Magnesiumbedarf bei Sportlern

PETRA SAUR

Magnesium wirkt als essenzieller Kofaktor zahlreicher intrazellulärer Prozesse und ist somit verantwortlich für viele enzymatische Vorgänge. Die Inzidenz eines Magnesiummangels bei Sportlern wird bis zu 65 Prozent geschätzt. Die Ursachen des Magnesiummangels 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 in besonderem Ausmass für einen Magnesiummangel prädisponiert sind. Bei einer eingeschränkten Nierenfunktion sollte Magnesium nur unter engmaschiger Kontrolle gegeben werden.

Physiologische Grundlagen

Magnesium ist nach Kalium das quantitativ bedeutendste intrazelluläre Kation des Körpers. 60 Prozent des Magnesiums findet man in den Knochen, 30 Prozent im Bindegewebe, und nur etwa 1 Prozent ist im Blut gelöst. Der Magnesiumgehalt des Körpers beträgt zwischen 20 und 30 g. Magnesium wirkt als essenzieller Kofaktor zahlreicher intrazellulärer Prozesse und ist somit beteiligt an zahlreichen enzymatischen Vorgängen des Energie- und Muskelstoffwechsels, des Nervensystems und des Knochenaufbaus.

Magnesiumionen stabilisieren das Molekül ATP und tragen so zur Bereitstellung von Energie der Zelle bei. Magnesium ist am Aufbau und der Mineralisierung von Knochen beteiligt. Durch eine Komplexbildung mit Phospholipiden vermindert Magnesium die Membranpermeabilität und trägt so als Kofaktor der Natrium-Kalium-Pumpe zu einer Membranstabilisierung bei. Weiterhin wird bei einer normalen intrazellulären Magnesiumkonzentration durch eine Aktivierung der Na/K-ATPase der Kaliumtransport in die Zelle begünstigt. Als physiologischer Kalziumantagonist verhindert Magnesium die Kalziumüberladung in den Mitochondrien und regelt somit die Erregungsleitung. Bei Magnesiummangel ist die intrazelluläre Kaliumauffüllung blockiert, was zu Herzrhythmusstörungen führen kann.

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. 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 (1–3).

Eine metabolische Azidose kann Ursache für eine Hypomagnesiämie sein, was bei Sportlern zu einer eingeschränkten Skelettmuskel- und Myokardfunktion bei gleichzeitig erhöhtem Risiko für ventrikuläre Rhythmusstörungen führen könnte (4).

Erschwerend für den klinischen Alltag ist, dass die durch einen Magnesiummangel ausgelösten Symptome unspezifisch sind *(Tabelle 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 belegen, dass ein unausgeglichener Magnesiumstatus die Leistungsfähigkeit von Sportlern beeinflusst. Ob jedoch eine Magnesiumsupplementierung zu einer verbesserten sportlichen Leistung führt, ist

zurzeit noch in Diskussion (1–3). Der positive Einfluss einer Magnesiumsupplementation auf die Trainingsaktivität über einen Anstieg der Testosteronspiegel, Hämoglobinwerte und Erythrozytenwerte wird derzeit diskutiert (5, 6).

Ursachen eines Magnesiummangels bei Sportlern

Lebensmittel mit ungenügendem Gehalt an Magnesium und ein erhöhter Kaffee- oder Alkoholkonsum wirken sich negativ auf die Magnesiumversorgung aus. Magen-Darm-Erkrankungen und eine erhöhte Kalziumzufuhr vermindern die Aufnahme von Magnesium. Die Langzeiteinnahme von Diuretika oder Laxanzien und ein hoher Alkoholkonsum erhöhen den Magnesiumverlust; Wachstum, Schwangerschaft und Stillzeit steigern den Magnesiumbedarf. Demnach liegen auch die Ursachen des Magnesiummangels beim Sportler entweder in einem steigenden Magnesiumbedarf, einer reduzierten Magnesiumaufnahme oder in einem erhöhten Magnesiumverlust begründet.

