

## Leitthema

Notfall Rettungsmed 2009 · 12:583–589  
 DOI 10.1007/s10049-009-1199-9  
 Online publiziert: 14. November 2009  
 © Springer Medizin Verlag 2009

## Redaktion

T. Nicolai, München  
 U. Kreimeier, München  
 M. Weiss, Zürich

D. Neuhaus

Anästhesieabteilung, Universitäts-Kinderkliniken Zürich

# Kreislauf- und Volumen- therapie beim Kind

**Volumenmangelzustände beim Kind sind ein im Rettungsdienst häufig anzutreffendes Problem. Da Kinder über eine ausgeprägte Fähigkeit verfügen, ihren Blutdruck lange Zeit im Normbereich zu halten, kann ein relevanter Volumenmangel beim pädiatrischen Patienten durch den wenig erfahrenen Helfer leicht übersehen werden. Andere klinische Zeichen einer Zentralisation müssen beim Kind gesucht und beachtet werden, um das Ausmaß eines Flüssigkeitsdefizits abschätzen zu können.**

Da die Progression zum kardiovaskulären Kollaps beim Kind rasch und häufig irreversibel erfolgt, muss ein kompensierter Schock unverzüglich und energisch therapiert werden.

Das Kind mit Volumenmangel stellt sowohl im Rettungsdienst, als auch im Schockraum und auf der Notfallstation neben den respiratorischen und neurologischen Störungen ein häufiges Problem dar [5, 15, 17].

Wasseranteil und Flüssigkeitsumsatz von Kindern sind umso größer, je kleiner sie sind (■ Tab. 1). Mit zunehmendem Alter werden die Menschen *trockener*. Säuglinge trinken täglich etwa 1/6 ihres Körpergewichtes, wohingegen Erwachsene auch mit weniger als 1/20 zufriedenstellend versorgt sind [9].

Abnorme Flüssigkeitsverluste (z. B. bei Fieber, Diarrhoe, Erbrechen) und auch eine mangelnde Flüssigkeitszufuhr (z. B. bei Atemnot, Schmerzen) können daher beim Kind sehr rasch zu einem gefährlichen Volumenmangel führen. Das Ausmaß des Flüssigkeitsverlustes kann anhand der klinischen Zeichen abgeschätzt

werden. Kompensationsmechanismen (■ Tab. 2) können die Dramatik eines Schockzustandes beim Kind und dessen fatale Progredienz, mit verhältnismäßig rasch eintretendem kardiopulmonalem Versagen, relativ lange maskieren. Das klinische Outcome eines kritisch kranken oder verletzten Kindes mit Flüssigkeitsverlust hängt somit wesentlich vom frühzeitigen Erkennen und proaktivem Behandeln eines Schocks ab. Volumendefizite müssen daher rechtzeitig erkannt und umgehend korrigiert werden.

## Flüssigkeitsdefizite im Kindesalter

Bei kranken oder verunfallten Kindern kann das Ausmaß des Flüssigkeitsdefizits anhand verschiedener klinischer Parameter abgeschätzt werden (■ Tab. 3). Der dem Alter entsprechende systolische Blutdruck kann lange Zeit noch normal sein. Daher muss frühzeitig das Augenmerk auf Anzeichen einer verminderten Endorgan-Perfusion gerichtet werden (Desinteresse, kühle Extremitäten, marmorierte Haut, schwache periphere Pulse, trockene Windeln, verzögerte Rekapillarisation).

Laborparameter wie Laktatanstieg und Negativierung des Basenüberschusses aufgrund von Gewebhypoxie bei unzureichender Perfusion können bei Verfügbarkeit der entsprechenden Laborbestimmungen weitere wertvolle Hinweise liefern.

Hypovolämie ist weltweit die häufigste Ursache für Schock. In einem Zustand des *kompensierten Schocks* kann das Kind trotz normaler Blutdruckwerte bereits eine schwere Beeinträchtigung der Organperfusion und Gewebeoxygenierung haben. Nicht immer ist die Anam-

nese alleine richtungsweisend. So können neben Fieber, Infektion und Trauma auch Atemnot und Schmerzzustände zu einem Schockgeschehen mit Mikro-zirkulationsstörung und Gewebhypoxie beitragen. Normale systolische Blutdruckwerte beim Kind mit Verdacht auf Volumenmangel dürfen den Helfer nicht in (falscher) Sicherheit wiegen. Hypotension beim Kind mit Volumenmangel ist ein absolutes Spätzeichen und kann unter Umständen auch erst kurz präfokal auftreten!

## ► Hypovolämie ist weltweit die häufigste Ursache für Schock

Grundsätzlich kann man unterscheiden zwischen einem langsam, sich über Tage entwickelnden Volumenverlust (z. B. bei Ileus, Gastroenteritis) und einem plötzlich auftretenden Volumenverlust (z. B. bei Trauma). Unabhängig von der Ätiologie muss neben einer frühzeitigen Sauerstoffgabe hier jedoch in erster Linie die Hypovolämie korrigiert werden und dann die Elektrolytengleichung.

