

Empfehlungen zur perioperativen Infusionstherapie bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern

Vom Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)

R. Sümpelmann¹, H. Hollnberger², J. Schmidt³ und J.M. Strauß⁴

¹ Zentrum Anästhesiologie, Medizinische Hochschule Hannover (Direktor: Prof. Dr. S. Piepenbrock)

² Abteilung für Anästhesie und Schmerztherapie, Klinik St. Hedwig, Regensburg (Chefarzt: Dr. B. Frank)

³ Klinik und Poliklinik für Anaesthesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Technische Universität Dresden (Direktorin: Prof. Dr. Th. Koch)

⁴ Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin, Helios Klinikum Berlin-Buch (Chefarzt: Prof. Dr. J.M. Strauß)

Die vorliegenden Empfehlungen zur perioperativen Infusionstherapie bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern wurden vom Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie der DGAI erarbeitet und richten sich an alle, die sich mit der perioperativen Versorgung von Kindern befassen. Die Empfehlungen sind das Ergebnis von wissenschaftlichen Untersuchungen, systematischen Literaturrecherchen und der klinischen Erfahrung zahlreicher Kinderanästhesisten, welche auf der Sitzung des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie in Speyer im März 2004 vorgetragen und diskutiert wurden. Die Empfehlungen sollen dazu beitragen, die perioperative Infusionstherapie bei Kindern einfach, effektiv und sicher zu gestalten. In speziellen Fällen kann es sich allerdings auch als notwendig erweisen, von diesen Empfehlungen abzuweichen. Die Empfehlungen sollen in regelmäßigen Zeitabständen überprüft und bei Bedarf aktualisiert werden. Die vorliegende schriftliche Zusammenfassung wurde ausgewählten Mitgliedern des Arbeitskreises zur Begutachtung vorgelegt.

Altersgruppe	Lebensalter
Neugeborene	1.- 28. Lebenstag
Säuglinge	bis 1. Lebensjahr
Kleinkinder	2.- 5. Lebensjahr
Schulkinder	ab 6. Lebensjahr

Perioperativer Flüssigkeits- und Glukosebedarf bei Kindern

Ziel der perioperativen Volumentherapie ist die Aufrechterhaltung der Kreislauffunktion und die Stabilisierung des Wasser-Säure-Basen-Elektrolyt-Haushalts. Bei Operationen mit größeren Volumenumsätzen und bei Kindern mit präoperativen Flüssigkeitsdefiziten hat es sich bewährt, den perioperativen Flüssigkeitsbedarf nach einem differenzierten Konzept aus den vier Teilmengen präoperatives Defizit, Erhaltungsbedarf, intraoperativer Korrekturbedarf

und Blutverlust abzuschätzen (Tab. 2). Perioperativ muss der tatsächliche Flüssigkeitsbedarf dann engmaschig überprüft und an die individuellen Erfordernisse angepasst werden.

Tab. 2: Perioperativer Flüssigkeitsbedarf bei Kindern.

Teilmenge	Volumen	Infusionslösung
Präoperatives Defizit	Erhaltungsbedarf x Nüchternzeit (h)	VELG ¹ , VEL ²
Erhaltungsbedarf	4 ml/kg/h (0-10 kg)	VELG ¹ , VEL ²
	2 ml/kg/h (10-20 kg)	
	1 ml/kg/h (20-30 kg)	
Korrekturbedarf	2-4-6-10-30 ml/kg/h	VEL ² , (VELG ¹)
Blutverlust	nach Bedarf	VEL ²
		HÄS, Gelatine
		Blutprodukte

¹ Vollelektrolytlösung mit 1-2% Glukosezusatz

² Vollelektrolytlösung (z.B. Ringeracetat oder Ringerlaktat).

