zu ermöglichen und das operative Vorgehen zu erleichtern. Allerdings können durch eine falsche Lagerung irreversible Schäden an anatomischen Strukturen, insbesondere an peripheren Nerven entstehen. Es ist daher wichtig, die anatomischen und physiologischen Besonderheiten der einzelnen Lagerungstechniken zu kennen und zu berücksichtigen (▶ Tab. 2). Neurochirurgische Eingriffe werden sowohl in Rücken- als auch in Bauch- oder Seitenlage durchgeführt (▶ Abb. 5 a–c, ▶ Abb. 6). Die Operation in sitzender Position ist in der pädiatrischen Neurochirurgie aufgrund des Luftembolierisikos und der damit verbundenen kardiovaskulären Probleme umstritten [8]. Kinder sollten aus medizinischen

Abb. 5 Lagerungsformen für neurochirurgische Eingriffe:
a Rückenlage
b Bauchlage
c Bei kraniofazialen Eingriffen muss der Kopf intraoperativ frei beweglich sein und liegt in einem gepolsterten Ring. Endotrachealer Tubus, intravasale Katheter und kopfnah Überwachungsinstrumente sind intraoperativ kaum zugänglich. Druckstellen durch Kabel und Schläuche werden durch Polsterung verhindert, z. B. hier in Seitenlage.



Infusionstherapie nach Größe des Eingriffs

| Größe des Eingriffs | Infusionstherapie |
|---|---|
| Kleine Eingriffe: < 1 h ohne wesentliches Gewebetrauma bei gesunden Kindern außerhalb des Neugeborenenalters (z. B. VP-Shunt Anlage) | ▶ Nur Erhaltungsflüssigkeitsbedarf mit Elektrolytlösung |
| Mittlere Eingriffe: > 1 h mit mittlerem Gewebetrauma (z. B. Hirntumoren, spinale Eingriffe) | ▶ Deckung von Erhaltungs- und Korrekturbedarf mit Elektrolytlösung ▶ Bei längeren Eingriffen Blutzuckerkontrolle und bei Bedarf glukosehaltige Lösung |
| Große Eingriffe: Mit großem Gewebetrauma (z. B. kraniofaziale Remodellierung) | ▶ Deckung von Erhaltungs- und Korrekturbedarf mit Elektrolytlösung und glukosehaltiger Lösung ▶ Verwendung von mehreren Infusionslösungen ▶ Große Volumenverluste werden mit kolloidalen Lösungen ersetzt |

Tab. 3

und medikolegalen Gründen immer in enger Zusammenarbeit mit dem Operateur gelagert werden [9].

Latexhaltige Materialien Aufgrund der zunehmenden Prävalenz von Latexallergien ist dringend zu empfehlen, die Anästhesiearbeitsplätze – speziell in der Kinderanästhesie – latexfrei auszustatten. Häufiger Kontakt mit Latex führt zur verstärkten Sensibilisierung. Ganz besonders ausgeprägt ist dies bei Patienten, deren Schleimhäute häufig in Kontakt mit latexhaltigen Materialien kommen – wie z.B. durch regelmäßige Blasen-Katheterisierung bei Kindern mit Myelomeningozelen. Aufgrund der OP-Klimatisierung mit definierter Umwälzung und Filterung der Luft müssen Patienten mit Latexallergie nicht zwingend an erster Stelle operiert werden.

Infusionstherapie

Die Infusionstherapie basiert auf den aktuellen Empfehlungen zur perioperativen Infusionstherapie bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie der DGAI [10]. Die Umsetzung

Tab. 4 VELG: Vollelektrolytlösung mit 1–2% Glukosezusatz, VEL: Vollelektrolytlösung (z. B. Ringeracetat oder Ringerlaktat); nach [10]

| Perioperativer Flüssigkeitsbedarf bei Kindern | | |
|---|---|--------------------------------------|
| Teilmenge | Volumen | Infusionslösung |
| Präoperatives Defizit | Erhaltungsbedarf • Nüchternzeit (h) | VELG, VEL |
| Erhaltungsbedarf | 4 ml/kg/h (0–10 kg) 2 ml/kg/h (10–20 kg) 1 ml/kg/h (20–30 kg) | VELG, VEL |
| Korrekturbedarf | 2–4–6–10–30 ml/kg/h | VEL, (VELG)w |
| Blutverlust | nach Bedarf | VEL HÄS, Gelatine Blutprodukte |

erfordert insbesondere bei langen Operationen den Einsatz von Spritzen- und Infusionspumpen, um eine korrekte Bilanzierung zu erreichen.

