

Präklinische Volumengabe

1. Einführung

Die Gabe von Volumenersatzmittel als Infusion gehört in der notfallmedizinischen Versorgung von Patienten zu den ärztlichen Basismassnahmen, die jedoch auch vom Rettungsassistenten im Rahmen der Notkompetenz durchgeführt werden kann.

Eine reduzierte Menge des Blutvolumens durch Verletzungen oder aufgrund zentralnervöser Einflüsse (z.B. vasovagaler Schock) hat schwerwiegende Folgen für die Makro- und Mikro-zirkulation des Organismus. Die Versorgung des Gewebes mit Sauerstoff und der Abtransport von Stoffwechselabfallprodukten sind entsprechend stark eingeschränkt, mit letztendlich lebensbedrohlichen Konsequenzen (Hypoxie etc.).

Die Volumensubstitution bei akutem Flüssigkeitsverlust ist somit ein wichtige präklinische Massnahme, die über den Volumenausgleich hinaus auch den venösen Zugang zur Applikation von Medikamenten sichert und diese im Körperkreislauf transportiert.

2. Anatomie und Physiologie

Der menschliche Körper besteht etwa zur Hälfte aus Wasser (bei Neugeborenen sogar bis zu 75 %), abhängig von Alter, Geschlecht und Körperbau.

Der überwiegende Teil davon ,etwa 2/3 befindet sich in den Zellen (intrazelluläre Flüssigkeit, IZR), das restliche Flüssigkeitsvolumen befindet sich ausserhalb der Zelle (extrazellulär). [11]

Vom extrazellulären Volumen sind 3/4 im Zwischenzellraum (Interstitium, INT), 1/4 ist intravasal (innerhalb der Gefässe, IVR). [7] [11]

Darüberhinaus gibt es noch transzelluläre Flüssigkeiten (im Transzellularraum, TZR), wie z.B. der Liquor cerebrospinalis, die Flüssigkeit in den Körperhöhlen, das Kammerwasser der Augen oder die Synovialflüssigkeit der Gelenke [7].

Sie spielen in der präklinischen Volumentherapie jedoch nur eine untergeordnete Rolle.

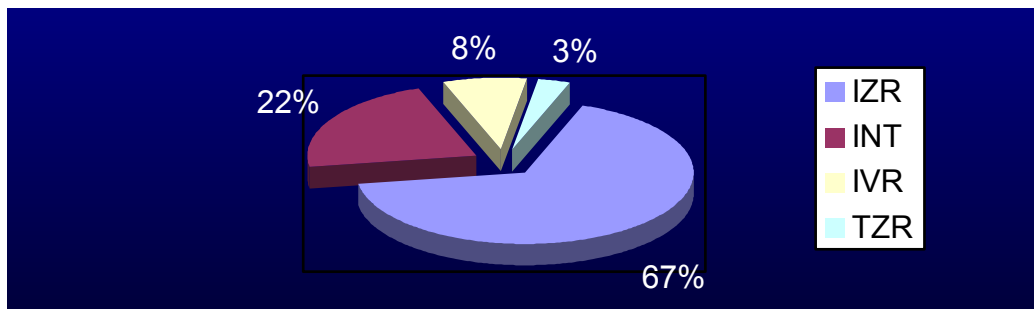


Abb.1: Grössenverhältnisse der Räume im Körper [5]

Die präklinische und klinische Gabe von Infusionen hat vor allem das Ziel, das intravasale Volumen zu stabilisieren und somit das extrazelluläre Volumen zu sichern.

