

# Präklinische Flüssigkeitstherapie im Kindesalter

W. Alexander Osthaus, Tobias Ankermann, Robert Sümpelmann

## Übersicht

Einleitung	67	Enterale Flüssigkeitstherapie	72
Physiologie und Pathophysiologie des Flüssigkeitshaushaltes	67	Parenterale Flüssigkeitstherapie	74
Abschätzung des Volumenbedarfes	70	Spezielle Krankheitsbilder	78
Flüssigkeitstherapie – Applikationsweg	72	Fazit	80

## Einleitung

Ein Flüssigkeitsmangelzustand, die Dehydratation, entsteht durch einen übermäßigen Flüssigkeitsverlust und/oder eine unzureichende Flüssigkeitszufuhr oder durch relative Verluste von Flüssigkeiten aus dem Extrazellulärraum z. B. in den Interzellulärraum. Flüssigkeitsmangelzustände gehören zu den häufigen klinischen Problemen in der Kinderheilkunde. Wichtigste Ursachen für einen Flüssigkeitsmangel durch erhöhte Verluste sind in der Kinderheilkunde z. B. die Gastroenteritis, Erbrechen bei Infektionserkrankungen, Diabetes mellitus, Diabetes insipidus, adrenogenitales Syndrom, die hypertrophe Pylorusstenose und thermische Verletzungen. Eine verminderte Zufuhr von Flüssigkeit an Kinder findet sich zum Beispiel bei Trinkverweigerung im Rahmen von Infektionserkrankungen und der Nahrungskarenz vor, während und nach operativen Eingriffen. Ursache für Verschiebungen von Flüssigkeit aus dem Extrazellulär- in den Intrazellulärraum ist z. B. die foudroyante Sepsis.

Eine Flüssigkeitstherapie mit dem Ziel, die physiologische Zusammensetzung der Körperflüssigkeit und somit die extra- und intrazelluläre Homöostase zu erhalten ist daher eine häufige Anforderung in der klinischen Betreuung von Kindern.

Die folgende Übersicht soll Grundlagen der Flüssigkeitstherapie bzw. des Volumenersatzes im ambulanten bzw. präklinischen Umfeld erläutern und darstellen. Die Osmotherapie, die Therapie von Elektrolytstörungen sowie die differentielle Behandlung schwerer Flüssigkeitsverluste im Rahmen einer stationären Versorgung werden ausdrücklich nicht behandelt.

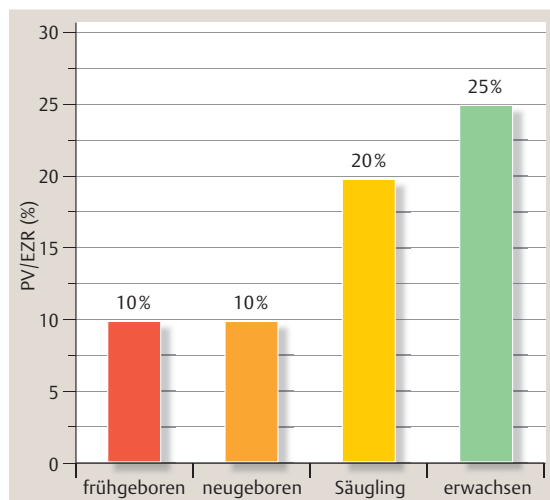
## Physiologie und Pathophysiologie des Flüssigkeitshaushaltes

### Verteilungsräume

Grundsätzlich befindet sich Wasser innerhalb und außerhalb von mit Membranen umschlossenen Zellen. Diese Räume werden als Intrazellulärraum (IZR) und Extrazellulärraum (EZR) bezeichnet. Der EZR umfasst einerseits Wasser, das sich zwischen den Zellen (interzellulär) befindet, andererseits das eigentliche zirkulierende Blutvolumen.

Der IZR ist nicht direkt, sondern nur über den Umweg des EZR erreichbar. Allerdings stehen alle Räume über sehr große Oberflächen (semipermeable Zellmembranen) miteinander in Kontakt. Wasser ist über die Zellmembranen frei permeabel und folgt dabei dem osmotischen Gefälle. Im EZR wird die Osmolarität im

Abb. 1 Verhältnis von Plasmavolumen (PV) und Extrazellulärraum (EZR) bei unterschiedlichen Altersgruppen. Auch wenn der EZR bei Frühgeborenen (bezogen auf das KG) größer ist als bei Säuglingen, ist ihr zirkulierendes Plasmavolumen kleiner [1].



Wesentlichen durch die Natriumkonzentration bestimmt. Das Na-Gefälle zwischen IZR (10 mmol/l) und EZR (138–142 mmol/l) wird durch ATP-abhängige Ionenpumpen aufrechterhalten bzw. wiederhergestellt.

### Besonderheiten von Kindern

Frühgeborene (FG) und Neugeborene (NG) haben – bezogen auf ihr Gewicht – den größten EZR (Abb. 1).

Im EZR befindet sich das Wasser allerdings überwiegend im Interstitium und nicht im zirkulierenden Plasmavolumen. Weil sich Vollelektrolytlösungen (VEL) gleichmäßig im EZR (zwischen Plasmavolumen und interstitiellem Raum) verteilen, ist die intravasale Volumenwirksamkeit einer VEL bei FG und NG kleiner

als bei älteren Säuglingen, weil sich verhältnismäßig mehr Infusionslösung nach extravasal verteilt. Mit zunehmendem Alter nimmt die Größe des EZR ab (Tab. 1) und die Volumenwirksamkeit nimmt zu.

**Merke:** Kristalloide haben bei kleinen Kindern eine niedrigere intravasale Volumenwirksamkeit als bei Erwachsenen.

### ■ Gesamtkörperwasser

Der Gesamtwasseranteil am Körpergewicht ist bei Früh- und Neugeborenen deutlich höher als bei Erwachsenen (Tab. 1). Der wichtigste Unterschied ist der im Vergleich viel größere Extrazellulärraum, der bei Frühgeborenen 60%, bei Säuglingen 35% und bei Erwachsenen 20% des Körpergewichts betragen kann. Das Verhältnis von Intrazellulärraum zu Extrazellulärraum beträgt bei Neugeborenen etwa 1:1 während es bei Erwachsenen bei 2:1 liegt.

Die Zusammensetzung der Extrazellulärflüssigkeit ist in allen Altersklassen vergleichbar. Das Blutvolumen ist bei Kindern im Verhältnis größer als bei Erwachsenen. Neugeborene haben höhere Hämoglobinkonzentrationen bzw. Hämatokritwerte, niedrigere Plasmaproteinkonzentrationen und einen niedrigeren kolloidosmotischen Druck (KOD) als ältere Kinder.

Die relativen Flüssigkeitsverluste sind größer als bei Erwachsenen, weil Kinder eine höheres Atemminutenvolumen, eine im Verhältnis zum Körpervolumen größere Körperoberfläche, eine höhere Stoffwechselrate und eine niedrigere renale Konzentrationsfähigkeit haben. Hieraus resultiert bei Neugeborenen ein im Vergleich mit Erwachsenen 3-mal so hoher Wasserumsatz (Tab. 2). Das Frühgeborene benötigt eine tägliche Flüssigkeitszufuhr, die 20% seines Körpergewichts entspricht, bei einem reifen Säugling beläuft sie sich auf 10–15% und bei einem Erwachsenen 3–5% des Körpergewichts.

Tabelle 1

#### Gesamtkörperwasser, Extrazellulärflüssigkeit und Blutvolumen in Abhängigkeit vom Lebensalter [19].

Alter	Gesamtkörperwasser (% des Körpergewichts)	Extrazellulärflüssigkeit (% des Körpergewichts)	Blutvolumen (ml/kg)
Frühgeborene	90	60	95
Neugeborene	80	45	85
Säuglinge	65	35	80
Kleinkinder	60	25	75
Erwachsene	55–60	20	70

Tabelle 2

#### Täglicher Flüssigkeitsumsatz bezogen auf das Körpergewicht (KG) [19].

	ml/kg KG/d
Frühgeborene	180–200
Säuglinge	100–150
Erwachsene	30–50

Dehydratationen können deshalb bei Neugeborenen und Säuglingen viel schneller als bei Erwachsenen auftreten. Die größten Unterschiede betreffen das erste Lebensjahr, bei älteren Kindern werden die Unterschiede zum Erwachsenenalter kleiner.

**Merke: Neugeborene und Säuglinge haben im Verhältnis größere Flüssigkeitsumsätze, einen größeren Extrazellulärraum und ein größeres Blutvolumen als Erwachsene. Dehydratationen können deshalb bei ihnen viel schneller auftreten.**

### ■ Natrium

Natrium ist das Kation, das die Osmolarität der Extrazellulärflüssigkeit am stärksten beeinflusst. Natriumüberschuss führt zu einer Zunahme und Natriummangel zu einer Abnahme des EZR.

Der Natriumhaushalt wird im Wesentlichen durch die Nieren reguliert, da die Nieren das Hauptausscheidungsorgan für Natrium sind. Gerade die Nieren sind aber zum Zeitpunkt der Geburt noch nicht voll funktionsfähig. Die Glomeruli sind zwar ab der 34. SSW entwickelt, der Flusswiderstand in den Nierengefäßen ist jedoch hoch und die glomeruläre Filtrationsrate entsprechend niedrig. Auch die Nieren-Tubuli von Neugeborenen und jungen Säuglingen sind noch nicht voll entwickelt. Wasser und Elektrolyte können noch nicht effektiv rückresorbiert werden, die Konzentrationsfähigkeit ist eingeschränkt. Erst nach ca. 6 Monaten erreichen sie dieselbe Funktionsfähigkeit wie beim Erwachsenen.

