

Metabolic Tuning: Ausgewählte Mikronährstoffe im Leistungssport

Autor: Uwe Gröber

ZUSAMMENFASSUNG

Die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln ist bei Leistungs-, aber auch Breitensportlern weit verbreitet. Eine Optimierung der sportlichen und mentalen Leistungsfähigkeit ist jedoch nur bei zuvor bestehender Unterversorgung zu erwarten. Lücken in der Mikronährstoffzufuhr sollten sinnvollerweise über eine Optimierung der Ernährung geschlossen werden.

Ein Mangel wichtiger Mikronährstoffe wie Vitamin D, Magnesium, Eisen, Omega-3-Fettsäuren sowie Proteinen kann zu Leistungseinbußen, schneller Ermüdbarkeit, einer langsameren Regenerationszeit oder auch Infektanfälligkeit führen. Der Beitrag fasst die Bedeutung ausgewählter für Sportler relevanter Mikronährstoffe zusammen und gibt Empfehlungen für die Supplementierung.

Schlüsselwörter

Sport, Leistungsfähigkeit, Mikronährstoff, Eisen, Magnesium, Elektrolyte, Vitamin D, Proteine.

ABSTRACT

Taking food supplements is very popular among competitive athletes as well as amateurs. However, an optimization of the athletic and mental performance can only be expected, if an undersupply is already present. Gaps in micronutrient supply should be closed via an optimization of the diet.

A lack of important micronutrients like vitamin D, magnesium, iron, omega-3 fatty acids as well as protein can lead to a loss of performance, faster exhaustion, slower regeneration or perhaps susceptibility to infections. The article summarizes the importance of selected micronutrients which are relevant for athletes and makes recommendations for supplementation.

Keywords

Sport, performance, micronutrient, iron, magnesium, electrolytes, vitamin D, proteins.