Physiologischer Hintergrund Vom Neugeborenen bis zum Erwachsenen sinkt der prozentuale Wassergehalt des Körpers: von 90% beim Frühgeborenen auf 55% beim Erwachsenen. Während der intrazelluläre Flüssigkeitsanteil relativ konstant bleibt, nimmt die extrazelluläre Flüssigkeit – und hier vor allem der interstitielle Anteil – mit zunehmendem Alter ab. Das intravasale Volumen ändert sich nur wenig. Vermehrte Flüssigkeitsverluste und die größere metabolische Aktivität bei Säuglingen und Kleinkindern bedingen einen gesteigerten Flüssigkeitsumsatz und -bedarf. Insensible Wasser-verluste durch

- ▶ die relativ hohe alveoläre Ventilation,
 - ▶ die große Körperoberfläche relativ zum Gewicht und
 - ▶ die dünne, gut durchblutete Haut
- spielen eine wichtige Rolle. Diese Wasserverluste werden durch Fieber, Wärmelampen und Phototherapie erhöht. Gleichzeitig ist die Konzentrationsfähigkeit der Nieren bei Neugeborenen begrenzt. Ein Säugling kann daher weder eine unzureichende Flüssigkeitszufuhr noch einen verstärkten Flüssigkeitsverlust ausreichend renal kompensieren.

Vermehrte Flüssigkeitsverluste und erhöhte metabolische Aktivität bei Säuglingen und Kleinkindern führen zu erhöhtem Flüssigkeitsbedarf. Säuglinge können unzureichende Flüssigkeitszufuhr oder verstärkte Flüssigkeitsverluste nicht ausreichend renal kompensieren.

Intraoperativer Flüssigkeitsbedarf Der intraoperative Flüssigkeitsbedarf errechnet sich aus

- ▶ präoperativem Defizit (durch Nüchternzeit und anderweitige Verluste),
- ▶ intraoperativem Erhaltungsbedarf,
- ▶ intraoperativem Korrekturbedarf (aus extrazellulären Verlusten im Rahmen der Operation, Gewebstrauma und Evaporation über große Wundflächen; ◀ Tab. 3; ◀ Abb. 7).

Diese drei Größen bestimmen die notwendige Flüssigkeitssubstitution. Das präoperative Flüssigkeitsdefizit errechnet sich aus dem Erhaltungsbedarf multipliziert mit der Nüchternzeit in Stunden (◀ Tab. 4). Davon werden 50% in der ersten Stunde und jeweils 25% in der zweiten und dritten Stunde verabreicht. Der Erhaltungsbedarf wird nach der 4–2–1-Regel berechnet (◀ Tab. 4). Davon abweichend benötigen Frühgeborene bis zu 8 ml/kg/h kristalline Flüssigkeitszufuhr, untergewichtige Neugeborene bis 6 ml/kg/h und Neugeborene in den ersten 2–3 Lebenstagen nur 2–3 ml/kg/h. Der intraopera-

Abb.: H. Trautner



◉ ◉ **Abb. 6** Lagerung zur Narkoseeinleitung bei Myelomeningozele. Das Kind wird auf zwei Schaumstoffrollen gelagert, um den Druck auf die ungeschützte Zele zu vermeiden.

◉ **Abb. 7** Lumbale Myelomeningozele beim Neugeborenen. Die Größe der Zele und die Liquorverluste können zu erheblichen intraoperativen Flüssigkeitsverlusten führen.

tive Korrekturbedarf durch extrazelluläre Flüssigkeitsverluste hängt von der Schwere des Gewebstraumas ab (Zusatzbedarf 2–10 ml/kg/h). Das Fieber erhöht den Flüssigkeitsbedarf um 10% pro 1 °C Temperaturanstieg.

Kinder erhalten wie Erwachsene eine Vollelektrolytlösung. Im 1. Lebensjahr sollte zur Vollelektrolyt-Lösung ein Zusatz von 1–2% Glukose gegeben und der Blutzuckerspiegel engmaschig überwacht werden. Das neurologische Ergebnis kann durch Hypo- und Hyperglykämien beeinträchtigt werden. Für die Infusionstherapie gelten folgende Grundsätze:

- ▶ Der Erhaltungsbedarf muss die präoperative Fastenperiode berücksichtigen.
- ▶ Es wird glukosehaltige (1–2%) Elektrolytlösung verwendet.
- ▶ Eine Hyponatriämie ist zu vermeiden.
- ▶ Eine Hypoglykämie ist unbedingt zu verhindern.
- ▶ BZ und Elektrolyte, BGA und SB-Status werden regelmäßig (alle 1–3 Stunden) kontrolliert.

