

Flüssigkeits- und Volumenersatz

Neues zur Infusionstherapie

Stephan Dönitz

Der routinemäßige Einsatz von Kochsalzlösung 0,9 % gilt heute als überholt, und auch Ringer-Laktat ist nicht mehr zeitgemäß. Empfohlen werden balancierte Infusionslösungen und HES-Lösungen der dritten Generation. Der folgende Beitrag erklärt die wesentlichen Neuerungen.

In den letzten Jahren hat in der Flüssigkeits- und Volumentherapie eine Neubewertung stattgefunden (1). So zeigten mehrere Studien bei elektiven Eingriffen am Gastrointestinaltrakt, dass das Outcome durch zurückhaltende Flüssigkeitsgabe verbessert wurde (2). Andererseits führt bei Sepsis beziehungsweise septischem Schock eine aggressive Volumentherapie zur Senkung der Sterblichkeit (2). Auch die Zusammensetzung der Infusionslösungen hat viel Aufmerksamkeit erfahren, und viele seit Jahrzehnten „bewährte“ Lösungen kamen auf den Prüfstand. So soll 0,9%-ige NaCl-Lösung nach Ansicht verschiedener Autoren heute nicht mehr routinemäßig zur Flüssigkeitstherapie eingesetzt werden (1, 3), dennoch ist dies aber noch vereinzelt der Fall. Doch warum werden bestimmte Infusionslösungen heute als „gut“ oder als „gefährlich“ angesehen? Dieser Beitrag möchte in kurzer und verständlicher Form etwas Licht in diese Thematik bringen.

Grundlagen zum Wasser- und Elektrolythaushalt

Stellen wir uns einen schlanken Menschen von 100 kg Körpergewicht (KG) vor, so würde dieser etwa 60 Liter Flüssigkeit (= 60 % vom KG) enthalten, das sogenannte Gesamtkörperwasser. Diese 60 Liter teilen sich wiederum so auf, dass sich 20 Liter (= 20 % vom KG) außerhalb der Zellen und 40 Liter innerhalb der Zellen befinden. Die 20 Liter außerhalb der Zellen (extrazellulär) sind nochmals unterteilt in 16 Liter (=

16 % vom KG) Zwischenzellraum-Flüssigkeit (das Nährmedium der Körperzellen, Interstitium) und vier Liter (= 4 % vom KG) Plasmawasser (Abb. 1). Hier ist eine wichtige Information enthalten, auf die wir noch zurückkommen: Das Interstitium verhält sich zum Plasmawasser wie 4 : 1 (4). Erwähnt sei noch, dass das Blut natürlich auch feste Bestandteile enthält. Diese müssen wir zu den vier Litern Plasmawasser addieren, dann kommen wir auf sieben bis acht Liter Blut (Blutvolumen = 7–8 % vom KG). Die Kapillarwände der Blutgefäße sind für Elektrolyte (wie Natrium oder Kalium) durchlässig. Das bedeutet, dass Elektrolyt-Infusionslösungen sich dementsprechend ungehindert im gesamten Extrazellulärraum verteilen. Vier Teile diffundieren durch die Kapillarwände ins Interstitium, und nur ein Teil verbleibt im Gefäßsystem (4 : 1). Für den Anwender bedeutet das, dass nur ein Fünftel der verabreichten Elektrolytlösung im Gefäßsystem (intravasal) verbleibt.

Verdünnung – ein Problem bei Verabreichung großer Infusionsmengen

Bekanntlich enthält das Plasma 24 mmol/L Bikarbonat (Abb. 2). Die meisten kennen diesen Wert aus der Blutgasanalyse. Das Bikarbonat ist gewissermaßen der Gegenspieler vom Kohlendioxid im Blut. Sofern sich diese beiden immer in einem bestimmten Verhältnis zueinander befinden, ist der pH-Wert im Normbereich um die 7,4. Das Blut ist also weder sauer noch alkalisch.

