

Magnesium in der perioperativen Phase bei herzchirurgischen Eingriffen mit extrakorporaler Zirkulation

A. Schroll / E. Struck / J. Laas / N. Mendler / R. Zink / H. Stipanowsky / R. Keck / F. Sebening

Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Deutsches Herzzentrum München (Direktor: Prof. Dr. F. Sebening)

Unter standardisierter Substitution mit Inzolen® fanden wir bei extrakorporaler Zirkulation für Plasmamagnesium Anstiege auf das Mehrfache der Ausgangswerte, die sich erst gegen Ende des 1. postoperativen Tages normalisierten. Auch intraerythrozytär zeigt sich dieser Anstieg, gefolgt von einem langsamen Absinken. Wenn Plasmawerte abfallen, ist bei Magnesium eine intrazelluläre Verarmung weniger zu befürchten als bei Kalium.

Ein vielfach bestätigter Befund nach Operationen ist die Konzentrationsabnahme von Kalium und Magnesium im Plasma besonders am 1. postoperativen Tag. Dies gilt in vermehrtem Maße für Herzoperationen mit Hilfe der Herz-Lungen-Maschine. In der frühen postoperativen Phase können schon geringe Elektrolytentgleisungen zu erheblichen Organfunktionsstörungen führen. Nicht nur Herzrhythmusstörungen, sondern möglicherweise auch allgemeine Stoffwechselveränderungen oder in ihren Entstehungsmechanismen nicht immer voll aufgeklärte Nierenfunktionsstörungen können hiermit im Zusammenhang stehen. Da in den bisher vorliegenden Publikationen [1] Elektrolyte unterschiedlich substituiert wurden, sind die Befunde nur bedingt vergleichbar. So fand Scheinman [2] unter Magnesiumsubstitution sogar ein stärkeres Absinken im Plasma als ohne Magnesiumgabe.

Wir haben diese Problematik unter standardisierten Substitutionsbedingungen nach etwa 1500 durchgeführten Herzoperationen mit extrakorporaler Zirkulation aufgegriffen und besonders den intraoperativen Zeitraum in kurzen Zeitabschnitten untersucht. Zur Elektrolytsubstitution, die als primäres Ziel die Konstanthaltung des Ka-

Tabelle 1 Patientengut

Mittleres Patientenalter	47,8 Jahre (s = 11,7) (16 bis 63 Jahre)
für Patienten mit Aortenklappenersatz:	48,3 Jahre (s = 14,6) n = 10
für Patienten mit Koronarbypass:	48,5 Jahre (s = 8,1) n = 0
ein Patient mit Vorhofseptumdefekt:	35 Jahre n = 1
Mittlere Bypasszeit	63,4 Minuten (s = 29,9)
für Patienten mit Aortenklappenersatz:	61,6 Minuten (s = 16,2)
für Patienten mit Koronarbypass:	70,3 Minuten (s = 37,9)

liumspiegels im Plasma hat, verwenden wir K-Mg-Zn-Aspartat in Form von Inzolen®. Unser Patientengut umfaßt 20 Patienten (Tab. 1). Altersmäßig zeigten Patienten mit Aortenklappenersatz und Koronarbypass-Patienten keinen signifikanten Unterschied. Bei allen war der postoperative Verlauf zufriedenstellend. Auch in der Dauer der extrakorporalen Zirkulation fand sich kein signifikanter Unterschied der beiden Patientengruppen.

Methodik

Die Bestimmung von Kalium und Magnesium erfolgte mit Hilfe der Atomabsorption an einem Perkin-Elmer Gerät Typ 300 [3] (Tab. 2).

Methodik

Die Bestimmung von Kalium und Magnesium erfolgte mit Hilfe der Atomabsorption an einem Perkin-Elmer Gerät Typ 300 [3] (Tab. 2).

Tabelle 2 Bestimmung von Kalium und Magnesium

	Wellenlänge	V_K	Verdünnungsfaktor	
			Plasma	Vollblut
Kalium	767 nm	1,11	26	251
Magnesium	285 nm	1,65	51	51

Aus der Blut- und Plasmakonzentration sowie dem Hämatokrit errechnen wir den intraerythrozytären Elektrolytgehalt in nmol/l Erythrozyten nach der Differenzmethode:

$$\frac{\text{Vollblut} - \text{Plasma} (1 - \text{Hk})}{\text{Hk}}$$

Die Differenzmethode erscheint uns genauer als die direkte Bestimmung aus Erythrozytensediment ($V_K = 3,1$), weil sie die im Sediment stets enthaltenen Plasmareste vermeidet.