Volumentherapie bei Blutverlust

Physiologischer Hintergrund Das relative Blutvolumen nimmt im Laufe des Lebens nur geringfügig ab: von 95 ml/kg KG beim Frühgeborenen bis zu 70 ml/kg KG beim Erwachsenen (◉ Tab. 5). Dagegen ändern sich Hämoglobinwert und Hämoglobin-Typ bereits in den ersten Monaten erheblich. Dies spielt bei der Indikation zur Transfusion eine entscheidende Rolle. Neugeborene tolerieren kaum einen Hb-Wert <12 g/dl, während ein 3 Monate altes Kind gut an einen niedrigeren Hb-Wert adaptiert ist (◉ Tab. 6). Die höhere Affinität des fetalen Hämoglobins zum Sauerstoff und ein niedriger Hb-Gehalt während der Trimenonanämie führen bei Säuglingen zu einem begrenzten Sauerstoffangebot ans Gewebe, während gleichzeitig der Sauerstoffverbrauch deutlich erhöht ist (geringe Hypoxietoleranz). Die Volumentherapie bei intraoperativen Blutverlusten wird entsprechend der Stufentherapie mit Kristalloiden, Kolloiden und Blutkomponenten durchgeführt.

Schätzung der Blutverluste Das Abschätzen des intraoperativen Blutverlusts (◉ Abb. 8) verlangt viel Erfahrung. Neben offensichtlichen Verlusten im Auffangbehälter können erhebliche Blutmengen in Tupfern, Tüchern und präformierten Höhlen des OP-Gebiets verlorengehen. Zahlreiche klinische Parameter helfen, den Volumenstatus des Kindes zu beurteilen:

- ▶ Blutdruck: wichtigster Parameter für die Diagnose von intra- und postoperativen Hypovolämien
- ▶ Urinproduktion: <1 ml/kg/h ist ein Hinweis auf intravasalen Volumenmangel
- ▶ Periphere Zirkulation: Marmorierte, kühle Akren, ein schwaches Pulsoximetriesignal und eine verlängerte Rekapillarierungszeit

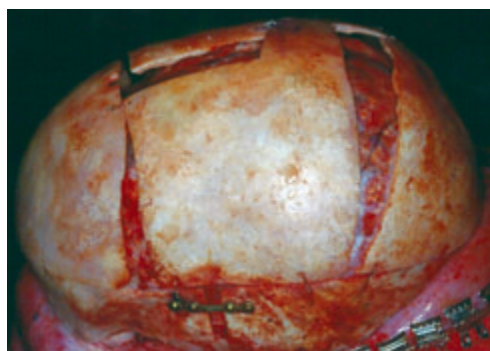


Abb.: H. Trautner

Abb. 8 Kraniosynostosen gehen mit erheblichen Blutverlusten einher.

Berechnung des intravasalen Blutvolumens

Blutvolumen in ml/kg KG:

- ▶ 95 ml beim Frühgeborenen
- ▶ 85 ml beim Termingeborenen
- ▶ 80 ml beim Säugling und Kleinkind
- ▶ 70 ml beim Erwachsenen

Tab. 6

Normwerte des Hämoglobingehalts bei Kindern

| Alter | Hb-Wert |
|--------------------|------------|
| Früh-/Neugeborenes | 18–20 g/dl |
| 1 Monat | 14 g/dl |
| 3 Monate | 11 g/dl |
| 1–6 Jahre | 12 g/dl |
| 7–14 Jahre | 14 g/dl |

| Vorteile und Nachteile der einzelnen Druckmesstechniken | | |
|---|---|---|
| Messtechnik | Vorteile | Nachteile |
| Intraparenchymatöse Messung | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Genaue Messtechnik durch direkte Gewebsdruckmessung ▶ Geringe Infektionsgefahr | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Gefahr einer intrazerebralen Blutung |
| Ventrikuläre Messung | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Genaue Messung ▶ Rekalibrierung, Liquorentlastung und Liquoranalyse möglich | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Hohe Infektionsgefahr ▶ Im Vergleich zu anderen Methoden technisch-operativ manchmal schwierig |
| Epidurale Messung | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Einfach durchführbar ▶ Sehr geringe Infektionsgefahr | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Eher ungenaue Messung |

Tab. 7

(> 2 s) sind Zeichen einer erheblichen Hypovolämie.