Bei der Verabreichung großer Infusionsmengen kommt es folglich zu einer Verdünnung des Bikarbonats im Plasma, während das Kohlendioxid im Blut konstant bleibt. Aufgrund dieser Verdünnung kann es zu einer Azidose kommen, die daher Dilutionsazidose genannt wird (Dilution = Verdünnung). Dieses Phänomen ist keinesfalls neu, es wurde bereits 1948 beschrieben (3). Leider kann man herstellungsbedingt nicht einfach Bikarbonat in die Infusion mischen. Der traditionelle Ansatz bestand daher darin, manchen Infusionslösungen einen Stoff beizufügen, der im Körper so verstoffwechselt (metabolisiert) wird, dass daraus Bikarbonat entsteht. Laktat ist so ein Stoff. Es wird in der Leber unter Zuhilfenahme von Kohlensäure zu Bikarbonat umgewandelt. Laktat ist das Salz der Milchsäure. Stattdessen könnte man auch den Begriff Anion der Milchsäure verwenden. Anionen sind negativ geladene Ionen wie Chlorid (Cl-) oder eben auch Laktat. Da im Körper eine Verstoffwechslung des Laktats erfolgt, spricht man auch von einem „metabolisierbaren Anion“.

Empfehlung: Acetat anstelle Laktat

Laktat ist das am längsten verwendete metabolisierbare Anion. Erfunden wurde die Ringer-Laktat-Lösung bereits 1934 (5). Betrachten wir das Laktat einmal isoliert, so weiß man heute, dass es besser geeignete Substanzen gibt, die im Körper zu Bikarbonat metabolisiert werden. Das liegt darin begründet, dass Laktat relativ viel Sauerstoff für die Umwandlung in Bikarbonat verbraucht.

Andere metabolisierbare Anionen wie das Acetat (Salz bzw. Anion der Essigsäure) benötigen weniger oder gar keinen Sauerstoff dafür, und der Metabolismus funktioniert auch dann, wenn – wie etwa im Schock – der Leber-Metabolismus gestört ist. Denn in den verschiedensten Körpergeweben sind die Möglichkeiten zum Acetat-Metabolismus gegeben. Daher wird heutzutage empfohlen, Infusionslösungen mit Acetat anstelle Laktat einzusetzen, wenn ein metabolisierbares Anion dabei sein soll. Weitere Gründe für das Verlassen des Laktats sind, dass Lak-

tat in der Labordiagnostik als so genannter Hypoxie-Marker gilt, denn der Wert ist zum Beispiel beim Schock erhöht. Meistens wird das Laktat schon mit der Blutgasanalyse erfasst. Zander führt dazu aus (3): „Offensichtlich ist es vielen Ärzten nicht klar, dass sich der Einsatz von laktathaltigen Infusionslösungen (...) und eine Laktat-Diagnostik als Hypoxie-Marker gegenseitig ausschließen, trotzdem wird dieser Fehler immer wieder publiziert.“

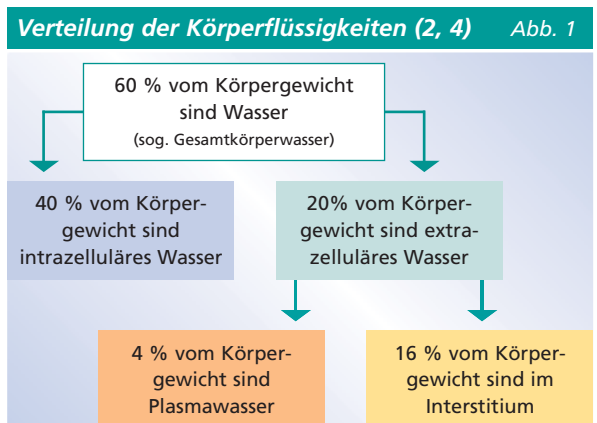
Nicht zuletzt ist Ringer-Laktat-Lösung hypoton im Vergleich zum Plasma und daher beim Schädel-Hirn-Trauma kontraindiziert.

Kochsalzlösung 0,9 % ist weder physiologisch noch isoton

Wenn wir an 0,9 %-ige Kochsalzlösung denken, assoziieren wir Begriffe wie „physiologische“ oder „isotone“ Kochsalzlösung. Diese Begriffe erwecken den Eindruck, die Zusammensetzung der Lösung entspreche den normalen Verhältnissen im menschlichen Körper. Auch im angloamerikanischen Raum bezeichnet man die Lösung als „normal saline“. Schon deshalb, weil diese Lösung einfach und kostengünstig herstellbar ist, hatte sie sich „als wichtigste Lösung in der Infusionstherapie durchgesetzt“ (5). Druml führt dazu aus, dass die Lösung weder physiologisch noch isoton sei (5). Warum ist das so?

