

Ausgewählte Nährstoffe im Leistungssport



Uwe Gröber

Uwe Gröber

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 Beitrag an einer Auswahl von Mikronährstoffen diskutiert.

Von Megadosierungen einzelner antioxidativer Vitamine, wie sie zwecks Verbesserung des Wirkungsgrades in den arbeitenden Muskeln propagiert werden, ist in jedem Fall abzuraten.

Nutriments sélectionnés en médecine du sport

Mots-clés: micro- et macronutriments – sécurité des compléments alimentaires – système immunitaire et inflammations

Un approvisionnement insuffisant en nutriments se manifeste chez les personnes sportivement actives par de moins bonnes performances et une capacité de régénération diminuée ainsi que par une susceptibilité accrue aux infections.

Est-il judicieux de prendre des compléments alimentaires contenant des nutriments, et ces préparations apportent-elles ce que les sportifs en attendent? C'est de dont il est question dans cet article à propos de la vitamine D, du magnésium ainsi que d'autre électrolytes.

Die Idee des Menschen, seine körperliche Leistungsfähigkeit durch den Verzehr leistungsfördernder Substanzen zu verbessern, ist so alt wie der Sport selber. 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 mehr Athleten, die nicht regelmässig ihren Stoffwechsel mit Nahrungsergänzungsmitteln (*Kasten 1*) zur Optimierung der körperlichen und mentalen Leistungsfähigkeit «tunen». Und nicht selten verwenden Athleten mehrere Präparate gleichzeitig. So wurden im Rahmen des deutschen Forschungsprojektes GOAL (Individuelles Gesundheitsmanagement im olympischen Nachwuchssport) die Einnahmegewohnheiten von 1138 Elitenachwuchssportlern untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass über 90 Prozent der deutschen Athleten mindestens einmal im Monat Mikronährstoffe in Form von Nahrungsergänzungsmitteln ein-

nehmen und über 25 Prozent 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 Prozent der Athleten regelmässig Mikronährstoffe supplementieren (2–6).

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

1. zur Unterstützung der Regeneration (> 70%)
2. zur Gesunderhaltung (> 50%): zum Beispiel Stabilisierung des Immunsystems (z.B. bei Atemwegs-, Magen-Darm-Infekten), Prävention von Entzündungsprozessen
3. zur Leistungssteigerung (> 40%): Optimierung der mentalen/physischen Belastbarkeit

4. zur Prävention von Krankheiten (> 30%): zum Beispiel Sportverletzungen (z.B. Muskelschäden),
5. zur Kompensation von Ernährungslücken (> 20%) (*Abbildung*).

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 (47). Aus präventivmedizinischer Sicht ist dies durchaus zu begrüssen. Denn häufig ist die Versorgung mit Mikronährstoffen wie Vitamin D, Magnesium, Eisen und Zink durch eine unausgewogene Ernährung (z.B. zu wenig Gemüse, Obst, Milchprodukte, Vollkornprodukte) bei Breitensportlern nicht optimal. Allerdings muss insbesondere bei hoch dosierten Präparaten beachtet werden, dass dadurch obere Zufuhrgrenzen leicht erreicht werden und negative Konsequenzen für die Gesundheit möglich sind (47–50). 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 VO₂max-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.

Vitamin D

Die Häufigkeit eines Vitamin-D-Mangels (25[OH]D < 20 ng/ml) bei Sportlern ist mit über 80 Prozent der Athleten in Abhängigkeit ihrer Sportart ähnlich hoch

wie in der Normalbevölkerung (11–14). Vitamin D ist kein Vitamin im eigentlichen Sinne, sondern ein Prohormon. Es wird mithilfe der Sonne in der Haut aus Cholesterin gebildet und 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 (VDR), gebunden. Die Vitamin-D-Rezeptoren besitzen, wie auch andere Steroidhormonrezeptoren, eine DNA-(Desoxyribonukleinsäure-)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 Muskelgröße, 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).

$1,25(\text{OH})_2\text{D}$ supprimiert die Expression von Myostatin, welches 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 Schnellkraft 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.

Die Leistungsfähigkeit eines Sportlers korreliert direkt mit seinem $25(\text{OH})\text{D}$ -Status. Die optimale Funktion sportassoziierter biologischer Prozesse wird erreicht, wenn der $25(\text{OH})\text{D}$ -Status jenem von heute noch in der Natur lebenden Völkern (z.B. Masai) entspricht, die eine ganzjährige natürliche Sonnenlichtexposition haben. Der $25(\text{OH})\text{D}$ -Spiegel für eine optimale sportliche Leistungsfähigkeit dürfte bei Athleten somit zwischen 48 und 52 ng/ml liegen (18, 21, 22). Darüber hinaus reduziert die Einnahme von Vitamin D bei Nichtsportlern und Sportlern das Risiko für Atemwegsinfektionen, wie die Ergebnisse aus zwei Metaanalysen belegen (25, 26).