Mit der Stabilisierung des Blutdruckes soll auch die Ausscheidung (Diurese) und somit die Nierenfunktion erhalten werden, um so Giftstoffe aus dem Körper ausschwemmen zu können. [5]

Für einen funktionierenden Stoffwechsel ist es darüberhinaus ganz entscheidend, dass der kolloid-osmotische Druck (KOD, Bindung von intravasaler Flüssigkeit durch darin befindliche Eiweissmoleküle, sog. Kolloide) aufrecht erhalten wird, da nur so der Stoffaustausch zwischen Gewebe und Blut möglich ist. [5] [7]

Ziele der präklinischen Infusionstherapie: [5]

- konstantes intravasales Volumen
- Sicherung des extrazellulären Volumens
- Intrazelluläres Volumen auffüllen und erhalten
- Sauerstofftransport erhalten
- Physiologischen kolloid-osmotischen Druck sichern

Im Körperwasser (Plasma) sind verschiedene Salze enthalten, die im wässrigen Milieu in Ionen bzw. Elektrolyte zerfallen. Der Körper ist dabei bemüht, ein physiologisches Gleichgewicht zu erhalten (Homöostase). Er bedient sich hierbei verschiedener Mechanismen (z.B. Natrium-Kalium-Pumpe).

Die Ionenzusammensetzung in den verschiedenen Kompartimenten ist unterschiedlich und ergibt sich aus den aktiven und passiven Transportmechanismen:

in [mmol/l]	<u>Plasma (EZR)</u>	<u>Intrazellulär</u>	
Na⁺	145	12	Der Ca ⁺⁺ Gehalt des Blutplasmas beträgt ca. 2,5 mmol/l. Der grösste Teil ist aber an Eiweiss gebunden, so dass die Konzentration freier Ca ⁺⁺ Ionen nur 1 bis 1,5 mmol/l ausmacht.
K⁺	4	155	
Ca⁺⁺	1,5	10 ⁻⁴	
Cl⁻	123	4,2	

Abb.2: Ionenzusammensetzungen [6]

Die Körperflüssigkeit, insbesondere das Blut hat natürlich noch weit mehr ionale Bestandteile, hier seien nur die wichtigsten genannt.

3. Volumenersatz

Grundsätzlich unterscheidet man Infusionslösungen folgendermassen: [12]

- **isoton**: die Anzahl der gelösten Teilchen in der Infusion entspricht der des Plasmas
- **hyperton**: in der Lösung sind mehr Teilchen gelöst als im Plasma
- **hypoton**: in der Lösung sind weniger Teilchen gelöst als im Plasma

3.1 Indikationen für den Volumenersatz

Weshalb man einem Patienten präklinisch Flüssigkeit substituieren muss, kann vielerlei Gründe haben, z.B.:

- Blutverlust durch eine Verletzung mit sowohl innerer, als auch äusserer Blutung
- Verbrennungen
- vasovagaler Schock
- Dehydratation
- Trägersubstanz zur intravenösen Medikation
- ggf. Hypothermie

3.2 Applikation

Die Gabe von Volumen erfolgt präklinisch i.d.R. über einen peripher-, gelegentlich auch über einen zentralvenösen Zugang (ZVK) mittels Venenverweilkatheter (Braunüle, Viggo etc.). Soll ein Patient in einem kürzeren Zeitraum grössere Infusionsvolumina erhalten (z.B. Polytraumata), müssen grosslumige Venenkatheter verwendet werden.

Je grösser jedoch der Aussendurchmesser der Kanüle, bzw. des Katheters in Relation zum Gefässlumen ist, desto grösser ist die Gefahr einer Venenwandreizung oder einer Thrombosebildung.

Geringerlumige Katheter gestatten in entsprechend grösseren Gefässen einen stärkeren Blutfluss, das Risiko einer Gefässschädigung wird hierbei reduziert.

