

Beurteilung derzeitiger Infusionslösungen

Elektrolytlösungen (Kristalloide)

Infusionslösungen: Elektrolytlösungen [Angaben in mmol/l (gerundet)]							
Name	TA	BE	Azetat	Laktat	Malat	$\Sigma\Delta BE$	BE _{pot}
Tutofusin K10 (Baxter)	-0,1	-24	55			55	31
Elektrolyt-Inf.-Lsg. 153 m. Gluc 5 (Serumw. Bernb.)	-2	-26	50			50	25
Elektrolyt-Inf.-Lsg. 153 (Serumwerk Bernburg)	-2	-26	50			50	24
Sterofundin (B. Braun)	-1	-25		45		45	21
Thomaejonin (DeltaSelect)	-1	-25	45			45	21
Normofundin X-5 (B. Braun)*	0	-24	38			38	14
Parenteral OP (Serag-Wiessner)	-3	-27	38			38	12
Jonosteril Na 100 mit Gluc (Fresenius Kabi)	-4	-28	20		16	36	8
Ringer-Lactat-Lsg. nach Hartmann (Serumw. Bernb.)	0	-24		27		27	3
Ringer-Laktat-Lsg. (nach DAB 7) (DeltaSelect)	0	-24		27		27	3
Jonosteril Na 100 kohlenhydratfrei (Fresenius Kabi)	-4	-28	20		11	31	3
Sterofundin BG-5 (B. Braun)	-5	-29		25		25	-4
Parenteral BG 5 (Serag-Wiessner)	-7	-31	14		12	26	-5
Thomaejonin BG (DeltaSelect)	-5	-29	20			20	-9
Elektrolyt-Inf.-Lsg. 70 mit Gluc 5 (Serumw. Bernb.)	-1	-25	15			15	-10
Jonosteril Bas mit Gluc (Fresenius Kabi)	-9	-33		20		20	-13
Parenteral EK G 5 (Serag-Wiessner)	-32	-56	38			38	-18

* 2004 in der Roten Liste nicht erwähnt

Eine willkürliche Auswahl von in Deutschland vertriebenen Elektrolytlösungen (Rote Liste, Stand 2004) zeigt, dass die Titrationsazidität (TA, Herstellerangaben) unproblematische Werte aufweisen. Eine Ausnahme davon findet sich nur bei Lösungen eines Herstellers (Serag Wiessner), der trotz mehrmaliger Nachfrage offensichtlich eine um eine Zehnerpotenz zu hohe TA angibt. Per definitionem muss der BE um den Betrag von 24 mmol/l negativer ausfallen als die TA. Die nicht unerheblichen Konzentrationen an metabolisierbaren Anionen machen in der Summe (ΔBE) bis zu 55 mmol/l aus mit der Folge, dass die BE_{pot}-Werte von - 13 (Jonosteril Bas mit Glukose) bis + 31 mmol/l (Tutofusin K10) variieren. Eine normale Leberfunktion vorausgesetzt, erzeugt 1 Liter Tutofusin K 10 beim Patienten einen BE von + 2 mmol/l, während die Ringer-Laktat-Lösung bilanzmäßig praktisch ausgeglichen (BE_{pot} + 3 mmol/l) ist.

Die **Tab. Elektrolytlösungen Europa und USA** enthält ausgewählte Elektrolytlösungen der angegebenen Märkte sowie eine Beurteilung.

Infusionslösungen: Elektrolytlösungen (Europa und USA)

Beurteilung von exemplarisch ausgewählten Elektrolytlösungen. Angaben in mmol/l (mval/l) bzw. mosmol/l unter Berücksichtigung der osmotischen Wirksamkeit (gemeint ist die theoretische Osmolarität) sowie in l/l für den O₂-Verbrauch nach Metabolisierung der organischen Anionen. Negative Beurteilung in rot, positive in grün.

	Plasma	Plasma-Lyte A Baxter	Plasma-Lyte R Baxter	Isotonax Baxter	Normo- sol-R Abbott	Isolyte E McGaw
Kationen						
Na ⁺	142	140	140	140	140	140
K ⁺	4,5	5	10	10	5	10
Ca ²⁺	2,5		2,5	2,5		2,5
Mg ²⁺	1,25	3	1,5	3	0,75	1,5
Anionen						
Cl ⁻	103	98	103	103	98	103
HCO ₃ ⁻	24					
Laktat ⁻	1,5		8	55		
Azetat ⁻		27	47		27	47
Glukonat ⁻		23			23	
Citrat ³⁻						2,7 (8)
HPO ₄ ²⁻	1					
Sulfat ²⁻	0,5					
Org. Anionen	1,5					
Proteinat ⁻	20					
Osmolarität	291	296	312	314	294	307
TA		<1	<1	<1	<1	<1
BE		-24	-24	-24	-24	-24
BEpot		+26	+31	+31	+26	+31
QO ₂		4,0	2,6	3,7	4,0	2,4

Die Strategie der Hersteller strebt ein physiologisches Elektrolytmuster an und nimmt dabei Lösungen in Kauf, die nach Infusion ansäuern und nach potentieller Metabolisierung der Anionen erheblich alkalisieren unter deutlicher zwangsweiser Steigerung des O₂-Verbrauchs des Patienten (QO₂).