Sonderfälle des Volumenmangels sind:

- thermische Verletzungen,
- Meningokokkensepsis und
- Elektrolytstörungen.

## Management des Volumenmangels beim Kind

Das Vorgehen bei der Rehydratation muss aufgrund der erhobenen klinischen Befunde und der Ursache abgewogen werden (■ Tab. 3).

Grundsätzlich ist die Rehydratation per os oder mittels Magensonde bei leichter bis mittelschwerer Dehydratation der

**Tab. 1** Veränderung der Flüssigkeitszusammensetzung mit zunehmendem Alter

	Wassergehalt in % des KG	EZF in % des KG	Blutvolumen
Frühgeborene	bis 90%	bis 60%	90 ml/kg KG
Reifgeborene	80%	40%	80 ml/kg KG
Jenseits des 1. Lebensjahres	60%	20%	60–70 ml/kg KG

EZF extrazelluläre Flüssigkeit, KG Körpergewicht.

i.v.-Rehydratation vorzuziehen. Erbrechen per se ist keine Kontraindikation für eine perorale Flüssigkeitsgabe. Wenn allerdings auf diesem Wege keine Defizitkorrektur möglich ist oder das Kind ein massives Volumendefizit aufweist (>5–10%), muss auf eine i.v.-Rehydratation umgestellt werden.

### Allgemeines Vorgehen

Bei jedem kritisch kranken Kind mit Verdacht auf einen Volumenmangel empfiehlt sich das Vorgehen nach dem ABC-Schema [1, 2, 8]:

- Jedes Kind, das bei Verdacht auf einen Volumenmangel bereits eine Tachykardie oder eine Tachypnoe aufweist, benötigt eine Sauerstoffgabe, welche über einen hohen Sauerstofffluss eine ausreichende Oxygenierung sicherstellt („ABC approach“, [1]).
- Der venöse Zugang kann infolge der Zentralisation auch bei routiniertem Personal eine Herausforderung darstellen. Ist es nicht möglich, in Abhängigkeit vom klinischen Zustand des Kindes, innerhalb eines sinnvollen Zeitraums einen peripher venösen Zugang sicherzustellen (z. B. 3 Versuche oder 120 s), muss umgehend die Gabe von Flüssigkeit über einen intraossären Zugang angestrebt werden [1]. Der intraossäre Zugang, insbesondere mit geeignetem Material (z. B. EZ-IO®-System), ist eine zuverlässige und auch für den Ungeübten einfache und schnell zu etablierende Methode [22, 23].
- Sobald ein adäquater Zugang geschaffen ist, beginnt als Erstmaßnahme die Volumensubstitution mit isotoner kristalloider Lösung. Hierzu werden zunächst 20 ml/kg Körpergewicht (KG) als Bolus innerhalb von 5–20 min verabreicht. Ist kein Infusomat vorhanden, so kann

mit 20-ml-Spritzen kontrolliert das entsprechende Volumen verabreicht werden.

- Die Wiederholung des Flüssigkeitsbolus richtet sich im Rettungsdienst und in der sehr frühen klinischen Phase nach den klinischen Zeichen der Endorgan-Perfusion, also der Herzfrequenz, der Rekapillarisierungszeit, der Atemfrequenz, dem Bewusstseinszustand und (längerfristig) der Diurese; im weiteren Verlauf der anschließenden klinischen Versorgung wird die Diagnostik durch apparatives Monitoring (zentraler Venendruck, Pulskurve) und Laboruntersuchungen vervollständigt.
- In der Regel benötigen Kinder mit massivem Volumendefizit mindestens 60–80 ml/kg KG isotoner kristalloider Lösung innerhalb der ersten Stunde. Je nach Situation muss dieses Volumen aber auch noch um ein Vielfaches überschritten werden. Da sich Kristalloide im gesamten Extrazellulärvolumen verteilen, kann bei weiter bestehendem Infusionsbedarf nach Verabreichung von 20–60 ml/kg KG auch die Gabe von Kolloiden erwogen werden.
- Blut und Blutprodukte stellen nicht die erste Wahl für die Volumexpansion im Rettungsdienst dar. In der frühen klinischen Situation empfiehlt die American Heart Association (AHA), unabhängig von individuellen Transfusions-trigger und -regimes, unter Berücksichtigung der üblichen Vorsichtsmaßnahmen, die Applikation von Erythrozytenkonzentraten in einer Dosierung von 10 ml/kg KG bei pädiatrischen Traumapatienten, welche trotz 2 bis 3-maligen Bolusgaben von 20 ml/kg KG isotoner kristalloider Lösung weiterhin Zeichen einer inadäquaten Perfusion zeigen bzw. nach Laboranalyse.