Wenn wir die Zusammensetzung des menschlichen Plasmas (Abb. 2) mit der 0,9 %-igen Natriumchlorid-Lösung (NaCl) vergleichen, stellen wir fest, dass die Natriumchlorid-Lösung keineswegs physiologisch ist. Sie enthält 154 mmol/L Natrium und 154 mmol/L Chlorid. Das menschliche Plasma hingegen enthält lediglich 103 mmol/L Chlorid, also weit weniger. Auch das Natrium im Plasma beträgt mit 142 mmol/L etwas weniger als in der Natriumchlorid-Lösung.

Doch hat dies auch Auswirkungen auf den Organismus, oder handelt es sich lediglich um einen bedeutungslosen Schönheitsfehler? Adams führt dazu aus, dass der unphysiologisch hohe Chloridanteil der 0,9 %-igen Natriumchlorid-Lösung die Nierenfunktion beeinträchtigt (6). Dies wird als Salz- oder Chlorid-



Plasmabestandteile Abb. 2

Parameter	Plasma
Natrium mmol/L	142
Kalium mmol/L	4,5
Calcium mmol/L	2,5
Magnesium mmol/L	1,25
Chlorid mmol/L	103
Bikarbonat mmol/L	24
Laktat mmol/L	1,5
Phosphate	1,5
Protein	20
Osmolarität mosmol/l	291

intoleranz der Niere bezeichnet. Es kommt zur Abnahme der Diurese und zu Beeinträchtigungen des Kreislaufs, die unter anderem über eine Hemmung der Freisetzung des Hormons Renin zustande kommt (7). Van Aken und Kollegen führen dazu aus, dass „der routinemäßige Einsatz (un)physiologischer Kochsalz (NaCl)-Lösung heute als obsolet gilt“ (1).

Dennoch wird in manchen Bereichen diese Lösung unverdrossen angewendet, obwohl die Erkenntnis keineswegs neu ist. So ist in einem fast 40 Jahre alten Statement von Wakim bereits darauf hingewiesen worden, dass 0,9%-ige Natriumchloridlösung weder „normal“ noch physiologisch ist (9).

Kolloidale Infusionslösungen zur Volumentherapie

Es wurde bereits angesprochen, dass kristalloide Lösungen, so nennt man die Elektrolytlösungen auch, zu einem Großteil das Gefäßsystem verlassen, nur ein Fünftel verbleibt intravasal. Aus diesem Grunde wird empfohlen, zur Volumentherapie die so genannten kolloidalen Lösungen einzusetzen. Diese enthalten Makromoleküle, beispielsweise Stärke, welche aufgrund ihrer Größe normalerweise die Blutbahn nicht verlassen. Somit entsteht eine in das Gefäß gerichtete „Sogkraft“, man nennt diese kolloidosmotischen Druck (KOD). Normalerweise übernimmt im Körper das Albumin (ein Plasmaeiweiß) diese Aufgabe. Doch falls zum Beispiel größere Blutverluste durch Infusionslösungen ausgeglichen werden, kommt es natürlich auch zu einer Verdünnung des Albumins und der KOD nimmt ab.

Kolloidale Infusionslösungen enthalten im Allgemeinen künstliche Makromoleküle. Neben Stärke sind in Europa noch Dextran und Gelatine gebräuchlich. Humanalbumin dagegen ist ein natürliches Kolloid und wird aus Blutkonserven hergestellt. Stärke dürfte aber in Deutschland am weitesten verbreitet sein, hergestellt wird diese aus Kartoffeln oder Wachsmais. Genau genommen handelt es sich in der Infusionslösung um Hydroxyethylstärke, daher die Abkürzung HES. Normale Stärke würde nämlich im Körper viel zu rasch abgebaut werden. Daher wird die Stärke so umgewandelt, dass Hydroxyethylstärke entsteht, diese verweilt deutlich länger im Gefäßsystem.