Dies führt zu einer geringeren Toleranz von Neugeborenen und jungen Säuglingen gegenüber Veränderungen im Wasser- und Natriumhaushalt. Stressbedingt kann auch bei Kindern die Konzentration von anti-diuretischem Hormon (ADH) ansteigen mit nachfolgender Abnahme der Diureseleistung. Im Überschuss zugeführtes freies Wasser kann dann in Anwesenheit von ADH schlechter renal eliminiert werden und führt so zu einer Wasserretention [2, 3]. Reichen die Kompensationsmöglichkeiten der kleinen Kinder nicht aus, können sich die Natriumkonzentrationen im Extrazellulärraum durch Zufuhr größerer Mengen natrium- armer Infusionslösungen vermindern, weil das vorhandene Natrium im Extrazellulärraum verdünnt wird.

Wenn die Osmolarität im Extrazellulärraum akut absinkt, verschiebt sich freies Wasser entsprechend den geänderten Konzentrationsgradienten nach intrazellulär. Es entsteht also ein intrazelluläres Ödem. Schon eine 5- bis 7%-ige Volumenzunahme des

Gehirns kann zu einer Herniation mit möglichen deletären Folgen (respiratorische Insuffizienz, neurologische Schäden) führen [4, 5]. Von dieser Komplikationsmöglichkeit sind Kinder vor der Pubertät eher betroffen, weil sie etwas höhere intrazelluläre Natriumkonzentrationen und deshalb geringere intrakranielle Raumreserven als Erwachsene haben [37].

**Merke: Im Überschuss zugeführtes freies Wasser kann bei Neugeborenen und jungen Säuglingen relativ schnell zu einem intrazellulären Ödem und damit zu einem lebensbedrohlichen Hirnödem führen.**

Diese pathophysiologischen Veränderungen sind von großer klinischer Relevanz, da die infusionsbedingte Hyponatriämie ursächlich im Zusammenhang mit schweren und zum Teil tödlichen Komplikationen bei Kindern steht.

### ■ Glukose

Der Glukosebedarf ist altersabhängig bei Kindern größer als bei Erwachsenen. Frühgeborene der 28. SSW kommen ohne Fett- und Glykogenspeicher auf die Welt [6] und sind deshalb auf die kontinuierliche Zufuhr von Glukose angewiesen (Tab. 3). Reife Neugeborene hingegen können ihren Glukosebedarf schon vorübergehend wie gesunde Erwachsene aus Glykogen- und Fettreserven decken. Die Energiereserven sind aber infolge des höheren Grundumsatzes bei Neugeborenen und Säuglingen schneller erschöpft.

Auch Neugeborene und Säuglinge sind zu einer Stressreaktion mit Aktivierung der Glukoneogenese in der Lage. Sowohl der Stressstoffwechsel als auch die Mobilisierung von Fettsäuren nach Erschöpfen der Kohlenhydratreserven kann in eine Ketoazidose münden [7].

**Tabelle 3**

**Energiereserven von Früh- und Neugeborenen im Vergleich zu Erwachsenen [6].**

	Glykogen		Fett
	absolut (g)	% des Körpergewichts	% des Körpergewichts
28. SSW	0	0	0
33. SSW	9	0,6	7–8
42. SSW	34	0,9	16
Erwachsene	400	0,5	16–20

Insofern profitieren Neugeborene und kleine Säuglinge bis zum 6. Lebensmonat (eine willkürliche und nicht wissenschaftlich belegte Grenze) von einer kontinuierlichen Glukosegabe [38].

Der Zusatz von Glukose ist jedoch keineswegs unproblematisch. Der Glukosegehalt der früher präklinisch verwendeten 5%-igen Lösung ist verglichen mit der physiologischen Plasmakonzentration um ein Vielfaches zu hoch. Eine 5%-ige Glukoselösung führt bei längerer Infusionsdauer oder höherer Infusionsrate ( $> 6 \text{ ml/kg/h}$ ) gerade in der Phase des Aggressionsstoffwechsels zu kritisch hohen Glukosekonzentrationen, weil die Glukose durch die Insulinresistenz nicht so rasch verwertet werden kann.

Die unphysiologisch hohen Blutglukosespiegel führen dann über eine osmotische Diurese zu einer verstärkten Wasserausscheidung über die Nieren und so wiederum zu einem Volumenmangel. Darüber hinaus beeinflussen hyperglykämische Phasen auf Kinder-Intensivstationen auch die Morbidität und die Mortalität und sollten daher vermieden werden [8,9].

## Abschätzung des Volumenbedarfs

Bevor bei Kindern eine Infusionstherapie begonnen wird, sollte der Volumenbedarf abgeschätzt werden (Abb. 2). Grundsätzlich setzt sich der Volumenbedarf aus dem Erhaltungsbedarf und dem Korrekturbedarf zusammen. Am besten ist die Einschätzung einer Dehydratation bzw. eines Flüssigkeitsverlustes durch den Verlust an Körpergewicht möglich. Eine Schweregradeinschätzung und Klassifikation gelingt aber auch mit klinischen Kriterien [10–12] (Tab. 4).

Abb. 2 Vor Beginn einer Infusionstherapie muss der genaue Volumenbedarf des Kindes ermittelt werden (Quelle: PhotoDisc; Symbolbild).



## Erhaltungsbedarf

Der Erhaltungsbedarf entspricht den unter normalen Verhältnissen entstehenden Flüssigkeitsverlusten.

Weil kleinere Kinder im Verhältnis größere Wasserverluste haben, hat sich die 4–2–1-Regel bewährt:  $4 \text{ ml/kg/h}$  für die ersten  $10 \text{ kg}$  (unter  $10 \text{ kg}$ ), zusätzlich  $2 \text{ ml/kg/h}$  für die zweiten  $10 \text{ kg}$  ( $10\text{--}20 \text{ kg}$ ) und zusätzlich  $1 \text{ ml/kg/h}$  für jedes weitere Kilogramm über  $20 \text{ kg}$ . Ein Säugling mit  $5 \text{ kg}$  hätte also einen Erhaltungsbedarf von  $20 \text{ ml/h}$  ( $5 \text{ kg} \times 4 \text{ ml/kg/h}$ ), ein Kleinkind mit  $15 \text{ kg}$  einen Erhaltungsbedarf von  $50 \text{ ml/h}$  ( $10 \text{ kg} \times 4 \text{ ml/kg/h} + 5 \text{ kg} \times 2 \text{ ml/kg/h}$ ) und ein Vorschulkind mit  $25 \text{ kg}$  einen Erhaltungsbedarf von  $65 \text{ ml/h}$  ( $10 \text{ kg} \times 4 \text{ ml/kg/h} + 10 \text{ kg} \times 2 \text{ ml/kg/h} + 5 \text{ kg} \times 1 \text{ ml/kg/h}$ ). Säuglinge können einen etwas höheren ( $4\text{--}6 \text{ ml/kg/h}$ ), untergewichtige Neugeborene und Frühgeborene einen erheblich höheren ( $5\text{--}8 \text{ ml/kg/h}$ ) und Neugeborene in den ersten 2–3 Lebenstagen einen etwas niedrigeren Erhaltungsbedarf ( $2\text{--}3 \text{ ml/kg/h}$ ) haben. Neben dem Erhaltungsbedarf müssen auch andere Flüssigkeitsverluste, wie zum Beispiel Verlust bei übermäßigem Schwitzen, oder Verluste bei Fieber und Tachypnoe, oder z. B. Stuhlverluste ( $10 \text{ ml/kg/KG}$  bei wässrigem Stuhl) bei Diarrhö berücksichtigt werden. Bei Fieber steigt der Flüssigkeitsbedarf pro Grad Celsius um  $10\%$  an. Auch diese Mengen müssen zusätzlich zum Erhaltungsbedarf gegeben werden.

Zur parenteralen Deckung des Erhaltungsbedarfs sind bei fehlender Dehydratation Kristalloide am besten geeignet.

**Merke:** Mit der 4–2–1-Regel für den Erhaltungsbedarf wird der im Verhältnis größere Flüssigkeitsumsatz von kleinen Kindern berücksichtigt.

## Korrekturbedarf

Zusätzliche absolute bzw. relative Flüssigkeitsverluste, zum Beispiel durch Erbrechen, Durchfälle, Polyurie (z. B. Ketoazidose, Diabetes insipidus) Blutungen, Gewebetraumata oder Flüssigkeitsverschiebungen, werden als Korrekturbedarf oder Defizit bezeichnet. Diese Verluste müssen zur Stabilisierung der Herz-Kreislauf-Funktion ebenfalls korrigiert werden.

Zur Therapie des Korrekturbedarfes bei intravenöser Therapie eignen sich am ehesten Kolloide in balancierter Lösung. Bei der Behandlung einer Dehydratation bei Gastroenteritis kann kurzzeitig (vor Elektrolytbe-

Tabelle 4

Abschätzen des Flüssigkeitsverlustes (Dehydratation) anhand klinischer Zeichen (Tabelle modifiziert nach Adelman).