- Vasoaktive Medikamente sind in der Regel dem Management des schweren Schockgeschehens vorbehalten und richten sich in ihrer Spezifität nach der zugrunde liegenden physiologischen Problematik. Adrenalin ist das im Rettungsdienst und in der pädiatrischen Notfallmedizin am weitesten verbreitete Katecholamin und kommt vor allem beim akuten hämodynamischen Kollaps, in einer Bolusdosierung von 10 µg/kg KG i.v./i.o. (=0,1 ml/kg KG 1:10.000), oder in einer möglichen Dauertropfdosierung von 0,1 mg/kg KG/min, zum Einsatz. Im Rahmen der stationären intensivmedizinischen Versorgung hingegen werden andere α- und β-stimulierende Substanzen häufig bevorzugt.

### Spezielle Situationen

#### Thermische Verletzungen

Ein Hauptproblem bei der Initialversorgung großflächiger thermischer Verletzungen – dies entspricht beim Säugling bereits >5% Körperoberfläche (KOF), beim älteren Kind >10% KOF – stellt der hypovolämische Schock dar. Die infolge der komplexen Mechanismen der Verbrennkrankheit stark erhöhte Gefäßpermeabilität führt einerseits zu relativem Volumenmangel aufgrund generalisierter Ödeme, andererseits zu exorbitanten Flüssigkeitsverlusten über die Wundfläche. Daher ist grundsätzlich eine Flüssigkeitssubstitution ab dem Unfallzeitpunkt wünschenswert, idealerweise mit Ringerlaktat. Kolloidale Lösungen, wie Albumin (66 kD) oder Haes® (130 kD) können zu einem Aggravieren des Ödems führen, da ihre Molekülgrößen deutlich unterhalb des kapillaren Lecks (350 kD) liegen und sie mit dem Plasmastrom verloren gehen. In der Folge stehen sie im Verdacht, die Rückresorption der Verbrennungsödeme (24 h bis 3 Wochen) massiv zu erschweren. Die Flüssigkeitssubstitution darf andererseits jedoch nie mit einer pädiatrischen Misch- oder gar reiner Glukoselösung erfolgen.

Die initiale Infusionstherapie in der Schockphase, welche die ersten Stunden nach Trauma umfasst, beim ther-

misch verletzten Kind kann zur besseren Veranschaulichung (theoretisch) in zwei Abschnitte unterteilt werden:

- a) Der *primäre Volumenersatz* ist indiziert in der eigentlichen Schock- oder „resuscitation“-Phase. Hier steht streng im Vordergrund die Aufrechterhaltung eines suffizienten Kreislaufes, sofern nötig, sowie einer optimierten Organ- und Gewebepfusion mit ausreichender Diurese, normalem Hämatokrit und Laktat. Diese Situation der Volumentherapie gilt im Prinzip sowohl in der präklinischen Schockphase, als auch in jener frühen klinischen Zeit, die für Wiedererwärmung bei Auskühlung des Patienten oder für ein initiales Débridement benötigt wird (in dieser Zeit, wenn möglich, keine Katecholamine, keine Kolloide).
- b) Erst als *sekundärer Volumenersatz* kommt quasi zur *Stabilisierung der Schockphase*, die Berechnung des für Brandverletzte typischen *Ersatzvolumens* zum Einsatz. Dies ist also niemals Pflicht der Ersthelfer und nur selten des aufnehmenden Notfallteams, sondern bleibt in der Regel Aufgabe der Verbrennungsspezialisten oder Intensivmediziner, findet aber dennoch innerhalb der ersten Stunden statt.

Für die Berechnung des Ersatzvolumens für pädiatrische Patienten wird in der Regel die bekannte Parkland-Baxter-Formel in einer modifizierten Form angewandt: 4 ml Ringerlaktat pro kg KG pro % verbrannter KOF in 24 h.

Aufgrund des speziellen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses und der Verteilung von intra- und extrazellulärer Flüssigkeit wird beim pädiatrischen Patienten in der Regel mehr Flüssigkeit appliziert als beim vergleichbar verletzten Erwachsenen:

5–6 ml pro kg KG pro %VKOF.

Alle Formeln stellen jedoch lediglich Näherungswerte dar. Nur die engmaschige klinische Überwachung kann den gewünschten Therapieeffekt sicherstellen.

Zu bedenken bleibt, dass ein zusätzliches Inhalationstrauma aufgrund der großen zusätzlichen verletzten Fläche den Volumenbedarf exorbitant steigern kann!

Notfall Rettungsmed 2009 · 12:583–589 DOI 10.1007/s10049-009-1199-9  
© Springer Medizin Verlag 2009

D. Neuhaus

## Kreislauf- und Volumentherapie beim Kind

### Zusammenfassung

Volumenmangelzustände beim Kind sind ein im Rettungsdienst häufig anzutreffendes Problem. Nicht nur gastrointestinale Erkrankungen und Fieber, selbst respiratorische Probleme und Schmerzzustände können indirekt beim pädiatrischen Patienten aufgrund ihres hohen Flüssigkeitsumsatzes rasch zu einer relevanten Dehydratation führen.