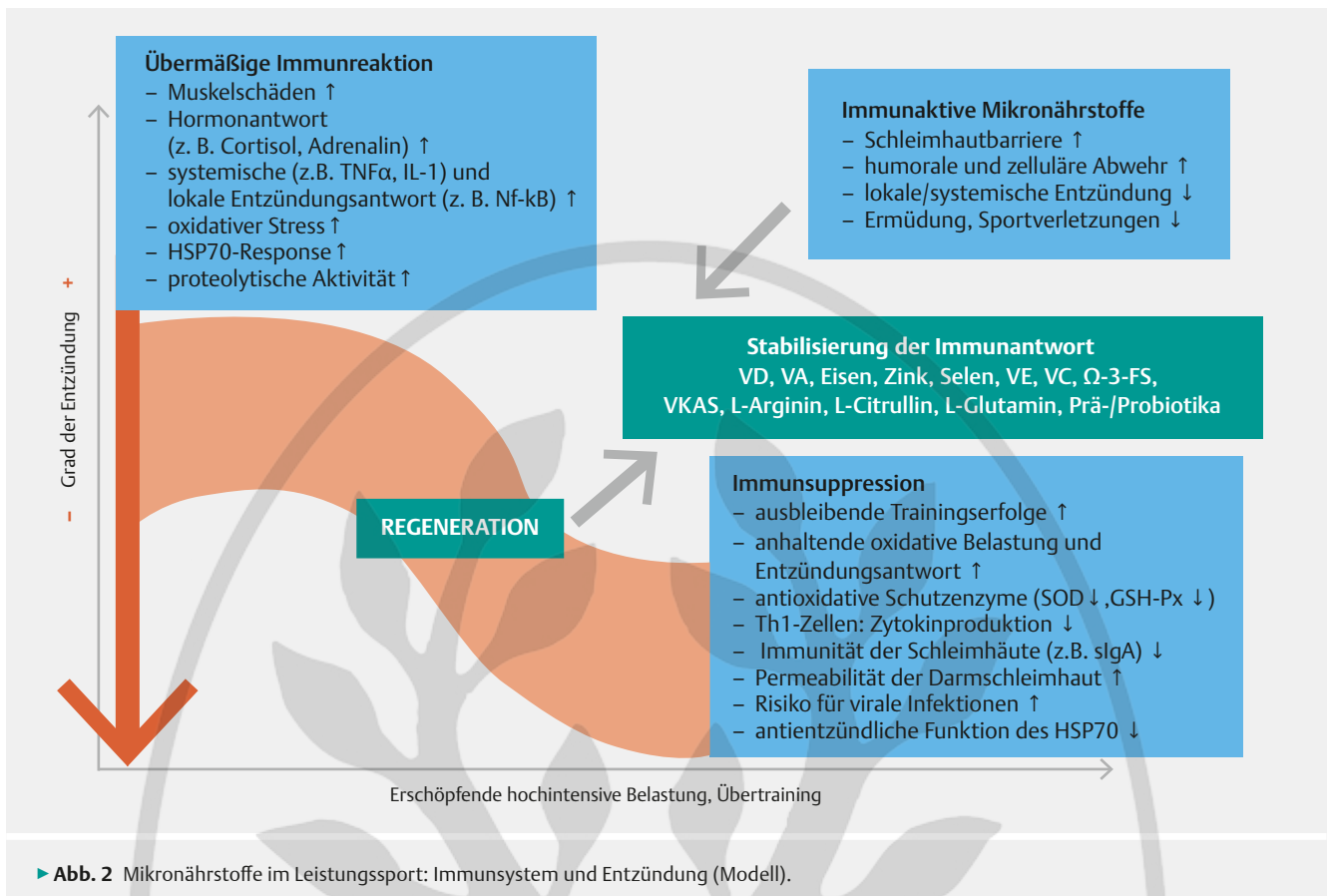


► **Abb. 1** Über 90% der Athleten supplementieren regelmäßig Mikronährstoffe. © fovivafoto/Adobe Stock

Die Idee des Menschen, seine körperliche Leistungsfähigkeit durch den Verzehr leistungsfördernder Substanzen zu verbessern, ist so alt wie der Sport selbst. Schon in der Antike versuchten griechische Athleten ihre sportliche Leistung durch die Einnahme von bestimmten Kräutern, Pilzen oder tierischen Geschlechtsorganen (z. B. Stierhoden) zu steigern. Heutzutage gibt es im Spitzensport kaum noch Athleten, die nicht regelmäßig ihren Stoffwechsel mit Nah-

rungsergänzungsmitteln zur Optimierung der körperlichen und mentalen Leistungsfähigkeit „tunen“.

Die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln im Leistungssport ist weit verbreitet, und nicht selten verwenden Athleten mehrere Präparate gleichzeitig. So wurden im Rahmen des deutschen Forschungsprojektes GOAL die Einnahmegewohnheiten von 1138 Elite-Nachwuchsathle-



ten untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass über 90 % der deutschen Athleten mindestens einmal im Monat Mikronährstoffe in Form von Nahrungsergänzungsmitteln einnehmen und über 25 % sogar täglich (z. B. Magnesium, Vitamin D) [1]. Auch in Untersuchungen zum internationalen Spitzensport aus den Niederlanden, Kanada oder Australien ist seit Jahren bekannt, dass über 90 % der Athleten regelmäßig Mikronährstoffe supplementieren [2–6].

Dabei geben Athleten als Rationale für die jeweilige Supplementierung [7, 8] folgende Gründe an:

RATIONALEN FÜR DIE EINNAHME VON NAHRUNGSERGÄNZUNGSMITTELN IM LEISTUNGSSPORT

1. Unterstützung der Regeneration (> 70 %)
2. Gesunderhaltung (> 50 %): Stabilisierung des Immunsystems (z. B. Atemwegs-, Magen-Darm-Infekte), Prävention von Entzündungsprozessen
3. Leistungssteigerung (> 40 %): Optimierung der mentalen/physischen Belastbarkeit
4. Prävention von Krankheiten (> 30 %): Sportverletzungen (z. B. Muskelschäden)
5. Kompensation von Ernährungslücken (> 20 %)

(► **Abb. 2**)

Daneben zählen natürlich auch erhöhte Trainingsintensitäten und -umfänge sowie verschärfte Dopingkontrollen (z. B. Trainingskontrollen) zu den Hauptgründen, warum Nahrungsergänzungsmittel im Sport in immer stärkerem Umfang eingesetzt werden. Auch im Breitensport werden Mikronährstoffe in Form von Supplementen immer häufiger eingenommen. Aus präventivmedizinischer Sicht ist dies durchaus zu begrüßen. Denn auch Breitensportler zählen zu den Bevölkerungsgruppen, die ohnehin nicht immer eine optimale Versorgungslage mit Mikronährstoffen wie Vitamin D, Magnesium, Eisen und Zink aufweisen. Durch eine unausgewogene Ernährung (z. B. wenig Gemüse, Obst, Milchprodukte, Vollkornprodukte) können sich Lücken in der Mikronährstoffzufuhr ergeben. Diese sollten, wenn möglich, sinnvollerweise über eine Optimierung der Ernährung geschlossen werden und nicht über den Einsatz von Vitamin- und Mineralstoffpräparaten.

Insbesondere bei hochdosierten Präparaten muss beachtet werden, dass dadurch obere Zufuhrgrenzen leicht erreicht werden und negative Konsequenzen für die Gesundheit möglich sind. Von Megadosierungen einzelner antioxidativer Vitamine, wie sie zwecks Verbesserung des Wirkungsgrades in den arbeitenden Muskeln propagiert werden, ist in jedem Fall abzuraten, denn ein übermäßiges Abfangen freier Radikale konterkariert deren Nutzen als Signalgeber für die trainingsinduzierte Expression zahlreicher antioxidativer und mitochondrialer Enzyme in den

Muskelfasern. So konnte gezeigt werden, dass eine tägliche Einnahme von 1000 mg Vitamin C über zwei Monate den VO_2max -steigernden Effekt eines regelmäßigen Ausdauertrainings verhindert [9, 10].

