

## **S1- Leitlinie Perioperative Infusionstherapie bei Kindern**

**AWMF Registernummer 001 – 032, Gültigkeit bis 10.06.2026**

### **Herausgeber:**

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin  
Wissenschaftlicher Arbeitskreis Kinderanästhesie  
Roritzerstraße 27  
D- 90419 Nürnberg

### **Koordinatoren, Ansprechpartner und Korrespondenzadresse:**

Prof. Dr. Robert Sümpelmann  
Medizinische Hochschule Hannover  
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin  
Carl- Neuberg- Strasse 1  
D- 30625 Hannover  
Email [suempelmann.robert@mh-hannover.de](mailto:suempelmann.robert@mh-hannover.de)

Dr. Katharina Röher  
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf  
Klinik für Anästhesiologie  
Martinistraße 52  
D- 20246 Hamburg

### **Expertengruppe**

Dr. Karin Becke- Jakob  
Klinik Hallerwiese/Cnopf'sche Kinderklinik  
Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin  
Diakonie Neuendettelsau  
St. Johannis-Mühlgasse 19  
D- 90419 Nürnberg

Prof. Dr. Sebastian Brenner  
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus  
Klinik für Kinder- und Jugendmedizin  
Fetscherstrasse 74  
D- 01307 Dresden

Priv.- Doz. Dr. Christian Breschan  
Klinikum Klagenfurt am Wörthersee  
Abteilung Anästhesie  
A - 9020 Klagenfurt am Wörthersee

Prof. Dr. Christoph Eich  
Kinder- und Jugendkrankenhaus AUF DER BULT  
Abteilung Anästhesie, Kinderintensiv- und Notfallmedizin  
Janusz-Korczak-Allee 12  
D- 30173 Hannover

Dr. Frank Fideler  
Universitätsklinikum Tübingen  
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin  
Hoppe-Seyler-Straße 3  
D- 72076 Tübingen

Prof. Dr. Claudia Höhne  
DRK Kliniken Berlin Köpenick  
Klinik für Anästhesie, Schmerztherapie, Intensiv- und Notfallmedizin  
Salvador-Allende-Straße 2- 8  
D- 12559 Berlin

Dr. Martin Jöhr  
Schädrüti 25  
CH- 6043 Adligenswil

Priv.- Doz. Dr. Jost Kaufmann  
Kinderkrankenhaus der Kliniken der Stadt Köln gGmbH  
Abteilung für Kinderanästhesiologie  
Amsterdamer Str. 59  
D- 50735 Köln

Prof. Dr. Franz- Josef Kretz  
Chopinstraße 79  
D- 70195 Stuttgart

Prof. Dr. Gernot Marx  
Universitätsklinikum der RWTH Aachen  
Klinik für Operative Intensivmedizin und Intermediate Care  
Pauwelsstrasse 30  
D- 52074 Aachen

Prof. Dr. Lars Pape  
Universitätsklinikum Essen  
Klinik für Kinder- und Jugendmedizin II  
Hufelandstraße 55  
D- 45147 Essen

Dr. Markus Schreiber  
Universitätsklinikum Ulm  
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin  
Albert-Einstein-Allee 23  
D- 89081 Ulm

Prof. Dr. Jochen Strauss

HELIOS Klinikum Berlin Buch  
Klinik für Anästhesie, perioperative Medizin und Schmerztherapie  
Schwanebecker Chaussee 50  
D- 13125 Berlin

Dr. Uwe Trieschmann

Universitätsklinikum Köln  
Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin  
Kerpener Straße 62  
D - 50937 Köln

Prof. Dr. Markus Weiss

Casa Solara- Via Cons- Casti 15  
CH-7031 Laax/GR

Prof. Dr. Rolf Zander

Physioklin  
Am Fort Gonsenheim 51a  
D- 55122 Mainz

## **A. Begründung für die Auswahl des Leitlinienthemas**

Eine perioperative Infusionstherapie ist Bestandteil fast jeder kinderanästhesiologischen Versorgung. Fehler können zu Komplikationen und ungünstigen Verläufen führen. Der Wissenschaftliche Arbeitskreis Kinderanästhesie (WAKKA) der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) hatte deshalb 2006 Handlungsempfehlungen und 2016 eine S1- Leitlinie zur perioperativen Infusionstherapie bei Kindern veröffentlicht, die nun aktualisiert worden sind (1, 2).

## **B. Zielorientierung der Leitlinie**

Die vorliegende S1- Leitlinie soll dazu beitragen, die perioperative Infusionstherapie bei Kindern einfach, effektiv und sicher zu gestalten. Die Empfehlungen von 2016 wurden im Hinblick auf neuere Studien und Entwicklungen überarbeitet. Die Anzahl der vorliegenden randomisierten kontrollierten Studien ist weiterhin begrenzt, deshalb basieren die Empfehlungen auch auf physiologischen Überlegungen, Experimenten, Beobachtungsstudien und Erfahrungen von Anwendern.

Die zugrundeliegenden Zusammenhänge und Entwicklungen wurden in zwei aktuellen Übersichtsarbeiten ausführlich beschrieben und in der vorliegenden S1- Leitlinie nur verkürzt dargestellt (3, 4). Für die Anwender sollen sich möglichst klare

Handlungsempfehlungen ergeben, die in der praktischen Ausführung einfach und sicher umsetzbar und auch aus Sicht der Kinder zumutbar sind. Durch die aktualisierte S1- Leitlinie soll die perioperative Homöostase der Kinder möglichst wenig gestört und damit die Wahrscheinlichkeit von infusionsbedingten Komplikationen verringert werden. Die S1- Leitlinie soll zu einem späteren Zeitpunkt erneut aktualisiert und auf die Möglichkeit zur Entwicklung einer S2- oder S3- Leitlinie überprüft werden.

### **C. Zusammensetzung der Leitliniengruppe**

Die Leitliniengruppe wurde auf 18 Mitglieder aus Anästhesiologie, Pädiatrie und Physiologie mit klinischer und wissenschaftlicher Expertise im Themenbereich der geplanten S1- Leitlinie und in der Methodik von Leitlinienentwicklung und evidenzbasierter Medizin erweitert.