Die größte Gefahr für das Kind stellt das Übersehen eines kompensierten Schockzustandes dar! Aufgrund ausgeprägter Kompensationsmechanismen können Bewusstsein und altersentsprechender Blutdruck oft bis unmittelbar präfokal erhalten sein. Neben einem maximalen Sauerstoffangebot, steht die Restitution des intravasalen Volumens im Vordergrund. Wenn kein peripherer venöser Zugang innerhalb eines sinnvollen Zeitraums

angelegt werden kann, soll umgehend ein intraossärer Zugang geschaffen werden. Die initiale Volumentherapie erfolgt gegenwärtig mit isotoner kristalloider Lösung. In der akuten Phase werden solange repetitive Volumenboli (je 20 ml/kg Körpergewicht in 5–20 min) gegeben, bis sich der klinische Zustand des Kindes bessert.

Besondere Situationen, wie Elektrolytungleichungen, spezielle Formen der Sepsis oder thermische Verletzungen bedürfen unter Umständen eines differenzierten Vorgehens mit Konsultation entsprechender Experten.

### Schlüsselwörter

Volumenersatz · Infusion · Kinder · Schock · Intraossär

## Volume resuscitation in paediatric patients

### Abstract

Volume depletion in children is a common finding in emergency medical service situations. Not only intestinal diseases and fever but also respiratory problems and pain can result in a relevant dehydration in paediatric patients due to their high water requirements.

Children are endangered most by under diagnosing a compensated shock state. Compensatory mechanisms are able to maintain consciousness and normal systolic blood pressure until cardiopulmonary failure and arrest. High flow oxygen delivery and immediate fluid resuscitation are paramount. If a peripheral venous access cannot be estab-

lished within a limited time, intraosseous infusion is mandatory. Isotonic crystalloid solutions are currently still the preferred initial fluids for volume replacement in children. Initial treatment is based on repetitive volume boluses of 20 ml/kg body weight over 5 to 20 min until clinical signs start to improve.

Special clinical conditions, such as metabolic derangements, sepsis or burns may require a differentiated approach and subspecialty consultation.

### Keywords

Volume resuscitation · Infusion · Children · Shock · Intraosseous

Tab. 2 Zentralisation als Kompensationsmechanismus bei Hypovolämie

Kompensationsmechanismus	Organ/System	Klinik
Erhöhte Herzfrequenz	Herz	Tachykardie
Ansteigender Systemwiderstand	Haut	Kühl, blass, feucht, marmoriert
	Kreislauf	Verminderte Rekapillarierungszeit
	Pulse	Schwacher peripherer Puls („pulsus parvus“, erhöhte Diastole)
Gesteigerter Splanchnikuswiderstand, gesteigerte Sekretion von ADH und Aldosteron	Niere, Splanchnikusgebiet	Olig-, Anurie ( <i>trockene Windeln</i> ), Erbrechen, Ileus

ADH Antidiuretisches Hormon.

Hier sollte neben der Volumentherapie eine frühzeitige Intubation zur Sicherung der Atemwege (vor Beginn der Ödembildung) in Erwägung gezogen werden.

### Meningokokkensepsis

Die Meningokokkensepsis gehört zu den wenigen medizinischen Krankheitsbildern im Rettungsdienst, die absolut energisch behandelt werden müssen! Meist sind Kinder <5. Lebensjahr betroffen, mit einer Inzidenz von 1/100.000 Einwohnern pro Jahr. Die ersten Symptome ähneln oft einer banalen Erkältung. Ohne Übergang kann es jedoch plötzlich zu Fieber, Schüttelfrost, Kopf- und Gelenkschmerzen kommen. Bei Säuglingen finden sich häufig auch noch Erbrechen, schrilles Weinen und Apathie. Alarmierende Zeichen sind immer Nackensteifigkeit, Opisthotonus, eine vorgewölbte Fontanelle und petechiale Hauteinblutungen. Wird dieser perakute Verlauf überlebt, resultieren nicht selten schwerste Mutilationen durch Verlust der Akren. Am Anfang erschienen die Kinder lange Zeit problemlos stabil, bis sie innerhalb von Minuten verfallen können! Zunächst trügt der Schein. Die Atmung scheint gut, in aller Regel hyperventilieren die Kinder sogar. Dies aber nur, weil sie metabolisch bereits eine erhebliche Azidose aufweisen. Wird die Atmung insuffizient, ist dies meist ein Zeichen der akuten Erschöpfung und Dekompensation. Dieser Moment darf nicht abgewartet werden!