Präoperative Defizite

Ein Flüssigkeitsdefizit kann durch mangelnde Zufuhr (z.B. lange Nüchternzeiten: Defizit entspricht Nüchternzeit multipliziert mit Erhaltungsbedarf) oder erhöhte Verluste (z.B. Gastroenteritis, Ileus, Trauma) entstehen. Ein langsam entstandenes Flüssigkeitsdefizit kann am besten aus dem Gewichtsverlust abgeleitet werden (Gewichtsverlust = Flüssigkeitsverlust). Wenn ein aktuelles Gewicht vor Krankheitsbeginn nicht genau bekannt ist, kann der Dehydrationsgrad nach klinischen Kriterien abgeschätzt werden. Ein Prozent Dehydrationsgrad entspricht einem Flüssigkeitsverlust von 10 ml/kg. Bei Kreislaufinstabilität hat die schnelle Wiederherstellung des zirkulierenden Blutvolumens höchste Priorität. Dafür können Vollelektrolytlösungen (Ringeracetat, Ringerlaktat oder isotone Kochsalzlösung, z.B. repetitiv 10 ml/kg) und bei Bedarf zusätzlich Kolloide (Hydroxyäthylstärke oder Gelatine, z.B. repetitiv 5 ml/kg) verwendet werden. Wenn immer möglich, sollen präoperative Defizite bereits vor Narkosebeginn ausgeglichen werden. ▶

► Erhaltungsbedarf

Der Erhaltungsbedarf ersetzt die unter normalen Verhältnissen entstehenden Flüssigkeitsverluste. Weil kleinere Kinder im Verhältnis grössere Wasser- verluste haben, hat sich die 4-2-1-Regel bewährt: 4 ml/kg/h für die ersten 10 kg (< 10 kg), zusätzlich 2 ml/kg/h für die zweiten 10 kg (10-20 kg) und zusätzlich 1 ml/kg/h für jedes weitere Kilogramm über 20 kg. Ein Säugling mit 5 kg hätte also einen Erhaltungsbedarf von 20 ml/h ($5 \text{ kg} \cdot 4 \text{ ml/kg/h}$), ein Kleinkind mit 15 kg einen Erhaltungsbedarf von 50 ml/h ($10 \text{ kg} \cdot 4 \text{ ml/kg/h} + 5 \text{ kg} \cdot 2 \text{ ml/kg/h}$) und ein Vorschulkind mit 25 kg einen Erhaltungsbedarf von 65 ml/h ($10 \text{ kg} \cdot 4 \text{ ml/kg/h} + 10 \text{ kg} \cdot 2 \text{ ml/kg/h} + 5 \text{ kg} \cdot 1 \text{ ml/kg/h}$). Säuglinge können einen etwas höheren (4-6 ml/kg/h), untergewichtige Neugeborene und Frühgeborene einen erheblich höheren (5- 8 ml/kg/h) und Neugeborene in den ersten 2-3 Lebenstagen einen etwas niedrigeren Erhaltungsbedarf (2-3 ml/kg/h) haben. Bei Fieber steigt der Erhaltungsbedarf pro Grad Celsius um 10% an.

Intraoperativer Korrekturbedarf

Während der Operation können zusätzliche Flüssigkeitsverluste durch Gewebetraumata, Verdunstung und Drittraumverluste entstehen. Zum Ausgleich des intraoperativen Korrekturbedarfs können nach grober Schätzung 2 ml/kg/h für Operationen mit geringem Gewebetrauma und 4 bzw. 6 ml/kg/h für Operationen mit mittlerem bzw. hohem Gewebetrauma angesetzt werden. Bei größeren Operationen (z.B. abdominelle Eingriffe) und bei bestimmten Fehlbildungen (z.B. Gastroschisis) kann der intraoperative Korrekturbedarf aber auch vielfach höher liegen. Der Ausgleich des intraoperativen Korrekturbedarfs sollte deshalb nicht schematisch, sondern bedarfsadaptiert erfolgen.

Intraoperative Blutverluste

Bei höhergradigen chirurgischen Blutverlusten wird das Blutvolumen zunächst mit Vollelektrolytlösungen und Kolloiden aufrechterhalten, gleichzeitig werden die Hämoglobinkonzentrationen engmaschig kontrolliert. Die Indikation zur Bluttransfusion wird in Abhängigkeit von der entstandenen Hämodilution individuell gestellt.

Glukosebedarf

Frühgeborene, Neugeborene und Säuglinge sind wegen ihrer geringen Energiereserven häufig auf die exogene Zufuhr von Glukose angewiesen. Zur Vermeidung einer Hypoglykämie wurden früher perioperativ oft Elektrolytlösungen mit 5% Glukosezusatz infundiert, welche bei längerer Infusionsdauer regelmäßig zu unerwünschten Hyperglykämien führ-