### **D. Art der Konsensusfindung**

Eine repräsentativ zusammengesetzte Expertengruppe hat eine seit 2016 vorliegende S1- Leitlinie im informellen Konsens überarbeitet, die dann vom Präsidium der DGAI nach Begutachtung am 11.06.2021 verabschiedet wurde.

### **E. Umgang mit Interessenskonflikten**

Die Interessen wurden über ein Online- Portal erklärt und in der Leitliniengruppe im Hinblick auf thematische Bezüge, Management und geringe, moderate oder hohe Interessenkonflikte diskutiert und bewertet. Es wurden keine relevanten Interessenkonflikte festgestellt, die eine Konsequenz notwendig gemacht hätten (siehe Anhang). Die Leitlinie wurde ohne externe Finanzierung erstellt.

## **1. Einleitung**

Kleine Kinder haben im Verhältnis zum Körpergewicht ein größeres extrazelluläres Flüssigkeitsvolumen (EZFV), ein größeres Blutvolumen (BV), eine höhere Stoffwechselrate und einen höheren Flüssigkeitsumsatz als Erwachsene (Tabelle 1). Die Zusammensetzung der Extrazellulärflüssigkeit ist zwischen den Altersgruppen nicht verschieden, sodass bei Kindern und Erwachsenen die gleichen Elektrolytlösungen zum perioperativen Flüssigkeitsersatz verwendet werden können. Ziel der intraoperativen Infusionstherapie ist die Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der Homö-

ostase der Kinder (normales EZFV, normales BV, normale Gewebepfusion, normaler Säure- Basen- Elektrolyt- Metabolit- Haushalt; [www.safetots.org](http://www.safetots.org)).

Unterschätzte Volumenverluste sind die häufigste Ursache für perioperative Kreislaufstillstände bei Kindern (5). Größere Volumenumsätze sollten deshalb aufmerksam antizipiert und vorausschauend behandelt werden, damit der Zustand des Kindes stabil bleibt. Im Regelfall wird intraoperativ eine Grundinfusion durchgeführt, die den perioperativen Erhaltungs- und Ernährungsbedarf abdecken soll. Zusätzlich kann bei Bedarf eine Flüssigkeitstherapie mit Kristalloiden zur Aufrechterhaltung eines normalen EZFV und eine Volumentherapie mit Kolloiden zur Aufrechterhaltung eines normalen BV durchgeführt werden. Die Grundinfusion kann zur Aufrechterhaltung einer normalen Stoffwechselfunktion auch Glukose enthalten.

**Tabelle 1:** Altersgruppen und extrazelluläres Flüssigkeitsvolumen (EZFV).

Altersgruppe	Alter	EZFV
Neugeborene	1.- 28. Lebenstag	40 %
Säuglinge	bis 1. Lebensjahr	30 %
Kleinkinder	2.- 5. Lebensjahr	20 %
Schulkinder	Ab 6. Lebensjahr	20 %

#### Konsentiente Ausgangsaussage 1

Das Ziel der perioperativen Infusionstherapie ist die Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung der Homöostase der Kinder (Normovolämie, normale Gewebepfusion, normaler Säure- Basen- Elektrolyt- Metabolit- Haushalt).

## 2. Was hat sich seit der S1- Leitlinie von 2016 verändert?

Die S1- Leitlinie von 2016 wurde von den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie (WAKKA) und anderen Anwendern positiv aufgenommen. Grundsätzliche Kritikpunkte oder Änderungsvorschläge wurden bisher nicht bekannt. Die S1- Leitlinie wurde 2017 in der Fachzeitschrift „*Paediatric Anaesthesia*“ veröffentlicht (6). In einem Leserbrief wurde die eingeschränkte Verfügbarkeit von isotonen balancierten Vollelektrolytlösungen mit Glukose 1 % in Europa bemängelt (7). Zwischenzeitlich ist eine Zulassung in vielen europäischen Ländern erfolgt (8, 9).

Ringer- Laktat- bzw. Ringer- Azetat- Lösungen wurden in vielen Kliniken durch isotonie balancierte Vollelektrolytlösungen ersetzt, welche die Zusammensetzung von Extrazellulärflüssigkeit besser abbilden. Das „*Pharmacovigilance Risk Assessment Committee*“ der „*European Medicines Agency*“ (EMA; [www.ema.europa.eu](http://www.ema.europa.eu)) und das Bundesinstitut für Arzneimittelsicherheit (BfArM) haben 2018 Warnhinweise für hypotone Elektrolytlösungen veröffentlicht (10). Die „*American Academy of Pediatrics*“ hat 2018 isotone statt hypotone Elektrolytlösungen mit Glukose zur Erhaltungsinfusion bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 28 Tagen bis 18 Jahren mit akuten Erkrankungen oder nach Operationen empfohlen (11).

Die Österreichische Gesellschaft für Anästhesiologie, Reanimation und Intensivmedizin (ÖGARI) hat 2018 Handlungsempfehlungen zum perioperativen Flüssigkeitsmanagement bei Kindern veröffentlicht, die sich inhaltlich mit der S1-Leitlinie von 2016 decken (12).

Die EMA hat 2018 erwogen, Hydroxyethylstärke (HES) vom europäischen Markt zurückzuziehen ([www.ema.europa.eu](http://www.ema.europa.eu)). HES ist inzwischen bei kritisch kranken Patienten mit Sepsis oder Verbrennungen und bei Niereninsuffizienz kontraindiziert und darf nur noch an Einrichtungen geliefert werden, in denen alle Angehörigen der Heilberufe, die HES-haltige Arzneimittel verordnen oder anwenden, eine erfolgreiche Schulung absolviert haben (13). Die maximale Tageshöchstdosis wurde von 50 auf 30 ml/kg reduziert.

Die „*European Society of Anaesthesiology*“ und die „*European Society for Paediatric Anaesthesiology*“ haben 2019 „*Consensus Statements*“ veröffentlicht, in denen für Kinder eine Verkürzung der präoperativen Nüchternzeit für klare Flüssigkeiten von 2h auf 1h empfohlen wird (14).