<i>Farbcode</i>	<i>Grösse(Gauge)</i>	<i>Aussendurchmesser (mm)</i>	<i>Durchfluss (ml/min)</i>
blau	22 G	0,9	35
rosa	20 G	1,1	60
grün	18 G	1,3	95
weiss	17 G	1,5	125
grau	16 G	1,7	195
orange/braun	14 G	2,1	330

Abb.3: Durchflussraten von Venenverweilkathetern [15]

Bei Säuglingen und Kleinkindern besteht darüberhinaus die Möglichkeit eines intraossären Zuganges, d.h. in die Markhöhle des Knochens (bis etwa zum 6.Lebensjahr). In der Regel erfolgt die Punktion hier an der Vorderkante der Tibia, einige Zentimeter unter dem Knie (ärztliche Massnahme!). [3] [14]

Ebenfalls möglich ist die Punktion eines venösen Gefässes in der Kopfschwarte, doch auch dies erfordert eine gewisse Routine. [3]

Gleich für welche Art der Applikation man sich entscheidet, es ist auf jeden Fall auf eine ausreichende Hygiene bei der Punktion zu achten.

Während die Infusionslösungen steril und pyrogenfrei in den Flaschen/Beuteln sind, ist die Gefahr einer Infektion beim legen eines venösen/ossären Zuganges gross. Die Punktionsstelle sollte vorher gesäubert und mit Desinfektionslösung abgerieben werden (Einwirkzeiten beachten).

3.2.1 Vorbereitung der Infusion

Wie bei jedem Medikament ist die Infusionslösung vor der Verwendung unbedingt zu kontrollieren:

- handelt es sich um die richtige Lösung?
- ist die Flasche / der Beutel unbeschädigt?
- ist das Verfallsdatum erreicht?
- weist die Lösung Verfärbungen oder Ausflockungen auf?

Auch in stressigen Situationen müssen diese Kriterien überprüft werden, um dem Patienten keinen weiteren Schaden durch falsche oder unbrauchbare Infusionen zuzufügen.

3.3 Arten des Volumenersatzes

3.3.1 Kristalloide Lösungen

Kristalloide sind Elektrolytlösungen oder niedrigmolekulare Kohlehydratlösungen (Glucose), die frei durch die Gefässmembran diffundieren können. [11]

Man differenziert hier zwischen Teil- und Vollelektrolytlösungen entsprechend ihrem Natriumgehalt (Vollelektrolytlösungen > 120 mmol/l bei einem Kalium_{max} von 5 mmol/l). [2]

· Teilelektrolytlösungen (hyperton)

Als Teil- oder Halbelektrolytlösungen werden Infusionen bezeichnet, die etwa die Hälfte der Natriumkonzentration (60-90 mmol/l) des Plasmas enthalten. Teilelektrolytlösungen sind meist Mischlösungen aus Glucose 5% und Elektrolytlösungen.

Da die Natriumkonzentration niedriger der des Plasmas ist, kann ein Teil des Wasser in den Intrazellularraum gelangen. [5] [7]

Bsp.: G5 (5% Glucose)

Durch ihren Kohlehydratgehalt gilt die Teilelektrolytlösung als hyperton; durch die Metabolisierung der Kohlehydrate entsteht jedoch freie Flüssigkeit, die sich auf die Gesamtkörperflüssigkeit verteilt.

· Vollelektrolytlösungen (isoton)

Vollelektrolytlösungen sind ein universelles Ersatzmittel extrazellulärer Flüssigkeit. Sie imitieren die Elektrolytzusammensetzung des Extrazellulärtraumes am besten, zumindest im Bereich der Kationen.

Bsp.: Isotone Kochsalzlösung 0,9% (NaCl), Ringer-Lösung (nach dem engl. Physiologen Sydney Ringer, 1834-1910 [5])

1000 ml enthalten 9g NaCl (3,54g Natrium, 5,46g Chlorid)

Anionen können hingegen nicht zugesetzt werden, was man durch die Zugabe von Chlorid, Acetat und Lactat zu kompensieren versucht. [12]

Bsp.: Ionosteril, Ringer-Lactat

Aufgrund der schnellen Verteilung von Vollelektrolytlösungen auf die verschiedenen Flüssigkeitsräume (IZR, IVR, EZR) ist der Volumeneffekt eher gering.

Ein großer Vorteil ist jedoch, dass sie aufgrund ihrer plasmaähnlichen Zusammensetzung praktisch keine allergische Potenz besitzen.