Zeichen und Symptome	Minimale oder keine Dehydratation	Leichte bis mittelschwere Dehydratation	Schwere Dehydratation
Gewichtsverlust	< 3%	3–8%	≥ 9%
Bewusstsein, AZ	normal	Unruhig, irritabel oder müde	Apathisch, lethargisch, bewusstlos
Trinkvermögen	normal	Durstig, gierig zu trinken	Trinkt schlecht oder unfähig zu trinken
Herzfrequenz	normal	Normal bis erhöht	Tachykardie, sehr schwer: Bradykardie
Pulsqualität (Vergleich zentrale vs. periphere Pulse)	normal	Normal bis vermindert	Schwach bis nicht tastbar
Atmung	normal	Normal bis vertieft und mit ↑ AF	Vertiefte Atmung (Azidose!)
Augen	normal	eingesunken	tief eingesunken
Tränen	vorhanden	vermindert	fehlend
Schleimhäute	feucht	trocken	ausgetrocknet
Hautfalten	Verstreichen sofort	Verstreichen verlangsamt aber ≤ 2 s	Stehen > 2 s
Kapilläre Refüllung	normal	Verlängert (< 3 s)	Stark verlängert (> 3 s)
Urinproduktion	normal	reduziert	Oligurie oder Anurie
Flüssigkeitsverlust (ml/kg KG)*	< 30	Leichte 30–50 mittelschwere 50–100	> 100

AF: Atemfrequenz, AZ: Allgemeinzustand, KG: Körpergewicht

\* gilt für Kinder &lt; 6. Lj. Bei Schulkindern und Erwachsenen sind die Volumina pro kg KG aufgrund des relativ kleineren Extrazellulärraumes niedriger.

stimmung) auch eine Therapie mit kristallinen Lösungen (NaCl 0,9% oder Ringerlactat) begonnen werden. Eine balancierte Lösung wäre hier allerdings auch von Vorteil.

### Klinische Beurteilung des Flüssigkeitshaushaltes (Volumenstatus)

Der Erhaltungsbedarf ist auf Basis des Körpergewichtes leicht zu errechnen (Abb. 3). Die Beurteilung des Korrekturbedarfes ist am besten ebenfalls durch die Veränderung des Körpergewichtes abzuschätzen, was Schwierigkeiten bereitet kann, wenn kein Ausgangsgewicht bekannt ist. Deshalb kommt der Beurteilung der Flüssigkeitsverlustes anhand klinischer Zeichen und Zeichen einer ausreichenden bzw. einer verminderten Perfusion eine besondere Bedeutung zu [11, 12] (Tab. 4).

Der Blutdruck ist bei wachen Kindern keine verlässliche Größe zur Beurteilung des Flüssigkeitshaushaltes, da er durch eine Vasokonstriktion (blasse, fast weiße Haut) lange aufrecht gehalten werden kann. Eine Sedierung oder Narkoseeinleitung demaskiert einen bis dahin nicht erkannten Volumenmangel dann scheinbar ganz plötzlich [13]. Während normale Blutdruckwerte also einen Volumenmangel nicht sicher ausschließen, sind erniedrigte Werte hingegen Zeichen einer Minderperfusion. Neben den klassischen Messgrößen Herzfrequenz und arterieller Blutdruck und klinischen Zeichen (Tab. 4) sollten deshalb unbedingt weitere Parameter zur Abschätzung des Volumenstatus der Kinder herangezogen werden. Eine wertvolle Hilfe stellt das Pulsoximeter dar: atemsynchrone Schwankungen oder atemsynchrones Ausbleiben der Pulswelle sind Hinweise auf einen ernsthaften Volumenmangel.

Abb. 3 Erhaltung- und Korrekturbedarf können anhand des Körpergewichts bzw. der Gewichtsänderung berechnet werden.



**Cave:** Der Blutdruck ist bei wachen Kindern kein zuverlässiger Parameter zur Abschätzung des Volumenstatus.

## Flüssigkeitstherapie – Applikationsweg

Grundsätzlich kann eine Flüssigkeitsgabe per os, über eine nasogastrale Sonde, intravenös (peripher oder zentral), subcutan, intraperitoneal oder intraossär durchgeführt werden [14, 15]. Wenn möglich sollte eine Flüssigkeitstherapie bei Kindern peroral durchgeführt werden. Ist dies nicht möglich, ist eine intravenöse Zufuhr sinnvoll. Andere Wege der Flüssigkeitsgabe sind besonderen Situationen vorbehalten [11]. In den Leitlinien stellen eine schwere Dehydratation (Tab. 4), Schock, Nierenversagen, persistierendes Erbrechen trotz Versuch der Gabe kleiner Volumina und/oder Versuch der nasogastralen Sondierung, Bewusstlosigkeit, cerebrale Anfälle und die Unfähigkeit Flüssigkeit oral aufzunehmen (z. B. Mund und Pharynxverletzung) sowie eine Dehydratation bei Frühgeborenen mit einem aktuellen Gewicht < 2500 g eine absolute Indikation für eine intravenöse Therapie und letztlich auch eine stationäre Versorgung dar (Tab. 5) [16]. Andere Bedingungen, die eine parenterale Zufuhr von Flüssigkeit notwendig machen, sind z. B. akute präklinische Volumenverluste (Trauma, Verbrühung, Verbrennung, Sepsis), Narkosen oder perioperative Nahrungskarenz. Bei Unmöglichkeit einen peripheren Venenweg zu erhalten, kann eine subcutane Flüssigkeitstherapie erwogen werden. Bei Volumenmangelschock und Notfallsituationen sollte an eine intraossäre Kanülierung gedacht werden.

**Tabelle 5**

**Indikation für eine parenterale Therapie und stationäre Versorgung bei Dehydratation von Kindern (modifiziert n. Koletzko).**

schwere Dehydratation ( $\geq 9\%$ Gewichtsverlust)
Schock
Nierenversagen
persistierendes Erbrechen trotz Versuch der Gabe kleiner Volumina und/oder Versuch der nasogastralen Sondierung
Bewusstlosigkeit
cerebrale Anfälle
Unfähigkeit Flüssigkeit oral aufzunehmen (z. B. Mund und Pharynxverletzung)
Frühgeborene mit einem aktuellen Gewicht < 2500 g

## Enterale Flüssigkeitstherapie

Häufigste Ursache eines Flüssigkeitsmangels in der pädiatrischen Praxis ist eine Dehydratation im Rahmen einer Gastroenteritis oder durch Erbrechen und Trinkverweigerung im Rahmen einer Infektionserkrankung. Entsprechend beziehen sich die meisten Daten zur oralen Flüssigkeitstherapie auf die Dehydratation im Rahmen einer Gastroenteritis. Wenn möglich sollte eine Flüssigkeitstherapie präklinisch oral erfolgen [11, 17].

Bei sehr leichter Dehydratation und wenig beeinträchtigtem Kind und ungestörter oraler Aufnahme wird in der Regel die Gabe von glukosehaltigen Getränken (z. B. gesüßter Tee, Apfelschorle) entsprechend dem Durst des Kindes ausreichend sein (Abb. 4). Grundsätzlich gilt zudem bei sehr leichter Dehydratation und oder bei erhöhtem Bedarf (Fieber, Schwitzen): „was das Kind trinkt und was im Kind bleibt ist gut!“. Unverdünnte Fruchtsäfte und Limonaden sollten aufgrund des hohen Glukoseanteiles aber nicht gegeben werden.

Bei leichter bis mittelschwerer Dehydratation werden zur Zeit orale Rehydrationslösungen (ORL) empfohlen, die sowohl Natrium als auch Glukose enthalten (Tab. 6) [11].



Tabelle 6

In Deutschland verfügbare Präparate zur oralen Rehydratation bei Kindern und Säuglingen, Stand 2009 (aus Koletzko 2009 [11]).

Präparate auf Glukosebasis							
	Empfehlung ESPGHAN	GES 60 (Milupa, Deutschland)	Humana Elektrolyt Banane (ab 12. Monat; Humana, Deutschland)	Humana Elektrolyt Fenchel (Säuglinge, Kinder, Erwachsene; Humana, Deutschland)	Oralpädon 240 (Stada, Deutschland)	Santalyt (Medice, Deutschland)	InfectoDiarrstop LGG (Infectopharm, Deutschland)
Natrium (mmol/L)	60	60	60	60	60	60	60
Kalium (mmol/L)	20	20	20	18	20	20	20
Chlorid (mmol/L)	25	50	50	49	60	60	50
Bicarbonat (mmol/L)	0	0	0	0	0	0	0
Citrat (mmol/L)	10	10	10	10	10	10	10
Glukose (mmol/L)	74–111	110	86	87	90	90	111
Glukose (g/L)	13,3–20,0	20	16	16	16,2	16,2	20
Osmolarität (mOsm/L) Maltodextrin	200–250	240	230	188	240	240	251
Präparate mit polymeren Kohlenhydraten							
	Empfehlung ESPGHAN	ORS 200 Karotten-Reisschleim (Hipp, Deutschland)	Reisschleim-Elektrolyt-Diät (Töpfer, Deutschland)				
Natrium (mmol/L)	60	55	55				
Kalium (mmol/L)	20	25	30				
Chlorid (mmol/L)	25	40	60				
Bicarbonat (mmol/L)	0	0	25				
Citrat (mmol/L)	10	7	0				
Kohlenhydrate (g/L)	74–111	42	46				
davon Glukose (mmol/L)	13,3–20,0	67	28				
davon Glukose (g/L)		12	5				
Osmolarität (mOsm/L) Maltodextrin	200–250	240	220				

Genannt werden alle in Deutschland gebräuchlichen Präparate, Stand 2009

Abb. 4 Bei sehr leichter Dehydratation und Fieber mit vermehrtem Schwitzen ist es oft ausreichend den Flüssigkeitsverlust mit Tee oder Saft-schorle auszugleichen (Quelle: Fotolia, Lena S.; Symbolbild).