Ein erhöhter Magnesiumbedarf ist durch die höhere Stoffwechselaktivität von Sportlern gegeben, die durch Wachstums- und Reparaturvorgänge als Anpassungsreaktion des Körpers auf die erhöhte Beanspruchung entsteht. Bei kurzzeitigen intensiven sportlichen Belastungen steigt die Magnesiumplasmakonzentration an – möglicherweise aufgrund einer Reduktion des Plasmavolumens.

Nach lang dauernder Ausdauerbelastung sinkt die Magnesiumplasmakonzentration unter Belastung vorübergehend ab (1, 2). Der Abfall der Plasmaspiegel wird über eine gesteigerte Magnesiumaufnahme aus dem Extrazellulärraum in den Intrazellulärraum 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 Magnesiumspiegel 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 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 (7).

Ein erhöhter Magnesiumverlust kann verursacht sein durch kutane Magnesiumverluste 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 einer schweren sportlichen Belastung nehmen die Magnesiumkonzentrationen im Urin zunächst ab und steigen danach wieder an. Diese Beobachtungen werden auf eine metabolische Azidose durch Laktat zurückgeführt, die mit einer erhöhten Ausschüttung von Katecholaminen und Aldosteron einhergeht und letztlich den renalen Magnesiumverlust durch Hemmung der Magnesiumreabsorption bedingt. Dabei steigt die Menge des ausgeschiedenen Magnesiums tendenziell in Abhängigkeit von der Gesamttrainingsbelastung an, wobei sie bei Leistungssportlern deutlich über jener sporadisch Trainierender liegt. Bei Ausdauersportlern liegt sie ausserdem höher als bei Sportlern anderer Disziplinen. Die Ursache ist bis jetzt unbekannt (1, 2).

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

Symptome eines Magnesiummangels

Die Symptome eines Magnesiummangels können unspezifisch sein und sich in einer muskulären Schwäche, Wadenkrämpfen, Übererregbarkeit, Schlaflosigkeit, Konzentrationsstörungen, einer allgemeinen Schwäche und nervösen Störungen äussern. Auch eine Obstipation, Herzrhythmusstörungen und bei Schwangeren eine frühzeitige Wehenaktivität werden beschrieben. *Tabelle 1* beschreibt mögliche klinische Symptome in Abhängigkeit von der Magnesiumkonzentration im Plasma.

Normalwerte

Die Normalwerte von Magnesiumkonzentrationen betragen im Plasma 0,76 bis 1,1 mmol/l, in den Erythrozyten 1,95 bis 2,65 mmol/l. Die als normal angenommene ionisierte Magnesiumkonzentration im Plasma lag vor einigen Jahren noch zwischen 0,45 und 0,75 mmol/l und wurde neulich auf 0,47 bis 0,65 mmol/l angepasst (4). 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 (3).

Diagnostik eines Magnesiummangels

Das Messen der extrazellulären Magnesiumkonzentration im Plasma ist aufgrund seiner einfachen Anwendbarkeit

Tabelle 2: Empfohlene Magnesiumzufuhr gemäss der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE)

Alter	Magnesium			
	mg/Tag		mg/MJ[1] (Nährstoffdichte)	
	m	w	m	w
Säuglinge				
0 bis unter 4 Monate[2]	24	24	12	13
4 bis unter 12 Monate	60	60	20	21
Kinder				
1 bis unter 4 Jahre	80	80	17	18
4 bis unter 7 Jahre	120	120	19	21
7 bis unter 10 Jahre	170	170	22	24
10 bis unter 13 Jahre	230	250	24	29
13 bis unter 15 Jahre	310	310	28	33
Jugendliche und Erwachsene				
15 bis unter 19 Jahre	400	350	38	41
19 bis unter 25 Jahre	400	310	38	38
25 bis unter 51 Jahre	350	300	34	38
51 bis unter 65 Jahre	350	300	38	41
65 Jahre und älter	350	300	42	43
Schwangere[3]		310		34
Stillende		390		36

[1]Berechnet für Jugendliche und Erwachsene mit überwiegend sitzender Tätigkeit (PAL-Wert 1,4)
[2]Hierbei handelt es sich um einen Schätzwert
[3]Schwangere < 19 Jahre: 350 mg

und Verfügbarkeit der am häufigsten angewendete Test zur Evaluation des Magnesiumstatus, obwohl Magnesium vorrangig ein intrazelluläres Kation ist und nur 1 Prozent 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 Labors verfügbar (3). 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, 8).