3.3.2 Kolloidale Lösungen

Kolloidale Volumenersatzmittel kommen bei Patienten mit grossem Volumenverlust (Polytrauma etc.) zur Anwendung.

Man unterscheidet hier zwischen: [5] [10]

- körpereigene Lösungen (z.B. Albumin)
- synthetische Lösungen (z.B. HAES, Dextrane, Gelantine)

sowie zwischen:

- Plasmaersatzmitteln
- Plasmaexpandern (siehe 2.2.3)

Am meisten verbreitet ist die aus Wachsmaisstärke hergestellte Hydroxyethylstärke (HAES). Ihr Wirkmechanismus beruht darauf, dass die HAES-Moleküle mit dem durch sie gebundenen Wasser in der Blutbahn bleiben, da sie zu gross sind, um diese zu verlassen. Dies führt zu einem wesentlich besseren Volumeneffekt, als das mit Teil- oder Vollelektrolytlösungen möglich wäre. [13]

Desweiteren könne Kolloidale, insbesondere die Plasmaexpander die Fliesseigenschaften des Blutes verbessern, was sich vor allem bei Hypovolämien und Schock positiv bemerkbar macht. [10] [13]

Nachteil der kolloidalen Lösungen ist das erhöhte Allergiepotential aufgrund der Kolloide (Eiweissmoleküle), daher ist bei Gabe dieser Infusion besonders auf allergische Reaktionen zu achten (Quaddelbildung, Hautrötungen etc.).

3.3.3 Hypertone-hyperonkotische Lösungen (Plasmaexpander)

Plasmaexpander sind hochkonzentrierte hypertone Natriumlösungen. Sie sind in der Lage in Verbindung mit HAES Flüssigkeit aus den Gefäßwandzellen und dem Interstitium zu ziehen und so einen maximalen Volumeneffekt zu erzielen. So kann die Gabe einer bestimmten Menge des Plasmaexpanders (z.B. HyperHAES) zu einem Vielfachen des intravasalen Volumens führen (sog. "Small-volume-resuscitation"). [10] [13]

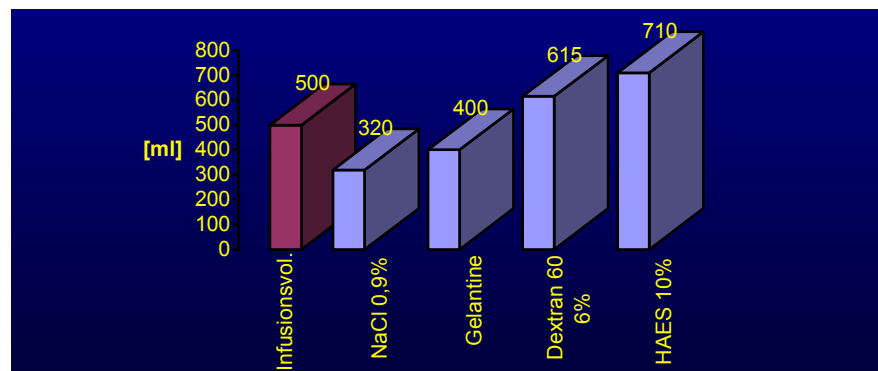


Abb.4: Volumenwirkungen verschiedener Infusionslösungen in Relation zum applizierten Infusionsvolumen (500 ml) [1]

3.3.4 Begriffsdefinition der "Small-volume resuscitation" (siehe auch 3.3.3)

Als "Small-volume resuscitation" wird die Therapie einer akuten Hypovolämie, z.B. beim Traumatpatienten bezeichnet.

Man verwendet hierfür eine stark hyperosmolare Kochsalz-Kolloidlösung, etwa das bereits beschriebene HyperHAES.