ten. Eine Infusionslösung mit 5% Glukosezusatz enthält im Vergleich zu Plasma oder Extrazellulärflüssigkeit unphysiologisch hohe Glukosekonzentrationen (Glukosekonzentration: Plasma 2,78- 5 mmol/l (50-90 mg/dl); Glukose 5% 278 mmol/l (5000 mg/dl)). Eine perioperative Glukosezufuhr von bis zu 120 mg/kg/h (entspricht 2,4 ml/kg/h Glukose 5%) führt bei Kindern nur selten zu einer Hyperglykämie. Mit einer Erhaltungsinfusion mit 5% Glukosezusatz wird nach der 4-2-1-Regel dagegen schnell zuviel Glukose zugeführt (4 ml/kg/h Glukose 5% entspricht 200 mg/kg/h), besonders wenn der Glukosebedarf und die Glukoseutilisation perioperativ herabgesetzt sind. Bei längerdauernden Eingriffen sollte die Glukosezufuhr deshalb reduziert (z.B. Elektrolytlösung mit 1-2 % Glukose) und durch routinemäßige Blutzuckerkontrollen eine Normoglykämie sichergestellt werden. Eine glukosefreie Infusionstherapie kann bei Säuglingen und Kleinkindern zu einer unerwünschten Lipidmobilisation mit Anstieg der freien Fettsäuren und Ketonkörperbildung führen. Größere Vorschulkinder benötigen in der Regel keine Glukosezufuhr mehr. Besonders nach langen Nüchternzeiten und bei disponierten Kindern (z.B. Stoffwechselerkrankungen, β -Blocker) können trotz Glukosezufuhr Hypoglykämien entstehen. In diesen Fällen ist es besonders wichtig, die Blutglukosekonzentrationen perioperativ engmaschig zu kontrollieren und bei Bedarf mehr Glukose zuzuführen.

Infusionslösungen

Kristalloide

Kristalloide Lösungen verteilen sich je nach Elektrolytgehalt unterschiedlich auf die verschiedenen Flüssigkeitskompartimente: Eine Vollelektrolytlösung verbleibt fast vollständig im Extrazellulärraum, eine Halbelektrolytlösung wird einen Teil des Wassers auch nach intrazellulär abgeben, und freies Wasser wird sich gleichmäßig im Gesamtkörperwasser verteilen. Für den Erhaltungsbedarf wurden früher bei Kindern häufig Elektrolytlösungen mit herabgesetztem Natriumgehalt (z.B. Halbelektrolytlösungen) verwendet, deren Zusammensetzung sich an dem theoretischen Wasser- und Elektrolytbedarf von Kindern orientierte. Werden diese Lösungen über den reinen Erhaltungsbedarf hinaus in großen Mengen zum Ausgleich von Flüssigkeitsdefiziten verabreicht, können gefährliche Hyponatriämien mit intrazellulären Wassereinträgungen (Cave: hyponatriämische Enzephalopathie, Hirnödemen und respiratorische Insuffizienz) entstehen. Viele Eindrittel- und Zweidrittelelektrolytlösungen enthalten darüber hinaus unphysiologisch hohe Kaliumkonzentrationen (z.B. 18- 36 mmol/l), so dass bei schneller Infusion tem- ►

► poräre Hyperkaliämien nicht ausgeschlossen werden können (Tab. 3). Für den perioperativen Korrekturbedarf sollten deshalb besser Vollelektrolytlösungen verwendet werden, deren Zusammensetzung der Extrazellulärflüssigkeit möglichst ähnlich ist. Um Dilutionsazidosen (Verdünnung des extrazellulären Bikarbonatpools durch bikarbonatfreie Infusionslösung) zu vermeiden, ist es günstig, wenn diese Lösungen metabolisierbare Anionen (Acetat, Laktat, Malat etc.) enthalten, weil mit der Metabolisierung der Anionen Bikarbonat im Extrazellulärraum freigesetzt wird. In speziellen Fällen (z.B. schweres Schädel-Hirn-Trauma mit Hirnödem) kann die im Vergleich zur Extrazellulärflüssigkeit etwas niedrigere Natriumkonzentration von Ringerlaktat trotzdem möglicherweise zu unerwünschten Flüssigkeitsverschiebungen beitragen (Tab. 3). Um Hypoglykämien bei Neugeborenen und Säuglingen zu vermeiden, reicht es aus, wenn den Vollelektrolytlösungen 1-2% Glukose (z.B. 6 - 12 ml Glukose 40% auf 250 ml Infusionslösung) zugesetzt wird. Glukoselösungen ohne Elektrolytzusatz (= freies Wasser) sind perioperativ kontraindiziert, weil die Infusion von größeren Mengen freien Wassers zu intrazellulären Wassereinsparungen und zur Ausbildung eines Hirnödems führen kann.

