

Veränderungen der Serum-CK- und Serum-CK-MB-Aktivitäten in Abhängigkeit von einer Magnesiumsubstitution bei Leistungssportlerinnen

Von S. Golf, V. Graef, H.-J. Gerlach und K. E. Seim

Institut für Klinische Chemie und Pathobiochemie und Zentrum für Innere Medizin der Justus Liebig-Universität Gießen, Klinikstraße 36, D-6300 Gießen.

Zusammenfassung

Bei Leistungssportlerinnen lag die Serum-Magnesiumkonzentration vor einem dreitägigen intensiven Training an der unteren Grenze des Referenzbereichs. Während des Trainings fiel die Magnesiumkonzentration trotz Substitution in den hypomagnesiämischen Bereich ab. Die Gesamtcreatininkinase (CK)- und Creatinkinase Isoenzym MB (CK-MB)-Aktivitäten im Serum stiegen weniger deutlich in der mit Magnesium substituierten Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe an. Die Serum-Calcium- und Lactat-Konzentrationen zeigten in beiden Gruppen keine Unterschiede.

Summary

Serum magnesium concentrations were determined in competitive women athletes during a three day intensive training period. Prior to this period magnesium levels were found in the lower normal range. Although a magnesium supplementation was performed magnesium values decreased to hypomagnesemia during the course. Total creatininkinase (CK) and creatininkinase isoenzyme MB (CK-MB) activities in serum increased less in the supplemented group if compared to the control group. Serum calcium and lactic acid values did not differ between both groups.

Résumé

Les taux du magnésium sérique étaient au bord inférieur des valeurs normales chez des sportives actives avant l'entraînement intensif de 3 jours. Pendant l'entraînement le taux du magnésium sérique tombait au niveau d'une hypomagnésémie malgré une substitution avec magnésium. Les activités de CK sérique totale et de l'isoenzyme CK-MB étaient moins élevées dans la groupe traitée avec magnésium que dans les contrôles.

Quant aux taux du Ca sérique et du lactate sérique, il n'y avait pas de différences entre les deux groupes.

Einführung

Der Abfall des Serum-Magnesiumspiegels nach längeren sportlichen Belastungen gehört zu den gesicherten Erkenntnissen der Sportmedizin [3, 7, 8]. Von verschiedenen Autoren wurde die Empfehlung einer Magnesium-Substitution bei Leistungssportlern vor dem Hintergrund des vielfältigen Einflusses des Magnesiums auf die Muskelfunktionen ausgesprochen [4, 5, 7].

Vergleichende Untersuchungen, die die Auswirkungen einer Magnesium-Substitution auf im Serum meßbare Parameter des Muskelstoffwechsels bei Sportlern untersuchten, liegen nicht vor.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Auswirkungen einer länger dauernden sportlichen Belastungsphase — Trainingslager von Bundesliga-Handballspielerinnen — auf die Serumkonzentrationen des Magnesiums, Calciums, Lactats und der Aktivitäten der CK und der CK-MB im Serum zu untersuchen, um insbesondere eine Aussage über die Interaktionen zwischen Magnesiumkonzentration und Aktivitäten der CK und CK-MB machen zu können.

Methoden

Bei sechzehn Bundesligahandballspielerinnen (Durchschnittsalter 22,6 Jahre) wurden während eines Trainingslagers an drei verschiedenen Tagen zur gleichen Tageszeit die Serumaktivitäten der CK und CK-MB sowie die Serumkonzentrationen des Calciums, Magnesiums und Lactats bestimmt. Drei Tage nach Beendigung des Trainingslagers nach einer Ruhephase wurden die gleichen Parameter erneut gemessen.

Die Hälfte der Sportlerinnen erhielt während der Studie dreimal pro Tag 5 Gramm Magnesium-L-aspartat-hydrochlorid-trihydrat* als Granulat zum Trinken ($3 \times 5 \text{ mmol Mg}^{2+}$), die zweite Hälfte keine Magnesium-Substitution. Der Trainingsumfang betrug je zwei Trainingseinheiten am Vormittag und Nachmittag sowie am Abend ein Trainingsspiel.