Dies erfolgt, da Natrium und Wasser bei gleichzeitiger Gabe von Zucker enteral besser aufgenommen werden. In den handelsüblichen ORL ist eine optimale Zusammensetzung für diesen Effekt enthalten. Eine Kombination mit anderen Flüssigkeiten sollte daher bei der oralen Rehydratationstherapie mit Einsatz von ORL nicht erfolgen. Von der Selbstherstellung von Rehydrationslösungen aus Salz, Zucker und Getränken wird aufgrund der möglichen fehlerhaften Herstellung abgeraten [16]. Der Natriumanteil ist in den in Deutschland handelsüblichen ORL um 60 mmol/l eingestellt und somit niedriger als in der von der WHO empfohlenen Lösung (75 mmol/l), da in Deutschland überwiegend virale Erreger zu einer Gastroenteritis führen und hierbei die enteralen Natrium-Verluste geringer sind als etwa bei Cholera-Infektionen.

#### Vorgehen bei Säuglingen und Kleinkindern [11]:

##### Initial:

Säuglinge 5–9 kg : 2,0 ml/Minute  
(= 120 ml/h = 480 ml/4 h)  
Säuglinge 9–12 kg: 2,5 ml/Minute  
(= 150 ml/h = 500 ml/4 h)  
Kleinkinder 12–15: 3,0 ml/Minute  
(= 180 ml/h = 720 ml/4 h)

##### Wenn kein Erbrechen auftritt

##### Dosis steigern:

10–15 ml alle 5 Minuten oder  
20–30 ml alle 10 Minuten.

**Cave:** Oralpädion 240 Erdbeere und Apfel-Banane sowie Santalyt und InfectoDiarrstop LGG enthalten Aspartam; kontraindiziert bei Phenylketonurie (Quellen: Rote Liste 2009, Internetauftritt der Fa. Hipp und Humana)

Der errechnete Flüssigkeitsverlust (Tab. 4) sollte Kindern mit ORL innerhalb von 3–4 Stunden zugeführt werden. Die Flüssigkeit sollte in sehr kleinen Mengen per Löffel oder Spritze gegeben werden.

Bei Erbrechen kann versucht werden ein Antiemetikum (z. B. Dimenhydrinat, Einzeldosis p.o.: 1–3 mg/kg KG; Einzeldosis rektal: < 15 kg KG: 40 mg, 15–25 kg KG 80 mg, > 25 kg KG: 120 mg) zu geben, um weiter eine orale Rehydratation mit kleinen Mengen zu versuchen [18]. Bei Verschlechterung oder fehlender erfolgreicher Rehydratation ist eine nasogastrale Sonde oder intravenöse Flüssigkeitsgabe erforderlich, die in aller Regel eine stationäre Versorgung nötig machen. Bei der Einschätzung ob eine ambulante bzw. präklinische Rehydratation möglich ist, müssen auch die Ressourcen von Eltern, Betreuern und Pflegekräften, die die sehr aufwendige orale Flüssigkeitsgabe durchführen, berücksichtigt werden.

**Merke:** Bei oraler Rehydratation sollte der errechnete Flüssigkeitsverlust mit einer oralen Rehydrationslösung in sehr kleinen Mengen per Löffel oder Spritze gegeben werden (2–3 ml/Minute)

## Parenterale Flüssigkeitstherapie

Die Infusionstherapie bei Neugeborenen und Säuglingen sollte, um unbeabsichtigte Überinfusionen zu vermeiden, möglichst mit einer Spritzenpumpe oder einer Infusionspumpe durchgeführt werden (Abb. 5). Bei Kleinkindern können auch Schwerkraftinfusionen mit 250-ml-Flaschen durchgeführt werden. Sollte dieser Flascheninhalt einmal unbeabsichtigt innerhalb kurzer Zeit infundiert werden, so sind die Kinder nicht akut durch dieses Volumen gefährdet.

Für Neugeborene und Säuglinge empfiehlt es sich nur bei längeren Versorgungs- bzw. Transportzeiten (über 30 Minuten) oder bei Exsikkose durch länger bestehende Magen-Darm-Infekte, den Erhaltungsbedarf bis zum Eintreffen in der Klinik mit einer Vollelektrolytlösung mit 1% Glukosezusatz zu decken (siehe oben). Für ältere Klein- und Schulkinder sollten zum Offenhalten



des venösen Zugangs glukosefreie Vollelektrolytlösungen verwendet werden.

Bei klinischen Hinweisen auf eine relative oder absolute Hypovolämie können unabhängig von der Ursache in allen Altersgruppen Boli von jeweils 10–20 ml/kg einer Vollelektrolytlösung infundiert werden. Sollte der Volumenmangel trotz repetitiver Gabe fortbestehen, können zusätzlich 5–10 ml/kg eines künstlichen Kolloids appliziert werden (Tab. 7).

In seltenen Fällen ist der Kreislauf auch mit diesen Maßnahmen nicht zu stabilisieren. Es wird von einem *volumenrefraktären Schock* gesprochen. Eine weitere Flüssigkeitsgabe würde zu einer kritischen Abnahme des Sauerstoffangebotes durch die resultierende Hämodilution führen. In solchen Situationen können auch bei Kindern je nach Schockursache die Katecholamine Dopamin, Norepinephrin und Epinephrin eingesetzt werden.

**Merke:** Bei einer Hypovolämie wird der Kreislauf zunächst durch Infusion von Kristalloiden und Kolloiden aufrechterhalten. Katecholamine kommen beim volumenrefraktären Schock gezielt zum Einsatz.

### Lösungen zur parenteralen Flüssigkeitstherapie (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 sowohl präklinisch als auch perioperativ bei Kindern häufig Elektrolytlösungen mit herabgesetztem Natriumgehalt (zum Beispiel 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 Wassereinlagerungen (Cave: hyponatriämische Enzephalopathie, Hirnödem und respiratorische Insuffizienz) entstehen [2]. Viele Ein-Drittel- und Zwei-Drittel-Elektrolyt-



Abb. 5 Zur Vermeidung einer Überinfusion sollte bei Säuglingen und Kleinkindern die Volumengabe reguliert werden. **a** Infusionspumpe. **b** Spritzenpumpe (Quelle: Fotolia, beerkoff).

Tabelle 7		
Volumen- und Flüssigkeitsbedarf bei Kindern, VEL Vollelektrolytlösung.		
Teilmenge	Volumen	Infusionslösung
kurzfristiger Erhaltungsbedarf	4 ml/kg/h (0–10 kg) plus 2 ml/kg/h (10–20 kg) plus 1 ml/kg/h (20–30 kg) plus	VEL, ggf. plus Glukose
Korrekturbedarf (bei subakutem Volumendefizit)	5–10 ml/kg/h	VEL
Korrekturbedarf (bei akutem Volumenverlust)	10–20 ml/kg, ggf. repetitiv 5–10 ml/kg, ggf. repetitiv beim volumenrefraktären Schock	VEL Kolloide Katecholamine

lösungen enthalten darüber hinaus unphysiologisch hohe Kaliumkonzentrationen, sodass bei schneller Infusion temporäre Hyperkaliämien nicht ausgeschlossen werden können. In verschiedenen Studien konnte ein Zusammenhang zwischen Hyponatriämie und Infusion von hypotonen Infusionslösungen nachgewiesen werden [19,20].

Perioperativ und auch präklinisch sollten deshalb bei Kindern besser Vollelektrolytlösungen verwendet werden, deren Zusammensetzung der Extrazellulärflüssigkeit möglichst ähnlich ist [21,22]. Im Falle einer fehlerhaften Überinfusion führen Vollelektrolytlösungen zu einer isotonen Hyperhydratation mit Ausdehnung des Extrazellulärtraumes, die von den Kindern meistens gut vertragen wird. Die Zufuhr von größeren Mengen hypotoner Lösungen kann hingegen zu hypotonen Hyperhydratationen mit gefährlichen intrazellulären Ödemen und deletären Komplikationen führen.

**Merke: Mit Vollelektrolytlösungen wird der Extrazellulärraum aufgefüllt.**

Für Kinder ist Ringer-Laktat besonders in Europa zurzeit noch eine klassische Vollelektrolytlösung [23]. Allerdings ist in Ringer-Laktat zu wenig Natrium und zu viel Chlorid enthalten. In speziellen Fällen (zum Beispiel bei schwerem Schädel-Hirn-Trauma mit Hirn-ödem) kann die im Vergleich zur Extrazellulärflüssigkeit niedrigere Osmolarität (276 statt 291 mosmol/l) bzw. Natriumkonzentration (130 statt 142 mmol/l) von Ringer-Laktat zu unerwünschten Flüssigkeitsverschiebungen beitragen.

In Nordamerika wird hingegen häufiger isotone Kochsalzlösung eingesetzt [19]. Ein Vorteil von isotoner Kochsalzlösung ist die physiologische Osmolarität. Die Elektrolytzusammensetzung ist dagegen sehr unphysiologisch (viel zu hoher Chloridgehalt) und das Fehlen von metabolisierbaren Anionen kann zu Dilutionsazidosen bzw. hyperchlorämischen Azidosen führen, die wiederum ungünstige Auswirkungen auf die Nierenfunktion haben.

Infusionslösungen, die keine derartigen unerwünschten Wirkungen auf den Säure-Basen- und Elektrolythaushalt aufweisen und damit die größte therapeutische Breite haben, sind die balancierten Lösungen. Sie haben den gleichen physiologischen Elektrolytgehalt wie das Plasma in Bezug auf Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium und Chlorid. Zusätzlich sind metabolisierbare Anionen enthalten, deren Umsetzung zu physiologischen Mengen Bicarbonat führt.

