

P. Saur

Magnesium und Sport

Zentrum Anaesthesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin, Georg-August-Universität Göttingen

Zusammenfassung

Magnesium wirkt als essentieller Kofaktor zahlreicher intrazellulärer Prozesse und ist somit verantwortlich für mehr als 300 enzymatische Vorgänge. Die Inzidenz eines Magnesiummangels bei Sportlern wird bis zu 65% geschätzt. Die Ursachen des Magnesiummangels bei Sportlern liegen entweder in einem erhöhten Magnesiumbedarf, einer reduzierten Magnesiumaufnahme oder in einem erhöhten Magnesiumverlust begründet. Sportler mit einer erniedrigten Magnesiumplasmakonzentration sollten mit Magnesium substituiert werden. Bei normalen Magnesiumplasmakonzentrationen sollte eine Magnesiumsubstitution bei Sportlern erwogen werden, die im besonderen Ausmaß für einen Magnesiummangel prädisponiert sind. Bei einer eingeschränkten Nierenfunktion sollten nur unter engmaschiger Magnesiumkontrolle gegeben werden.

Bedeutung und Funktion

Magnesium ist nach Kalium das quantitativ bedeutendste intrazelluläre Kation des Körpers. Magnesium wirkt als essentieller Kofaktor zahlreicher intrazellulärer Prozesse und ist somit verantwortlich für mehr als 300 enzymatische Vorgänge (4). Die Membranstabilisierung ist eine seiner wichtigsten Eigenschaften, indem es durch die Komplexbildung mit Phospholipiden die Membranpermeabilität vermindert. Eine normale intrazelluläre Magnesiumkonzentration begünstigt durch eine Aktivierung der Na/K-ATPase den Kaliumtransport in die Zelle. Bei Magnesiummangel ist die intrazelluläre Kaliumauffüllung blockiert ist, was sich klinisch in Herzrhythmusstörungen äußern kann. Magnesium wirkt als ein physiologischer Calcium-Kanal-Blocker (4).

Auf das neuromuskuläre System hat Magnesium eine dämpfende Wirkung. Es reduziert die elektrische Erregbarkeit des Neurons und verlängert die Nervenleitgeschwindigkeit. Dementsprechend senkt eine niedrige Magnesiumplasmakonzentration die Schwelle der axonalen Stimulation und erhöht die Nervenleitgeschwindigkeit. Dies kann sich in Form von Muskelkrämpfen oder auch generalisierten Krampfanfällen auswirken (4).

Ein Magnesiummangel kann zu einer partiellen Entkopplung der Zellatmung mit einer Reduzierung des P/O-Quotienten und einer daraus resultierend ineffektiven Energiegewinnung führen. Weiterhin ist die Glukoseaufnahme in die Zelle magnesiumabhängig. Das ist insbesondere für Sportler wichtig, weil durch eine verbesserte zelluläre Glukoseaufnahme die Glykolyse beschleunigt wird (1,2,4).

Erschwerend für den klinischen Alltag ist, dass die durch einen Magnesiummangel ausgelösten Symptome unspezifisch sind (Tab. 1) und auch unter einer Normomagnesiämie auftreten können.

Tierexperimentelle Studien zeigen, dass ein ausgeprägter Magnesiummangel zu einer reduzierten Leistungsfähigkeit und einem gestörten Energiemetabolismus führt. Auch Studien am Menschen zeigen, dass ein unausgeglichener Magnesiumstatus die Leistungsfähigkeit von Sportlern beeinflusst. Ob jedoch eine Magnesiumsupplementierung zu einer verbesserten sportlichen Leistung führt, ist zur Zeit noch in Diskussion (1,2,4).

Normalwerte

Die Normalwerte von Magnesiumkonzentrationen betragen im Plasma 0,76 - 1,1 mmol/l und den Erythrozyten 1,95 - 2,65 mmol/l. Die normale ionisierte Magnesiumkonzentration im Plasma beträgt 0,45-0,75 mmol/l. Dabei macht es keinen Unterschied, ob die Magnesiumkonzentration im Plasma oder Serum gemessen wird. Die normale Magnesiumausscheidung im Urin variiert zwischen 2,5 und 5 mmol/Tag (4).