Kolloide

In den allermeisten Fällen ist die Aufrechterhaltung der Kreislauffunktion und die Stabilisierung des Wasser-Säure-Basen-Elektrolyt-Haushalts durch großzügige Infusion von Vollelektrolytlösungen problemlos möglich. Wenn eine Kreislaufstabilisierung mit Kristalloiden alleine jedoch schwierig wird, kann bei großen Volumenumsätzen das Plasmavolumen durch zusätzliche Infusion von Kolloiden effektiver aufrechterhalten werden. Früher wurden bei Kindern häufig Albumin- oder Plasmaproteinlösungen zum perioperativen Volumenersatz eingesetzt. Im direkten Vergleich sind künstliche Kolloide jedoch wesentlich kostengünstiger, effektiver und frei von Infektions-

risiken. In neueren klinischen Studien wurde über eine effektive und sichere Anwendung von künstlichen Kolloiden (Hydroxyäthylstärke der zweiten und dritten Generation, Gelatine) auch bei Früh- und Neugeborenen berichtet. Die Erfahrungen bei kritisch kranken Kindern sind in dieser Altersklasse zur Zeit allerdings noch begrenzt. Bei Kindern jenseits der Neugeborenenperiode scheint die Verwendung von künstlichen Kolloiden bei zurückhaltender Indikationsstellung und Beachtung der herstellereigenen Höchstmengen genauso wie im Erwachsenenalter möglich zu sein.

Empfehlungen für die klinische Praxis

Entsprechend den aktuellen Empfehlungen sollten Kinder bis zwei Stunden vor Narkoseeinleitung klare Flüssigkeiten trinken dürfen, wenn nicht andere Gründe dagegen sprechen. Bei Neugeborenen und Säuglingen sollte die Infusionstherapie möglichst mit einer Spritzenpumpe oder einer Infusionspumpe durchgeführt werden, um unbeabsichtigte Überinfusionen zu vermeiden. Die Pumpen sollten eine Druckbegrenzung aufweisen. Bei Kleinkindern können bei kurzen Eingriffen auch Schwerkraftinfusionen mit 250 ml Flaschen durchgeführt werden. Für Früh- und Neugeborene empfiehlt es sich grundsätzlich, zumindest das durch die präoperative Nüchternheit entstandene Defizit und den Erhaltungsbedarf während der Operation z.B. mit einer Vollelektrolytlösung mit 1 - 2 %-Glukosezusatz auszugleichen. Für kurzdauernde Operationen (< 1h) ohne relevantes Gewebetrauma (z.B. Leistenherniotomien, Circumcisionen) ist eine Infusionstherapie bei sonst gesunden Kindern innerhalb der empfohlenen Nüchternzeiten und jenseits der Neugeborenenperiode nicht zwingend erforderlich, wenn die Kinder postoperativ wieder schnell trinken dürfen. Bei mittelgroßen Operationen sollte in jedem Fall eine Infusionstherapie durchgeführt werden. Bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern kann perioperativ eine Vollelektrolyt-

Tab. 3: Zusammensetzung von Extrazellulärflüssigkeit (EZF) und verschiedenen Infusionslösungen für Kinder (in mmol/l).

	Kationen				Anionen					Theor. Osmolarität ⁴
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Acetat	Lactat	Glucose	
EZF	142	4,5	2,5	1,25	103	24	-	1,5	2,78-5	291
NaCl 0,9%	154	-	-	-	154	-	-	-	-	308
VELG ¹	140	4	2	2	118	-	30	-	55,5	296
RL ²	130	5	1	1	112	-	-	27	-	276
² / ₃ -ELG ³	100	18	2	3	90	-	38	-	277,5	251
² / ₃ -ELG ³	70	2	1,25	0,5	55	-	22,5	-	277,5	151
² / ₃ -ELG ³	45	25	-	2,5	45	-	20	-	277,5	148

¹Vollelektrolytlösung mit 1% Glukosezusatz, ²Ringerlaktat, ³hypotone Elektrolytlösungen mit 5% Glukosezusatz,

⁴Σ (Kationen+Anionen).