Trotzdem gibt es im Breiten- und Leistungssport bestimmte Situationen und einzelne Mikronährstoffe, bei denen eine Supplementierung sinnvoll ist. Eine unzureichende Versorgung mit Mikronährstoffen äußert sich beim sportlich Aktiven in einer geringeren Leistungs- und Regenerationsfähigkeit sowie einer erhöhten Infektanfälligkeit. Inwiefern es sinnvoll ist, Nahrungsergänzungsmittel mit Mikronährstoffen einzunehmen und ob diese Präparate halten, was Sportler sich davon versprechen, wird im Folgenden an einer Auswahl von Mikronährstoffen diskutiert.

Das Sonnenhormon Vitamin D

Die Häufigkeit eines Vitamin-D-Mangels [$25(\text{OH})\text{D} < 20 \text{ ng/ml}$] bei Sportlern ist mit über 80 % der Athleten in Abhängigkeit ihrer Sportart ähnlich hoch wie in der Normalbevölkerung [11–14]. Streng genommen ist Vitamin D kein Vitamin im eigentlichen Sinne, sondern vielmehr ein Hormonvorläufer, ein sogenanntes Prohormon, da es im Körper des Menschen mithilfe der Sonne in der Haut aus Cholesterin gebildet werden kann. Vitamin D wird in der Folge in der Leber, den Nieren und zahlreichen anderen Zellsystemen in mehreren Schritten zu seiner hormonaktiven Form 1,25-Dihydroxy-Vitamin D [$1,25(\text{OH})_2\text{D}$] aktiviert. In den Zellen und Zielorganen wird das Steroidhormon $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ an ein intrazelluläres Protein, den sogenannten Vitamin-D-Rezeptor gebunden. Die VDR-Rezeptoren besitzen, wie auch andere Steroidhormonrezeptoren, eine DNA-bindende Domäne. Nach Bindung an die DNA wird der $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ -VDR-Komplex in den Zellkern transloziert und beeinflusst dort die Transkription verschiedener hormonsensitiver Gene. Der Vitamin-D-Rezeptor ist in fast jeder Körperzelle zu finden.

Nach aktuellen Schätzungen stehen über 2000 Gene der 23 000 Gene des Menschen direkt oder indirekt unter der Kontrolle von $1,25(\text{OH})_2\text{D}$. Daraus resultiert auch die ausgeprägte pleiotrope Wirkung von $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ [15–17]. Diese Gene beeinflussen die Muskelproteinsynthese, die Muskelkraft und -größe, die Reaktionszeit der Muskulatur, die Muskelkoordination, die Ausdauer, Entzündungsprozesse sowie die Stabilität des Immunsystems – alles Eigenschaften, die für die sportliche Leistungsfähigkeit und die mentale und physische Gesundheit des Sportlers wichtig sind [18–21].

Die Leistungsfähigkeit eines Sportlers korreliert direkt mit seinem $25(\text{OH})\text{D}$ -Status. Die optimale Funktion sportassoziierter biologischer Prozesse wird dann erreicht, wenn der $25(\text{OH})\text{D}$ -Status dem entspricht, den heute noch in der Natur lebende Völker (z. B. Masai) aufweisen, die ganzjährig natürlichem Sonnenlicht ausgesetzt sind. Der $25(\text{OH})$

D-Spiegel für eine optimale sportliche Leistungsfähigkeit dürfte bei Athleten zwischen 48 und 52 ng/ml liegen [18, 21, 22]. $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ supprimiert die Expression von Myostatin, das das Muskelwachstum hemmt, und reguliert über VDR myogene Transkriptionsfaktoren, die eine zentrale Rolle bei der Proliferation und Differenzierung der Skelettmuskulatur spielen [19, 23]. Darüber hinaus unterstützt $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ die Bildung von Typ-II-A-Muskelfasern [18, 24]. Dieser Muskelfasertyp ist wichtig für die Schnelkraft und wird auch als fast twitch – schnell kontrahierend – bezeichnet. Die Muskelfasern sind oxidativ und arbeiten glykolytisch – je nach Bedarf laktazid oder aerob. Deshalb enthalten sie sowohl Myoglobin als auch Mitochondrien. $1,25(\text{OH})_2\text{D}$ wirkt einer Atrophie dieser Muskelfasern entgegen. Darüber hinaus reduziert die Einnahme von Vitamin D bei Nicht-Sportlern und Sportlern das Risiko für Atemwegsinfektionen, wie die Ergebnisse aus zwei Metaanalysen belegen [25, 26].

PRAXISTIPP

Als Sportler sollte man seinen $25(\text{OH})\text{D}$ -Status beim Arzt labormedizinisch kontrollieren lassen und durch die tägliche Einnahme von 50 IE Vitamin D pro kg Körpergewicht in Form eines Vitamin-D-haltigen Öls (z. B. 1000 IE VD pro Tropfen), das mit einer Hauptmahlzeit eingenommen wird, entsprechend kompensieren. Der $25(\text{OH})\text{D}$ -Zielwert im Sport liegt bei etwa 50 ng/ml oder 125 nmol/l.