Praxistipp: Sportler sollte man ihren $25(\text{OH})\text{D}$ -Status labormedizinisch kontrollieren lassen und durch die tägliche Einnahme von 50 IE Vitamin D pro kg Körpergewicht in Form eines Vitamin-D-haltigen Öls

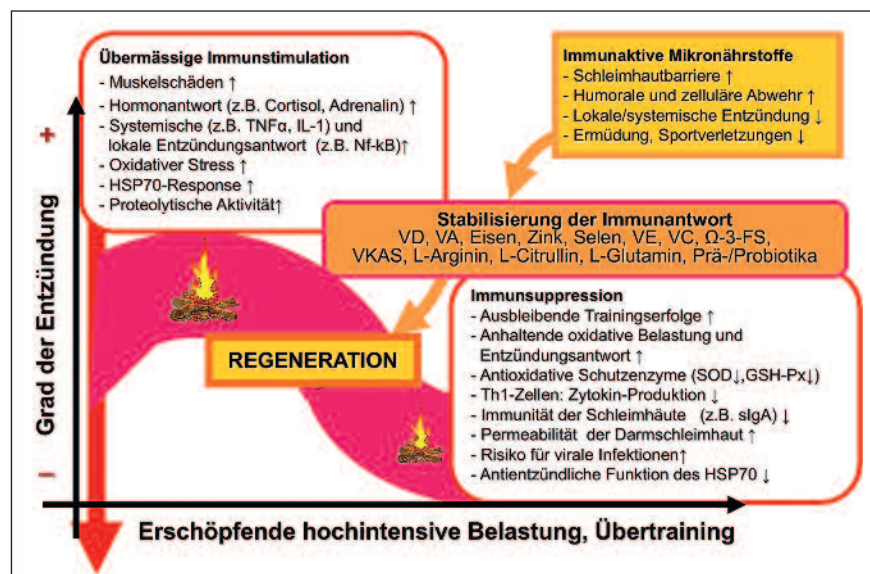


Abbildung: Einfluss von Nährstoffen im Leistungssport: Immunsystem und Entzündung (Modell)

(z.B. 1000 IE VD pro Tropfen), welches 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 Kofaktor von über 600 enzymatischen Reaktionen des Intermediärstoffwechsels und an allen ATP-(Adenosintriphosphat-)abhängigen Prozessen beteiligt. Für nahezu alle Stoffwechselprozesse des Sportlers ist der Mineralstoff daher von zentraler Bedeutung (z.B. für die Muskelkontraktion, Glukoseutilisation, Blutdruckregulation, muskuläre Regeneration). Im Vergleich zu Nichtsportlern haben Sportler einen um 10 bis 20 Prozent höheren Tagesbedarf an Magnesium (Mg), da sie über Schweiß und Urin vermehrt dieses Mineral verlieren. Dies trifft vor allem auf Spitzensportler zu, die Ausdauersportarten wie beispielsweise Marathon betreiben (Mg-Bedarf pro Tag: weiblich 370 mg, männlich 480 mg) (27–29). Darüber hinaus steigt bei sportlicher Aktivität der Magnesiumbedarf durch den beschleunigten Glukose- und Energiestoffwechsel an, da die entsprechenden Enzyme zur Aktivierung Magnesium benötigen. Bei unzureichendem Sauerstoffangebot bilden Muskelzellen vermehrt Laktat. Auch für die

Kasten 1:

Sicherheit von Nahrungsergänzungsmitteln (NME) im Sport

Bei einer vom Arzt festgestellten defizitären Versorgung sollten beim Sportler 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 ob 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.

Ausscheidung von Laktat benötigt der Körper des Sportlers Magnesium. Die Supplementierung von Magnesium fördert gemäss Studien beim Sportler die muskuläre Belastbarkeit, beugt Gewebeschäden vor und unterstützt die Regenerationsfähigkeit des Körpers. Einer Übersäuerung und erhöhten Laktatbelastung wirkt Magnesium entgegen, da eine Supplementierung (z.B. 4–6 mg Mg/kg KG/Tag) den anaerob-alkalischen 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 sie das Risiko für Magen-Darm-Störungen erhöhen. Die Tagesdosierung sollte ausreichend hoch (4–6 mg/kg KG/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 Mineralwassern (> 100 mg Mg/l) unterstützt einen gesunden Magnesiumhaushalt beim Sportler. Zur Diagnose eines Magnesiummangels kann beim Sportler die renale Magnesiumexkretion herangezogen werden.

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 (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 rund 1000 mg Natrium sowie kleinere Mengen an Kalium, Kalzium, Magnesium, Zink, Jod (30–50 µg/l), Eisen und Kupfer (Kasten 2).

