

Elektrolytmangel während EKZ: korrigieren, retuschieren oder ignorieren?

Holger Zorn, freier Fachjournalist, Halle (Saale)

Liebe Leserinnen und Leser,

in der Rubrik Fortbildung stellen wir Ihnen ausgewählte Funktions- oder Messprinzipien von Medizinprodukten aus der Herzchirurgie vor. Für die Vermittlung dieser technischen Basics wenden wir uns an Entwickler und Herstellerfirmen, um Ihnen die Kenntnisse aus erster Hand zu liefern.

Der Redaktion ist es ein großes Anliegen, die Rubrik weiterhin neutral und weitestgehend werbefrei zu gestalten. Aus diesem Grund dürfen Sie erwarten, dass wir Ihnen über den gesamten Zeitraum ein abwechslungsreiches Autorenspektrum bieten und zu den jeweiligen Beiträgen auch Produkte anderer Anbieter erwähnen. Gerne nimmt die Redaktion der KARDIOTECHNIK auch Anregungen und Vorschläge für Beiträge dieser Rubrik entgegen.

Die Redaktion

Legt man die klassischen Kriterien zugrunde, kann die extrakorporale Zirkulation (EKZ) gut und gern als Schockzustand gelten. Entscheidend für das Outcome ist, wie dieser Schock kontrolliert wird. Elektrolyte spielen dabei eine wichtige Rolle. Optimiertes Priming allein ist in den seltensten Fällen ausreichend. Meist muss während der Perfusion nachgesteuert werden. Für Kalium, Kalzium und Natrium orientiert man sich gern an einer Blutgasanalyse (BGA). Dieser Beitrag will klären, warum das häufig nur Serumkosmetik ist statt Therapie. Der Text beschreibt die vier wichtigsten Kationen, ihr Zusammenspiel und ihre wirksame Substitution.

KALIUM

Die Konzentration von Kalium beträgt ca. 150 mmol/l in der Myokardzelle und 3,5–5,0 mmol/l im Plasma. Dieser Unterschied, genauer: der Kaliumgradient zwischen Intrazellulär- und Interzellulärraum, bestimmt wesentlich das Ruhepotenzial an der Zellmembran mit. Er wird durch die Magnesium-abhängige Na/K-Pumpe aktiv eingestellt (Abb. 1). Veränderungen des Kaliumgradienten machen die Zelle

elektrisch instabil, führen zu Herzrhythmusstörungen. Das ist, weil gewollt, regelmäßig zu beobachten beim Instillieren und beim Auswaschen kardioplegischer Lösungen. Nicht gewollt – und dennoch häufig – sind solche Abweichungen aber bei der Entwöhnung von der EKZ. Um diese zu korrigieren, wird oft ein hochnormaler Kaliumplasmaspiegel angestrebt, 1- oder gar 2-molare Kaliumchlorid-Lösung verabreicht und der vermeintliche Erfolg schnell mit einer BGA dokumentiert. Das jedoch ist „Serumkosmetik“: Werden, wie bei der EKZ, verstärkt Katecholamine ausgeschüttet (oder appliziert), führt dies zu einem intrazellulären Verlust von Kaliumionen. Bei nicht ausreichender Aktivität der Na/K-Pumpe (hervorgerufen durch Magnesiummangel) werden Kaliumionen von der Zelle nur langsam aufgenommen. Durch die Kaliumchlorid-Gabe steigt lediglich der mittels BGA messbare Kalium-Plasmawert. Ferner wird in der Nebennierenrinde durch den Anstieg der Kalium-Plasmakonzentration vermehrt Aldosteron ausgeschüttet. Dieses erhöht die Ausscheidung von Kalium über die Nieren und führt so zu dem Paradoxon, dass die fortgesetzte Gabe von Kalium(chlorid) dessen Mangel verschärft. Nachhaltige Therapie sieht anders aus:

An Aspartat, das Anion der Asparaginsäure, gebundenes Kalium wird von der Zelle deutlich schneller aufgenommen als freie Kaliumionen, weil Asparaginsäure eine äußerst hohe Affinität zum Intrazellulärraum aufweist. Zum

einen steigert Kaliumaspartat also zügig die intrazelluläre K^+ -Konzentration und dämpft so die weitere Ausschüttung von Katecholaminen; zum anderen verringert der geringere Kaliumplasmaspiegel die Aldosteronausschüttung, was wiederum die renale Ausscheidung von Kalium reduziert (Abb. 2). Enthalten ist Kaliumaspartat in Inzolen® (Dr. Franz Köhler Chemie GmbH, Bensheim).

MAGNESIUM

Die Konzentration von Magnesium beträgt ca. 3 mmol/l in der Zelle und 0,65–1,05 mmol/l im Plasma. Magnesium treibt zwei wichtige Prozesse an: die Na/K-Pumpe an der Zellmembran und die Ca-Pumpe in der Zelle selbst. Die Na/K-Pumpe bezieht ihre Energie aus der Spaltung des ATP-Mg-Komplexes, vermittelt durch die (ebenfalls Mg-abhängige) Membran-ATPase. Sinkt der Magnesiumspiegel, schwächt das die Leistung dieser Pumpe. Die Zellmembran wird vermehrt permeabel, Kaliumionen werden nicht mehr ausreichend in die Zelle gepumpt. Das Ruhepotenzial wird nicht mehr erreicht, die Flimmerschwelle sinkt, es kommt zu Arrhythmien. Deshalb ist ein adäquater Magnesiumspiegel essenziell für die Substitution von Kalium: Die refraktäre Hypokaliämie wird verhindert, die Kaliumbilanz nicht nur geschönt, das Substitutionsziel erreicht.