Auch bei anscheinend kurzen Transportzeiten sind 1–2 großlumige Zugänge dringend angeraten. Bei Verdacht auf eine Meningokokkensepsis kann die sofortige Gabe von Ceftriaxon (Rocephin®) (100 mg/kg KG/Dosis) entscheidend für die weitere Morbidität und Mortalität sein. Sofortig meint im Rettungsdienst

noch am Einsatzort oder im Rettungstransportmittel! Wenn möglich, sollten vorher Blutkulturen abgenommen werden, dies darf aber nicht zur Verzögerung der antibiotischen Therapie führen.

Neben der absolut notwendigen Sauerstoffapplikation ist eine frühzeitige, prophylaktische Intubation zu erwägen, solange das Kind, bzw. dessen Kreislauf noch stabil erscheinen. Cave: die Situation kann sich *im Handumdrehen* ändern!

### Störungen des Natriumhaushaltes

Abweichungen von der Isovolumämie und Isotonie sind eng miteinander verknüpft. Abweichungen von der Isotonie sind am häufigsten verursacht durch Konzentrationsänderungen des Serumnatriums, da die Serumosmolalität hauptsächlich von der Na<sup>+</sup>-Konzentration abhängig ist. Aber auch Störungen im Harnstoff- und Glukosestoffwechsel können die Osmolalität empfindlich beeinflussen.

Da länger bestehende Abweichungen des Serumnatriums auch zu entsprechenden Liquor-Veränderungen führen, dürfen diese nur langsam, unter Umständen über Tage, ausgeglichen werden!

Diese Elektrolytstörungen werden in der Regel von Notfallstationen oder Intensivstationen behandelt, welche hierfür nach entsprechenden Schemata vorgehen. Aber auch hier steht zunächst die Korrektur der Hypovolämie und ihrer Symptome im Vordergrund!

Beispielsweise sollen hier nur kurz die Prinzipien erläutert werden:

- bei isotoner Dehydratation Zufuhr von isotonomer, isoionischer Flüssigkeit (z. B. Ringerlaktat)
- bei hypotoner Dehydratation (Se-Na<sup>+</sup> <130 mmol/l) Flüssigkeitssubstitution von z. B. 0,9%iger NaCl-Lösung.

Das Na<sup>+</sup>-Defizit kann über folgende Formel berechnet werden:

$$(135 \text{ mmol/l} - \text{aktueller Na}^+ \text{-Wert}) \times \text{kg KG} \times 0,6 = \text{mmol Na}^+$$

Je nach Klinik darf das Defizit nur über Stunden oder Tage ausgeglichen werden. Gefürchtetste Komplikation eines zu raschen Anstiegs des Serumnatriums ist die zentrale pontine Myelinolyse bei hypertoner Dehydratation (Serum-Na<sup>+</sup> >150 mmol/l). Klinisch wird das Ausmaß dieser Form der Dehydratation häufig unterschätzt! Cave: in der Regel ist ein komplexes intensivmedizinisches Therapieschema notwendig.

### Die zu rasche Korrektur einer hypertonen Dehydratation kann zu einem lebensbedrohlichen Anstieg des intrakraniellen Drucks mit Hirnödemen führen.

Prinzip: Zunächst Schocktherapie mit 0,9% NaCl oder Ringerlaktat, dann im Verlauf Zufuhr osmotisch freien Wassers, z. B. in Form pädiatrischer Standardlösungen (*Misch 1:2*, *Misch 1:4*). Auch hier erfolgt der Ausgleich je nach Situation über Tage.

### Besonderheiten der Infusionslösungen bei Kindern

Eine intravenöse oder -ossäre Flüssigkeitstherapie ist indiziert zur Behandlung von schweren Volumenmangelzuständen. Das primäre Ziel der Infusionstherapie ist die Wiederherstellung des intravasalen Volumens und damit der Gewebepfusion. Das hierfür benötigte Volumen ist häufig schwierig vorherzusagen. Richtungsweisend sind dabei die regelmäßige Beurteilung der klinischen Parameter des Patienten und ggf. seiner Laborparameter. Der Patient im hypovolämischen Schock benötigt eine umgehende Volumentherapie.



pie, wohingegen der Verdacht auf einen kardiogenen Schock, z. B. ein alternatives Vorgehen notwendig macht.

Keinesfalls dürfen hämodynamisch relevante Volumendefizite mit den in der Pädiatrie häufig anzutreffenden hypotonen, pädiatrischen Infusionslösungen (Na-Gehalt <130 mmol/l) ersetzt werden, da sonst die Gefahr einer lebensbedrohlichen Wasserintoxikation (mit Hyponatriämie) und eines konsekutiven Hirnödems besteht! Lösungen, wie z. B. *Misch 2:1* (=51 mmol/l Na<sup>+</sup> plus 5% Glukose, 288 mosm/l), *Misch 4:1* (30 mmol/l Na<sup>+</sup> plus 10% Glukose, 506 mosm/l), werden für den Ersatz des Erhaltungsbedarfs in der Pädiatrie angewendet. Sie sind nach Verstoffwechslung der Glukose zu Wasser im Blut hypoton. Der falsch indizierte Einsatz hypotoner Lösungen hat in der Vergangenheit wiederholt zu dramatischen Komplikationen geführt [21].