Tab. 4: Vorschlag zur perioperativen Infusionstherapie bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern.

präoperativ:	Nüchternzeiten knapp halten (klare Flüssigkeit bis 2 h präop.)
kleine Eingriffe:	Grundinfusion 10-20 ml/kg/h VEL ¹ mit 1-2 % Glukosezusatz (6-12 ml Glukose 40% auf 250 ml VEL ¹), ältere Klein- und Schulkinder auch glukosefreie VEL ¹
mittlere Eingriffe:	glukosehaltige Grundinfusion nach einer Stunde auf Erhaltungsbedarf reduzieren, VEL ¹ für Korrekturbedarf, bei Hypovolämie ev. künstliche Kolloide, Ziel: Normovolämie
große Eingriffe:	wie mittlere Eingriffe, Blutprodukte bei kritischer Hämodilution
postoperativ:	Kinder möglichst schnell wieder selbst trinken lassen

¹ Vollelektrolytlösung.

► Lösung mit 1-2% Glukose infundiert werden. Vollelektrolytlösungen mit 1 - 2 % Glukosezusatz sind zur Zeit auf dem freien Markt nicht verfügbar und müssen deshalb in der Krankenhausapotheke oder vom Anwender selbst hergestellt werden (z.B. durch Zusatz von 6 - 12 ml Glukose 40% auf 250 ml Infusionslösung). Dies ist aufwändig und mit spezifischen Risiken behaftet, deswegen wurde im April 2005 beim zuständigen Bundesamt ein Antrag auf Standardzulassung für eine Vollelektrolytlösung mit 1% Glukosezusatz gestellt, der zur Zeit bearbeitet wird. Zum Ausgleich von präoperativen Defiziten (z.B. Nüchternheit) kann die Gesamtinfusionsrate in der ersten Stunde 10 - 20 ml/kg/h betragen. Bei steigenden Blutglukosekonzentrationen werden die glukosehaltigen Infusionen vermindert oder beendet und entsprechend mehr glukosefreie Vollelektrolytlösung infundiert. Für ältere Klein- und Schulkinder können innerhalb der empfohlenen Nüchternzeiten auch glukosefreie Vollelektrolytlösungen verwendet werden. Bei klinischen Hinweisen auf eine Hypovolämie können nach Bedarf jeweils 10 ml/kg Vollelektrolytlösung oder 5 ml/kg künstliche Kolloide zusätzlich appliziert werden (Tab. 4). Postoperativ sollten die Kinder möglichst früh wieder selbst trinken dürfen, wenn nicht andere Gründe dagegensprechen.

Überwachung der perioperativen Infusionstherapie

Wache Kinder, insbesondere Neugeborene und kleine Säuglinge, können den Blutdruck bei größeren Flüssigkeitsdefiziten durch Vasokonstriktion lange aufrechterhalten, auch wenn bereits eine Schocksituation eingetreten ist. Bei tief anästhesierten Kindern sind die Regulationsmechanismen teilweise

oder sogar vollständig ausgeschaltet, so dass eine Hypotension bei einem reduzierten Blutvolumen eher auftritt. Eine flache Narkoseführung kann dagegen einen Volumenmangel maskieren. Neben den klassischen Messgrößen Herzfrequenz und arterieller Blutdruck müssen deshalb weitere Parameter zur Abschätzung des Volumenstatus der Kinder herangezogen werden. Atemsynchrone Schwankungen der invasiven Blutdruckkurve oder des Pulsoxymetersignals und ein niedriger zentralvenöser Druck können auch bei kleinen Kindern Zeichen von niedrigen Füllungsdrücken sein. Metabolische Azidosen und steigende Laktatkonzentrationen sind perioperativ meistens Folge einer Hypovolämie mit erniedrigtem Sauerstoffangebot. Bei größeren Operationen sollten deshalb routinemäßig Blutgasanalysen durchgeführt werden (z.B. stündlich), wobei insbesondere die zentralvenöse Sauerstoffsättigung (ZVS) besonders schnell anzeigt, wie weit das Sauerstoffangebot von den peripheren Organen und Geweben ausgenutzt wird. Weitere wichtige Parameter zur Abschätzung des Volumenstatus sind die Urinproduktion, die Rekapillarierungszeit und die Hauttemperatur.

Literatur bei den Verfassern.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. Robert Sümpelmann
 Zentrum Anästhesiologie - OE 8060
 Medizinische Hochschule Hannover
 Carl-Neuberg-Straße 1
 D-30625 Hannover
 Tel.: 0511 5329080
 Fax: 0511 5329048
 E-Mail suempelmann.robert@mh-hannover.de