Magnesium

Magnesium ist essenzieller Cofaktor von über 600 enzymatischen Reaktionen des Intermediärstoffwechsels und an allen ATP-abhängigen Prozessen beteiligt. Für nahezu alle Stoffwechselprozesse des Sportlers ist der Mineralstoff daher von zentraler Bedeutung (z. B. Muskelkontraktion, Glukoseutilisation, Blutdruckregulation, muskuläre Regeneration). Im Vergleich zu Nicht-Sportlern haben Sportler einen um 10–20 % höheren Tagesbedarf an Magnesium (Mg), da sie über den Schweiß und Urin vermehrt das Mineral verlieren. Dies trifft vor allem auf Spitzensportler zu (Mg-Bedarf pro Tag: Frauen – 370 mg, Männer – 480 mg) die Ausdauersportarten (z. B. Marathon) betreiben [27–29]. Darüber hinaus steigt bei sportlicher Aktivität der Magnesiumbedarf durch den beschleunigten Glukose- und Energiestoffwechsel, da die entsprechenden Enzyme zur Aktivierung Magnesium benötigen. Bei unzureichendem Sauerstoffangebot bilden Muskelzellen vermehrt Laktat. Auch für die Ausscheidung von Laktat benötigt der Körper des Sportlers Magnesium.

Die Supplementierung von Magnesium fördert Studien zufolge beim Sportler die muskuläre Belastbarkeit, beugt Gewebeschäden vor und unterstützt die Regenerationsfähigkeit des Körpers. Magnesium wirkt einer Übersäue-

rung und erhöhten Laktatbelastung entgegen, da eine Supplementierung (z. B. 4–6 mg Mg pro kg KG pro Tag) den anaerob-alkalotischen Energiestoffwechsel unterstützt (Spaltung der gespeicherten energiereichen Phosphate ATP und Kreatinphosphat) [30–33].

PRAXISTIPP

Magnesiumsupplemente sollten nicht direkt vor dem Sport oder während der Belastung eingenommen werden, da ein erhöhtes Risiko für Magen-Darm-Störungen besteht. Die Tagesdosierung sollte ausreichend hoch (4–6 mg Mg pro kg KG pro Tag) sein und über den Tag während der Regenerationsphase verteilt werden (z. B. 4 × 150 mg als Citrat oder Orotat). Auch der Konsum von magnesiumreichen Mineralwässern (> 100 mg Mg/Liter) unterstützt einen gesunden Magnesiumhaushalt beim Sportler. Zur Diagnose eines Magnesiummangels kann beim Sportler die renale Magnesiumexkretion herangezogen werden, vor allem bei normalen Magnesiumserumspiegeln im Blut (0,76–1,15 mmol/l) trotz bestehender klinischer Mangelsymptomatik (Referenz im Urin: 2,5–8,5 mmol Mg pro Tag).

Weitere Elektrolyte

Mineralien und Elektrolyte, werden je nach Art, Dauer und Intensität der körperlichen Belastung vermehrt über den Stuhl, den Urin und vor allem über den Schweiß ausgeschieden. Die mittleren Flüssigkeitsverluste bei Langzeitbelastungen in milden Umgebungsbedingungen liegen bei etwa 1 Liter pro Stunde. Die Schwankungsbreiten der Schweißraten bewegen sich hierbei unter vergleichbaren Bedingungen zwischen 0,5 und 1,7 Litern pro Stunde. Unter extremen Umständen (z. B. große Hitze, hohe Luftfeuchtigkeit) und bei sehr leistungsstarken Athleten können stündliche Schweißraten von bis zu 3 Litern und mehr auftreten [34–37]. Pro Liter Schweiß verliert der Körper um die 1000 mg Natrium sowie kleinere Mengen an Kalium, Kalzium, Magnesium, Zink, Jod (30–50 µg/l), Eisen und Kupfer (► **Tab. 1**).

Eisen

Eisenmangel ist einer der häufigsten diagnostizierten Mineralstoffmängel in der sportmedizinischen Praxis. Aufgrund erhöhter Eisenverluste über den Magen-Darm-Trakt (intestinale Mikrohämorrhagien), Schweiß und Urin haben Sportler einen erhöhten Eisenbedarf, der nicht immer durch eine ausgewogene fleischhaltige Ernährung gedeckt wird. Neben sich vegetarisch ernährenden Sportlern haben insbesondere Ausdauersportlerinnen sowie jugendliche Sportler(innen) menstruations- und wachstumsbedingt ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines Eisenmangels.



► **Abb. 3** Eisenmangel führt bei Sportlern u. a. zu schlechter Ausdauerleistung und vorzeitiger Erschöpfung. © Izf/Adobe Stock

► **Tab. 1** Schweißverluste: Elektrolyte.