### **3. Welchen Stellenwert haben die präoperativen Nüchternzeiten?**

Verschiedene klinische Studien haben klar gezeigt, dass die realen präoperativen Nüchternzeiten bei Kindern häufig viel länger sind, als in aktuellen Leitlinien empfohlen wird (15-19). Lange Nüchternzeiten führen bei kleinen Kindern zu Befindlichkeitsstörungen, Stress, schlechter Kooperation, Ketoazidosen, Dehydratation und Blutdruckabfällen bei der Narkoseeinleitung (20). Bei optimierten Nüchternzeiten bleiben die Ketonkörperkonzentrationen normal, und es treten seltener Blutdruckabfälle

nach der Narkoseeinleitung bzw. weniger Schmerzen und Unruhezustände nach der Operation auf (18, 21-24).

Verkürzte Nüchternzeiten für klare Flüssigkeit (1h) verbessern das perioperative Erleben für Eltern und Kinder ohne Beeinflussung des Aspirationsrisikos (25, 26).

Magensaft- pH bzw. -restvolumen werden durch verkürzte Nüchternzeiten für klare Flüssigkeit (>30 min) nicht beeinflusst (27). Es ist grundsätzlich nicht sinnvoll, durch überlange Nüchternzeiten iatrogene Dehydratationen, Ketoazidosen oder Befindlichkeitsstörungen bei Kindern herbeizuführen, die dann durch eine differenzierte perioperative Infusionstherapie behoben werden. Viel günstiger ist es auch aus Sicht der Kinder, wenn die Nüchternzeiten prä- und postoperativ entsprechend den aktuellen Leitlinien und Empfehlungen kurz gehalten und den Kindern während der Wartezeit auf die Operation aktiv klare Flüssigkeit angeboten wird. Dadurch wird die Homöostase der Kinder stabilisiert, und bei kurzen Eingriffen oder diagnostischen Maßnahmen mit Anästhesie ist eine perioperative Infusionstherapie bei liegendem Venenzugang dann in vielen Fällen gar nicht mehr notwendig. Hierbei handelt es sich um eine Expertenmeinung, die noch durch klinische Studien belegt werden soll.

In weiteren klinischen Studien konnte gezeigt werden, dass sich die Befindlichkeit auch postoperativ verbessert, wenn die Kinder nach der Operation früh nach Wunsch trinken dürfen, und dass sich dadurch die Inzidenz von postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV) nicht verändert (28, 29).

<b>Konsentiente Empfehlungen 3</b>
Die perioperativen Nüchternzeiten sollen bei Kindern möglichst kurz gehalten werden, um Befindlichkeitsstörungen, Stress, Dehydratationen und Ketoazidosen zu verhindern.
Wenn die prä- und postoperativen Nüchternzeiten kurz und die Trinkvolumina ausreichend sind, ist eine intraoperative Grundinfusion bei Kindern jenseits des Neugeborenenalters mit kurzen Eingriffen (<1 h) und liegendem Venenzugang nicht zwingend erforderlich.

#### **4. Welche physiologischen Anforderungen sind an Infusionslösungen für die perioperative Infusionstherapie bei Kindern zu stellen?**

Grundsätzlich sollen perioperativ isotone balancierte Vollelektrolytlösungen mit einem physiologischen Elektrolytmuster und einer Bikarbonatvorstufe (z.B. Azetat, Malat) eingesetzt werden (Tabelle 2) (30). Eine Elektrolytlösung ist isoton, wenn sie eine theoretische Osmolarität von 308 mosmol/l (Summe aller osmotisch aktiven Bestandteile) und eine aktuelle (reale) Osmolalität von 286 mosmol/kg H<sub>2</sub>O (=theoretische Osmolarität 308 x osmotischer Koeffizient 0,926/ Wassergehalt 0,997; Referenzwert Plasma 288 mosmol/kg H<sub>2</sub>O) hat. Der Unterschied kann dadurch erklärt werden, dass ein Teil der Elektrolyte nach erfolgter Infusion an Proteine und Membranen gebunden wird und deshalb nicht osmotisch aktiv ist (30, 31).

Glukose 5 % hat eine (isotonische) in-vitro Osmolalität von 290 mosmol/kg H<sub>2</sub>O (= theoretische Osmolarität 278 x osmotischer Koeffizient 1.013/ Wasser Gehalt 0.97). Nach der Infusion wird die Glukose schnell metabolisiert, so dass die verbleibende in-vivo Osmolalität 0 mosmol/kg H<sub>2</sub>O (= freies Wasser) beträgt (32). Aus diesem Grund sollen perioperativ Elektrolytlösungen bevorzugt werden, deren Osmolalität ohne Berücksichtigung von Glukose isoton ist.

Als Bikarbonatvorstufe zur Vermeidung einer Dilutionsazidose bzw. Chloridüberladung wird zurzeit Azetat favorisiert, weil es im Vergleich zu Laktat gewebeunabhängig und mit einem niedrigeren Sauerstoffverbrauch metabolisiert wird bzw. die diagnostische Laktatmessung nicht beeinflusst. Die potenzielle Basenabweichung ( $BE_{pot}$ ) einer Elektrolytlösung zeigt die Menge Bikarbonat an, die nach der Metabolisierung der Bikarbonatvorstufe im Körper freigesetzt wird. Eine Elektrolytlösung mit  $BE_{pot} < 0$  mmol/l hat deshalb eine azidotische, mit  $BE_{pot} > 0$  mmol/l eine alkalotische und mit  $BE_{pot} = 0$  mmol/l keine Wirkung auf den Säure- Basen- Haushalt des Patienten (30, 31).

Zum Ausgleich der fehlenden negativen Ladungen der Plasmaproteine (20 mmol/l) und des Bikarbonats (24 mmol/l) müssen bei der Zusammensetzung der Elektrolytlösungen zwangsläufig Kompromisse eingegangen werden, die zu Abweichungen vom Normalzustand führen (Tabelle 2). Azetat- haltige isotone balancierte Vollelektrolyt-, Gelatine- und Hydroxyethylstärke-lösungen sind kompatibel mit fast allen in der An-



ästhesie gebräuchlichen Wirkstoffen außer Phenytoin und Diazepam. Thiopenthal kann in Elektrolytlösungen mit einem niedrigen pH- Wert ausfallen (33, 34).

#### Konsentiente Empfehlung 4

Perioperativ sollen bei Kindern balancierte Vollelektrolytlösungen mit einem möglichst physiologischen Elektrolytmuster (isoionisch), einer theoretischen Osmolarität von annähernd 308 mosmol/l bzw. einer (realen) Osmolalität von annähernd 288 mosmol/kg H<sub>2</sub>O (isotonisch) und einer potenziellen Basenabweichung von annähernd 0 mmol/l (isohydrisch) eingesetzt werden.