- ▶ Metabolische Azidose: spiegelt meist ein Perfusionsdefizit aufgrund eines Volumenmangels wider.

Herzfrequenz und zentraler Venendruck eignen sich bei Kindern nur eingeschränkt zur Einschätzung des Volumenstatus bei akuten Blutverlusten!

Zielzone „Normovolämie“ Oberstes Ziel der Volumentherapie ist die sichergestellte Normovolämie in der intra- und postoperativen Phase, um ausreichende Organperfusion aufrechtzuerhalten. Die Indikation zur Transfusion von Erythrozyten sollte nach aktuellem Hämoglobinwert gestellt werden. Die Hb-Werte sollten bei Neu- und Frühgeborenen 12 g/dl, bei Säuglingen 10 g/dl und bei älteren Kindern 7–8 g/dl nicht unterschreiten (Normwerte vgl. ◀ Tab. 6).

Hirndruck-Messung Der intrakranielle Druck wird durch geeignete Druckaufnehmer kontinuierlich gemessen. Druckwandler oder fiberoptische Sensoren können epidural, subdural intraparenchymatös oder ventrikulär positioniert werden (◀ Tab. 7). Meist werden die ICP-Sonden intraparenchymatös platziert – ventrikuläre oder epidurale Sonden kommen nur selten zur Anwendung. Bei Kindern mit noch offener Fontanelle kann der ICP trotz intrazerebraler Volumenzunahme normal sein. Eine gespannte Fontanelle und zunehmender Kopfumfang sind oft die einzigen Zeichen einer intrazerebralen, pathologischen Raumforderung.

Medikamentöse Strategie In der pädiatrischen Neurochirurgie kommt das typische Spektrum der in der anästhesiologischen Praxis verwendeten Medikamente (Midazolam, Propofol, Etomidat, Thiopental, Opioide, volatile Inhalationsanästhetika, nichtdepolarisierende Muskelrelaxantien, Succinylcholin) zur Anwendung [11]. Die Kenntnis der spezifischen Wirkung von Anästhetika auf das ZNS und die zerebrale Durchblutung ist in der Neuroanästhesie von besonderer Bedeutung.

- ▶ Propofol ist in der neuropädiatrischen Anästhesie bei Säuglingen und Kleinkindern wegen des Injektionsschmerzes als Einleitungshypnotikum zurückhaltend einzusetzen.
- ▶ Barbiturate, Propofol und Etomidat reduzieren dosisabhängig die Hirnaktivität und damit den Sauerstoffverbrauch. Da die physiologische Kopplung zwischen zerebralem Blutfluss (CBF) und O_2 -Verbrauch durch diese Substanzen nicht beeinträchtigt wird, kommt es zur proportionalen zerebralen Vasokonstriktion und damit zur Abnahme der Hirndurchblutung. Diese Wirkung kann zur Verringerung eines erhöhten ICP therapeutisch genutzt werden.
- ▶ Stickoxydul (Lachgas, N_2O) erhöht den Hirnstoffwechsel und wirkt zerebral direkt vasodilatierend, was konsekutiv die Hirndurchblutung und den Hirndruck erhöht.
- ▶ Volatile Inhalationsanästhetika beeinträchtigen bis zu 1,0 MAC nicht die zerebrale Autoregulation. Erst bei höheren Konzentrationen kommt es zur „Entkopplung“ von CBF und zum erhöhten zerebralen O_2 -Verbrauch. Bis zur Grenze von 1,0 MAC können volatile Anästhetika in der Neurochirurgie daher angewendet werden.
- ▶ Opioide reduzieren dosisabhängig den zerebralen Funktionsstoffwechsel und dadurch den CBF, jedoch deutlich geringer als Barbiturate, Propofol und Etomidat.
- ▶ Nicht depolarisierende Muskelrelaxanzien üben keine Wirkungen auf das zerebrale Gefäßsystem aus.