Mineralstoff	Konzentration im Schweiß (mg/l)	Absorptionsrate (%)
Natrium	700–2000	100
Kalium	200–480	90–95
Magnesium	20–50	30–50
Kalzium	20–70	20–40
Jod	0,03–0,05	90–100
Zink	0,5–1,0	15–30
Kupfer	0,5–0,9	30–40
Eisen	0,3–0,7	10–15

Eine Unterversorgung mit Eisen beeinträchtigt die Funktion einer Reihe von energieliefernden Enzymen und schränkt darüber hinaus die Sauerstofftransportkapazität und Sauerstoffverwertung ein. Dadurch sinken vor allem die Trainingsanpassung und die Ausdauerleistungsfähigkeit. Auch die nach hochintensiven Marathonläufen beobachtete mechanische Zerstörung roter Blutkörperchen unter der Fußsohle kann zum Eisenverlust beitragen. Eisenmangel führt beim Sportler zu vorzeitiger Erschöpfung, Blutarmut (Anämie), verstärkter Atmung unter Belastung, beeinträchtigter aerober Kapazität, erhöhtem Puls, chronischer Müdigkeit, erhöhten Laktatwerten, schlechter Ausdauerleistung und Infektanfälligkeit (z. B. häufige Infekte der oberen Atemwege) [38–42]. Die gezielte individuelle Supplementierung von Eisen nach Laboranalytik (z. B. Ferritin, CRP, löslicher Transferrinrezeptor) kann bei Sportlern

mit unzureichendem Eisenstatus die Ausdauerkapazität und Regenerationsfähigkeit deutlich verbessern.

Omega-3-Fettsäuren

Leistungssportler haben häufig als Zeichen einer unzureichenden diätetischen Versorgung mit Omega-3-Fettsäuren einen niedrigen Omega-3-Index (Omega-3-Gehalt in % in der Erythrozytenmembran). Ein guter Omega-3-Index (> 8 %) korreliert beim Sportler mit einer besseren neuromuskulären Funktion und physischen Leistung sowie einem reduzierten Risiko für Sportverletzungen und Muskelkater, der unter anderem die folgenden Aspekte umfasst: Muskelschäden, entzündliche Reaktion, Schwellung. Die Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA verringern aktuellen Studien zufolge beim Leistungssportler nicht nur das Auftreten von Muskelkater, auch der Abbau von Muskulatur und Gehirnmasse wird verlangsamt sowie die kardio-pulmonale und kognitive Leistungsfähigkeit werden verbessert [43–46].

PRAXISTIPP

Um eine gute Versorgung mit Omega-3-Fettsäuren zu erreichen, sollten ambitionierte Breiten- und Leistungssportler täglich 1,5–3 g EPA/DHA supplementieren (z. B. Omega-3 Total Fischöl, Omega-3 Algenöl Vegan). Der Erfolg dieser Maßnahme kann mithilfe des Omega-3 Index (Referenz: 8–11 %) beim Arzt kontrolliert werden.

Coenzym Q10 im Leistungssport

Im Leistungssport kann ein Coenzym Q10-Mangel bei Athleten durch folgende Faktoren ausgelöst und verstärkt werden:

- erhöhter Bedarf und Verbrauch aufgrund anhaltender, schwerer körperlicher Anstrengung,
- reduzierte diätetische Aufnahme im Rahmen vegetarischer Ernährung,
- limitierte Coenzym Q10-Biosynthese aufgrund eines Mangels an Selen, Vitamin B₆ und Magnesium,
- hochdosierte Aufnahme an Vitamin E hemmt die Coenzym Q10-Absorption aus der Nahrung und senkt durch vermehrten oxidativen Verbrauch die Coenzym Q10-Blutspiegel,
- Therapie mit Statinen begrenzt die Coenzym Q10-Biosynthese und senkt die Coenzym Q10-Blutspiegel.

Training steigert die Anzahl an Mitochondrien im Herzen und der Skelettmuskulatur. Da die Mitochondrien reich an Coenzym Q10 sind, steigert Training folglich den Coenzym Q10-Bedarf des Herz- und Skelettmuskels.

In einer doppelblinden, placebokontrollierten Studie erhielten 100 durchtrainierte Leistungssportler (53 Männer, 47 Frauen; Alter: 19,9 ± 2,3 Jahre) vom Olympiastützpunkt Rhein-Ruhr in Essen über einen Zeitraum von 6 Wochen täglich entweder 300 mg Ubiquinol oder ein Placebo. Im Rahmen der Leistungsdiagnostik mussten die Athleten vor der Supplementierung, nach 3 Wochen und nach 6 Wochen einen maximalen Leistungstest auf dem Fahrradergometer absolvieren, bei dem die maximale Leistungsfähigkeit in Watt/Kilogramm Körpergewicht (W/kg KG) an der 4 mmol Laktatschwelle (anaerobe Schwelle) gemessen wurde. Während der Studie trainierten die Athleten individuell in Vorbereitung auf die Olympischen Spiele in London 2012. In der Ubiquinolgruppe als auch in der Placebogruppe verbesserte sich die körperliche Leistungsfähigkeit über 6 Wochen signifikant.