HES der dritten Generation gilt als besonders geeignet

Frühere Stärkepräparate wiesen mehr Nebenwirkungen als die modernen HES-Lösungen auf. Denn HES ist nicht gleich HES. So enthalten die Lösungen beispielsweise unterschiedlich große Stärkemoleküle. Eine Einheit, die die Molekülgröße beschreibt, ist Dalton. Nachdem im Laufe der Jahre verschiedene HES-Lösungen entwickelt worden sind, weist die

neueste Entwicklung, die so genannte dritte HES-Generation, mit 130 000 Dalton eine Molekülgröße auf, die genau zwischen den beiden ersten Generationen liegt. Sie wird auch als mittelmolekulare Stärke bezeichnet. Aktuelle Veröffentlichungen bescheinigen ihr ein optimales Nutzen-Risikoprofil, sofern die Höchstmengen beachtet werden (1).

Um den abstrakten Begriff „Dalton“ besser einordnen zu können, seien hier noch einige Werte erwähnt. Während die Nierenschwelle bei 60 000 bis 70 000 Dalton liegt, wird die Durchlässigkeit der Kapillarmembran bei 30 000 Dalton angegeben. Oft wird auch von Kilo-Dalton gesprochen, dann würde man also anstatt von 60 000 Dalton (D) von 60 Kilo-Dalton (kD) sprechen.

Neue Erkenntnisse müssen in der Praxis umgesetzt werden

Entscheidend ist, dass man Konzepte der Flüssigkeits- und Volumentherapie auf den jeweiligen individuellen Patienten abstimmt. Hier haben sich in den letzten Jahren neue Erkenntnisse ergeben, die in der Praxis umgesetzt werden müssen. Zum einen betrifft dies die Art und Menge der verabreichten Infusionslösungen, zum anderen hat aber auch die Zusammensetzung der Lösungen viel Aufmerksamkeit erfahren. Heutzutage gelten einerseits die balancierten Infusionslösungen und andererseits die HES-Lösungen der dritten Generation als besonders geeignet. Dennoch sind viele Fragen derzeit noch ungelöst, und in den Lehrbüchern finden sich Aussagen, die in keiner Weise wissenschaftlich belegt sind (8). Weitergehend Interessierten sei die entsprechende Literatur empfohlen.

Literatur:

- (1) Van Aken H et al.: Infusionstherapie in der Anästhesiologie und Intensivmedizin: Gestern, heute und morgen, *Anästh Intensivmed* 2009; 50: 338–345
- (2) Rehberg S et al.: Perioperative Flüssigkeitstherapie, *intensiv* 2008; 16: 288–294
- (3) Zander R: Flüssigkeitstherapie, Bibliomed Medizinische Verlagsgesellschaft mbH, Melsungen 2006
- (4) Adams HA et al.: Volumen- und Flüssigkeitersatz – Physiologie, Pathophysiologie, Pharmakologie und klinischer Einsatz (Teil I), *Anästh Intensivmed* 2007; 48: 448–460
- (5) Druml W: Warum sind die Infusionslösungen so (schlecht) zusammengesetzt? – Eine historische Perspektive, *Wien Klin Wochenschr* (2005) 117/3: 67–70
- (6) Adams HA et al.: Volumen- und Flüssigkeitersatz – Physiologie, Pathophysiologie, Pharmakologie und klinischer Einsatz (Teil II), *Anästh Intensivmed* 2007; 48: 518–540
- (7) Zander R: Anforderungen an einen optimalen Volumenersatz, *Anästh Intensivmed* 2009; 50: 348–357
- (8) Jacob et al.: Mythen und Fakten der perioperativen Infusionstherapie, *Anästh Intensivmed* 2009; 50: 358–376
- (9) Wakim KG: „Normal“ 0.9 % salt solution is neither „normal“ nor physiological, *JAMA* 1970; 214: 1710

Anschrift des Verfassers:

Stephan Dönitz, ERC ALS-Instructor, PHTLS-Instructor
 Fachkrankenschwester, Rettungsassistent
 Mühlenredder 3, 21493 Schwarzenbek
 E-Mail: s.doenitz@t-online.de