### Der richtige Volumenersatz

Die Frage nach dem richtigen Volumenersatz beschäftigt die nationale und internationale Literatur aktuell in großem Maße. Zahlreiche Neuerungen bezüglich Qualität und Quantität des Volumenersatzes verbessern derzeit die Morbidität vor allem der erwachsenen Patienten. Im Alltag einer pädiatrischen Klinik fehlt häufig eine klinikübergreifende Standardisierung. Insbesondere in der Volumentherapie werden diese Probleme mangels valider Daten an pädiatrischen Patienten häufig individuell beantwortet.

### Kristalloide

Die beiden Hauptkristalloide für die Therapie des Volumenmangels stellen heute noch das Ringerlaktat und die 0,9%ige NaCl-Lösung dar. Trotz seiner unphysiologischen Elektrolytzusammensetzung ist die 0,9%ige NaCl-Lösung immer noch eine sehr häufig empfohlene Lösung. Bei Applikation größerer Mengen muss jedoch die Entstehung einer hyperchlorämischen Azidose berücksichtigt werden [6].

Ringerlaktat ist als balancierte Infusionslösung schon lange weit und erfolgreich verbreitet. Aktuelle Bemühungen suchen allerdings nach einem Ersatz für das Laktat, welches als metabolisierbares Anion und *Bikarbonatersatz* in der Lösung zur Elektroneutralität und Osmola-

**Tab. 3** Klinische Beurteilung des Volumenmangels (jedes % KG entspricht 10 ml/kg KG)

Volumenmangel (% KG)	Symptome und Zeichen
<5% (mild)	Herabgesetzter Hautturgor Trockener Mund, durstig, unruhig Diurese noch normal Rekapillarierungszeit: 0–1,5 s
5–10% (mittelschwer) Beispiel: Säugling mit 10 kg KG → 10%×10 ml/kg KG=100 ml/kg KG=Gesamtdefizit von 1000 ml!	Tachykardie, Oligurie Tachypnoe Eingesunkene Fontanelle Apathie oder Unruhe Rekapillarierungszeit: 1,5–3 s
15% (schwer)	Eingesunkene Augäpfel Hypotone Blutdruckwerte Somnolenz, keine Tränen Rekapillarierungszeit >3 s
20% (sehr schwer)	Koma, Krämpfe

KG Körpergewicht.

rität beiträgt. Ggf. kann es die Laktatdiagnostik erschweren, den O<sub>2</sub>-Verbrauch und die Glukoneogenese steigern, Ca<sup>2+</sup> binden und wird bei einem Patienten im Schock unter Umständen nicht ausreichend hepatisch metabolisiert. Azetat weist diese bei Laktat beobachteten Probleme nicht auf und könnte daher als *Ringer-Azetat* das Standard-Anion der Zukunft werden [18, 20, 24]. Ein gegenwärtig für die pädiatrische Situation noch unbefriedigend gelöstes Problem ist dessen leicht brennender Infusionsschmerz bei der intravenösen Applikation, sowie Ausfällung mit alkalischen Lösungen.

Für den perioperativen Bedarf werden in zahlreichen Arbeiten auch isotone Elektrolytlösungen mit einem physiologischen Elektrolytmuster und mit einem Zusatz von 1–2 g Glukose pro 100 ml, insbesondere für Säuglinge und Kleinkinder [11, 12, 16, 18] empfohlen. Um einem, in dieser Situation dem Grundbedarf entsprechenden Glukoseverbrauch gerecht zu werden [13] und eine Lipidmobilisation zu vermeiden, haben sich 150–300 mg/kg KG Glukose/h als ausreichend erwiesen [14]. Das entspricht etwa 10–15 ml/kg KG/h einer 2%igen Lösung.

Für die akute Rehydratation im Rettungsdienst und auf einer Notfallstation sind diese Lösungen allerdings aufgrund der resultierenden Hyperglykämie und deren Gefahren (osmotische Diurese, Dehydratation, Elektrolytimbalancen sowie erhöhte Gefahr neurologischer Defizite, insbesondere im Rahmen hypoxisch-ischämischer Ereignisse [10]) nicht zu empfehlen.

### Kolloide

Das ideale Kolloid, insbesondere für den sehr jungen pädiatrischen Patienten, ist heute mehr denn je Gegenstand aktueller Untersuchungen [19, 20, 24]. Im pädiatrischen Alltag stehen häufig energische Advokaten älterer Gelatinepräparate den Vertretern der *modernerer*, in der *Erwachsenenmedizin* etablierten, Hydroxyethylstärken (HES) gegenüber. Überdies finden sich auch unter beiden Gruppen noch Anhänger vom Einsatz natürlicher Kolloide (Albumin 5%) für ausgewählte Situationen.