Die Calcium- und Lactat-Konzentrationen sowie die CK-Aktivität wurden am ACA (Du Pont) gemessen. Die CK-MB-Aktivität wurde mit den NAC-aktivierten Monotests (Immuno-Methode, Firma Merck) und die Magnesiumkonzentration mit einem Atomabsorptions-Photometer (Firma Evans, Electroelenium, Essex, U.K.) bestimmt. Zur Lactatbestimmung wurde das Blut (fünf ml) in Röhrchen entnommen, welche je zehn mg Natriumfluorid und Kaliumoxalat zur Hemmung der Glycolyse und Gerinnung enthielten. Die Variationskoeffizienten der Qualitätskontrolle der oben angeführten Bestimmungsmethoden betragen 5,0 %; 6,9 %; 4,9 %; 6,7 %; 2,7 %.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Modell der partiell hierarchischen Varianzanalyse. Hierbei konnten lediglich Daten von zehn Probandinnen (jeweils 5 in jeder Gruppe) verwendet werden, da von den übrigen sechs die Daten nicht vollständig waren.

* Magnesiocard®-Granulat, Verla-Pharm, D-8132 Tutzing

Ergebnisse

Der Serum-Magnesiumspiegel vor Beginn des Trainings lag im unteren Normbereich. Trotz Substitution fiel die Magnesiumkonzentration im Serum während des Trainings weiter ab, wenn auch weniger stark ausgeprägt als in der Kontrollgruppe (Abb. 1). In der Ruhephase kam es zu keinem Anstieg auf den Ausgangswert.

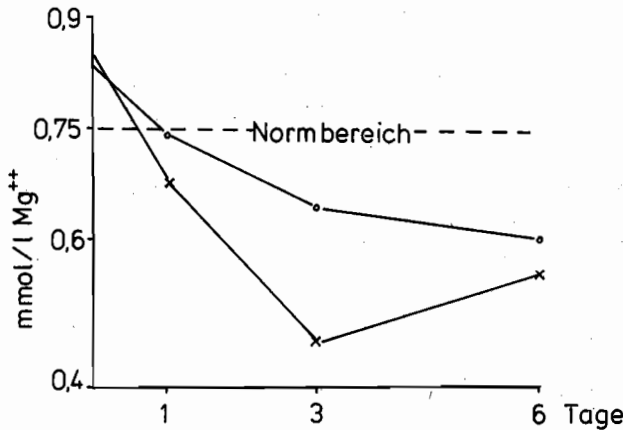


Abb. 1: Verhalten der Magnesium-Konzentration im Serum von Sportlerinnen unter Trainingsbelastung in Abhängigkeit von einer Magnesium-Substitution. Aufgetragen sind die arithmetischen Mittel. x-x Kontrolle, o-o Magnesium-Gruppe.

In beiden Gruppen erfolgt während der sportlichen Belastung ein deutlicher Anstieg der Serum-CK-Aktivitäten. In der Magnesiumgruppe ist dieser Anstieg wesentlich geringer (31 % gegenüber 174 %) und der gemessene maximale Anstieg deutlich kleiner als in der Kontrollgruppe (Abb. 2; Tabelle 1).

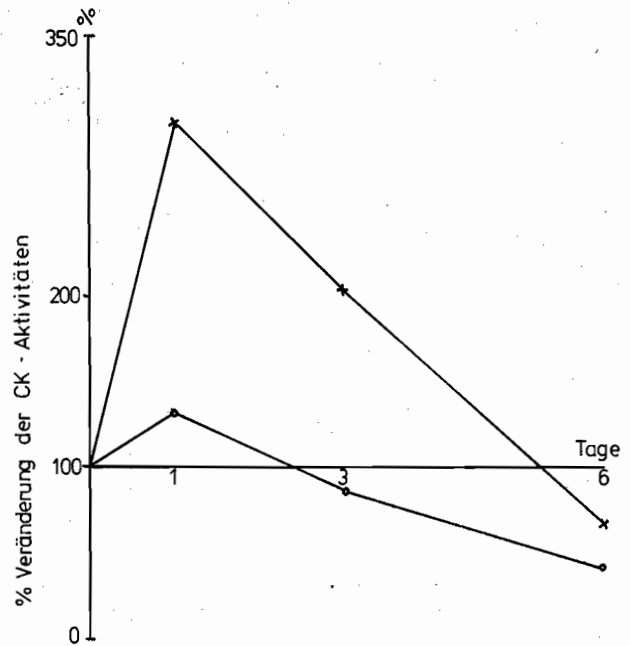


Abb. 2: Verhalten der CK-Aktivitäten im Serum von Sportlerinnen während einer Trainingsbelastung in Abhängigkeit von einer Magnesium-Substitution. Aufgetragen sind die geometrischen Mittel der relativen CK-Aktivitäten. Ausgangswert entspricht 100 %. x-x Kontrolle, o-o Magnesium-Gruppe.