**Tabelle 2:** Zusammensetzung von Plasma und verschiedenen balancierten Vollelektrolytlösungen für die perioperative Grundinfusion und den Flüssigkeitsersatz bei Kindern.

	Einheit	Plasma	E148 G1 <sup>1</sup> , Benelyte <sup>2</sup>	E153 <sup>1</sup>	Ionosteril <sup>2</sup>	Sterofundin iso <sup>3</sup>
Kationen						
Na <sup>+</sup>	mmol/l	142	140	140	137	145
K <sup>+</sup>		4,5	4	5	4	4
Ca <sup>2+</sup>		2,5	1	2,5	1,65	2,5
Mg <sup>2+</sup>		1,25	1	1,5	1,25	1
Anionen						
Cl <sup>-</sup>	mmol/l	103	118	105	110	127
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		24	-	-	-	-
Azetat		-	30	50	37	24 (+5 Malat)
Glukose	mmol/l	5	55,5	-	-	-
Theoretische Osmolarität <sup>4</sup>	mosmol/l	291 <sup>5</sup>	296	303	291	309
In-vivo Osmolalität <sup>6</sup>	mosmol/kg H <sub>2</sub> O	288	275	281	270	287
Potenzieller BE	mmol/l	0	+6	+26	+13	+10

<sup>1</sup>Serumwerk Bernburg AG, <sup>2</sup>Fresenius Kabi AG, <sup>3</sup>B.Braun Melsungen AG, <sup>4</sup>Σ (Kationen+Anionen), <sup>5</sup>mit Glukose, Harnstoff und organischen Säuren, <sup>6</sup>=Osmolarität × osmotischer Koeffizient 0,926 / Wassergehalt 0,997.

## 5. Welche Grundinfusionslösung soll bei Kindern intraoperativ verwendet werden?

Mit der Grundinfusion soll der normale während der perioperativen Nüchternzeit entstehende Flüssigkeits- und Glukosebedarf gedeckt werden, wenn die Kinder nicht selbst trinken dürfen. Im Vergleich zu den früher verwendeten hypotonen Infusionslösungen mit Glukose 5 % (35) führt der perioperative Gebrauch von isotonen Infusionslösungen zu einem geringeren Risiko einer Hyponatriämie mit möglicher Enzephalopathie, Hirnödemen und respiratorischer Insuffizienz (36-40) und die niedrigere Glukosekonzentration von 1- 2,5 % zu einem geringeren Risiko einer

intraoperativen Hyperglykämie (41-43). Kinder sind insbesondere perioperativ durch Hyponatriämie und Hirnödemen gefährdet, da sie kleinere intrakranielle Raumreserven haben und durch stressbedingte Ausschüttung des antidiuretischen Hormons (ADH) die Ausscheidung freien Wassers gehemmt wird (37, 44). Auch bei Neugeborenen steigt das Risiko einer Hyponatriämie, wenn intraoperativ hypotone Infusionslösungen verwendet werden (45). Im Vergleich zu Kochsalzlösung 0,9 % kommt es seltener zu hyperchlorämischen Azidosen, wenn isotone balancierte Vollelektrolytlösungen mit Azetat als Bikarbonatvorstufe verwendet werden (46, 47).

In zwei Beobachtungsstudien konnte gezeigt werden, dass die intraoperative Infusion einer isotonen balancierten Vollelektrolytlösung mit Glukose 1 % mit einer mittleren Infusionsrate von 10 ml/kg/h bei Neugeborenen und Vorschulkindern bis zu vier Jahren zu stabilen Kreislaufverhältnissen und stabilen Natrium- und Glukosekonzentrationen bzw. Säure- Basen- Haushalt geführt hat (48, 49). Eine mittlere intraoperative Grundinfusionsrate von 10 ml/kg/h ist größer als die nach der 4- 2- 1- Regel berechnete Erhaltungsrate, was durch eine pragmatische Mitberücksichtigung von nüchternheitsbedingten prä- und postoperativen Flüssigkeitsdefiziten begründet werden kann. In klinischen Studien und einer Metaanalyse wurde festgestellt, dass Übelkeit und Erbrechen nach einer liberalen intraoperativen Flüssigkeitszufuhr (z.B. 30 ml/kg/h) seltener auftraten (50-52). Bei längerer Operationsdauer und besonders bei Kindern mit relevanten Flüssigkeitsdefiziten bzw. -überladung sollte die Grundinfusionsrate aber möglichst dem tatsächlichen Bedarf angepasst werden.

Auch der Glukosebedarf kann perioperativ stark variieren. Bei Risikokindern (z.B. Früh- und Neugeborene, Kinder mit Stoffwechselerkrankungen) und längeren Eingriffen sollen deshalb regelmäßig Blutgasanalysen bzw. Blutzuckermessungen durchgeführt und die Glukosezufuhr zur Sicherstellung einer Normoglykämie angepasst werden. Wenn die Blutglukosekonzentration intraoperativ innerhalb des Normalbereichs ansteigt bzw. in einem hochnormalen Bereich stabil bleibt, kann das als Zeichen eines ausreichenden Substratangebots gewertet werden.

Ein perioperativer Glukosemangel führt meistens zu einer katabolen Stoffwechselreaktion mit niedrig normaler Glukosekonzentration, Freisetzung von Ketonkörpern bzw. freien Fettsäuren und abfallender Basenabweichung (Ketoazidose) (42, 43, 53). Bei Kindern, die bereits katabol in den OP kommen (z.B. nach langen Nüchternzeiten), oder die entwicklungs- oder krankheitsbedingt hohe Stoffwechselraten oder ge-

ringe Glykogenreserven haben (z.B. Frühgeborene (FG), kleine Neugeborene (NG), parenterale Ernährung, Lebererkrankung) kann eine 1 % Glukosekonzentration in der Grundinfusion zu niedrig sein (54, 55). In diesen Fällen soll die Infusionsrate oder die Glukosekonzentration der Grundinfusion erhöht werden (6 ml Glukose 40 % auf 250 ml Infusionslösung erhöht die Glukosekonzentration um 1 %) oder es wird zusätzlich höherkonzentrierte Glukoselösung mit einer Infusions- oder Spritzenpumpe infundiert bzw. bei Hypoglykämien als Bolus (z.B. 200 mg/kg) appliziert. Höherkonzentrierte elektrolytfreie Glukoselösungen müssen mit großer Vorsicht und dürfen niemals freilaufend verwendet werden, weil akzidentelle Überinfusionen zu deletären Zwischenfällen führen können (z.B. hyperosmolares hyperglykämisches Koma (56)).