- In der Placebogruppe stieg diese von 3,64 ± 0,49 W/kg KG auf 3,94 ± 0,47 W/kg KG, was einem Anstieg entspricht von +0,30 ± 0,18 W/kg KG bzw. + 8,5%.
- In der Ubiquinolgruppe stieg die Leistungsfähigkeit von 3,70 ± 0,56 W/kg KG auf 4,08 ± 0,48 W/kg KG, was einem Anstieg in 6 Wochen entspricht von +0,38 ± 0,22 W/kg KG bzw. + 11,0%.

Der Unterschied in der Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit zwischen der Placebo- und der Ubiquinolgruppe von +0,08 W/kg KG war signifikant (p < 0,03). Diese Studie belegt, dass die tägliche Supplementierung von 300 mg Ubiquinol im Vergleich zu Placebo die körperliche Leistungsfähigkeit bei Athleten über den Trainingseffekt hinaus signifikant erhöhen kann [47, 48].

Aminosäuren und Proteinzufuhr

Der zentrale Stellenwert von Aminosäuren im Sport beruht auf der Muskelbildung, der Förderung der muskulären Regeneration und der Funktion als energieliefernde Nährstoffe. Bei Langzeitbelastungen mit einem Kohlehydratloch werden bis zu 10 % der körpereigenen Proteine energetisch verwertet, sodass es ohne ergänzende Einnahme von Aminosäuren zu einem Abbau von Funktions- und Strukturproteinen kommt. Eine Proteinaufnahme unter 1 g pro kg KG ist bei Leistungssportlern (v. a. Ausdauersportarten) mit einer negativen Stickstoffbilanz verbunden. Bei lang andauernden Belastungen greift der Körper eines Ausdauersportlers zur Energiegewinnung vermehrt auf Aminosäuren zurück, vor allem wenn die Glykogenspeicher zu Neige gehen. Dabei werden insbesondere die verzweigt-kettigen Aminosäuren (VKAS) L-Leucin, L-Valin und L-Isoleucin sowie die bedingt essenzielle Aminosäure L-Glutamin zur Energieproduktion verbrannt.

AMINOSÄUREN: SYMPTOME EINER UNZUREICHENDEN VERSORGUNG

Allgemeine Symptome: Muskel- und Leistungsschwäche, Infektanfälligkeit, depressive Verstimmungen, geringe Stressresistenz, schlechte Regeneration, erhöhte Ammoniakbelastung

Muskelabbau: Verlust immunkompetenter Muskelzellmasse

Immunschwäche: Infektanfälligkeit (z. B. Atemwegsinfektionen)

Störungen der Darmschleimhaut: Der Darm ist das erste Kontaktsystem für die Abwehr von Fremdstoffen und gilt als erste Barriere gegen Bakterien, Viren und allergieauslösende Nahrungsbestandteile. Bei Proteinmangel können diese Fremdstoffe durch die Darmschleimhaut in den Körper eindringen und allergische sowie entzündliche Reaktionen bis zu schweren Infektionen (erhöhte Darmpermeabilität) hervorrufen.

Die Bedeutung der Aminosäuren und Proteine im Sport wird aktuell in einem Standpunktpapier der Internationalen Gesellschaft für Sporternährung zusammengefasst [49]. Zum Erhalt der Muskulatur wird Leistungssportlern eine tägliche Proteinzufuhr von insgesamt 1,4–2 g Protein pro kg KG empfohlen, die bei Kraftsportarten sich durchaus zwischen 2,3–3,1 g Protein pro kg KG bewegen kann. Dabei sind vor allem neben einer proteinreichen Ernährung für die Pre- und Post-Workout-Zufuhr qualitativ hochwertige Proteine wie Molkenproteinisolate geeignet. Die entsprechende Tagesdosis eines Shakes sollte über den Tag verteilt alle 3–4 h zugeführt werden und bei kraftorientierten Sportarten eine Menge von bis zu 3000 mg L-Leucin enthalten.

Sicherheit von Nahrungsergänzungsmitteln im Leistungssport

Bei einer vom Arzt festgestellten defizitären Versorgung sollten beim Leistungssportler unter ärztlicher Kontrolle anstelle von NEM ausgewählte Präparate mit Arzneimittelzulassung eingesetzt werden, da für diese die Kontaminationsgefahr ausgeschlossen werden kann. Vor Konsum eines NEM sollte außerdem unbedingt überprüft werden, ob das gewünschte Produkt von einer unabhängigen Institution auf das Vorhandensein von verbotenen Substanzen getestet wurde oder zumindest eine Selbstauskunft des Herstellers zur Produktreinheit vorliegt (Kölner Liste: www.koelnerliste.com).

Wichtig: Nur bei zuvor bestehender Unterversorgung mit einem Mikronährstoff ist bei einer entsprechenden Supplementierung eine Optimierung der sportlichen und mentalen Leistungsfähigkeit zu erwarten.