Ergebnisse

Wir haben die Elektrolytkonzentrationen von Kalium und Magnesium gemessen. Die Mittelwerte der Elektrolytkonzentrationen im perioperativen Zeitraum stellen sich dar, wie Tabelle 3 zeigt.

Tabelle 3 Perioperative Mittelwerte von Kalium und Magnesium (n = 20), Angaben in mmol/l

	Prä-operativ	Intraoperativer Bypass	Bypass-Operation Ende	Post-operativ 6 Stunden	1.–5. postoperativer Tag
Erykalium	99,75	104,73	100,99	92,56	94,43
Plasmakalium	3,80	4,39	4,05	4,54	4,16
Erymagnesium	2,60	3,01	2,96	2,86	2,51
Plasma-magnesium	0,83	2,04	2,10	1,50	0,95

Bei Plasmakalium überschreiten die Mittelwerte sowohl in der ersten Hälfte der Bypasszeit als auch nach der 3. bis 12. postoperativen Stunde den präoperativen Ausgangsbereich unserer Patienten. Daß die Mittelwerte über alle Bereiche: während der extrakorporalen Zirkulation, vom Bypassende bis zum Operationsende, in den nachfolgenden 6 Stunden sowie vom 1. bis 5. postoperativen Tag, innerhalb des Normbereiches für Plasmakalium liegen, steht im Einklang mit unserem Ziel, bei der Substitution diesen Normbereich einzuhalten. Inzolen® dosieren wir anfänglich mit 20 mmol Kalium pro m² Körperoberfläche und 5,6 mmol K für die Füllung der Herz-Lungen-Maschine. Die durchschnittliche Gesamtzufuhr beträgt intraoperativ und in den ersten 6 Stunden postoperativ je ca. 70 mmol und für den 1. postoperativen Tag 46 mmol Kalium. Auch die Mittelwerte für Erythrozytenkalium übersteigen fast während der gesamten Bypassdauer die präoperativen Ausgangswerte, um gegen Bypassende wieder in diesen Bereich zurückzukehren. Ab Operationsende bemerken wir jedoch einen kontinuierlichen Abfall, der im Plasma gegenläufig mit einem Anstieg zusammentrifft. Ein uns normal erscheinender Kaliumplasmawert darf also nicht zu der Annahme verleiten, daß auch intraerythrozytär Kalium ausreichend vorhanden sei. In den ersten Stunden nach der Operation, während deren der Patient erfahrungsgemäß am kreislauffähigsten ist, war hier trotz ausreichender Kaliumzufuhr eine zunehmende Verarmung der Zelle eingetreten, obwohl in diesem Zeitraum die durchschnittliche Kaliumzufuhr ebenso groß war wie während der Operation.

Während wir mit Inzolen® ein äquivalentes K-Mg-Gemisch substituieren, zeigen Plasmawerte für Kalium und Magnesium keinen übereinstimmenden Verlauf. Unsere präoperativen Ausgangswerte steigen in den Mittelwerten mit Bypassbeginn rasch an auf das Mehrfache und erreichen den Ausgangsbereich erst wieder am 2. postoperativen Tag. Die Ausgangswerte bewegen sich an der unteren Grenze des Normbereichs. Dieser Anstieg zeigt

sich auch – jedoch nicht so ausgeprägt – im Erythrozyten. Die Ausgangswerte werden während der gesamten Bypasszeit vom Verlauf der Mittelwerte überschritten, nach Bypassende kehren sie jedoch für den gesamten postoperativen Verlauf wieder in diesen Bereich zurück. Im Vergleich mit dem Normbereich liegen unsere Mittelwerte mit wenigen Ausnahmen stets darüber. Während die Plasmamagnesiumwerte postoperativ rasch und kontinuierlich wieder abnehmen, ist diese Tendenz im Erythrozyten nur schleichend zu erkennen. Dieser protrahierte intraerythrozytäre Verbleib läßt für Magnesium eine intrazelluläre Verarmung weit weniger befürchten als für Kalium. Es scheint so, daß erhöhte Plasmawerte den Eintritt von Magnesium in die Zelle begünstigen und Magnesium die Zelle weniger leicht wieder verläßt.