Von vielen Kinderanästhesisten wird eine balancierte Vollelektrolytlösung mit Glukose 1- 2,5 % bei allen Kindern für die Grundinfusion verwendet (Tabelle 3). Für kurzdauernde Operationen (<1 h) ohne relevantes Gewebetrauma (z.B. Leistenherniotomie, Circumcision) ist eine glukosehaltige Grundinfusion für Kinder jenseits des Neugeborenenalters mit kurzen präoperativen Nüchternzeiten aber nicht zwingend erforderlich, wenn die Kinder auch postoperativ schnell wieder trinken und essen dürfen.

<b>Konsentiente Empfehlungen 5</b>
Zur Grundinfusion soll eine isotone balancierte Vollelektrolytlösung mit Glukose 1- 2,5 % verwendet werden.
Die Grundinfusion kann mit einer Anfangsinfusionsrate von 10 ml/kg/h begonnen und im weiteren Verlauf dem tatsächlichen Bedarf angepasst werden (Ziel normales EZFV).
Bei Risikokindern und längeren Operationen sollen die Blutzuckerkonzentrationen regelmäßig gemessen und die Glukosezufuhr angepasst werden (Ziel normale Blutglukosekonzentration und stabiler Säure- Basen- Haushalt).

## **6. Welche Infusionslösungen sollen für die perioperative Flüssigkeitstherapie bei Kindern verwendet werden?**

Mit einer perioperativen Flüssigkeitstherapie sollen zusätzliche Flüssigkeitsdefizite ausgeglichen werden, um ein normales EZFV aufrechtzuerhalten. Kleine Kinder haben ein größeres EZFV als Erwachsene (z.B. FG 60 %, NG 40 %, Säuglinge 30 %, Erwachsene 20 % vom Körpergewicht), die Zusammensetzung der Extrazellulärflüs-

sigkeit (EZF) ist aber in allen Altersklassen vergleichbar. In Übereinstimmung mit der S3- Leitlinie Volumentherapie können deshalb bei Kindern zur intraoperativen Flüssigkeitstherapie die gleichen isotonen balancierten Vollelektrolytlösungen wie bei Erwachsenen eingesetzt werden (57). Sie sind auch für Kinder physiologischer zusammengesetzt und haben weniger Nebenwirkungen auf die Osmolarität und den Säure- Basen- Elektrolyt- Haushalt als Ringer- Laktat oder Kochsalzlösung 0,9 %. Wenn bereits Störungen bestehen, werden diese durch isotone balancierte Vollelektrolytlösungen in Richtung „normal“ verändert. Das sind Eigenschaften, die bei hohen Infusionsvolumina zusätzliche Sicherheit verschaffen (58). Bei Kindern mit Erbrechen und schwerer hypochlorämischer Alkalose (z.B. Pylorusstenose, Gastroenteritis) kann ausnahmsweise auch Kochsalzlösung 0,9% zum Flüssigkeitersatz bzw. mit Glukosezusatz zur Erhaltungsinfusion verwendet werden.

Ein perioperatives Flüssigkeitsdefizit kann durch mangelnde Zufuhr (z.B. lange Nüchternzeit: Defizit entspricht Nüchternzeit multipliziert mit Erhaltungsbedarf nach 4- 2- 1- Regel) oder erhöhte Verluste (z.B. Fieber, Tachypnoe, Gastroenteritis, Ileus, Blutung) entstehen. Ein langsam entstandenes Flüssigkeitsdefizit kann am besten aus dem krankheitsbedingten Gewichtsverlust abgeleitet werden (Gewichtsverlust ~ Flüssigkeitsverlust). Wenn ein aktuelles Gewicht vor Krankheitsbeginn nicht genau bekannt ist, kann der Dehydratationsgrad auch nach klinischen Kriterien abgeschätzt werden (z.B. leicht 5 %, moderat 10 %, schwer 15 %; 1 % Dehydratation entspricht 10 ml/kg Flüssigkeitsverlust). Bei Kreislaufinstabilität hat die schnelle Wiederherstellung des zirkulierenden Blutvolumens höchste Priorität. Dafür können balancierte Vollelektrolytlösungen in Repetitionsdosen von 10- 20 ml/kg infundiert werden, bis die gewünschte Wirkung eingetreten ist (Tabelle 3). Wenn immer möglich, sollen präoperative Flüssigkeitsdefizite bereits vor Narkosebeginn ausgeglichen werden.

<b>Konsentiente Empfehlungen 6</b>
Zur Flüssigkeitstherapie soll eine isotone balancierte Vollelektrolytlösung verwendet werden (Ziel normales EZFV).
Präoperative Flüssigkeitsdefizite sollen möglichst bereits vor Narkosebeginn ausgeglichen werden.
Bei Kreislaufinstabilität können isotone balancierte Vollelektrolytlösungen ohne Glukosezusatz in Repetitionsdosen von 10- 20 ml/kg infundiert werden, bis die gewünschte Wirkung eingetreten ist.

## **7. Welche Infusionslösungen sollen für die perioperative Volumentherapie bei Kindern verwendet werden?**

Mit einer perioperativen Volumentherapie soll das Blutvolumen (BV) schnell normalisiert werden, z.B. wenn Kreislaufinstabilität oder Blutverluste auftreten. Ein normales BV ist die wichtigste Voraussetzung für einen adäquaten venösen Rückfluss, der wiederum Voraussetzung für ein adäquates Herzzeitvolumen bzw. eine ausreichende Gewebepfusion ist. Eine Abnahme des Blutvolumens führt zunächst zu einer Verschiebung von interstitieller Flüssigkeit nach intravasal, wodurch das Blutvolumen stabilisiert und das interstitielle Volumen vermindert wird (Autotransfusion, siehe (59)). Als erster Schritt zur Kreislaufstabilisierung sollte deshalb eine großzügige Infusion von isotonen balancierten Vollelektrolytlösungen zur Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung eines normalen EZFV und BV erfolgen.