Einen ähnlichen Verlauf zeigen die CK-MB-Aktivitäten (Abb. 3). Der Anstieg in der Magnesiumgruppe beträgt 48 % gegenüber 123 % in der Kontrollgruppe.

Die Serum-Calciumkonzentrationen liegen während der gesamten Beobachtungsdauer im Normbereich und zeigen zwischen den beiden Kollektiven keinen Unterschied (Abb. 4).

Tab. 1: Verhalten der CK- und CK-MB-Aktivitäten im Serum von Sportlerinnen unter Trainingsbelastung in Abhängigkeit von einer Magnesium-Substitution. Angegeben ist das geometrische Mittel und die Standardabweichung.

CK-Aktivität (U/l) Referenzbereich 10 – 70 U/l				
Tag	0	1	3	6
Kontrolle	114,8 57 – 231,7	162,2 71,3 – 369	169,8 62,7 – 460,3	64,6 46,5 – 89,7
Mg-Gruppe	138,0 71,3 – 267,3	186,2 76,4 – 454	144,5 72,4 – 288,4	64,6 52,1 – 80,0

CK-MB-Aktivität (U/l) Referenzbereich < 4 U/l				
Kontrolle	10,5 2,9 – 38,6	12,5 8,9 – 17,8	11,9 8,0 – 17,7	10,6 6,4 – 17,9
Mg-Gruppe	13,8 4,7 – 40,4	19,5 6,6 – 57,9	11,2 7,3 – 17,3	9,7 4,5 – 21,6

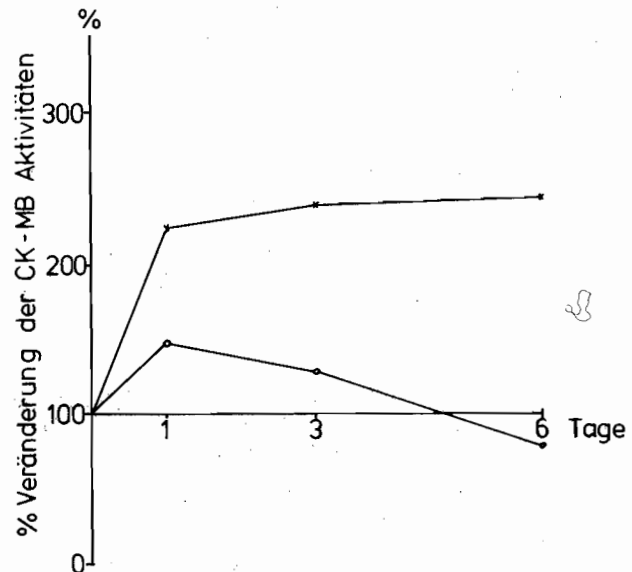


Abb. 3: Verhalten der CK-MB-Aktivitäten im Serum von Sportlerinnen. Details siehe Abbildung 2.

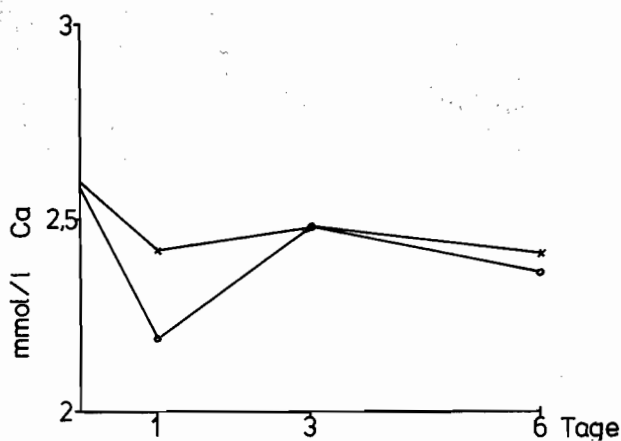


Abb. 4: Verhalten der Calcium-Konzentration im Serum von Sportlerinnen unter Trainingsbelastung in Abhängigkeit von einer Magnesium-Substitution. Aufgetragen sind die arithmetischen Mittel. x-x Kontrolle, o-o Magnesium-Gruppe.