Fazit Das anästhesiologische Management bei neuropädiatrischen Eingriffen erfordert vom Anästhesisten nicht nur fundierte Kenntnisse in der Kinderanästhesie, sondern auch genaue Kenntnisse der Neurophysiologie und Neuro-pathophysiologie. Zusätzlich zur Standardüberwachung der Vitalparameter kann die invasive Blutdruckmessung notwendig sein. Die Volumentherapie wird entsprechend der Stufentherapie mit Kristalloiden, Kolloiden und Blutkomponenten durchgeführt und zielt auf Normovolämie. Bei der Auswahl der Anästhetika ist ihre Wirkung auf die zerebrale Durchblutung zu berücksichtigen. Hirndrucksteigernde Medikamente müssen vermieden werden. ◀

Kernaussagen

- ▶ Im Prämedikationsgespräch werden zusätzlich zu sorgfältiger Anamneseerhebung und körperlicher Untersuchung die Befunde der neurologischen bzw. neuroradiologischen Untersuchungen bewertet.
- ▶ Darüber hinaus sind bei komplexen Missbildungen gegebenenfalls zusätzliche Untersuchungen für die Vorbereitung und den reibungslosen Verlauf der Anästhesie unverzichtbar.
- ▶ Die Ausstattung des Narkosearbeitsplatzes muss dem Alter des Kindes angepasst sein. Gleiches gilt für die vorhandenen Medikamente und deren Verdünnung. Auf eine adäquate Raumtemperatur muss unbedingt geachtet werden.
- ▶ Zusätzlich zur Standardüberwachung der Vitalparameter können invasive Blutdruckmessung und die Bestimmung des zentralen Venendruckes notwendig sein. Zentralvenöse und arterielle Punktionen sollten zur Reduktion von Komplikationen bevorzugt ultraschallgesteuert durchgeführt werden.
- ▶ Das Risiko von Lagerungsschäden ist insbesondere bei langdauernden neurochirurgischen Eingriffen erhöht.
- ▶ Aufgrund der zunehmenden Prävalenz von Latexallergien empfiehlt es sich, alle Anästhesiearbeitsplätze latexfrei auszustatten.
- ▶ Kinder mit kranio- oder mandibulofazialen Entwicklungsstörungen erfordern besondere Kenntnisse im Management des schwierigen Atemweges einschließlich der fiberoptischen Intubation.
- ▶ Der intraoperative Flüssigkeitsbedarf wird altersabhängig aus dem präoperativen Defizit, dem intraoperativen Erhaltungsbedarf und dem intraoperativen Korrekturbedarf berechnet. Die Volumentherapie bei Blutverlusten wird entsprechend der Stufentherapie mit Kristalloiden, Kolloiden und Blutkomponenten durchgeführt.
- ▶ Oberstes Ziel der Volumentherapie ist es, die Normovolämie im perioperativen Verlauf aufrechtzuerhalten, um eine adäquate Organperfusion sicherzustellen. Der intraoperative Volumenstatus bei Kindern wird in erster Linie anhand klinischer Zeichen wie dem systolischen Blutdruck, durch Beurteilung der Rekapillarisierungszeit und mithilfe des Säure-Basen-Status und des Laktats im Serum beurteilt.
- ▶ Bei der Auswahl der Anästhetika für die neuropädiatrische Anästhesie muss deren Wirkung auf die zerebrale Durchblutung – entweder durch eine direkte Wirkung auf die Hirngefäße oder indirekt durch die Beeinflussung des Hirnstoffwechsels – berücksichtigt werden. Hirndrucksteigernde Medikamente müssen vermieden werden.

Literaturverzeichnis

1. T. Erb, F. J. Frei. Die Wahl des endotrachealen Tubus beim Säugling und Kleinkind: Mit oder ohne Cuff? *Anaesthesist* 2001;50:395–400
2. Weiss M, Gerber AC. Cuffed tracheal tubes in children - things have changed. *Pediatric Anesthesia* 2006;16:1005–1007
3. Höhne C, Haack M, Machotta A, Kaisers U. Atemwegmanagement in der Kinderanästhesie. *Anaesthesist*. 2006;55:809–19
4. Schwemmer U, Brederlau J. [Ultrasound techniques in anesthesiology--guided vascular access using sonography]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2006;41:740–9
5. Trautner H, Greim CA, Arzet H, Schwemmer U, Roewer N. [Ultrasound-guided central venous cannulation in neuro-paediatric patients to avoid measures causing potential increase in brain pressure]. *Anaesthesist*. 2003;52:115–9
6. Schwemmer U, Arzet HA, Trautner H, Rauch S, Roewer N, Greim CA. Ultrasound-guided arterial cannulation in infants improves success rate. *Eur J Anaesthesiol*. 2006;23:476–80
7. Scherer R. Intraoperative Wärmekonservierung. Viel Lärm um heiße Luft? *Anaesthesist* 1997; 46:81–90
8. Harrison EA, Mackersie A, McEwan A, Facer E. The sitting position for neurosurgery in children: a review of 16 years' experience. *Br J Anaesth*. 2002;88:12–7
9. Vereinbarung des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten und des Berufsverbandes der Deutschen Chirurgen. Verantwortung für die prä-, intra- und postoperative Lagerung des Patienten. *Anästh. Intensivmed*. 1987;28:65
10. R. Sumpelmann, H. Hollnberger, J. Schmidt und J.M. Strauß. Empfehlungen zur perioperativen Infusionstherapie bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern. *Anästh Intensivmed* 2006;47:616–619
11. Breschan C, Likar R. Anästhesiologische Aspekte in der Neu- und Frühgeborenenchirurgie. *Anaesthesist*. 2006;55:1087–1098