Bei großen Volumenumsätzen führt eine Monotherapie mit Kristalloiden zwangsläufig zu einer interstitiellen Flüssigkeitsüberladung mit Hämodilution, wodurch sich das Sauerstoffangebot vermindern und die postoperative Erholung verzögern kann (60-63). Zur Vermeidung dieser Situation werden bei großen Operationen als zweiter Schritt oft zusätzlich Kolloide eingesetzt, um das BV effektiver zu stabilisieren und eine interstitielle Flüssigkeitsüberladung zu vermeiden, insbesondere wenn Blutprodukte restriktiv verwendet werden sollen (64, 65). Künstliche Kolloide haben im Vergleich zu balancierten Vollelektrolytlösungen zwar eine bessere Volumenwirksamkeit, aber auch mehr Nebenwirkungen (z.B. Allergie, Beeinflussung von Blutgerinnung und Nierenfunktion).

Verschiedene klinische Studien haben gezeigt, dass Nierenfunktionsstörungen bei erwachsenen Intensivpatienten mit Sepsis nach Infusion von Hydroxyethylstärke (HES) häufiger auftreten (66-68). Die daraus entstandene Diskussion hat dazu geführt, dass HES in vielen Kinderkliniken perioperativ nur noch sehr restriktiv oder gar nicht mehr eingesetzt wird. In Metaanalysen von Studien mit erwachsenen chirurgischen Patienten mit HES konnten allerdings keine ungünstigen Auswirkungen auf die Nierenfunktion festgestellt werden (69-71). Auch in experimentellen Studien mit einem pädiatrischen Tiermodell (72, 73), einer Beobachtungsstudie mit 1130 chirurgischen Kindern (74) und einer Metaanalyse (75) fanden sich keine Hinweise auf eine Einschränkung der Nierenfunktion in Zusammenhang mit einer perioperativen HES- Infusion. Nach einer Verlautbarung der „*European Medicines Agency*“ (EMA)

kann HES in geschulten Arbeitsbereichen weiter zur Korrektur einer Hypovolämie eingesetzt werden, wenn Kristalloide alleine nicht ausreichend effektiv sind (76).

Eine alternative Verwendung von Blutprodukten zur intraoperativen Volumentherapie ist nach den aktuellen Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten der Bundesärztekammer dagegen nicht zulässig (77). In Übereinstimmung mit der S3- Leitlinie Volumentherapie (57) und der EMA- Verlautbarung können künstliche Kolloide deshalb weiter bei nierengesunden Kindern mit Hypovolämie zur intraoperativen Volumentherapie eingesetzt werden, wenn Kristalloide alleine nicht ausreichend wirksam sind. Eine Überdosierung von Kolloiden kann zu intravasaler Hypervolämie mit Störung der vaskulären endothelialen Barrierefunktion und Dilutionskoagulopathie führen und soll deshalb vermieden werden (78, 79).

<b>Konsentiente Aussagen 7a</b>
Kolloide (Albumin, GEL, HES) haben mehr unerwünschte Arzneimittelwirkungen als balancierte Vollelektrolytlösungen.
Kolloide (Albumin, GEL, HES) können bei Kindern mit Hypovolämie intraoperativ eingesetzt werden, wenn Kristalloide alleine nicht ausreichend wirksam und Blutprodukte nicht indiziert sind.
Kolloide sollen zurückhaltend infundiert werden, damit eine Hypervolämie vermieden wird (Ziel normales BV).

Das klinische Nutzen- Risiko- Verhältnis scheint bei den z.Z. verfügbaren künstlichen und natürlichen Kolloiden für Erwachsene (80) und gesunde Kinder nicht signifikant verschieden zu sein. Kolloide werden bei Kindern auch regional sehr unterschiedlich verwendet, was als Hinweis gewertet werden kann, dass die Unterschiede in der klinischen Wirksamkeit vermutlich nicht allzu groß sind (64). Im Vergleich zu den natürlichen Kolloiden (Albumin oder Plasmaproteinlösung) sind die künstlichen Kolloide (HES und Gelatine (GEL)) wesentlich kostengünstiger und unbeschränkt verfügbar. Außerdem unterliegen sie nicht der Chargendokumentationspflicht. Bei vergleichbarer Wirksamkeit sprechen die niedrigeren Kosten, die leichtere Verfügbarkeit und der niedrigere Dokumentationsaufwand für die Verwendung von künstlichen Kolloiden.

GEL führt im Vergleich zu HES bei Erwachsenen häufiger zu allergischen Reaktionen (81, 82). Zum jetzigen Zeitpunkt ist es aber unklar, ob dies auch für Kinder gilt,

weil noch keine großen Studien mit GEL bei Kindern jenseits des Neugeborenen-Alters vorliegen. Grundsätzlich treten allergische Reaktionen bei Kindern perioperativ deutlich seltener auf als bei Erwachsenen (83). In einer Literaturrecherche konnten keine Fallberichte mit GEL und perioperativer Allergie bei Kindern gefunden werden (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>; Schlüsselwörter: perioperative, anaphylaxis, children, gelatin). GEL und HES können dosisabhängig die Blutgerinnung beeinflussen. Bei moderater Dosierung (Gesamtdosis 10- 20 ml/kg) sind die klinischen Auswirkungen als eher gering einzuschätzen, und es ist keine erhöhte Blutungsneigung zu erwarten (74, 84-88).

Für HES sollten auch bei Kindern die nebenwirkungsärmeren Präparate der dritten Generation mit einem Molekulargewicht von 130.000 Dalton (HES 130) bevorzugt werden (89). In drei klinischen Studien mit kinderherzchirurgischen Patienten mit HES 130 konnten auch nach höheren HES- Dosen (Gesamtdosis >20 ml/kg) keine erhöhten Blutverluste oder Nierenfunktionsstörungen festgestellt werden (90-92). In einer Metaanalyse konnte bei Kindern mit Operationen ebenfalls keine Beeinflussung von Blutverlust und Transfusionsbedarf durch HES festgestellt werden (75). In einer Beobachtungsstudie mit HES 130 bei 1130 Kindern wurden unerwünschte Ereignisse seltener mit einer moderaten Gesamtdosis (10- 20 ml/kg) als mit einer hohen Gesamtdosis (>20 ml/kg) festgestellt. Schwere unerwünschte Arzneimittelreaktionen wurden nicht beobachtet (74).