Während die Validität und Zuverlässigkeit des intravenösen Loading-Tests in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen wurde, stellt der orale Loading-Test ein bis anhin 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 (3).

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 (3).

Die Bestimmung des Magnesiumspiegels 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 mit Magnesium vor. Eine Normomagnesiämie sagt dagegen wenig über den Magnesiumhaushalt aus, da auch dann ein Magnesiummangel vorliegen kann. Genauere Aussagen sind durch den intravenösen Magnesium-Loading-Test zu erwarten (3, 7).

Häufigkeit eines Magnesiummangels bei Sportlern

Abnormalitäten des Magnesiumspiegels sind die häufigste nicht diagnostizierte Elektrolytstörung des klinischen Alltags. Eine Hypermagnesiämie tritt wesentlich seltener auf als eine Hypomagnesiämie (3). Siegel et al. (4) untersuchten kollabierte Marathonläufer, von denen 23 Prozent einen abnormen ionisierten Magnesiumspiegel aufwiesen. 8 Patienten hatten eine Hypomagnesiämie, während nur 1 Patient eine Hypermagnesiämie aufwies.

Die Prävalenz der Hypomagnesiämie wird in der Literatur zwischen 7 und 65 Prozent angegeben. Allerdings zeigen neuere Untersuchungen, dass durch die alleinige Betrachtung der Magnesiumplasmakonzentrationen aufgrund einer Hypomagnesiämie nur bei etwa 20 Prozent der Sportler ein Magnesiummangel nachgewiesen werden kann, während der Nachweis eines Magnesiummangels anhand des Magnesium-Loading-Tests aufgrund einer erhöhten Magnesiumretention bei über 50 Prozent der Sportler möglich ist (3, 7).

Magnesiumbedarf und Magnesiumsupplementation

Die von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfohlene Magnesiumzufuhrmenge beschreibt die *Tabelle 2*. Bei 4 bis 8 Prozent der westlichen Bevölkerung liegt die Zufuhr allerdings unter 350 mg/Tag Magnesium (9).

Im Rahmen der UK-Sport-2005-Drug-Free-Untersuchung von 874 Sportlern gaben 11 Prozent an, Magnesium als Supplement einzunehmen (10). Nielsen et al. (11) zeigten, dass eine Magnesiumzufuhr von weniger als 260 mg/Tag für männliche und 220 mg/Tag für weibliche Athleten zu einem Magnesiummangelstatus führen kann.

Sportler mit einer erniedrigten Magnesiumplasmakonzentration sollten mit Magnesium substituiert werden, wobei eine ausgewogene Ernährung einer Einzelsupplementation vorzuziehen ist.

Magnesiumreiche Nahrungsmittel sind Vollkorngetreide (Hirse, Buchweizen, Haferflocken, Mais, Naturreis, Roggen, Weizen), Vollkornbrote, Milch und Milchprodukte, Leber, Hackfleisch, Geflügel, Fische (Seezunge, Steinbutt), Kartoffeln, Gemüse (roher Portulak, roher Spinat, roher Fenchel), Hülsenfrüchte (Sojabohnen, weisse Bohnen, Kichererbsen, Erbsen), Avocado, Beerenobst (Himbeeren, Brombeeren), Orangen, Zitronen und Bananen.