Eine fälschliche Überinfusion mit balancierten Lösungen birgt letztlich nur noch das Risiko von negativen und teilweise auch gefährlichen Auswirkungen (extrazelluläre Ödeme) auf den Wasserhaushalt. Das Herz-Kreislauf-System von Kindern verkraftet solche fälschlichen Überinfusionen in der Regel recht gut, die resultierenden Ödeme erhöhen jedoch auch bei Kindern die Morbidität.

**Merke: Um gefährliche Hyponatriämien zu vermeiden, sollten auch präklinisch bei Kindern plasmisotone, besser noch balancierte Elektrolytlösungen verwendet werden.**

#### ■ Laktat oder Azetat?

Eine kristalloide Infusion, die keine Puffer enthält (zum Beispiel NaCl 0,9%), führt durch die Verdünnung körpereigener Puffersysteme, vor allem von Bicarbonat, das von der Niere nicht innerhalb kurzer Zeit und in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt werden kann, zu einer Azidose, die – infolge des unphysiologisch hohen Chlorid-Gehaltes (siehe Tab. 8) – auch als hyperchlorämische Dilutionsazidose bezeichnet wird. Bicarbonat lässt sich Infusionen nicht zusetzen, weil es in wässriger Lösung nicht stabil ist und zu CO<sub>2</sub> und Wasser zerfällt.

Laktat und Azetat sind Anionen, die zu ihrer Metabolisierung H<sup>+</sup>-Ionen benötigen (die aus der Carboanhydrase-Reaktion stammen), wodurch indirekt HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> entsteht (CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sup>+</sup>). Für jedes Mol eines Anions wird ein Mol H<sup>+</sup> verbraucht und damit 1 mol HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> freigesetzt. Traditionell wird vielen Infusionslösungen Laktat als metabolisierbares Anion zugesetzt, im direkten Vergleich hat Azetat jedoch einige Vorteile:

- Während Laktat fast ausschließlich von der Leber metabolisiert werden kann, wird Azetat weitgehend gewebeunabhängig verstoffwechselt.
- Für die Metabolisierung von Azetat wird weniger Sauerstoff benötigt als für die von Laktat (2 mol O<sub>2</sub>/mol Azetat vs. 3 mol O<sub>2</sub>/mol Laktat).
- Die Infusion von Laktat kann die diagnostische Aussagekraft der Laktatbestimmung beeinträchtigen.
- Azetat kann nicht nur bei reifen Kindern, sondern auch bei Frühgeborenen zur Azidosekorrektur bzw. -prophylaxe verwendet werden.

Da sich die Zusammensetzung der Extrazellulärflüssigkeit von Kindern und Erwachsenen nicht unterscheidet, sind die moderneren balancierten azetathaltigen Infusionslösungen mit physiologischem Elektrolytgehalt auch für Kinder empfehlenswert.

Tabelle 8

Zusammensetzung von Extrazellulärflüssigkeit (EZF) und verschiedenen Infusionslösungen für Kinder (in mmol/l) [19].

	Kationen				Anionen					Theoretische Osmolarität <sup>1</sup>
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Acetat	Lactat	Glukose	
<b>EZF</b>	142	4,5	2,5	1,25	103	24	–	1,5	2,8–5,0	291
<b>NaCl 0,9%</b>	154	–	–	–	154	–	–	–	–	308
<b>VELG<sup>2</sup></b>	140	4	2	2	118	–	30	–	55,5	296
<b>RL<sup>3</sup></b>	130	5	1	1	112	–	–	27	–	276
<b>½-ELG<sup>4</sup></b>	70	2	1,3	0,5	55	–	22,5	–	277,5	151

<sup>1</sup> ∑ (Kationen + Anionen)<sup>2</sup> Vollelektrolytlösung mit 1 % Glukosezusatz<sup>3</sup> Ringer-Laktat<sup>4</sup> hypotone Elektrolytlösungen mit 5 % Glukosezusatz

### ■ Glukose

Während der üblicherweise kurzen präklinischen Versorgungs- und Transportzeiten ist eine Zufuhr von Glukose auch bei Neugeborenen und Säuglingen in der Regel nicht erforderlich.

Bei längeren Versorgungs- bzw. Transportzeiten (über 30 Minuten) oder bei Exsikkose durch länger bestehende Magen-Darm-Infekte empfiehlt es sich, den Erhaltungsbedarf von Neugeborenen und Säuglingen bis zum Eintreffen in der Klinik mit einer Vollelektrolytlösung mit 1 % Glukosezusatz zu decken. Balancierte Vollelektrolytlösungen mit 1 % Glukosezusatz sind seit Kurzem verfügbar, können aber auch vom Anwender selbst hergestellt werden (zum Beispiel durch Zusatz von 6 ml Glukose 40% auf 250 ml Infusionslösung).

Glukoselösungen ohne Elektrolytzusatz (= freies Wasser) sind als Volumenersatz kontraindiziert, weil die Infusion von freiem Wasser zu intrazellulären Wassereinlagerungen und zur Ausbildung eines Hirnödems führen kann.

**Merke:** Die präklinische Volumentherapie kann in der Regel auch bei Säuglingen mit Vollelektrolytlösungen ohne Glukosezusatz erfolgen.

### ■ Kolloide

In den allermeisten Fällen ist die Aufrechterhaltung der Kreislauffunktion und die Stabilisierung des Wasser-Säure-Basen-Elektrolyt-Haushalt durch eine großzügige Infusion von Vollelektrolytlösungen problemlos möglich.

Vollelektrolytlösungen verteilen sich gleichmäßig im Extrazellulärraum. Die intravasale Volumenwirkung hängt bei Kristalloiden deshalb vom Verhältnis zwischen Plasmavolumen und Extrazellulärraum ab. Weil kleine Kinder im Verhältnis einen großen Extrazellulärraum haben, ist die intravasale Volumenwirksamkeit umso geringer, je kleiner die Kinder sind (Abb. 1) [1]. Die Plasmaproteinkonzentrationen sind niedriger und Plasmaproteindilutionen mit kritischem Abfall des kolloidosmotischen Drucks können leichter auftreten.

Daher wurden früher (und werden auch heute noch) bei Kindern präklinisch, aber auch perioperativ häufig Albumin- oder Plasmaproteinlösungen zum Volumenersatz eingesetzt. Im direkten Vergleich sind künstliche Kolloide jedoch wesentlich kostengünstiger, mindestens ebenso effektiv und frei von Infektionsrisiken [24–27].

Gelatine ist das am längsten bekannte künstliche Kolloid, mit dem auch umfangreiche Erfahrungen in der Volumentherapie bei Früh- und Neugeborenen vorliegen [29, 30]. Gelatine kann bei Kindern genauso wie Albumin eingesetzt werden, weil Gelatine aus Polypeptiden besteht, die auch von kleinen Kindern metabolisiert und renal ausgeschieden werden können [30]. Allergische Reaktionen treten seltener auf als bei Erwachsenen.

Hydroxyethylstärke (HES) hat im Vergleich zur Gelatine in Abhängigkeit vom Molekulargewicht und Substitutionsgrad eine bessere Volumenwirksamkeit. Nebenwirkungen treten mit den Präparaten der dritten

Generation (MG 130.000) noch seltener auf als mit der zweiten Generation (MG 200.000 oder 70.000).

In neueren klinischen Studien wurde über eine effektive und sichere Anwendung von künstlichen Kolloiden (HES der zweiten und dritten Generation, Gelatine) auch bei Früh- und Neugeborenen berichtet [26–29].

**Merke:** Mit Kolloiden wird das Plasmavolumen aufgefüllt.

Wenn durch kristalloide Lösungen allein der Kreislauf nicht aufrechterhalten werden kann, ist ein Versuch mit künstlichen Kolloiden gerechtfertigt. Zur Auswahl stehen HES der zweiten und dritten Generation und Gelatinepräparate. Mittlerweile stehen auch die Kolloide als balancierte Lösung zur Verfügung. Bei größeren Infusionsmengen, wie sie in der Notfallmedizinischen Versorgung vorkommen können, ist den balancierten Lösungen wegen der geringeren Beeinträchtigung des Säure-Basen und Elektrolyt-Haushaltes der Vorzug zu geben [31].

In der präklinischen Situation können Kolloide bolusweise, aber auch in etwas kleineren Schritten von 5 ml pro kg Körpergewicht infundiert werden. Weil Daten zu Höchst- oder Tagesmaximaldosen bei Kindern nicht vorliegen, sollte die bei Erwachsenen üblichen Grenzwerte bezogen auf das Körpergewicht beachtet werden (zum Beispiel maximale Tagesdosis von 6% HES 200 / 0,5: 33 ml/kg KG; 6% HES 130 / 0,42: 50 ml/kg KG; andere Präparate ggf. abweichend).