Für den Volumenersatz sollen Kolloide in isoonkotischer Lösung verwendet werden. In Übereinstimmung mit der S3- Leitlinie Volumentherapie (57) wird auch für Kinder die Anwendung von Kolloiden in balancierter Lösung empfohlen, weil sie den Säure-Basen- Haushalt weniger beeinflussen (93).

<b>Konsentiente Empfehlungen 7b</b>
Bei Hypovolämie oder Kreislaufinstabilität können Kolloide (Albumin, GEL, HES 130) in Repetitionsdosen von 5- 10 ml/kg infundiert werden, bis die gewünschte Wirkung eingetreten ist.
GEL oder HES 130 sollten in balancierter Lösung verwendet werden.
HES 130 sollte möglichst in moderater Gesamtdosis (10- 20 ml/kg) und so kurz wie möglich angewendet werden. Die Tageshöchstdosis (30 ml/kg) soll nicht überschritten werden.

## 8. Wie soll eine perioperative Infusionstherapie bei Kindern überwacht werden?

Der Hydratationszustand kann durch Abfragen der realen Nüchternzeiten und durch einfache klinische Untersuchungen (z.B. zentrale Kapillarfüllungszeit (Sternum, Stirn), Hautturgor, Stand der Fontanelle) gut eingeschätzt werden. Das intraoperative Basismonitoring (Pulsoxymetrie, Kapnografie, Blutdruck, EKG, Körpertemperatur) ist für die meisten Eingriffe bei Kindern mit normalem Hydratationszustand ausreichend. In Zweifelsfällen können zusätzlich Blutgasanalysen (periphervenös oder kapillär) zur Beurteilung des Säure- Basen- Haushalts (Basenabweichung, Laktat) und der Blutglukosekonzentration durchgeführt werden.

Das Herzzeitvolumen (HZV), EZFV und BV kann bei Kindern leider nicht mit einfachen Mitteln direkt gemessen werden, und ein (niedrig-) normaler Blutdruck ist kein Garant für eine ausreichende Gewebepfusion (94). Bei großen Eingriffen mit hohen Volumenumsätzen ist es deshalb empfehlenswert, das Monitoring zu erweitern, damit die Wirksamkeit der intraoperativen Infusionstherapie besser abgeschätzt werden kann (z.B. arterielle und zentralvenöse Katheter, serielle Blutgasanalysen, Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)).

Zur Beurteilung der Volumenreagibilität ist das in der S3- Leitlinie Volumentherapie für Erwachsene vorgeschlagene Lagerungsmanöver zur Autotransfusion (Trendelenburg- Position, Anheben der Beine (57)) bei kleinen Kindern wenig geeignet, weil die durch die Lagerungsveränderung entstehenden Höhenunterschiede zu gering sind. Zur groben Orientierung kann in diesen Fällen eine Autotransfusion durch dosierten Druck auf die Leber von außen herbeigeführt werden, was zu einer kurzzeitigen Blutvolumenverschiebung von intraabdominell nach intrathorakal führt (95). Im Falle einer Volumenreagibilität wird der invasiv gemessene Blutdruck bzw. das endtidal gemessene Kohlendioxid in der Kapnografie ansteigen (HZV- Anstieg bei konstanter Beatmung führt zu kurzzeitigem Anstieg des endtidalen CO<sub>2</sub> (96, 97)). Weitere Möglichkeiten zur Einschätzung der Volumenreagibilität sind die atemzyklusabhängigen Schwankungen der Blutdruckkurven (systolische Blutdruckvariation (SPV), Pulsdruckvariation (PPV)), der pulsoxymetrisch errechnete Perfusionsindex (PI) bzw. „*Pleth- Variability- Index*“ (PVI)) und die echokardiografische Bestimmung des Schlagvolumens bzw. der Blutflussgeschwindigkeit (98-100).

Pulmonalarterielle bzw. transpulmonale Thermodilutionskatheter werden bei kleinen Säuglingen aufgrund von katheterassoziierten Risiken nicht in der Routine einge-



setzt. Die Pulskonturanalyse ist für kleine Kinder zurzeit nicht ausreichend validiert. Der zentrale Venendruck ist zur alleinigen Abschätzung der Volumenreagibilität nicht geeignet (101). Bei größeren Operationen sollten regelmäßig Blutgasanalysen (BGA) zu Beginn (Ausgangswert) und dann in z.B. stündlichen Abständen durchgeführt werden, wobei die zentralvenöse Sauerstoffsättigung (ZVS) im Verlauf als schnelle und die Basenabweichung (BE) und Laktatkonzentration als langsame indirekte Parameter für die Gewebepfusion verwendet werden können. Bei der Beurteilung der BGA sollte insbesondere auf Änderungen im zeitlichen Verlauf geachtet werden, damit bei negativen Trends frühzeitig vor Erreichen von pathologischen Werten gegengesteuert werden kann.

Bei sehr großen Volumenumsätzen sollte auch die Gerinnungsfunktion z.B. durch Thrombelastografie überwacht werden, damit rechtzeitig Gerinnungsfaktoren, Gefrierplasma oder Thrombozyten transfundiert werden können (102). Die Urinausscheidung verringert sich intraoperativ regelhaft, z.B. aufgrund einer stressbedingten Freisetzung von antidiuretischem Hormon (ADH) bzw. einer Verminderung der Nierenperfusion (z.B. bei Eingriffen mit Pneumoperitoneum und erhöhtem intraabdominellen Druck). Sie ist deshalb kein guter Parameter für die Steuerung einer intraoperativen Infusionstherapie (103, 104). Grundsätzlich sollten Einzelparameter zur Steuerung der Infusionstherapie nicht isoliert, sondern in einer Zusammenschau mit der klinischen Gesamtkonstellation und den anderen Überwachungsparametern beurteilt werden (101).