### ➤ Ältere Gelatinepräparate stehen den Hydroxyethylstärken gegenüber

Für die Verwendung von Gelatine spricht die große Erfahrung mit dieser Substanz in der Volumentherapie bei Früh- und Neugeborenen [13]. Es ist die am längsten im Einsatz befindliche künstliche Kolloidlösung. Gelatine ist ein Polypeptid, welches aus bovinem Kollagenmaterial hergestellt wird. Polypeptide können auch von sehr kleinen Kindern metabolisiert und renal ausgeschieden werden, sie sind kostengünstig und führen nicht zu einer Speicherung oder klinisch relevanten Beeinflussung der Blutgerinnung. Gelatinepräparate weisen allerdings einen wesentlich geringeren Volumeneffekt verglichen mit HES auf und auch ihre Volumenwirkdauer ist deutlich vermindert. Aufgrund ihres bovinen Ursprungs sind sie schließlich in den letzten Jahren in die Kritik geraten. Zwar

sind bislang keine Verdachtsfälle für die Übertragung einer prionenassoziierten Erkrankung berichtet worden, dennoch wird vermehrt nach anderen Lösungen gesucht.

Eine Alternative findet sich in Form der, hauptsächlich in der Versorgung erwachsener Patienten etablierten, 6% HES 130/0,4 und 0,42 Präparation, heute gerne als *HES der dritten Generation* bezeichnet.

Das für das Kindesalter wenig evaluierte Ausmaß der bekannten Nebenwirkungen von HES-Präparaten (Speicherung, Juckreiz, Einfluss auf die Gerinnung), hat ihren Einsatz in der Pädiatrie bislang limitiert. Aktuelle Untersuchungen belegen allerdings, dass zumindest eine einmalige Gabe von 0,6% HES 130/0,42 in moderaten Dosierungen ( $11 \pm 4,8$  mg/kg KG) bei gesunden Neugeborenen und Säuglingen zu keinen unerwünschten Nebenwirkungen führt [19].

Obwohl Albuminpräparate aufgrund ihrer relativ hohen Kosten und des Risikos einer Kontamination schon seit Längerem im Kreuzfeuer der Kritik stehen, stellen sie immer noch ein sehr häufig verwendetes Kolloid zur Volumenexpansion in der Neonatalperiode und im Säuglingsalter (zumindest innerhalb der Klinik) dar [7]. Albumin 5% ist isotonisch zu Plasma und sehr effektiv für die Aufrechterhaltung eines adäquaten Perfusionsdrucks [13]. Es existieren allerdings keine evidenzbasierten Nachweise, die Albumin als vorteilhaft gegenüber den kostengünstigeren künstlichen Kolloiden belegen. Daher lässt sich für Albumin derzeit nicht wirklich eine Empfehlung als Volumenersatzmittel aussprechen.

Gegenwärtig wird nach einem optimalen Volumenersatz gesucht, der die Diskussion über das richtige Volumeregime (kristalloid oder kolloidal) überflüssig machen soll. Von manchen Autoren wird hierfür derzeit eine balancierte kolloidale Lösung postuliert [4, 24]. Diese Lösung sei sowohl *isotonisch*, als auch *isoton*, aber auch *isoonkotisch* und enthält einen *isohydrischen* Säure-Basen-Status, idealer Weise mit Azetat.

Ob und inwieweit eine solche Lösung dann auch in der pädiatrischen Notfall-

versorgung zum Einsatz kommen kann, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht abschließend und befriedigend geklärt.

### Fazit für die Praxis

**Aufgrund ihres hohen Flüssigkeitsumsatzes können beim pädiatrischen Patienten viele Umstände rasch zu einem relevanten Volumenmangel führen.**

**Die größte Gefahr für das Kind ist das Übersehen eines noch kompensierten Schockzustandes.**

**Bewusstsein und normaler Blutdruck können oft bis unmittelbar präfinal erhalten sein. Bei Verdacht auf einen Volumenmangelschock ist eine Übertherapie weniger gefährlich als eine Untertherapie.**

**Neben der Sicherstellung von Ventilation und ausreichender Oxygenierung, steht die Restitution des intravasalen Volumens im Vordergrund. Wenn kein peripher venöser Zugang innerhalb eines sinnvollen Zeitraums angelegt werden kann, soll umgehend ein intraossärer Zugang geschaffen werden. Die initiale Volumentherapie erfolgt gegenwärtig mit isotoner kristalloider Lösung. In der akuten Phase werden solange repetitive Flüssigkeitsboli (je 20 ml/kg KG über 5–20 min) gegeben, bis sich der klinische Zustand des Kindes bessert. Blutprodukte sind beim Traumapatienten nach mehreren Flüssigkeitsboli oder nach Labor zu erwägen, Katecholamine sind selten nötig, gelegentlich bei der therapierefraktären Hypotonie. Besondere Situationen, wie thermische Verletzungen, (Meningokokken-)Sepsis oder Elektrolytentgleisungen bedürfen eines differenzierten Vorgehens mit Konsultation entsprechender Experten.**