**Merke:** Künstliche Kolloide sind auch bei kleinen Kindern jeder Altersstufe effektiv und sicher.

## Überwachung der Infusionstherapie unter (prä)klinischen Bedingungen

Wie bei jeder anderen Therapie muss insbesondere auch bei der Infusionstherapie bei Kindern der Erfolg bzw. Misserfolg regelmäßig überprüft werden. Auf der einen Seite besteht die Gefahr, einen Volumenmangel nicht ausreichend zu therapieren und so bei dem Patienten bleibende Organschäden zu riskieren. Auf der anderen Seite können die jungen Patienten auch durch eine nicht erkannte Überinfusion Schaden nehmen. Die folgenden therapeutischen Ziele müssen also immer im Auge behalten werden:

- altersabhängige Normalwerte für Blutdruck und Herzfrequenz
- Rekapillarierungszeit unter 2 Sekunden
- normaler Pulsstatus ohne Differenz zwischen zentralen und peripheren Pulsen
- warme Extremitäten
- Diurese über 1 ml/kg/h, wenn messbar
- normaler Bewusstseinszustand

Zur Vermeidung von Überinfusionen sollte während und nach der Gabe eines Flüssigkeitsbolus auf EKG-Veränderungen (Herzrhythmusstörungen wie Bradykardien oder Extrasystolen), Zunahme der Atemarbeit bzw. Rasselgeräusche über der Lunge geachtet werden. Werden zur Stabilisierung des Volumenhaushaltes größere Mengen von kristalloiden bzw. kolloidalen Volumenersatzmitteln infundiert, ist eine möglichst frühzeitige Kontrolle des Hämoglobinwertes ratsam (zum Beispiel in der Notaufnahme). Nur so kann ein eventuell bestehender Transfusionsbedarf frühzeitig diagnostiziert und behandelt werden.

**Merke:** Zur Vermeidung von Überinfusionen während und nach der Gabe eines Flüssigkeitsbolus auf EKG-Veränderungen (Herzrhythmusstörungen wie Bradykardien oder Extrasystolen), Zunahme der Atemarbeit bzw. Rasselgeräusche über der Lunge achten.

## Spezielle Krankheitsbilder

### Gastroenteritis

Ist eine orale bzw. enterale Flüssigkeitstherapie bei der Dehydratation einer Gastroenteritis nicht möglich bzw. besteht eine schwere Dehydratation (s. o.) kann auch präklinisch eine parenterale Flüssigkeitstherapie nötig werden. Meist wird diese i. v. durchgeführt. Bei i. v. Flüssigkeitstherapie einer Dehydratation ist es letztlich

**Tabelle 9**

#### Einteilung der Dehydratation nach Serum-Natrium-Konzentration.

Typ der Dehydratation	Serum-Natrium (mmol/l)
Isotone Dehydratation	130–150
Hypotone Dehydratation	< 130
Hypertone Dehydratation	> 150

wichtig den Typ der Dehydratation basierend auf Natrium-Serumkonzentration und (seltener) Plasmaosmolalität zu kennen (Tab. 9). Eine Bestimmung dieser Parameter ist präklinisch i. d. R. nicht möglich. Daher kann in diesen Fällen bis zum Erhalt von Laborwerten (Blutbild, Elektrolyte, Glukose, BGA, Kreatinin, Harnstoff) eine i. v.-Flüssigkeitstherapie mit Ringer-Laktat und evtl. auch mit NaCl 0,9% durchgeführt werden [25, 32]. Eine Infusion von sehr großen Mengen unbalancierter natriumreicher Lösungen wie Ringer-Lactat oder NaCl 0,9% kann aber zu einer hyperchlorämischen Dilutionszidose führen, so dass bei großen Infusionsmengen balancierte Vollelektrolytlösungen bzw. im Hinblick auf Elektrolyte bedarfsangepasste Infusionslösungen bevorzugt werden sollten [33, 34]. Die Dosierung (Ringer-Lactat und NaCl 0,9%) bei Beginn einer i. v.-Rehydratation kann wie folgt erfolgen (Tab. 5):

1. Stunde: 20 ml/kg

Eine Abschätzung nach Verlust (Tab. 4) und aus Erhaltungsbedarf und Korrekturbedarf errechneter Infusionsmenge ist zur Vermeidung einer Überinfusion sinnvoll.

In der Folgezeit (2.-4.(6.) Stunde) wird durch Leitlinien (GPGE, AWMF) eine 1:1 Lösung aus 0,45% NaCl und 2,5% Glucose mit Kalium-Zusatz (1–2 mmol/kg und 24 Stunden) in einer Dosis von 10–15 (-20) ml/kg/h empfohlen [16]. Da solche Lösungen im präklinischen Umfeld in der Regel nicht zur Verfügung stehen, sollte in den seltenen Fällen einer länger als 1 Stunde notwendigen präklinischen Rehydratation eine Vollelektrolytlösung mit 1% Glukosezusatz gegeben werden (s. u.). Bei klinischen Zeichen des Volumenmangelschocks (absolute oder relative Hypovolämie, s. o.) können auch Boli einer Vollelektrolytlösung (20–(30) ml/kg) gegeben werden. Sobald eine orale bzw. enterale Ernährung möglich ist, sollte die Therapie auch p. o. bzw. enteral durchgeführt werden [17].

**Merke:** Nach Möglichkeit längere (> 2 h) i. v.-Flüssigkeitstherapie bei Dehydratation im Rahmen einer Gastroenteritis nur unter klinischer Kontrolle. NaCl 0,9% und Ringer-Laktat sind initial möglich, Vollelektrolytlösungen sind vorzuziehen. Orale Therapie sobald wie möglich.

## Verbrühungen und Verbrennungen

Die meisten Patienten mit Verbrühungen/Verbrennungen sind Kleinkinder bis zum 3. Lebensjahr. Sie ziehen sich oft mittels heißen Flüssigkeiten oberflächliche Verbrühungen (Grad 1–2) zwischen 5 und 10% verbrühter Körperoberfläche (KOF) zu. Was diese Kinder brauchen ist Analgesie, gekoppelt mit Sedierung. Medikamente wie Ketanest plus Midazolam können auch rektal oder nasal verabreicht werden, auf einen intravenösen Zugang kann so verzichtet werden. Eine Flüssigkeitssubstitution während des kurzen Transports ins Krankenhaus ist bei solchen kleinflächigen Arealen nicht notwendig.

Ist das Kind großflächiger (über 10% Grad 2) oder schwerer (über 5% Grad 3) verbrannt, muss eine Infusionstherapie mit Kristalloiden sofort eingeleitet werden. Dabei sollte die Anlage eines venösen Zuganges den Transport in die Klinik nicht unnötig verzögern. Die Indikation für einen intraossären Zugang ist somit großzügig zu stellen.

Für die Volumentherapie von Brandverletzten existieren seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts zahlreiche Berechnungsformeln. Sie differieren hinsichtlich der empfohlenen Volumina und Zusammensetzungen teilweise erheblich und können daher nur zur Einleitung der Schocktherapie als grobe Richtschnur gelten. Die Parkland-Formel nach Baxter ( $4 \text{ ml} \times \text{kg KG} \times \% \text{ verbrannter Körperoberfläche}$ ) und die modifizierte Brooke-Formel ( $2 \text{ ml} \times \text{kg KG} \times \% \text{ verbrannter Körperoberfläche}$ ; für Kinder unter 30 kg KG:  $3 \text{ ml} \times \text{kg KG} \times \% \text{ verbrannter Körperoberfläche}$ ) sind derzeit auch in Deutschland noch die favorisierten Berechnungsgrundlagen für die initiale Volumensubstitution. Bei beiden Formeln wird die Hälfte des errechneten Bedarfs innerhalb der ersten 8 Stunden infundiert, der Rest über weitere 16 Stunden. Im Schema des Shriners Burns Hospital wird die Körperoberfläche anstelle des Körpergewichtes berücksichtigt (Defizitbedarf von  $5000 \text{ ml/m}^2$  verbrannte Körperoberfläche plus Erhaltungsbedarf von  $2000 \text{ ml/m}^2$  Körperoberfläche für die ersten 24 h). Dieses Schema geht somit genauer auf die physiologischen Besonderheiten der Kinder ein.

Die Berechnung von Infusionsregimes unterbleibt jedoch oft wegen der schlechten Praktikabilität in schwierigen Notfallsituationen. Für die Zeit des Transports kann der Volumenbedarf behelfsweise auch mit dem Körpergewicht des Kindes, welches bekannt ist oder leicht geschätzt werden kann, berechnet werden: als Bolus sollten 10 ml/kg KG über 10–15 Minuten



intravenös injiziert werden, gefolgt von einer Infusion von 10–20 ml/kg KG/h. Die so berechnete Flüssigkeitsmenge überbrückt die Zeit der Erstversorgung am Unfallort und den Transport ins entsprechende Krankenhaus. Sie ist aber auf keinen Fall exakt genug, um die Substitution über die gesamten ersten 24 h auf diese Art und Weise fortzuführen [35].

Von manchen Autoren wird der Einsatz isotoner Voll-elektrolytlösungen mit einem reduzierten Kaliumgehalt empfohlen. Kolloide sollten bei der Behandlung von Verbrennungspatienten wegen der Gefahr einer Verstärkung des Verbrennungsödems nach Möglichkeit nicht zum Einsatz kommen. Nur wenn der Kreislauf mit Kristalloiden alleine nicht stabilisiert werden kann, ist den Kolloiden der Vorzug vor den Katecholaminen zu geben.

**Merke:** Auf Kolloide bei Verbrennungen nach Möglichkeit verzichten. Sie verstärken das Ausmaß des Verbrennungsödems.

### Foudroyante Sepsis

Die ersten Symptome einer Sepsis ähneln oft einer banalen Erkältung. Gerade bei der Meningokokkensepsis kann es dann plötzlich zu Fieber, Schüttelfrost, Kopf-

und Gelenkschmerzen kommen. Warnhinweise für eine schwere und potenziell fulminant verlaufende Sepsis sind Petechien und Hautblutungen, bei Meningokokken zusätzlich noch Nackensteifigkeit, Opisthotonus und ggf. eine vorgewölbte Fontanelle.