Diagnostik eines Magnesiumdefizits

Das Messen der extrazellulären Magnesiumkonzentration im Plasma ist aufgrund seiner einfachen Anwendbarkeit und Verfügbarkeit der am häufigsten angewendete Test zur Evaluation des Magnesiumstatus, obwohl Magnesium vorrangig ein intrazelluläres Kation ist und nur 1 % des gesamten Magnesiumgehalts in der Extrazellulärflüssigkeit vorliegt. Die Bestimmung der intrazellulären erythrozytären Magnesiumkonzentration ist methodisch aufwendiger als die der Plasmamagnesiumkonzentration und somit nur in wenigen Laboren verfügbar (4).

Eine spezielle Diagnostik des Magnesiumstatus stellt die Messung der renalen Magnesiumretention anhand des Magnesium-Loading-Tests dar. Dieser Test untersucht das Ausmaß der renalen Retention einer definiert über 4 Stunden intravenös applizierten Magnesiummenge von 0,1 mmol/kg KG. Dazu ist eine Urinsammlung über insgesamt 48 Stunden notwendig (3,4). Während die Validität und Reliabilität des intravenösen Loading-Tests in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen wurde, stellt der orale Loading-Test ein bisher noch wenig untersuchtes Verfahren dar. Klar ist, dass aufgrund der außerordentlich variablen intestinalen Resorption des Magnesiums die Aussagekraft eines oralen im Vergleich zu einem intravenösen Loading-Test deutlich eingeschränkt ist. Es gibt zunehmend Hinweise darauf, dass die Aussagekraft des intravenösen Loading-Tests diejenige der Messung der Magnesiumkonzentration im Plasma und den Erythrozyten bei einer normalen Magnesiumplasmakonzentration übersteigt (4).

Bei einem Magnesiummangel wird eine Reduktion des Magnesiumgehaltes im Urin mit einer Latenz von wenigen Stunden schneller präsent als im Plasma nach etwa einem Tag und in den Erythrozyten nach wenigen Tagen (4).

Die Bestimmung des Magnesiumplasmaspiegels ist als Routinetest für die Evaluation einer möglichen Störung des Magnesiumhaushalts zu empfehlen. Bei Hypomagnesiämie besteht ein Magnesiummangel, bei Hypermagnesiämie liegt ein adäquater Status oder eine Überversorgung an Magnesium vor. Eine Normomagnesiämie sagt allerdings wenig über den Magnesiumhaushalt aus, weil auch dann ein Magnesiummangel vorliegen kann. Genauere Aussagen sind dann durch den intravenösen Magnesium-Loading-Test zu erwarten (4,5).

Ursachen eines Magnesiummangels

Die Ursachen des Magnesiummangels liegen entweder in einem erhöhten Magnesiumbedarf, einer reduzierten Magnesiumaufnahme oder in einem erhöhten Magnesiumverlust begründet. Ein erhöhter Magnesiumbedarf ist durch die erhöhte Stoffwechselaktivität von Sportlern gegeben, die durch Wachstums- und Reparaturvorgänge als Anpassungsreaktion des Körpers auf die erhöhte Beanspruchung entstehen. Bei kurzzeitigen intensiven sportlichen Belastungen steigt die Magnesiumplasmakonzentration an - möglicherweise aufgrund einer Reduktion des Plasmavolumens. Nach einer langdauernden Ausdauerbelastung sinkt die Magnesiumplasmakonzentration unter Belastung vorübergehend ab (1,2).