Mit dem Anspruch, weitgehend physiologisch zusammengesetzte Elektrolytlösungen für den Flüssigkeitsersatz (nicht Volumenersatz) bereitzustellen, werden zunehmend so genannte balancierte Lösungen angeboten. Wiederum im Vergleich zu Plasma und 0,9 %iger NaCl-Lösung werden in der **Tab. Vergleich balancierter Elektrolytlösungen** (Stand 2006) entsprechende Präparate mit ihrer Zusammensetzung beschrieben.

Infusionslösungen: Vergleich balancierter Elektrolytlösungen (Deutschland, Stand 2006)						
Beurteilung ausgewählter balancierter Elektrolytlösungen. Angaben in mmol/l, mosmol/l und mosmol/kgH ₂ O (FK = Fresenius Kabi, SWB = Serumwerk Bernburg, BBM = B. Braun Melsungen). Negative Beurteilung in rot, positive in grün.						
	Plasma	NaCl 0,9 %	Ringer - Laktat - Azetat	Jonosteril FK	E 153 SWB	Sterofundin ISO BBM
Kationen						
Na ⁺	142	154	130	137	140	140
K ⁺	4,5		5	4	5	4
Ca ²⁺	2,5		1	1,65	2,5	2,5
Mg ²⁺	1,25		1	1,25	1,5	1
Anionen						
Cl ⁻	103	154	112	110	105	127
HCO ₃ ⁻	24					
Laktat ⁻	1,5		27			
Azetat ⁻	-		27	37	50	24
Malat ²⁻	-					5
HPO ₄ ²⁻	1					
Sulfat ²⁻	0,5					
Org. Anionen	1,5					
Proteinat ⁻	20					
Osmolarität*	291	308	276	291	303	304
Osmolalität**	287	286	258	269	281	282
BE	0	-24	-24	-24	-26	-34
BEpot	0	-24	+3	+13	+24	0
* theoretische Osmolarität (mosm/l)						
** berechnete, reale Osmolalität (mosmol/kgH ₂ O)						

Es ist offensichtlich, dass derzeit nur zwei isotone balancierte Lösungen zur Verfügung stehen, entweder mit deutlich alkalisierender Wirkung (E 153 Serumwerk Bernburg) oder erstmals mit BEpot von 0 mmol/l ohne Wirkung auf den Säure-Basen-Status des Patienten, allerdings mit leicht hyperchlorämischem Nebeneffekt (Sterofundin ISO, B. Braun Melsungen).

Volumenersatz (Kolloide)

Infusionslösungen: Volumenersatzlösungen [Angaben in mmol/l bzw. Kolloid (g/l)]					
Name	Kolloid	Azetat	Laktat	HCO ₃ ⁻	BEpot
Onkovertin 6 % (B. Braun)*	60 D				-24
Haemaccel 35 (Aventis Pharma)	35 G				-24
Gelafundin 4 % (B. Braun)	40 G				-24
Infukoll HES 6 % (Serumwerk Bernburg)	60 S				-24
Expafusin (Baxter)	60 S		20		-4
Gelafusal (Serumwerk Bernburg)	40 G	27			+3
Gelifundol (Biotest)*	55 G			30	+6
Longasteril 70 m E. (Fresenius Kabi)*	60 D		55		+31
* 2004 in der Roten Liste nicht erwähnt					
D = Dextran, S = Haes, G = Gelatine					

Volumenersatzmittel weisen, mit einer Ausnahme, BE-Werte von - 24 mmol/l auf, weil sie kein Biakarbonat enthalten. Gelifundol, in einer Glasflasche angeboten, ist seit 2004 nicht mehr auf dem Markt erhältlich, es hatte als einzige Lösung eine HCO₃⁻-Konzentration von 30 mmol/l und damit einem BE und BEpot von + 6 mmol/l. Alle anderen Lösungen weisen BEpot-Werte von - 24 bis + 31 mmol/l auf, je

nachdem ob sie metabolisierbare Anionen enthalten oder nicht: Gelifundol und Gelafusal sind praktisch ausgeglichen, Lösungen ohne metabolisierbare Anionen ($BE_{pot} - 24 \text{ mmol/l}$) erzeugen pro Liter infundierter Lösung beim Patienten einen BE von $-1,5 \text{ mmol/l}$, einen Extrazellularraum von 15 l angenommen, während Longasteril 70 mit Elektrolyten ($BE_{pot} + 31 \text{ mmol/l}$) nach Infusion und Metabolisierung pro Liter Lösung einen BE von $+2 \text{ mmol/l}$ im Patienten erzeugt.