Die Lactatkonzentrationen im Plasma stiegen während der Belastung auf Werte um 2,5 mmol/l an. Es findet sich kein unterschiedliches Verhalten zwischen den beiden Gruppen (Abb. 5).

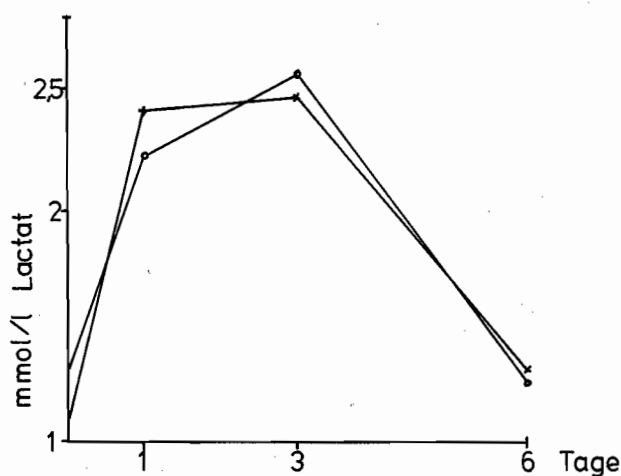


Abb. 5: Verhalten der Lactat-Konzentration im Plasma von Sportlerinnen unter Trainingsbelastung in Abhängigkeit von einer Magnesium-Substitution. Aufgetragen sind die arithmetischen Mittel. x-x Kontrolle, o-o Magnesium-Gruppe.

Diskussion

Initiiert wurde diese Untersuchung durch die Beobachtung des Trainers der Spielerinnen (Autor H.-J. G.), der in der der Untersuchung vorausgehenden Saison bei seiner Mannschaft durch eine erstmalig durchgeführte Magnesium-Substitution eine deutlich geringere Krampf-Anfälligkeit der Muskulatur bei den Sportlerinnen, keine Myogelosen, Muskelkontraktionen und Zerrungen beobachtet hatte im Gegensatz zu früheren Spielzeiten.

Während dieser Studie konnte bei Berücksichtigung der beiden Kollektive diese Beobachtung bestätigt werden.

Der beschriebene Verlauf der Magnesiumkonzentration im Serum während der Belastung steht im Einklang mit Beobachtungen anderer Autoren [1, 4]. Auffällig ist, daß trotz der durchgeführten Magnesiumsubstitution der Serummagnesium-Spiegel während des Untersuchungszeitraums weiter abfällt. Ursächlich wird zum einen ein vermehrter Verlust des Magnesiums im Schweiß, zum anderen ein Transfer des Magnesiums in intrazelluläre Kompartimente als Ursache der Hypomagnesiämie diskutiert [1, 4, 6]. Eine verstärkte Ausscheidung über die Niere als Ursache für die Hypomagnesiämie wurde ausgeschlossen [3, 6].

Der Abstrom des Magnesiums in die Zellen dürfte die eigentliche Erklärung für die Hypomagnesiämie sein — dies entspricht auch einem sinnvollen physiologischen Regulationsmechanismus bei muskulärer Arbeit. Ausgehend von den Angaben von Böhmer über die Magnesiumkonzentration im Schweiß [2] ist ein derart hoher Verlust des Magnesiums über den Schweiß bei einer Substitution von 360 mg Magnesium pro Tag unter Berücksichtigung der enteralen Resorptionsquote und der Regulation durch die Nieren nicht möglich.

Die vom Trainer beobachtete unterschiedliche Anfälligkeit für Verletzungen der Muskulatur kann auch nicht durch ein unterschiedliches Verhalten der Serum-Lactatspiegel erklärt werden.

Die protektive Wirkung des Magnesiums auf den Muskelstoffwechsel und auf die Zellpermeabilität sowie die neuromuskuläre Erregbarkeit ist bekannt. Die für die CK- und CK-MB-Aktivitäten gefundenen Werte (Abb. 2 und 3) zeigen einen unterschiedlichen Verlauf für die beiden Gruppen, lassen sich aber unter Zugrundelegung des angewendeten statistischen Modells nicht signifikant absichern. Hier spielt sicherlich die kleine Zahl der Probandinnen eine Rolle. Weitere Untersuchungen an einem größeren Kollektiv werden derzeit durchgeführt. Es dürfte sich aber immerhin aus unseren Untersuchungen der Hinweis ableiten lassen, daß Magnesium die Permeabilität der Muskel- und Herzmuskelzellen vermindert und so zu einem geringeren Ausstrom der gemessenen Enzyme ins Plasma führt.