Interessenkonflikt

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Autor



Uwe Gröber

Uwe Gröber ist Apotheker und Leiter der Akademie für Mikronährstoffmedizin in Essen und Autor zahlreicher Publikationen, Fachbücher und Buchbeiträge. Zu seinen Spezialgebieten zählen Pharmakologie, Mikronährstoffmedizin, Wechselwirkungen

zwischen Arzneimitteln und Mikronährstoffen, Metabolic Tuning, Ernährungs-, Sport- und Präventivmedizin sowie komplementäre Verfahren in der Diabetologie und Onkologie (z. B. Tumoranämie). Er ist aktives Mitglied der Arbeitsgemeinschaft Prävention und integrative Onkologie (PRIO) der deutschen Krebsgesellschaft (DKG).

Korrespondenzadresse

Uwe Gröber

Akademie für Mikronährstoffmedizin
Zweigertstr. 55
45130 Essen
E-Mail: uwegroeber@gmx.net
www.vitaminspur.de

Literatur

- [1] Diehl K, Thiel A, Zipfel S et al. Elite adolescent athletes' use of dietary supplements: characteristics, opinions, and sources of supply and information. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2012; 22 (3): 165–174
- [2] Lun V, Erdman KA, Fung TS et al. Dietary supplementation practices in Canadian high-performance athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2012; 22 (1): 31–37
- [3] Shaw G, Slater G, Burke LM. Supplement use of elite Australian swimmers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2016; 26 (3): 249–258
- [4] Wardenaar FC, Ceelen IJ, Van Dijk JW et al. Nutritional supplement use by Dutch elite and sub-elite athletes: does receiving dietary counseling make a difference? *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2017; 27 (1): 32–42
- [5] Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE. Dietary supplements for health, adaptation, and recovery in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018; 18: 1–33
- [6] Wardenaar F, Brinkmans N, Ceelen I et al. Micronutrient intakes in 553 Dutch elite and sub-elite athletes: prevalence of low and high intakes in users and non-users of nutritional Supplements. *Nutrients* 2017; 9 (2). pii: E142. doi: 10.3390/nu9020142.
- [7] Maughan RJ, Depiesse F, Geyer H. International Association of Athletics Federations. The use of dietary supplements by athletes. *J Sports Sci* 2007; 25 (Suppl. 1): S103–S113
- [8] Gröber U. *Metabolic Tuning statt Doping: Mikronährstoffe im Sport*. 2. Aufl. Stuttgart: Hirzel; 2018
- [9] Powers SK, Nelson WB, Hudson MB. Exercise-induced oxidative stress in humans: cause and consequences. *Free Radic Biol Med* 2011; 51 (5): 942–950
- [10] Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Romagnoli M et al. Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am J Clin Nutr* 2008; 87 (1): 142–149
- [11] Farrokhyar F et al. Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis. *Sports Med* 2015; 45 (3): 365–378
- [12] Fishman MP, Lombardo SJ, Kharrazi FD. Vitamin D deficiency among professional basketball players. *Orthop J Sports Med* 2016; 4 (7):2325967116655742. doi: 10.1177/2325967116655742
- [13] Cashman KD, Dowling KG, Skrabakova Z et al. Vitamin D deficiency in Europe: pandemic? *Am J Clin Nutr* 2016; pii: ajcn120873
- [14] Owens DJ, Allison R, Close GL. Vitamin D and the athlete: current perspectives and new challenges. *Sports Med* 2018; doi: 10.1007/s40279-017-0841-9
- [15] Gröber U, Reichrath J, Holick MF. Live longer with vitamin D? *Nutrients* 2015; 7 (3): 1871–1880
- [16] Gröber U, Holick MF. *Vitamin D: Die Heilkraft des Sonnenvitamins*. 3. Aufl. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2015
- [17] Hossein-Nezhad A, Spira A, Holick MF. Influence of vitamin D status and vitamin D3 supplementation on genome wide expression of white blood cells: a randomized double-blind clinical trial. *PLoS One* 2013; 8 (3): e58725. doi: 10.1371/journal.pone.0058725.
- [18] Cannell JJ, Hollis BW, Sorenson MB et al. Athletic performance and vitamin D. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41 (5): 1102–1110