Die **Tab. Volumenersatzlösungen Deutschland und USA** enthält ausgewählte Volumenersatzlösungen der angegebenen Märkte sowie eine Beurteilung.

Infusionslösungen: Volumenersatzlösungen (Deutschland und USA)						
Beurteilung von exemplarisch ausgewählten Volumenersatzlösungen. Angaben in mmol/l bzw. mosmol/l unter Berücksichtigung der osmotischen Wirksamkeit (gemeint ist die theoretische Osmolarität) sowie in l/l für den O_2 -Verbrauch nach Metabolisierung der organischen Anionen. Negative Beurteilung in rot , positive in grün .						
	Plasma	Gelafusal SW Bemb.	Hextend Abbott	Expafusin Baxter	Gelafundin B. Braun	Voluven Fres. Kabi
Kationen						
Na^+	142	130	143	138	154	154
K^+	4,5	5,4	3	4		
Ca^{2+}	2,5	0,9	2,5	1,5		
Mg^{2+}	1,25	1	0,45			
Anionen						
Cl^-	103	85	124	125	120	154
HCO_3^-	24					
Laktat	1,5		28	20		
Azetat		27				
HPO_4^{2-}	1					
Sulfat $^{2-}$	0,5					
Org. Anionen	1,5					
Proteinat	20					
Kolloid		Gel	Haes	Haes	Gel	Haes
Osmolarität	291	249*	301	289	274	308
TA		<0,5	<1	<1	<1	<1
BE		-24,5	-24	-24	-24	-24
BE_{pot}		+2,5	+4	-4	-24	-24
QO_2		1,2	1,9	1,3	0	0
* vom Hersteller irrtümlich mit 276 angegeben						

Die Strategie der Hersteller nimmt Lösungen mit mehr oder weniger unphysiologischem Elektrolytmuster in Kauf, die alle nach Infusion ansäuern und nach potentieller Metabolisierung der Anionen die Dilutions-Azidose rückgängig machen oder nicht, wobei in Einzelfällen nur eine mäßige Steigerung des O_2 -Verbrauchs des Patienten erzwungen wird.

Aminosäure-haltige Lösungen

Infusionslösungen: Aminosäure-haltige Lösungen [Angaben in mmol/l (gerundet)]													
Name	TA	BE	Δ BE Azet	Δ BE Mal	$\Sigma\Delta$ BE m.A.	Δ BE Asp	Δ BE Glu	Δ BE Lys	Δ BE Arg	Δ BE Met	Δ BE Cys	$\Sigma\Delta$ BE AS	BE _{pot}
Aminoplasmal PO-10% (B. Braun)	-40	-64	81	15	96	7	61		-49	-27	-10	-18	14
Nephroprotect (Fresenius Kabi)	-40	-64	124	30	154				-47	-27	-7	-80	10
aminomel 12,5 E (Baxter)*	-26	-50	93	56	149	18	43		-69	-78	-11	-98	1
Thomaeamin hepar (DeltaSelect)	-16	-40	90		90				-34	-13	-2	-50	0
Aminosteril plus (Fresenius Kabi)	-38	-62	45	138	183				-69	-58		-127	-5
Parentamin 3,5% X5-E (Serag-W.)	-14	-38	52		52	2	21		-17	-9	-16	-19	-5
aminomel 10 E (Baxter)*	-22	-46	74	44	118	14	34		-55	-63	-8	-78	-6
Glutarsin E (Berlin-Chemie)	-3	-27					150		-150				-27
Thomaeamin n 15% (DeltaSelect)	-39	-63					101		-79	-56	-17	-52	-115
Intrafusin 15 % (Baxter)	-46	-70					104		-80	-74	-9	-59	-128
Parentamin 15 % (Serag-W.)	-48	-72					150	-46	-80	-74	-13	-63	-134
Aminoplasmal 10%E (B. Braun)	-3	-27							-53	-51	-8	-109	-136
Glamin (Baxter)	-60	-84				26	38		-65	-75		-76	-160
Traumasteril KH-frei (Fres. Kabi)*	-31	-55							-45	-69	-58	-172	-227

* 2004 in der Roten Liste nicht erwähnt

Aminosäurehaltige Lösungen weisen extreme BE_{pot}-Werte von + 10 bis - 227 mmol/l auf: 1 Liter Traumasteril belastet den Patienten mit 227 mmol H⁺, also das Dreifache der normalen täglichen H⁺-Elimination über die Niere. Am Beispiel von Aminosteril plus wird die Problematik verdeutlicht: 1 Liter Lösung erzeugt nach Infusion beim Patienten im EZR von 15 l einen BE von - 4 mmol/l, der nach Metabolisierung der Anionen organischer Säuren auf + 8 mmol/l ansteigt, um nach Metabolisierung der Aminosäuren auf ca. 0 mmol/l zu fallen. Im Idealfalle wird der BE des Patienten nicht beeinflusst, die gleichzeitige Metabolisierung aller Anionen bzw. Aminosäuren unterstellt.