Wirkmechanismus ist die Mobilisierung endogener, also körpereigener Flüssigkeit (v.a. interstitiell), wodurch der Volumeneffekt ein vielfaches des Infusionsvolumens beträgt. [10]

3.4 Temperatur der Lösungen

Die Infusionslösungen sollten leicht angewärmt sein, um gerade bei winterlichen Temperaturen einer Hypothermie entgegenzuwirken (z.B. Verkehrsunfall, Patientenversorgung auf der Strasse etc.).

Bei Hypothermien ab dem Stadium II sollte primär vorgewärmte Glucoselösung verwendet werden (Glucose 5%). [9]

3.5 Nebenwirkungen der präklinischen Volumentherapie

Jede Flüssigkeitszufuhr von aussen führt natürlich zu einer Zunahme des intravasalen Volumens. Vor allem bei kardial insuffizienten Patienten kann dies eine akute Dekompensation zur Folge haben, da die Vorlast (Preload) erhöht wird. Bei diesen Patienten ist eine forcierte Volumensubstitution kontraindiziert!

Darüberhinaus kann es zu einer Ausbildung, bzw. Verstärkung von Ödemen kommen, was z.B. bei Verbrennungspatienten eine klinische Relevanz hat (hier können insbesondere Kolloidale zur Ödembildung führen).

Weiterhin kann es bei einer grösseren Volumensubstitution zu einer Blutverdünnung und damit zu einer Abnahme der Gerinnungseigenschaften des Blutes kommen. Insbesondere bei Volumenersatzmitteln der kolloidalen Gruppe (z.B. HAES) kann eine zusätzliche Hemmung der Blutgerinnung beobachtet werden, was einerseits gewollt ist, um die Mikrozirkulation zu verbessern, aber eine Blutung natürlich auch forcieren kann. [12]

Jeder Volumenverlust birgt auch das Risiko eines akuten Nierenversagens, vor allem beim polytraumatisierten Patienten.

Dieses Risiko scheint insbesondere bei dehydrierten Patienten hoch, wenn HAES allein verabreicht wird.

Es sollte daher möglichst die ausreichende Gabe von Elektrolytlösungen vorausgehen. [10]

Ebenso sind allergische Reaktionen möglich, besonders bei den kolloidalen Lösungen, deshalb ist immer auf entsprechende Symptome zu achten (Hautrötungen etc.). [10] [12]

Selbstverständlich ist die Auswahl der richtigen Lösung zum Verletzungs- bzw. Krankheitsbild elementar.

So dürfen z.B. bei Schädel-Hirn-Verletzungen neben kolloidalen, nur isotone Lösungen verwendet werden, da aufgrund der geschädigten Blut-Hirn-Schranke es bei Gabe von hypotonen Lösungen zu Hirnödemen kommen kann. [14]

4. Fazit

Die besprochenen Infusionslösungen dienen dem Ersatz des intravasalen Volumens bei Blutverlusten und zur Schockprophylaxe, bzw. Schocktherapie.

Eine Sauerstoffbindung, bzw. ein Transport dessen ist jedoch nicht möglich, womit die Grenzen der Volumenersatztherapie klar auf der Hand liegen.

Ab einer bestimmten Menge an Blutverlust ist nicht mehr genügend Hämoglobin vorhanden, um das Gewebe adäquat mit Sauerstoff zu versorgen. Hier können (klinisch) nur Erythrozytenkonzentrate, Frischplasma und Thrombozytenkonzentrate (zur Verbesserung der hämostatischen Eigenschaften des Blutes) Erfolg versprechen. [5] [10]

Dennoch gehört die Volumengabe in der notfallmedizinischen Versorgung zu den Standardmassnahmen. Daher ist es unabdingbar, dass alle an der Notfallmedizin Beteiligten, vom First Responder bis zum Notarzt mit den Möglichkeiten und Risiken der präklinischen Volumensubstitution vertraut sind.