Wie bei Kalium gilt auch bei Magnesium, dass ein intrazellulärer Mangel vermehrt Katecholamine freisetzt – wodurch sich der Mangel weiter verschärft und, infolge Aldosteronausschüttung, durch ge-

steigerte renale Ausscheidung letztlich verstetigt. Hier wirkt also der gleiche Mechanismus, deshalb liegt in den verschiedenen Zubereitungen von Inzolen auch das Magnesium an Aspartat gebunden vor und wird so deutlich schneller in der Zelle verfügbar gemacht als herkömmliches Magnesiumsulfat.

KALZIUM

Die Konzentration von ionisiertem Kal-

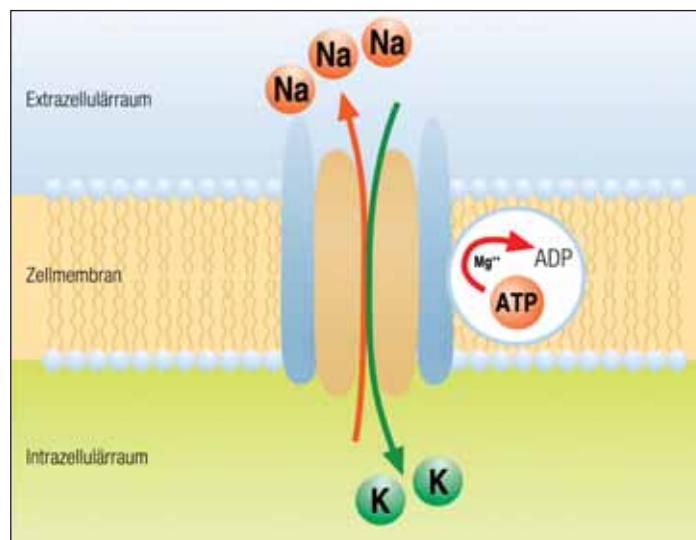


Abb. 1: Schematische Funktion der Na/K-Pumpe. Quelle: Dr. F. Köhler Chemie GmbH.