Ein Abfall der Magnesiumplasmakonzentration wird über eine gesteigerte Magnesiumaufnahme aus dem Extrazellulärraum in den Intrazel-

lulärraum erklärt, um den Zellen des aktiven Bewegungsapparates Magnesium als Substrat für die während der sportlichen Belastung verstärkt ablaufenden enzymatischen Prozesse anzubieten. Dabei ist der Shift umso stärker, je höher die Belastung ist. Insbesondere nach einer Ausdauerbelastung werden aufgrund einer stressinduzierten Lipolyse vermehrt freie Fettsäuren metabolisiert und Magnesium in die Adipozyten aufgenommen, wodurch es zu einem Abfall der Magnesiumplasmakonzentration kommt (1,2).

Eine reduzierte Magnesiumaufnahme kommt insbesondere bei Sportlern vor, die ein definiertes Gewicht anstreben, wie etwa beim Turnen, beim Judo oder beim Eiskunstlauf. Ebenso zeigen Studien, dass mehr Athleten aus anaeroben Sportarten als aus aeroben Sportarten energetisch mangelhafte Nahrung zu sich nehmen. Da gerade Nahrungsmittel mit einem hohen Energiegehalt in der Regel auch einen hohen Gehalt an Magnesium besitzen, wirkt sich ein Verzicht auf diese Lebensmittel negativ auf die Magnesiumalimentation aus (5).

Ein erhöhter Magnesiumverlust kann verursacht sein durch kutane Ma-

Tabelle 1: Mögliche klinische Symptome in Abhängigkeit von der Magnesiumkonzentration im Plasma

| Mg-Konz. (mmol/l) | Mögliche Symptome |
|-------------------|--|
| < 0,2 | Dystrophie, Retardierung, erhöhte Nervenleitgeschwindigkeit Krampfanfälle |
| < 0,45 | Herzrhythmusstörungen, Tremor, positives Trousseau-Zeichen, sekundäre Elektrolytstörungen, abgeschwächter Sehnenreflex |
| 0,76 – 1,10 | Normomagnesiämie |
| > 2,5 | ZNS-Depression |
| > 3,5 | Hemmung der neuromuskulären Übertragung, PR und QRS-Verbreiterung |
| > 5,5 | respiratorische Insuffizienz, Reflexverluste |
| > 16,5 | Herzstillstand |

gnesiumverluste über den Schweiß, gastrointestinale Verluste oder medikamentös verursachte Resorptionsstörungen. Der Magnesiumverlust über den Schweiß liegt zwischen 0,25 und 0,75 mmol/l täglich. Während schwerer sportlicher Belastung nimmt die Magnesiumkonzentrationen im Urin ab, während sie nach einer schweren körperlichen Belastung zunimmt. Diese Beobachtungen werden auf eine metabolische Azidose durch Laktat zurückgeführt, worunter es zu einer erhöhten Ausschüttung von Katecholaminen und Aldosteron kommt, die letztlich den renalen Magnesiumverlust durch Hemmung der Magnesiumreabsorption bedingen. Dabei steigt die Menge des ausgeschiedenen Magnesiums tendenziell in Abhängigkeit von der Gesamttrainingsbelastung an, wobei sie bei Leistungssportlern deutlich über der sporadisch Trainierenden liegt. Bei Ausdauersportlern liegt sie außerdem höher als bei Sportlern anderer Disziplinen. Die Ursache ist bisher unbekannt (1,2).

Häufigkeit bei Sportlern

Abnormalitäten des Magnesiumplasmaspiegels sind die häufigste nicht diagnostizierte Elektrolytstörung des klinischen Alltags. Eine Hypermagnesiämie tritt wesentlich seltener auf als eine Hypomagnesiämie. Die Prävalenz der Hypomagnesiämie wird in der Literatur zwischen 7% und 65% angegeben. Allerdings zeigen neuere Untersuchungen, dass durch die alleinige Betrachtung der Magnesiumplasmakonzentrationen aufgrund einer Hypomagnesiämie nur bei etwa 20% der Sportler ein Magnesium-Mangel nachgewiesen werden kann, während ein Nachweis eines Magnesiummangels anhand des Magnesium-Loading-Tests aufgrund einer erhöhten Magnesium-Retention bei über 50% der Sportler möglich ist (4,5).