### Korrespondenzadresse

**Dr. D. Neuhaus**  
Anästhesieabteilung,  
Universitäts-Kinderkliniken Zürich  
Steinwiesstr. 75, 8032 Zürich  
Schweiz  
diego.neuhaus@kispi.uzh.ch

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

### Literatur

- American Heart Association (2006) Guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiovascular care (ECC) of pediatric and neonatal patients: pediatric advanced life support. *Pediatrics* 117:e1005–e1028
- Biarent D, Bingham R, Richmond S et al (2005) European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 67(Suppl 1):97–133
- Bissonette B, Dalens B (eds) (2002) *Pediatric Anesthesia: principles & practice*. McGraw-Hill, New York
- Boldt J, Schollhorn T, Munchbach J, Pabsdorf M (2007) A total balanced volume replacement strategy using a new balanced hydroxyethyl starch preparation (6% HES 130/0.42) in patients undergoing major abdominal surgery. *Eur J Anaesthesiol* 24:267–275
- Eich C, Russo SG, Heuer JF et al (2009) Characteristics of out-of-hospital paediatric emergencies attended by ambulance – and helicopter-based emergency physicians. *Resuscitation* 80:888–892
- Ermter C, Rehberg S, van Aken H, Westphal M (2009) Physiologische Grundlagen der perioperativen Flüssigkeitstherapie. *Intensivmed up-date* 5:9–20
- Greenough A (1998) Use and misuse of albumin infusions in neonatal care. *Eur J Pediatr* 157:699–702
- ILCOR (2006) (2005) The International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) consensus on science with treatment recommendations for pediatric and neonatal patients: pediatric basic and advanced life support. *Pediatrics* 117:e955–e977
- Jöhr M (2009) *Kinderanästhesie*. Urban&Fischer, München
- Leelanukrom R, Cunliffe M (2000) Intraoperative fluid and glucose management in children. *Paediatr Anaesth* 10:353–359
- Lonnqvist PA (2007) Inappropriate perioperative fluid management in children: time for a solution?! *Paediatr Anaesth* 17:203–205
- Lonnqvist PA (2008) Inappropriate perioperative fluid management in children: time for an isotonic solution?! Author's reply. *Paediatr Anaesth* 18:271
- Murat I, Dubois MC (2008) Perioperative fluid therapy in pediatrics. *Paediatr Anaesth* 18:363–370
- Nishina K, Mikawa K, Maekawa N et al (1995) Effects of exogenous intravenous glucose on plasma glucose and lipid homeostasis in anesthetized infants. *Anesthesiology* 83:258–263
- Schlechtriemen T, Masson R, Burghofer K et al (2006) Pediatric cases in preclinical emergency medicine: critical aspects in the range of missions covered by ground ambulance and air rescue services. *Anaesthesist* 55:255–262
- Schwarz U (1999) Intraoperative fluid therapy in infants and young children. *Anaesthesist* 48:41–50
- Stanke C (2004) The Munich Paediatric Emergency Physician: 3667 paediatric emergencies from 1998 to 2001 as evaluated at two of four involved hospitals. Doctoral Theses from the Faculty of Medicine at Ludwig-Maximilians University of Munich, Germany
- Sumpelmann R, Hollnberger H, Schmidt J et al (2008) Inappropriate perioperative fluid management in children: time for an isotonic solution?! *Paediatr Anaesth* 18:191

19. Sumpelmann R, Kretz FJ, Gabler R et al (2008) Hydroxyethyl starch 130/0.42/6:1 for perioperative plasma volume replacement in children: preliminary results of a European Prospective Multicenter Observational Postauthorization Safety Study (PASS). *Paediatr Anaesth* 18:929–933
20. Van Aken H, Jacob M, Westphal M, Zwissler B (2009) Infusionstherapie in der Anästhesiologie und Intensivmedizin: Gestern, heute und morgen. *Anästh Intensivmed* 50:338–345
21. Way C, Dhamrait R, Wade A, Walker I (2006) Perioperative fluid therapy in children: a survey of current prescribing practice. *Br J Anaesth* 97:371–379
22. Weiss M, Gächter-Angehrn J, Neuhaus D (2007) Intraossäre Infusionstechnik. *Notfall Rettungsmed* 10:99–116
23. Weiss M, Henze G, Eich C, Neuhaus D (2009) Intraosseous infusion – an important technique also for paediatric anaesthesia. *Anaesthesist* (in press)
24. Zander R (2009) Anforderungen an einen optimalen Volumenersatz. *Anästh Intensivmed* 50:348–357

Anzeige

Hier steht eine Anzeige.

 Springer