Diskussion

Angesichts der intra- und postoperativ erhöhten Magnesiumwerte steht zur Diskussion, ob Magnesium in unserer gegenwärtigen Substitutionsform reduziert werden soll. Obwohl wir klinische Symptome einer beginnenden Hypermagnesiämie wie Rhythmus- und Reizleitungsstörungen nicht beobachten konnten, könnte dann die Substitution bei Magnesium ähnlich wie bei Kalium zur Erhaltung normaler Konzentrationen im Plasma wie im Erythrozyten führen.

Hypermagnesiämie (über 1,25 mmol/l)

2,5 bis 5 mmol/l

EKG-Veränderungen: PR-Verlängerung
QRS- und QT-Verbreiterung
Bradykardie
AV-Überleitungsstörungen

Übelkeit, Erbrechen, Lethargie, Adynamie, Obstipation, Blasenperre, Sekretionshemmung

Dilatation der Gefäßmuskulatur: leichte Blutdrucksenkung

Am Modell des Erythrozyten wurde hier ein Einblick in das intrazelluläre Elektrolytgeschehen versucht, obwohl Bedenken bestehen, daß dies am Erythrozyten zulässig sei. Staib [4] meint, der Erythrozyt sei nicht repräsentativ für andere Gewebe, insbesondere nicht bei akuten Veränderungen. Walser [5] bezeichnet dagegen das erythrozytäre Magnesium als einen verlässlichen Parameter des Magnesiumgehalts. Wilke [6] findet eine enge Beziehung zwischen Kalium- und Magnesiumgehalt in Erythrozyten bei Verschiebung vom Intra- in den Extrazellulärraum. Nach Averdunk [7] hat der Erythrozyt zwar einen geringeren Energieumsatz im Vergleich zu anderen Zellen, doch läßt die hochaktive spezifische Na/K-ATPase des Erythrozyten den Schluß zu auf eine schnelle Regulierung des intra-/extrazellulären Elektrolytgradienten. Gleichsinnige Veränderungen des intrazellulären Natrium- und Kaliumgehalts in Erythrozyten und im Skelettmuskel sprechen nach Struck [8] klar für die Berechtigung, den Erythrozyten als Modell für extra-/intrazelluläre Elektrolytverschiebungen benutzen zu können. Wenn Kalium und Magnesium in der Aspartatform zugeführt werden, die ja nachweislich deren leichten und

schnellen Eintritt in die Zelle ermöglicht, dann ist es wohl auch sinnvoll, in Erythrozyten Kalium und Magnesium zu messen.

Literatur

- [1] Regensburger D., K. Paschen, C. Fuchs: Thoraxchir. 20, 473 (1972)
- [1a] Paschen K., C. Fuchs, H. E. Hoffmeister, D. Regensburger, J. Konc: Thoraxchir. 20, 43 (1972)
- [1b] Romero E. G.: J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 66, 668 (1973)
- [2] Scheinmann M. M.: in J. Durlach: 1. Internat. Symposium über Magnesiummangel, Vittel 1973
- [3] Schroll A., E. Struck, N. Mendl: Diagnostik (1977, im Druck)
- [4] Staib I.: Aspartat-Kolloquium, Düsseldorf 1969
- [5] Walser M.: Magnesium metabolism. Erg. Physiol. 59, 185 (1967)
- [6] Wilke H.: in: Elektrolyte und Spurenelemente in der Intensiv-Medizin. de Gruyter, 1974, S. 31
- [7] Averdunk R.: Z. Naturforsch. 246, 693 (1969)
- [8] Struck E., F. Sebening: Aspartat-Kolloquium, Düsseldorf 1969
- [9] Struck E.: Arzneim.-Forsch. 19, 113 (1969)

Für die Verfasser: Dr. med. Dr. rer. nat. A. Schroll, Deutsches Herzzentrum München, Lothstraße 11, 8000 München 2