- [19] Pfeifer M, Begerow B, Minne HW. Vitamin D and muscle function. *Osteoporos Int* 2002; 13 (3): 187–194
- [20] Domarus C, Brown J, Barvencik F et al. How much vitamin D do we need for skeletal health? *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469: 3127–3133
- [21] Baggerly CA, Raphael E, Cuomo MPH et al. Sunlight and vitamin D: necessary for public health. *J Am Coll Nutr* 2015; 34 (4): 359–365
- [22] Holick MF, Hossein-Nezhad A. The D-lemma: narrow-band UV type B radiation versus vitamin D supplementation versus sunlight for cardiovascular and immune health. *Am J Clin Nutr* 2017; 105 (5): 1031–1032
- [23] Koundourakis NE, Avgoustinaki PD, Malliaraki N et al. Muscular effects of vitamin D in young athletes and non-athletes and in the elderly. *Hormones (Athens)* 2016; 15 (4): 471–488
- [24] Bhat M, Ismail A. Vitamin D treatment protects against and reverses oxidative stress induced muscle proteolysis. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2015; 152: 171–179
- [25] Bergman P et al. Vitamin D and respiratory tract infections: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PloS One* 2013; 8 (6): e65835
- [26] Zittermann A, Pilz S, Hoffmann H et al. Vitamin D and airway infections: a European perspective. *Eur J Med Res* 2016; 21: 14. doi: 10.1186/s40001-016-0208-y
- [27] Gröber U, Schmidt J, Kisters K. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients* 2015; 7 (9): 8199–8226
- [28] Volpe SL. Magnesium and the athlete. *Curr Sports Med Rep* 2015; 14 (4): 279–283
- [29] Predel HG, Weisser B, Latsch J et al. Magnesium im ambitionierten Breitensport – ein Update. *Dtsch Z Sportmed* 2017; 68 (1): 5–9
- [30] Santos DA, Matias CN, Monteiro CP et al. Magnesium intake is associated with strength performance in elite basketball, handball and volleyball players. *Magnes Res* 2011; 24 (4): 215–219
- [31] Córdova Martínez A, Fernández-Lázaro D, Mielgo-Ayuso J et al. Effect of magnesium supplementation on muscular damage markers in basketball players during a full season. *Magnes Res* 2017; 30 (2): 61–70
- [32] Setaro L, Santos-Silva PR, Nakano EY et al. Magnesium status and the physical performance of volleyball players: effects of magnesium supplementation. *J Sports Sci* 2014; 32 (5): 438–445
- [33] Zhang Y, Xun P, Wang R et al. Can magnesium enhance exercise performance? *Nutrients* 2017; 9 (9): pii: E946. doi: 10.3390/nu9090946
- [34] Aruoma OI, Reilly T, MacLaren D et al. Iron, copper and zinc concentrations in human sweat and plasma; the effect of exercise. *Clin Chim Acta* 1988; 177 (1): 81–87
- [35] Mao IF, Chen ML, Ko YC. Electrolyte loss in sweat and iodine deficiency in a hot environment. *Arch Environ Health* 2001; 56 (3): 271–277
- [36] McDonald R, Keen CL. Iron, zinc and magnesium nutrition and athletic performance. *Sports Med* 1988; 5 (3): 171–184
- [37] Rehrer NJ. Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Med* 2001; 31 (10): 701–715
- [38] Chatard JC, Mujika I, Guy C et al. Anaemia and iron deficiency in athletes. Practical recommendations for treatment. *Sports Med* 1999; 27 (4): 229–240
- [39] Friedmann B. Sportleranämie. *Dt Z Sportmed* 2001; 52 (9): 262–263
- [40] Suedekum NA, Dimeff RJ. Iron and the athlete. *Curr Sports Med Rep* 2005; 4 (4): 199–202
- [41] Hinton PS, Sinclair LM. Iron supplementation maintains ventilatory threshold and improves energetic efficiency in iron-deficient nonanemic athletes. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61 (1): 30–39
- [42] Hinton PS, Giordano C, Brownie T. Iron supplementation improves endurance after training in iron-depleted, nonanemic women. *J Appl Physiol* 2000; 88 (3): 1103–1111
- [43] von Schacky C, Haslbauer R, Kemper M et al. Low omega-3 index in 106 German elite winter endurance athletes – a pilot study. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2014; 24 (5): 559–564
- [44] Lewis EJ, Radonic PW, Wolever TM. 21 days of mammalian omega-3 fatty acid supplementation improves aspects of neuromuscular function and performance in male athletes compared to olive oil placebo. *J Int Soc Sports Nutr* 2015; 12: 28. doi: 10.1186/s12970-015-0089-4
- [45] Bryhn M. Prevention of sports injuries by marine omega-3 fatty acids. *J Am Coll Nutr* 2015; 34 (Suppl 1): S60–61
- [46] Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE. Dietary supplements for health, adaptation, and recovery in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018; 1–33. doi: 10.1123/ijsnem.2017-0340
- [47] Beyer RE, Beyer RE. The role of coenzyme Q in endurance training acquired resistance to free radical damage. In: Folkers K, Yamagami T, Littarru GP, eds. *Biomedical and clinical aspects of coenzyme Q*. Vol. 6. Amsterdam: Elsevier; 1991: 501–512
- [48] Alf D, Schmidt ME, Siebrecht SC. Ubiquinol supplementation enhances peak power production in trained athletes: a double-blind, placebo controlled study. *J Int Soc Sports Nutr* 2013; 10: 24. doi: 10.1186/1550-2783-10-24
- [49] Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2017; 14: 20. doi: 10.1186/s12970-017-0177-8

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0575-7816>
 EHK 2018; 67: 78–86
 © MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co. KG
 ISSN 0014-0082