5. Glossar

Blut-Hirn-Schranke	selektiv durchlässige Schranke zw. Blut und Gehirn, z.B für Sauerstoff, Nährstoffe aber auch für Alkohol und andere Toxine
Dehydratation	Flüssigkeitsdefizit (nicht traumatisch bedingt)
Diurese	physiologische Harnausscheidung
Extravasal	ausserhalb der Gefässe
Extrazellulär	ausserhalb der Zelle
Hämostase	Blutgerinnung
Homöostase	Aufrechterhaltung des inneren Milieus
Hypothermie	Unterkühlung
Hypovolämie	Volumendefizit
Hypoxie	Sauerstoffdefizit im Gewebe, insbesondere im Gehirn
Interstitiell	zwischen den Zellen
Intraossär	in die Markhöhle des Knochens
Intravasal	innerhalb der Gefässe
Intrazellulär	innerhalb der Zelle
KOD	(kolloid-osmotischer Druck) intravasaler Druck, der durch die Bindung von Flüssigkeit an Eiweissmoleküle (Kolloide) entsteht
Makrozirkulation	Durchblutung der grösseren Gefässe
Metabolismus	Stoffwechsel
Mikrozirkulation	Durchblutung kleiner bis kleinster Gefässe
Plasma	flüssiger Bestandteil der Zelle (Zellplasma), bzw. des Blutes (Blutplasma)
Polytrauma	Mehrfachverletzungen, davon mind. eine oder deren Kombination lebensbedrohlich
Pyrogene	feiebererzeugende Stoffe
Toxine	Giftstoffe
Vasovagaler Schock	eine durch durch Reizung des nervus vagus (X.Hirnnerv) bedingte Gefässerweiterung und daraus resultierendem Blutdruckabfall
Vorlast (Preload)	venöser Füllungsdruck des Herzens

Literaturverzeichnis

- [1] Adams HA., Hempelmann G. Therapie mit Volumenersatzmitteln. Anaesth Intensivmed 10: 277-283
- [2] Bastigkeit M. Infusionslösungen. In: Trübenbach T., Enke K., Lipp R. Lehrbuch für präklinische Notfallmedizin. Stumpf&Kossendey Edewecht Wien 1997, 330-331
- [3] Dorsch A. Pädiatrische Notfallsituationen. MMV Medizin Verlag 1997
- [4] Engl HG. Kleiner Stich-grosse Wirkung: Verabreichung von Medikamenten im Rettungsdienst. Rettungsdienst 10.2001: 972-978
- [5] Escher M. Infusionslösungen im RD: Aktueller Stand und ein Blick in die Zukunft. Rettungsdienst 7.2002: 664-671
- [6] Goerig M. Die Anfänge der Volumentherapie. Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2001;36 Supplement 2: 71-75
- [6] Golenhofen K. Physiologie heute. Urban&Fischer München 2000
- [8] Kontokillas JS., Fuchs T. Volumenersatzmittel. In: Kontokillas JS. Arzt im Rettungsdienst. Stumpf&Kossendey Edewecht Wien 1997, 211-217
- [9] Kontokillas JS. Hypothermie – Klinik und Erstversorgung. In: Kontokillas JS. Arzt im Rettungsdienst. Stumpf&Kossendey Edewecht Wien 1997, 735-745
- [10] Kreimeier U., Prückner St. Volumentherapie bei Hypovolämie und Schock. Notfall & Rettungsmed 2.98: 119-129
- [11] Larsen R. Anaesthesie und Intensivmedizin. Springer Berlin 1999: 1069-1079
- [12] Lauchner C., Kühner S. Etabliert und eine Chance: Infusionstherapie beim Traumapatienten. Rettungsdienst 11.2002: 1077-1081
- [13] Ragaller M., Albrecht DM. Hypertone Lösungen: Volumen auf Pump? Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2001;36 Supplement 2: 155-158
- [14] Rupprecht H. Präklinisches Management des Polytraumas. Stumpf&Kossendey Edewecht Wien 1998
- [15] Semmel T. Praktische Hinweise zur peripheren venösen Punktion. Rettungsdienst 01.2003: 38-40

Verfasser

stud.med.Florian Scharf
Universität Ulm
florian.scharf@student.uni-ulm.de