Für Muskelkontraktion und Energiegewinnung in der Muskelzelle ist die Anwesenheit von Magnesium erforderlich. Daneben wird die neuromuskuläre Erregbarkeit von Magnesium mitre-

guliert. Ein optimaler Ablauf dieser Prozesse ist mit einer Grundlage für sportliche Höchstleistungen.

Tab. 2: Verhalten der Mg^{++} -, Ca^{++} - und Lactat-Konzentrationen im Serum von SportlerInnen unter Trainingsbelastung in Abhängigkeit von einer Magnesium-Substitution. Angegeben ist das arithmetische Mittel und die Standardabweichung.

Ca ⁺⁺ (mmol/l) Referenzbereich 2,0–2,8 mmol/l				
Tag	0	1	3	6
Kontrolle	2,59 ± 0,08	2,42 ± 0,10	2,48 ± 0,08	2,41 ± 0,11
Mg-Gruppe	2,58 ± 0,13	2,19 ± 0,52	2,48 ± 0,13	2,36 ± 0,19

Mg ⁺⁺ (mmol/l) Referenzbereich 0,7–0,9 mmol/l				
Tag	0	1	3	6
Kontrolle	0,85 ± 0,06	0,68 ± 0,05	0,47 ± 0,07	0,56 ± 0,14
Mg-Gruppe	0,84 ± 0,07	0,74 ± 0,10	0,64 ± 0,06	0,60 ± 0,10

Lactat (mmol/l) Referenzbereich < 1,78 mmol/l				
Tag	0	1	3	6
Kontrolle	1,12 ± 0,15	2,40 ± 0,81	2,50 ± 0,83	1,34 ± 0,48
Mg-Gruppe	1,28 ± 0,40	2,24 ± 0,80	2,58 ± 1,15	1,26 ± 0,42

Vor dem Hintergrund dieser physiologischen Grundlagen ist unter Berücksichtigung unserer Ergebnisse eine Magnesiumsubstitution bei LeistungssportlerInnen und Leistungssportlern sinnvoll.

Danksagung

Wir danken Frau C. Sapper und Herrn F. Häuser für die technische Assistenz sowie den HandballspielerInnen der Bundesligamannschaft des TV Lützellinden für die Teilnahme an der Studie.

Literaturverzeichnis

- [1] Böhmer, D.: Veränderungen des Magnesiumspiegels im Serum nach sportlichen Belastungen. *Krankenhausarzt* **51**, (1978) 356–357.
- [2] Böhmer, D., Ambrus, P., Szögy, A.: Der Magnesiumgehalt im Schweiß von Sportlern (Autorenreferate des 6. Hohenheimer Magnesiumsymposiums 1983).
- [3] Haralambie, G., Keul, J.: Der Einfluß von Muskelarbeit auf den Magnesiumspiegel und die neuromuskuläre Erregbarkeit beim Menschen. *Med. Klin.* **32/33** (1970) 189–199.
- [4] Haralambie, G.: Magnesium-Stoffwechsel bei körperlicher Belastung, *Krankenhausarzt* **52** (1979) 2393–2399.
- [5] Peters, H.-J., Hunger, P., Neumann, G., Köhler, H.: Das Verhalten der Elemente Magnesium, Kupfer und Zink unter sportlichem Streß. *Zentralblatt für Pharmazie* Jg. **121,5** (1982) 463–465.
- [6] Refsum, H. E., Meen, H. D., Strömme, S. B.: Whole blood, serum and erythrocyte magnesium concentrations after repeated heavy exercise of long duration. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* **32** (1973) 123–127.

- [7] Rose, L. I., Carroll, D. R., Lowe, S. L., Peterson, E. W., Cooper, K. H.: Serum electrolyte changes after marathon running. *J. Appl. Physiol.* **29** No. 4 (1970) 449–451.
- [8] Van Dam, B., Haralambie, G.: Die Änderungen einiger biochemischer Parameter durch sportartspezifische Belastungen im Fecht sport. *Leistungssport* **4** (1977) 285–292.

(Für die Autoren: Dr. S. Golf, Institut für Klinische Chemie und Pathobiochemie, Klinikum der Justus Liebig-Universität Gießen, Friedrichstraße 24, D-6300 Gießen)