Ein Kind mit Fieber, Petechien oder Hautblutungen muss schnellstmöglich auf eine pädiatrische Intensivstation gebracht werden.

Entscheidend für die Prognose einer Sepsis ist neben einer raschen Antibiotikagabe eine frühzeitige, adäquate und schon präklinisch begonnene aggressive Flüssigkeitstherapie. In der Regel werden bei Kindern große Flüssigkeitsboli (20 ml/kg KG) benötigt, um den Kreislauf zu stützen. Wenn nötig, können bis zu drei dieser Boli innerhalb der ersten 15 Minuten appliziert werden. Am besten werden balancierte Lösungen verwendet, um den Blutdruck zu stabilisieren.

Eine mögliche Flüssigkeitsüberladung kann an einer sich entwickelnden Hepatomegalie erkannt werden [36].

Kann der Kreislauf mit diesen Maßnahmen nicht stabilisiert werden, müssen Katecholamine (zum Beispiel Dopamin 5–20 µg/kg KG/min oder Arterenol 0,05–0,2 µg/kg KG/min) eingesetzt werden.

### Fazit

- Ein Flüssigkeitsmangel (Dehydratation, Hypovolämie) und konsekutiv der Flüssigkeitsbedarf kann bei Kindern durch klinische Zeichen und Symptome eingeschätzt werden.
- Bei einer leichten bis mäßigen Dehydratation ist wenn möglich eine orale Flüssigkeitsgabe vorzuziehen. Nur wenn eine orale Rehydratation nicht möglich ist, oder bei schwerer Dehydratation ist eine i. v.-Gabe sinnvoll.
- Bei einer leichten bis mäßigen Dehydratation insbesondere im ambulanten Bereich und bei oraler Flüssigkeitszufuhr ist die Flüssigkeitstherapie unabhängig davon, ob es sich um eine iso-, hypo- oder hypertone Dehydratation handelt.
- Bei klinischen Hinweisen auf eine schwere Dehydratation können in allen Altersgruppen, das heißt bei Säuglingen ebenso wie bei Erwachsenen, Boli von jeweils 10–20 ml/kg einer Vollelektrolytlösung infundiert werden.
- Bei Gastroenteritis können zur kurzzeitigen i. v.-Flüssigkeitstherapie im Rahmen einer Dehydratation auch NaCl 0,9% und Ringer-Laktat verwendet werden.
- Grundsätzlich ist aber bei der parenteralen Therapie den balancierten Lösungen wegen der größeren therapeutischen Breite der Vorzug zu geben. Hyperchlorämische Dilutionsazidosen treten bei der Verwendung von balancierten Lösungen nicht auf.
- Bei größeren Volumendefiziten oder -verlusten kann durch zusätzliche Infusion von künstlichen Kolloiden der kolloidosmotische Druck und damit auch das Plasmavolumen stabilisiert werden.
- Modifizierte flüssige Gelatine ist das Kolloid, das auch bei kleinen Kindern am längsten eingesetzt wurde. Im direkten Vergleich sind die Hydroxyethylstärke-Präparate der zweiten und dritten Generation jedoch höchstwahrscheinlich effektiver.
- Glukosehaltige Infusionslösungen (max. 1–2%) sollten nur bei speziellen Indikationen und nur kontinuierlich und nicht frei tropfend verabreicht werden.
- Hypotone Infusionslösungen dürfen zur Behandlung von akuten Volumenmangelzuständen wegen der Gefahr der Hyponatriämie außerhalb klinischer Überwachung nicht eingesetzt werden.



## Über die Autoren

### W. Alexander Osthaus



Jahrgang 1968. PD Dr. med. 1987-1989 Zivildienst mit Ausbildung zum Rettungssanitäter. 1990 Anerkennung als Rettungsassistent. 1989-1996 Studium der Humanmedizin in Hannover. 1997-1999 Arzt im Praktikum, Medizinische Hochschule Hannover. 1999 Zusatzbezeichnung Rettungsmedizin und Approbation.

1999-2002 Assistenzarzt Medizinische Hochschule Hannover. 2002 Facharzt für Anästhesiologie. 2003 Promotion. Seit 2005 Oberarzt im Zentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Medizinische Hochschule Hannover. 2007 Gastarztaufenthalt University of Michigan, Division of Pediatric Cardiac Surgery, Ann Arbor, USA. 2010 Habilitation für das Fach Anästhesiologie.

### Tobias Ankermann



Jahrgang 1962. PD Dr. med. 1983-1989 Studium der Humanmedizin an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt und an der Christian-Albrechts-Universität (CAU) in Kiel. 1989-1992 Arzt im Praktikum und Weiterbildung an der Klinik für Kinderkardiologie der CAU in Kiel. Seit 1992 wissenschaftlicher Mitarbeiter Klinik

für Allgemeine Pädiatrie des UKSH, Campus Kiel. 1990 Promotion. 1999 Facharzt für Kinderheilkunde. 2001 Schwerpunktbezeichnung Neonatologie. 2001 Fakultative Weiterbildung Pädiatrische Intensivmedizin. 2004 Oberarzt der Klinik für Allgemeine Pädiatrie. 2006 Zusatzweiterbildung Pädiatrische Pneumologie. 2007 Anerkennung Zusatzbezeichnung Allergologie. 2009 Habilitation für das Fach Kinderheilkunde.

### Robert Sümpelmann



Jahrgang 1960. Prof. Dr. med. 1980-1986 Studium der Humanmedizin an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. 1987 Promotion. 1987-1988 Assistenzarzt im St.-Elisabeth-Hospital Beckum. 1988-1992 Assistenzarzt an der Medizinischen Hochschule Hannover. 1992 Facharzt für Anästhesiologie. 1993 Zusatzbezeichnung Rettungsmedizin. Seit 1994 Oberarzt im Zentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Medizinische

Hochschule Hannover. 1997 Gastarztaufenthalte im Herzzentrum Bad Oeynhausen, Deutschen Herzzentrum Berlin, Columbian Medical Center New York, Harvard University Boston. 2000 Habilitation für das Fach Anästhesiologie. Seit 2002 Professor.

### Korrespondenzadresse

PD Dr. med. W. Alexander Osthaus  
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, OE 8050  
Medizinische Hochschule Hannover  
Carl-Neuberg-Str. 1  
30625 Hannover  
E-Mail: osthaus.alexander@mh-hannover.de

## Literatur

- 1 Sümpelmann R, Osthaus WA. Perioperative Flüssigkeitstherapie bei Kindern. DAAF Refresher Course, Band 33. Eblsbach: Aktiv Druck; 2007: 89–98
- 2 Arieff AI. Postoperative hyponatraemic encephalopathy following elective surgery in children. *Paediatr Anaesth* 1998; 8: 1–4
- 3 Arieff AI, Ayus JC, Fraser CL. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children. *Bmj* 1992; 304: 1218–1222
- 4 Fraser CL, Arieff AI. Epidemiology, pathophysiology, and management of hyponatremic encephalopathy. *Am J Med* 1997; 102: 67–77
- 5 Paut O, Lacroix F. Recent developments in the perioperative fluid management for the paediatric patient. *Curr Opin Anaesthesiol* 2006; 19: 268–277
- 6 Strauss J, Sümpelmann R. Perioperative Flüssigkeitstherapie bei Frühgeborenen, Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2007; 9: 634–641
- 7 Nishina K, Mikawa K, Maekawa N et al. Effects of exogenous intravenous glucose on plasma glucose and lipid homeostasis in anesthetized infants. *Anesthesiology* 1995; 83: 258–263
- 8 Srinivasan V, Spinella PC, Drott HR et al. Association of timing, duration, and intensity of hyperglycemia with intensive care unit mortality in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med* 2004; 5: 329–336
- 9 Vlasselaers D, Milants I, Desmet L et al. Intensive insulin therapy for patients in paediatric intensive care: a prospective, randomised controlled study. *Lancet* 2009; 373: 547–556
- 10 Guarino A, Albano F, Ashkenazi S et al. European Society for Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition/European Society for Paediatric Infectious Diseases evidence-based guidelines for the management of acute gastroenteritis in children in Europe. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2008; 46: 81–122
- 11 Koletzko S, Osterrieder S. Acute infectious diarrhea in children. *Dtsch Arztebl Int* 2009; 106: 539–547; quiz 48
- 12 Adelman RD, Solhaug MJ. Pathophysiology of body fluids and fluid therapy. In: Behrmann RE, Kliegman RM, Jenson HB