<b>Konsentiente Empfehlungen 8</b>
Der Hydratationszustand sollte durch einfache klinische Untersuchung der Kinder überprüft werden (z.B. zentrale Kapillarfüllungszeit, Hautturgor, Stand der Fontanelle).
Zur Beurteilung der Volumenreagibilität sollte ein Autotransfusionsmanöver (z.B. Druck auf die Leber, Anheben der Beine bei größeren Kindern) durchgeführt werden.
Bei Operationen mit größeren Volumenumsätzen sollte das Monitoring erweitert werden (z.B. arterielle und zentralvenöse Katheter, NIRS).
Bei größeren Operationen sollten regelmäßig Blutgasanalysen durchgeführt und bei negativen Trends (ZVS↓, BE↓, Laktat↑) frühzeitig gegengesteuert werden.

## 9. Empfehlungen für die klinische Praxis

Bei Neugeborenen und Säuglingen soll die perioperative Infusionstherapie mit einer Spritzenpumpe oder einer Infusionspumpe durchgeführt werden, um unbeabsichtigte Überinfusionen zu vermeiden. Auch bei größeren Kindern werden Infusionspumpen zunehmend häufig in der Routine eingesetzt. Die Pumpen sollen 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 Flüssigkeitsdefizit und den Erhaltungsbedarf während der Operation mit einer balancierten Vollelektrolytlösung mit 1- 2,5% Glukosezusatz auszugleichen. Zusätzliche Infusionslösungen für die Flüssigkeits- und Volumentherapie können bei Neugeborenen und Säuglingen manuell mit Spritzen und bei größeren Kindern ggf. auch freilaufend verabreicht werden. Zur Vermeidung von versehentlichen Überinfusionen kann der überflüssige Anteil aus dem Infusionsbehälter entnommen und verworfen werden. Um Luftembolien zu vermeiden, sollen Infusions- und Perfusorleitungen sorgfältig entlüftet und Druckinfusionen mit komprimierbaren Infusionsbehältnissen (z.B. Beutel) durchgeführt werden.

Für die Anfangsdosierungen hat sich die einfach umsetzbare 10er- Regel bewährt (Tabelle 3). Im Verlauf sollte sich die Infusionstherapie dann durch entsprechend angepasste Überwachung an dem tatsächlichen Bedarf der Kinder orientieren (Tabelle 4). Postoperativ sollen die Kinder frühzeitig wieder selbst nach Wunsch trinken und essen dürfen, wenn nicht andere Gründe dagegensprechen (17, 28).

<b>Konsentierte Empfehlungen 9</b>
Bei Neugeborenen und Säuglingen soll die perioperative Infusionstherapie mit Spritzen- oder Infusionspumpen durchgeführt werden.
Bei Kleinkindern können auch Schwerkraftinfusionen mit 250 ml Flaschen durchgeführt werden.
Druckinfusionen sollen mit komprimierbaren Infusionsbehältnissen (z.B. Beutel) durchgeführt werden.

**Tabelle 3: Perioperative Infusionstherapie bei Kindern (10er- Regel)**

	Infusionslösung	Anfangs- bzw. Repetitionsdosis
Grundinfusion	b- VELG <sup>1</sup>	10 ml/kg/h
Flüssigkeitstherapie	b- VEL <sup>2</sup>	x 10- 20 ml/kg
Volumentherapie	Albumin, Gelatine, HES <sup>3</sup>	x 5- 10 ml/kg
Transfusion	EK <sup>4</sup> , GFP <sup>5</sup> , TK <sup>6</sup>	x 10 ml/kg

<sup>1</sup>balancierte Vollelektrolytlösung mit 1- 2% Glukose, <sup>2</sup>balancierte Vollelektrolytlösung,

<sup>3</sup>Hydroxyethylstärke, <sup>4</sup>Erythrozytenkonzentrat, <sup>5</sup>Gefrierplasma, <sup>6</sup>Thrombozytenkonzentrat

**Tabelle 4: Vorschlag zur perioperativen Infusionstherapie bei Kindern**

Präoperativ	-Nüchternzeiten knapp halten (klare Flüssigkeit bis 1h präop.)
Kleine Eingriffe	-Grundinfusion 10 ml/kg/h b- VELG <sup>1</sup>
Mittlere Eingriffe	-Grundinfusion im Verlauf an Bedarf anpassen -zusätzlich b- VEL <sup>2</sup> bei Volumenbedarf -zusätzlich Kolloide <sup>3</sup> , wenn b- VEL nicht ausreichend wirksam
Große Eingriffe	-wie mittlere Eingriffe -zusätzlich Blutprodukte bei kritischer Hämodilution
Postoperativ	-Kinder früh wieder selbst trinken und essen lassen

<sup>1</sup>balancierte Vollelektrolytlösung mit 1- 2% Glukose, <sup>2</sup>balancierte Vollelektrolytlösung,

<sup>3</sup>z.B. Albumin, Gelatine, Hydroxyethylstärke

## 10. Literatur

1. Sumpelmann R, Hollnberger H, Schmidt J, Strauß JM. Empfehlungen zur perioperativen Infusionstherapie bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern. Anästh Intensivmed 2006;47:616-619.
2. DGAI. [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/001032I\\_S1\\_S1\\_Infusionstherapie\\_perioperativ\\_Kinder\\_2016-02\\_01.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001032I_S1_S1_Infusionstherapie_perioperativ_Kinder_2016-02_01.pdf). Zugriff: 29.12.2020.
3. Sumpelmann R, Becke K, Zander R, Witt L. Perioperative fluid management in children: can we sum it all up now? Curr Opin Anaesthesiol 2019;32:384-391.
4. Sumpelmann R, Zander R, Witt L. [Perioperative Infusion Therapy in Children]. Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2020;55:324-333.
5. Bhananker SM, Ramamoorthy C, Geiduschek JM, Posner KL, Domino KB, Haberkern CM, Campos JS, Morray JP. Anesthesia-related cardiac arrest in children: update from the Pediatric Perioperative Cardiac Arrest Registry. Anesth Analg 2007;105:344-350.
6. Sumpelmann R, Becke K, Brenner S, Breschan C, Eich C, Höhne C, Jöhr M, Kretz FJ, Marx G, Pape L, Schreiber M, Strauss J, Weiss M. Perioperative intravenous fluid therapy in children: guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. Paediatr Anaesth 2017;27:10-18.
7. Gentili A. Perioperative intravenous pediatric fluid: is there still a gap between theory and practice? Paediatr Anaesth 2018;28:476-477.