Notwendigkeit einer Substitution

Sportler mit einer erniedrigten Magnesiumplasmakonzentration sollten mit Magnesium substituiert werden, wobei eine ausgewogene Ernährung einer Einzelsupplementation vorzuziehen ist. Bei normalen Magnesiumplasmakonzentrationen sollte eine Magnesiumsubstitution bei Sportlern erwogen werden, die im besonderen Ausmaß für einen Magnesiummangel prädisponiert sind. Das trifft für Ausdauersportler und für Sportler mit einer hohen sportlichen Aktivität zu. Für die Therapie von Torsades de Pointes und supraventrikulären Herzrhythmusstörungen wird eine Magnesiumsubstitution empfohlen. Sportler mit einer eingeschränkten Nierenfunktion sollten nur unter engmaschiger Kontrolle substituiert werden (4).

Die empfohlene Menge zur oralen Magnesiumsubstitution liegt nach Daten der Deutschen Gesellschaft für Ernährung bei 0,2 mmol/kg täglich. Studien zeigen, dass Sportler mehr Magnesium über die Nahrung aufnehmen als Personen, die nicht sportlich aktiv sind. Trotzdem reicht die zugeführte Magnesiummenge oft nicht aus, den Magnesiumstatus ausgeglichen zu halten (1,5).

Nebenwirkungen und Kontraindikationen

Die Supplementation der Nahrung von Leistungssportlern mit Magnesium kann, muss aber nicht zu einem verbesserten Zellmetabolismus führen. Ob eine mehrwöchige Magnesiumsubstitution einen positiven Effekt auf die Leistungsfähigkeit, neuromuskuläre Aktivität, Muskelkraft, muskuläre Regeneration oder muskuläre Symptome hat, bleibt in Diskussion. Es wurde bisher nicht bewiesen, dass eine gemessene Verbesserung der Parameter auf eine Magnesiumsupplementation an sich zurückzuführen ist oder ob sie dadurch zustande kommt, dass durch die Supplementation ein latenter Magnesiummangel behoben wurde (1,2). Bei normaler Nierenfunktion und oraler Gabe kann Magnesium praktisch nicht überdosiert werden, weil überschüssiges Magnesium schnell über die Niere ausgeschieden wird. Lediglich Durchfälle können schon in therapeutischer Dosierung auftreten. Bei Niereninsuffizienz kann es jedoch zur Akkumulation von Magnesium mit toxischen Erscheinungen kommen. Daher sollten niereninsuffiziente Sportler täglich in bezug auf ihre Nierenfunktion und den Elektrolytstatus überwacht werden. Kontraindikationen einer Magnesiumsubstitution sind schwere Nierenfunktionsstörungen. Bei Nierensteinen, AV-Blockierungen, Myasthenia gravis und einer schweren Exsikkose muss eine Magnesiumsubstitution sorgfältig abgewogen und überwacht werden (4).

Literatur

1. Bohl CH, Volpe SL: Magnesium and Exercise. Crit Rev Food Sci Nutr 42 (2002) 533-563.
2. Rayssiguier Y, Guezennec CY, Durlach J: New experimental and clinical data on the relationship between magnesium and sport. Magnes Res 3 (1990) 93-102.
3. Ryzen E, Elbaum N, Singer FR, Rude RK: Parenteral magnesium tolerance testing in the evaluation of magnesium deficiency. Magnesium 4 (1985) 137-147
4. Saur P: Magnesium - Evaluation und Bedeutung des Magnesiumstatus. Shaker-Verlag, Aachen, 2001.
5. Saur P, Joneleit M, Tölke H, Pudel V, Niedmann PD, Kettler D: Evaluation des Magnesiumstatus bei Ausdauersportlern. Dtsch Z Sportmed 53 (2002) 72-78

Korrespondenzadresse:

Univ.-Prof. Dr. Petra Saur

Zentrum Anaesthesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin

Georg-August-Universität Göttingen

Robert-Koch-Str. 40, 37075 Göttingen

Fax: 0551-39-8676, E-mail: psaur@gwdg.de