Dr. med. Herbert Trautner ist Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Anästhesie am Universitätsklinikum Würzburg. E-Mail: Trautner_H@klinik.uni-wuerzburg.de.



Prof. Dr. med. Franz Kehl ist leitender Oberarzt und stellvertretender Direktor an der Klinik und Poliklinik für Anästhesie am Universitätsklinikum Würzburg. E-Mail: Kehl_F@klinik.uni-wuerzburg.de



PD Dr. med. Martin Anetseder ist Chefarzt der Klinik für Anästhesie und operative Intensivmedizin am Krankenhaus Landshut-Achdorf. E-Mail: martin.anetseder@khs-landshut-achdorf.de

CME-Fragen Anästhesiologisches Management

1

Auf welche Weise kann Lachgas den ICP erhöhen?

- A Durch Erhöhung des Hirnstoffwechsels und eine zerebrale Vasodilatation
- B Durch Erhöhung des pulmonalen Widerstandes
- C Durch Reduzierung der Hirndurchblutung
- D Durch Reduzierung des Hirnstoffwechsels
- E Keine der Möglichkeiten trifft zu.

2

Nicht depolarisierende Muskelrelaxanzien

- A erhöhen den ICP.
- B senken den ICP.
- C erhöhen die Hirndurchblutung.
- D senken die Hirndurchblutung.
- E haben keine Auswirkung auf den ICP.

3

Den ersten Hinweis auf einen intraoperativen Volumemangel liefert:

- A Der zentrale Venendruck
- B Die Urinproduktion
- C Der Hämoglobin-Wert
- D Der arterielle Blutdruck
- E Die Herzfrequenz

4

Oberstes Ziel der Volumentherapie ist

- A das Abschätzen der Blutverluste.
- B die Normalisierung der Herzfrequenz.
- C die konstante Normovolämie.
- D eine Urinproduktion von > 1 ml/kg/h.
- E ein konstanter ZVD.

5

Die Infusionstherapie bei Säuglingen und Kleinkindern in der pädiatrischen Neuroanästhesie soll mit folgender Infusionslösung durchgeführt werden:

- A Halbelektrolyt-Lösung mit Zusatz 5% Glukose
- B Vollelektrolyt-Lösung mit Zusatz 1–2% Glukose
- C Glukose 5%
- D 0,9% NaCl
- E Keine der Lösungen ist richtig.

6

Welche Art der Hirndruckmessung kann zusätzlich therapeutisch verwendet werden?

- A Epidurale Sonde
- B Subdurale Sonde
- C Intraparenchymatöse Sonde
- D Intraventrikuläre Messung
- E Keine der Methoden ist auch therapeutisch geeignet.

7

Was ist bei einer MMC-Operation im Hinblick auf die intraoperative Flüssigkeitstherapie besonders wichtig?

- A Temperaturverluste
- B Hohe Urinproduktion
- C Liquorverluste
- D Starke Blutverluste
- E Keine Besonderheiten sind zu beachten.

8

Ab welchem Alter wird eine Mayfieldklemme verwendet?

- A Nur bei Säuglingen
- B Ab 1 Monat
- C Ab 2 Jahren
- D Ab dem Schulalter
- E Nur ab dem Erwachsenenalter

9


Der intraoperative Korrekturbedarf wegen extrazellulärer Flüssigkeitsverluste hängt ab von der

- A Raumtemperatur.
- B Narkosetiefe.
- C Dauer der Operation.
- D präoperativen Nüchternzeit.
- E Schwere des Gewebstraumas und der Größe der Wundflächen.

10

Nach welchen Operationen ist eine Latexallergie am häufigsten?

- A Kraniotomie
- B Myelomeningozelen-Operation
- C Operation der Nahtsynostosen
- D Endoskopische Ventrikulostomie
- E Shunt-Operationen

Antwortbogen  S. 451