- (Hrsg). Nelson Textbook of Pediatrics. 16. ed. Philadelphia London New York St. Louis Sydney Toronto: W. B. Saunders; 2000
- 13 Friesen RH, Wurl JL, Friesen RM. Duration of preoperative fast correlates with arterial blood pressure response to halothane in infants. *Anesth Analg* 2002; 95: 1572–1576
  - 14 Rouhani S, Meloney L, Ahn R et al. Alternative rehydration methods: a systematic review and lessons for resource-limited care. *Pediatrics* 2011; 127: e748–e757
  - 15 Eldridge DL. Alternatives to intravenous rehydration in dehydrated pediatric patients with difficult venous access. *Pediatr Emerg Care* 2010; 26: 529–535
  - 16 Koletzko S, Lentze MJ. Akute infektiöse Gastroenteritis. 2008: www.awmf.de
  - 17 Hartling L, Bellemare S, Wiebe N et al. Oral versus intravenous rehydration for treating dehydration due to gastroenteritis in children. *Cochrane Database Syst Rev* 2006: CD004390
  - 18 Uhlig U, Pfeil N, Gelbrich G et al. Dimenhydrinate in children with infectious gastroenteritis: a prospective RCT. *Pediatrics* 2009; 124: e622–e632
  - 19 Duke T, Molyneux EM. Intravenous fluids for seriously ill children: time to reconsider. *Lancet* 2003; 362: 1320–1323
  - 20 Hoorn EJ, Geary D, Robb M et al. Acute hyponatremia related to intravenous fluid administration in hospitalized children: an observational study. *Pediatrics* 2004; 113: 1279–1284
  - 21 Moritz ML, Ayus JC. Prevention of hospital-acquired hyponatremia: a case for using isotonic saline. *Pediatrics* 2003; 111: 227–230
  - 22 Moritz ML, Ayus JC. Intravenous fluid management for the acutely ill child. *Curr Opin Pediatr* 2011; 23: 186–193
  - 23 Berleur MP, Dahan A, Murat I et al. Perioperative infusions in paediatric patients: rationale for using Ringer-lactate solution with low dextrose concentration. *J Clin Pharm Ther* 2003; 28: 31–40
  - 24 Chong Sung K, Kum Suk P, Mi Ja Y et al. Effects of intravascular volume therapy using hydroxyethyl starch (130/0.4) on postoperative bleeding and transfusion requirements in children undergoing cardiac surgery: a randomized clinical trial. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006; 50: 108–111
  - 25 Hagemann H. Natürliche und künstliche Kolloide bei Kindern. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1999; 34: 781–784
  - 26 Liet JM, Bellouin AS, Boscher C et al. Plasma volume expansion by medium molecular weight hydroxyethyl starch in neonates: a pilot study. *Pediatr Crit Care Med* 2003; 4: 305–307
  - 27 Lochbühler HGC, Hagemann H. Hydroxyethyl starch HES 130/0,4 in paediatric surgery. *Crit Care* 2003; 7: P107
  - 28 Northern Neonatal Nursing Initiative Trial Group. Randomised trial of prophylactic early fresh-frozen plasma or gelatin or glucose in preterm babies: outcome at 2 years. *Lancet* 1996; 348: 229–232
  - 29 Northern Neonatal Nursing Initiative Trial Group. A randomized trial comparing the effect of prophylactic intravenous fresh frozen plasma, gelatin or glucose on early mortality and morbidity in preterm babies. *Eur J Pediatr* 1996; 155: 580–588
  - 30 Huskisson L. Intravenous volume replacement: which fluid and why? *Arch Dis Child* 1992; 67: 649–653
  - 31 Sumpelmann R, Kretz FJ, Luntzer R et al. Hydroxyethyl starch 130/0.42/6:1 for perioperative plasma volume replacement in 1130 children: results of an European prospective multicenter observational postauthorization safety study (PASS). *Paediatr Anaesth* 2012; 22: 371–378
  - 32 Neville KA, Verge CF, Rosenberg AR et al. Isotonic is better than hypotonic saline for intravenous rehydration of children with gastroenteritis: a prospective randomised study. *Arch Dis Child* 2006; 91: 226–232
  - 33 Skellett S, Mayer A, Durward A et al. Chasing the base deficit: hyperchloraemic acidosis following 0.9% saline fluid resuscitation. *Arch Dis Child* 2000; 83: 514–516
  - 34 Eisenhut M. Adverse effects of rapid isotonic saline infusion. *Arch Dis Child* 2006; 91: 797
  - 35 Trop M, Schiestl C. Erstversorgung und initiale Intensivtherapie von Verbrennungen bei Kindern. *Notfall & Rettungsmedizin* 2007; 10: 94–98
  - 36 Hufnagel M, Henneke P, Krüger M et al. Die foudroyante Sepsis im Kindesalter. *Notfallmedizin up2date* 2008; 2: 149–171
  - 37 Ayus JC, Achinger SG, Arief A. Brain cell volume regulation in hyponatremia: role of sex, age, vasopressin, and hypoxia. *Am J Physiol Renal Physiol* 2008; 295: F619–624
  - 38 Neville KA, Sandeman DJ, Rubinstein A et al. Prevention of hyponatremia during maintenance intravenous fluid administration: a prospective randomized study of fluid type versus fluid rate. *J Pediatr* 2010; 156: 313–319

## CME-Fragen

## CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.

1

Welche der Aussagen zur Flüssigkeitstherapie bei Kindern ist richtig?

- A Der Erhaltungsbedarf wird präklinisch und perioperativ mit Vollelektrolytlösungen gedeckt.
- B Bei Säuglingen sollte auch präklinisch immer Glukose gegeben werden.
- C Als künstliches Kolloid darf bei Kindern nur Gelatine infundiert werden.
- D Katecholamine sind grundsätzlich bei volumenrefraktärer Kreislaufinstabilität erforderlich.
- E Eine fehlerhafte Überinfusion mit einer Vollelektrolytlösung hat bei Kindern oft deletäre Folgen.

2

Wie hoch ist der Erhaltungsbedarf eines Kindes mit einem Körpergewicht von 22 kg gemäß der 4-2-1 Regel?

- A 13 ml/h
- B 130 ml/h
- C 97 ml/h
- D 62 ml/h
- E l/h

3

Welche Aussage zu Überinfusionen ist korrekt? (1) Perioperativ und präklinisch sollten Vollelektrolytlösungen verwendet werden, weil (2) diese bei Überinfusion zu einer für Kindern gut verträglichen isotonen Hyperhydratation mit Ausdehnung des Extrazellulärraumes führen.

- A Aussage 1 und Aussage 2 sind richtig, die Verknüpfung ist falsch.
- B Aussage 1 und Aussage 2 sowie die Verknüpfung sind richtig.
- C Nur Aussage 1 ist richtig.
- D Nur Aussage 2 ist richtig.
- E Keine der beiden Aussagen ist richtig.

4

Die Osmolarität der Extrazellulärflüssigkeit wird am stärksten beeinflusst durch...

- A Bicarbonat.
- B Kalzium.
- C Chlorid.
- D Kalium.
- E Natrium.

5

Welche Aussage ist falsch?

- A Die Zusammensetzung der Extrazellulärflüssigkeit ist in allen Altersgruppen vergleichbar.
- B Die Extrazellulärflüssigkeit befindet sich im Interzellularraum und in den Blutgefäßen.
- C Frühgeborene und Neugeborene haben relativ zum Körpergewicht den kleinsten Extrazellulärraum.
- D Eine hypotone Hyperhydratation kann zu einem gefährlichen intrazellulärem Ödem führen.
- E Die Osmolarität im Extrazellulärraum wird im Wesentlichen durch die Natriumkonzentration bestimmt.

# CME-Fragen

Präklinische Flüssigkeitstherapie im Kindesalter

6

Welche Aussage trifft zu?  
Neugeborene haben im Vergleich zu älteren Kindern...

- A niedrigere Hämoglobinkonzentrationen.
- B höhere Plasmaproteinkonzentrationen.
- C eine erniedrigte Stoffwechselrate.
- D einen niedrigeren kolloidosmotischen Druck.
- E einen in etwa gleichen Flüssigkeitsumsatz.

7

Welche Antwort ist richtig?  
(1) Der Blutdruck ist bei wachen Kindern ein zuverlässiger Parameter zur Beurteilung des Volumenstatus, weil (2) auch bei wachen Kindern die Messwerte durch eine Vasokonstriktion nicht beeinflusst werden können.

- A Aussage 1 und Aussage 2 sowie die Verknüpfung sind richtig.
- B Aussage 1 und Aussage 2 sind richtig, die Verknüpfung ist falsch.
- C Nur Aussage 1 ist richtig.
- D Nur Aussage 2 ist richtig.
- E Keine der beiden Aussagen ist richtig.

8

Welche der Aussagen zu Laktat und Azetat sind falsch?

1. Für die Metabolisierung von Laktat wird weniger Sauerstoff benötigt als für die von Azetat.
2. Azetat wird gewebeunabhängig verstoffwechselt.
3. Laktat wird fast ausschließlich von der Leber metabolisiert.
4. Die Infusion von Laktat beeinträchtigt die diagnostische Aussagekraft der Laktatbestimmung.

- A Nur Aussage 4 ist falsch.
- B Nur die Aussagen 1 und 3 sind falsch.
- C Nur Aussage 2 ist falsch.
- D Nur Aussage 1 ist falsch.
- E Alle Aussagen sind falsch.

9

Wann sollte bei Kindern mit Verbrennungen eine sofortige Infusionstherapie mit Kolloiden eingeleitet werden?

- A Verbrennungen zweiten Grades auf über 10% der Hautoberfläche oder Grad 3
- B Verbrennungen zweiten Grades auf bis zu 4% der Hautoberfläche
- C Generell ab Verbrennungen ersten Grades
- D Verbrennungen zweiten Grades auf bis zu 8% der Hautoberfläche
- E Verbrennungen zweiten Grades auf 5% der Hautoberfläche

10

Welche Antwort ist richtig?  
(1) Die moderneren balancierten azetathaltigen Infusionslösungen mit physiologischem Elektrolytgehalt sind auch für Kinder empfehlenswert, weil (2) sich die Zusammensetzung der Extrazellulärflüssigkeit von Kindern und Erwachsenen nicht unterscheidet.

- A Nur Aussage 1 ist richtig.
- B Nur Aussage 2 ist richtig.
- C Aussage 1 und Aussage 2 sowie die Verknüpfung sind richtig.
- D Aussage 1 und Aussage 2 sind richtig, die Verknüpfung ist falsch.
- E Keine der beiden Aussagen ist richtig.