Eisen

Aufgrund erhöhter Eisenverluste über den Magen-Darm-Trakt (intestinale Mikrohämorrhagien), Schweiß und Urin haben Sportler einen erhöhten Eisenbedarf. Neben vegetarisch sich ernährenden Sportlern haben insbesondere Ausdauersportlerinnen sowie jugendliche Sportler/-innen menstruations- und wachstumsbedingt ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines Eisenmangels. 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 hoch intensiven Marathonläufen beobachtete mechanische Zerstörung roter Blutkörperchen unter der Fusssohle kann zum Eisenverlust beitragen. Eisenmangel führt beim Sportler zu vorzeitiger Erschöpfung, 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 Prozent 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. Die Omega-3-Fettsäuren Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) verringern gemäss aktuellen Studien beim Leistungssportler nicht nur das Auftreten von Muskelkater, auch der Abbau von Muskulatur und Gehirnmasse wird verlangsamt, zudem wird die kardiopulmonale und kognitive Leistungsfähigkeit verbessert (43–46).

Praxistipp: Um eine gute Versorgung mit Omega-3-Fettsäuren zu erreichen, sollten ambitionierte Breiten- und Leistungssportler täglich 1,5 bis 4 g EPA/DHA supplementieren (z.B. Omega-3-Fischöl, Omega-3-

Kasten 2:

Verluste von Elektrolyten im Schweiß

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

Kasten 3:

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) auslösen.

Algenöl vegan). Der Erfolg dieser Massnahme kann mithilfe des Omega-3-Indexes (Referenz: 8–11%) beim Arzt kontrolliert werden.

Aminosäuren und Proteinzufuhr

Der zentrale Stellenwert von Aminosäuren im Sport beruht auf der Muskelbildung, der Förderung der muskulären Regeneration und ihrer Funktion als energieliefernde Nährstoffe. Bei Langzeitbelastungen mit einem Kohlenhydratloch werden bis zu 10 Prozent 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 zur Neige gehen. Dabei werden insbesondere die verzweigtkettigen Aminosäuren (VKAS) L-Leucin, L-Valin und L-Isoleucin sowie die bedingt essenzielle Aminosäure L-Glutamin zur Energieproduktion verbrannt (*Kasten 3*).

Die Bedeutung der Aminosäuren und Proteine im Sport wird zurzeit in einem Standpunktpapier der Internationalen Gesellschaft für Sporternährung zusammengefasst (47). Zum Erhalt der Muskulatur wird Leistungssportlern eine tägliche Proteinzufuhr von insgesamt 1,4 bis 2 g Protein pro kg KG empfohlen, die sich bei Kraftsportarten durchaus zwischen 2,3 bis 3,1 g Protein pro kg KG bewegen kann. Dabei sind neben einer proteinreichen Ernährung für die Prä- und Post-Workout-Zufuhr vor allem qualitativ hochwertige Proteine wie Molkenproteinisolate geeignet. Die entsprechende Tagesdosis eines Shakes sollte über den Tag verteilt alle 3 bis 4 Stunden zugeführt werden und bei kraftorientierten Sportarten eine Menge von bis zu 3000 mg L-Leucin enthalten.

Korrespondenzadresse:

Uwe Gröber
Akademie & Zentrum für Mikronährstoffmedizin
Zweigertstrasse 55
D-45130 Essen
E-Mail: uwegroeber@gmx.net
Internet: www.vitaminspur.de

Der vorliegende Artikel fasst die wichtigsten Punkte eines Vortrages zum Thema «Mikronährstoffe im Sport», vorgetragen am 14. Symposium Hochleistungssport vom 20. November 2017 im Olympia-Stadion in Berlin, zusammen (www.vbg.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, Reimer RA: 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; 1–12.
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: S103–113.
8. Gröber U: Metabolic Tuning statt Doping: Mikronährstoffe im Sport. 2. Auflage, Hirzel Verlag, 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, 48 (Suppl 1): 3–16. 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. 340 S., 3. komplett überarbeitet und erweiterte Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 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, Amling M, Pogoda P: 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, Margioris AN: 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, März W: 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 Physio*, 2000; 88 (3): 1103–1111.
43. von Schacky C, Haslbauer R, Kemper M, Halle M: 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 1:60–61.
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. 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/s12970-017-0177-8.48. Van Thuyne W, Van Eenoo P, Delbeke FT: Nutritional supplements: prevalence of use and contamination with doping agents. *Nutr Res Rev*. 2006; 19 (1): 147–158.
49. Wallace TC: Twenty Years of the Dietary Supplement Health and Education Act – How Should Dietary Supplements Be Regulated? *J Nutr*. 2015; 145(8): 1683–1686.
50. 2016 NBJ Sports Nutrition and Weight Loss Report. Available online: <https://www.newhope.com/products/2016-nbj-sports-nutrition-and-weight-loss-report>