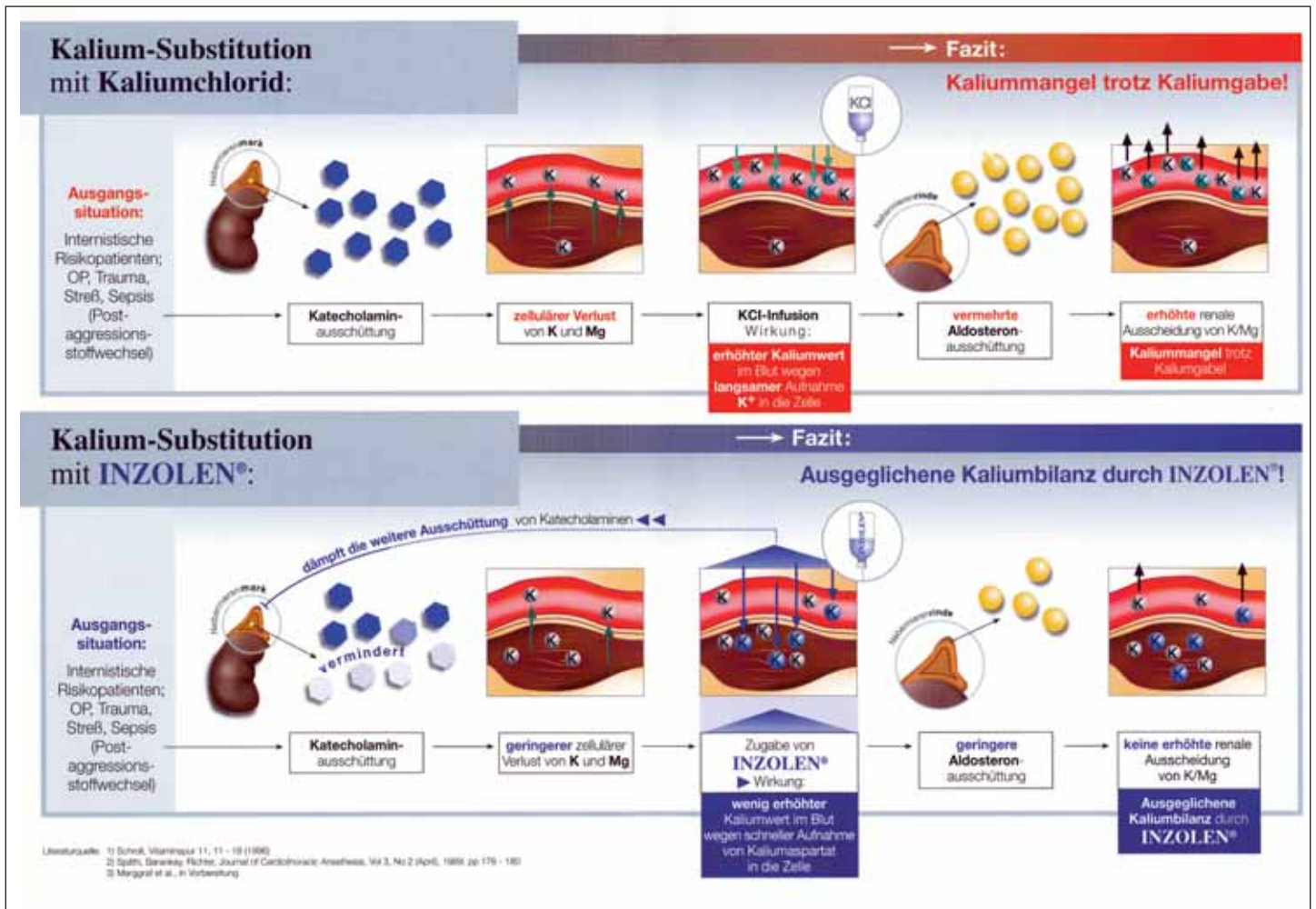


Abb. 2: Prinzip der Kalium-Substitution ohne und mit Inzolen. Quelle: Dr. F. Köhler Chemie GmbH.

zium beträgt ca. 0,0001 mmol/l in der Zelle und 1,1–1,3 mmol/l im Plasma. In der Muskelzelle wird es für die Kontraktion gebraucht, dazu unter hohem Energieeinsatz aus dem Zytosol in das sarkoplasmatische Retikulum transportiert. Würde die Zelle jedoch mit Kalzium überladen, verlängerte sich deren Aktionspotenzial und verkürzte sich die Relaxationszeit. Verschlechterte Durchblutung und damit ein verringertes Sauerstoffangebot, letztlich also eine Myokardischämie, wären die Folge. Den Einstrom von Kalzium in die Zelle reguliert wiederum das Magnesium: Ein hoher intrazellulärer Mg-Spiegel verhindert einen vermehrten Ca-Einstrom in die Zelle, wie er aufgrund des Konzentrationsgradienten zu erwarten wäre.

NATRIUM

Die Konzentration von Natrium beträgt ca. 11 mmol/l in der Zelle und 135–145 mmol/l im Plasma. Natrium liegt also hauptsächlich extrazellulär vor, im Gegensatz zum hauptsächlich intrazellulären Kalium. Zur Ausbildung des Erregungspotenzials strömt über schnelle Kanäle Natrium in die Zelle ein und Kalium aus. Über die Mag-

nesium-abhängige Na/K-Pumpe erfolgt anschließend der Rücktransport bis zum Erreichen des Ruhepotenzials. Schwere Natriummangel belastet diesen Kreislauf, weil dann nicht genügend Ionen über die Kanäle in die Zelle gelangen. Für die Regulation des Wasserhaushalts und des osmotischen Drucks aber sollte der Natriumspiegel schon innerhalb der engen Grenzen des Normbereichs liegen. Dennoch ist es eher selten geraten, hier sofort massiv gegenzusteuern: Zu schnelle Korrektur einer Hyponatriämie kann die Umhüllungen von Nervenfasern schädigen und in der Folge zu Störungen oder zum Ausfall von Hirnstammfunktionen führen.

Kontakt: kontakt@12silben.de

LITERATUR

- [1] Susilo R, Mutschler E, Vierling W: Pharmakologie und Klinik der Gabe von Kalium und Magnesium. Pharm Ztg 2002; 147: 2752-2757
- [2] Schroll A: Magnesium und das Elektrolytgleichgewicht. Vitaminspur 1996; 11: 11-18
- [3] Whang R, Flink EB, Dyckner T et al: Magnesium depletion as a cause of refractory potassium repletion. Arch Int Med 1985; 145: 1686-1689

[4] Schroll A: Optimierte Magnesium-Substitution bei Extrakorporaler Zirkulation. Mg Bull 1981; 3: 163-167

[5] Levick JR: Physiologie des Herz-Kreislauf-Systems. Barth, Heidelberg/Leipzig 1998

Thema dieses Beitrags ist die Elektrolyt-Therapie an der HLM unter besonderer Berücksichtigung der Kalium-Substitution, hier exemplarisch dargestellt am Beispiel von Inzolen®, einer kommerziellen Lösung zur Elektrolytsubstitution der Dr. Franz Köhler Chemie GmbH, Bensheim. Für spezielle Indikationen, z. B. die pädiatrische EKZ, existieren spezielle Zubereitungen. Andere Hersteller führen Infusionslösungen mit abweichenden Rezepturen. Spurenelemente, die auch im Inzolen enthalten sind, waren nicht Gegenstand dieses Artikels. Ein Anspruch auf vollständige Nennung aller Präparate sämtlicher Anbieter kann nicht erhoben werden.

Die Redaktion