Sonnenblumenkerne und Sesamsamen enthalten mit 370 bis 420 mg/100 g viel Magnesium, ausserdem sind ungeschälter Reis (160 mg/100 g), Weizenkeime (250 mg/100 g) und Schokolade (140 mg/100 g) magnesiumreich.

Bei normalen Magnesiumplasmakonzentrationen sollte eine Magnesiumsubstitution bei Sportlern erwogen werden, die in besonderem Ausmass für einen Magnesiummangel prädisponiert sind. Das trifft für Ausdauersportler sowie für Sportler mit hoher sportlicher Aktivität zu, aber auch für solche, die Sportarten betreiben, die mit Gewichtskontrollen verbunden sind wie zum Beispiel Turnen oder Gewichtheben.

Bei Magnesiumpräparaten werden organische Verbindungen, wie beispielsweise Magnesiumzitrat und Magnesiumaspartat, besser aufgenommen als anorganische Verbindungen wie Magnesiumkarbonat oder Magnesiumoxid. Für die Therapie von Torsades de Pointes und supraventrikulären Herzrhythmusstörungen wird eine Magnesiumsubstitution empfohlen.

Sportler mit eingeschränkter Nierenfunktion sollten nur unter engmaschiger Kontrolle substituiert werden (3). Die empfohlene Menge zur oralen Magnesiumsubstitution liegt nach Daten der DGE 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, 7).

Nebenwirkungen und Kontraindikationen der Magnesiumsupplementation

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 (3).

Korrespondenzadresse:
Prof. Dr. med. Petra Saur
Sana Kliniken Lübeck und Ostholstein GmbH
Kronsforder Allee 71–73
D-23560 Lübeck
Fax 0049-451 585 1399
E-Mail: psaur@psaur.de

Literatur:

1. Bohl CH, Volpe SL: Magnesium and Exercise. Crit Rev Food Sci Nutr 2002; 42: 533–563.
2. Rayssiguier Y, Guezennec CY, Durlach J: New experimental and clinical data on the relationship between magnesium and sport. Magnes Res 1990; 3: 93–102.
3. Saur P: Magnesium – Evaluation und Bedeutung des Magnesiumstatus. Shaker-Verlag, Aachen, 2001.
4. Siegel AJ, Januzzi J, Sluss P, Lee-Lewandrowski E, Wood M, Shirey T, Lewandrowski KB: Cardiac Biomarkers, Electrolytes, and Other Analytes in Collapsed Marathon Runners Implications for the Evaluation of Runners Following Competition. Am J Clin Pathol 2008; 129: 948–951.
5. Cinar V, Nizamlioglu M, Mogulkoc R, Baltaci AK: Effects of magnesium supplementation on blood parameters of athletes at rest and after exercise. Biol Trace Elem Res. 2007; 115: 205–212.
6. Cinar V, Polat Y, Baltaci AK, Mogulkoc R: Effects of Magnesium Supplementation on Testosterone Levels of Athletes and Sedentary Subjects at Rest and after Exhaustion. Biol Trace Elem Res. 2010 Mar 30 [Epub].
7. Saur P, Joneleit M, Tölke H, Pudel V, Niedmann PD, Kettler D: Evaluation des Magnesiumstatus bei Ausdauersportlern. Dtsch Z Sportmed 2002; 53: 72–78.
8. Ryzen E, Elbaum N, Singer FR, Rude RK: Parenteral magnesium tolerance testing in the evaluation of magnesium deficiency. Magnesium1985; 4: 137–147.
9. Geleijnse JM, Kok FJ, Grobbee DE: Impact of dietary and lifestyle factors on the prevalence of hypertension in Western populations. Eur J Publ Health 2004; 14: 235–239.
10. Petróczi A, Naughton DP, Mazanov J, Holloway A, Bingham J: Limited agreement exists between rationale and practice in athletes' supplement use for maintenance of health: a retrospective study. Nutrition Journal 2007; 6: 34.
11. Nielsen FH, Lukaski HC: Update on the relationship between magnesium and exercise. Magnes Res. 2006; 19: 180–189.