Thieme

Mikronährstoffversorgung im Leistungssport

Teil 1: Auswirkung auf Muskelverletzungen, Infekte, Schlaf und Müdigkeit

Autoren
Klaus Erpenbach, Wolfgang Mayer, Uwe Hoffmann, Stefan Mücke

Schlüsselwörter
Mikronährstoffversorgung, Leistungssport, Studie, Muskelverletzungen, Infektanfälligkeit, Schlafstörungen, Müdigkeit, Vitamine, Mineralstoffe, Selen, Coenzym Q10

Bibliografie
DOI https://doi.org/10.1055/a-1137-5979
OM – Zs. f. Orthomol. Med. 2020; 18: 17–21
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
ISSN 1611-5562

ZUSAMMENFASSUNG

Vorgestellt wird eine aktuelle Studie zur Versorgung von Leistungssportlern mit Mikronährstoffen. Analysiert wurden dabei Wechselbeziehungen zwischen dem Nährstoffstatus und den Beschwerden Müdigkeit, Schlafstörungen, Infektanfälligkeit und Muskelverletzungen. Bei den 111 teilnehmenden Athleten verschiedener Sportarten zeigten sich teilweise gravierende Mängel an essenziellen Mikronährstoffen. Jugendliche Elitesportler sind mit Ausnahme von Folsäure schlechter versorgt als die Erwachsenen. Signifikant waren die Zusammenhänge zwischen der Versorgung mit Vitamin D, Coenzym Q10 und Vitamin B_1mit der Häufigkeit muskulärer Verletzungen, während Auswirkungen auf Infekte, Schlafstörungen und Müdigkeit weniger deutlich waren.

Muskuläre Verletzungen, schwerwiegende und wiederkehrende Infekte und Müdigkeit, häufig beim Training, sowie Schlafstörungen insb. zum Ende einer Saison im Mannschaftssport bzw. zum Ende einer Wettkampfvorbereitung im Ausdauer- und Einzelsport sind ständige Begleitsymptome im Spitzensport, die optimale Ergebnisse schnell verhindern können. Sind Mikronährstoffmängel für diese Probleme bei Leistungssportlern verantwortlich?

Mikronährstoffe – Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente – interagieren miteinander, sind essenziell und werden täglich benötigt, um alle physiologischen Körperfunktionen optimal aufrechtzuerhalten [1][2]. Hoher Trainingsaufwand, enger Spielplan, einseitige oder falsche Ernährung, häufige Reisen und hohe psychologische Belastungen führen in der Vorbereitung zu einem hohen Verbrauch dieser Mikronährstoffe, was in 12,9 % der Fälle in Verletzungen und in 9,2 % der Fälle in akuten Infektionen endet und zu Trainingsausfällen und zu Wettkampfabsagen führt [3][4][5][6]. In großen Veranstaltungen wie Olympia, FIFA-World-Cup oder IAAF fallen 9,6–14 % der Teilnehmer durch Verletzungen aus. 5,4–8,9 % der Athleten erleiden eine akute Infektionserkrankung, im Winter doppelt so häufig wie im Sommer. Die häufigsten akuten Infektionen finden im oberen Respirationstrakt (46 %) statt, 25 % im Urogenitalsystem, gefolgt von 21 % mit Magen-Darm-Infektionen und 8 % Hautinfektionen [5][6][7][8][9][10][11][12][13]. Diese Ausfälle ließen sich bisher auch durch die „General guidelines for illness prevention in athletes" des Olympischen Komitees nicht senken [14].

Für Leistungssportler spielen Mikronährstoffe eine große Rolle in der Energiebildung, für Blut- und Knochengesundheit und antioxidativen Radikalschutz [1][2]. B-Vitamine (Thiamin, Riboflavin, Niacin, Pyridoxin, Folsäure, Cobalamin), Coenzym Q10 und Mineralien (Eisen, Magnesium, Zink, Jod) sind für die mitochondriale Oxidation von Kohlenhydraten und Fettsäuren zu Energie (ATP) erforderlich und für den Leistungssportler zur Erhaltung seines immensen Energieaufwandes essenziell [1][2]. Für den hohen Umsatz roter Blutkörperchen (Sauerstofftransport) benötigt der Sportler Eisen, Vitamin B_6, B_9 und B_{12} [15]. Adäquate Kalzium-, Magnesium-, Phosphat- und Vitamin-D-Werte sichern den Erhalt einer suffizienten Knochendichte und verhindern Stressfrakturen [15][16][17]. Antioxidanzien (Vitamine A, C, E, Selen, Zink) schützen Zellen und Muskelgewebe vor Zerstörung durch trainings- und wettkampfbedingte freie oxidative Radikale [15]. Die Einnahme vereinzelter Mikronährstoffe (mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA), Folsäure, Kalzium, Antioxidanzien) scheint Muskelverletzungen und Infektionen zu reduzieren [18]. Der Müdigkeitsgrad eines Spitzensportlers ist eng mit Schlafqualität und Wettkampfstress verbunden [19][20]. Stressparameterbestimmungen (Neurotransmitter: Cortisol, Serotonin, Melatonin) aus Speichel und Urin scheinen erste Hinweise einer therapeutischen Einflussnahme zu geben [20]. Diese Neurotransmitter sind in ihrer Bildung von spezifischen Aminosäuren (Phenylalanin, Tyrosin, Tryptophan), B-Vitaminen (insb. Pyridoxin) und Magnesium abhängig [21]. Bisher sind keine epidemiologischen Präventions- oder Therapiestudien bekannt.

Ziel dieser Studie ist, den Mikronährstoffstatus von Spitzensportlern diverser Sportarten und eventuelle Wechselbeziehungen mit den Beschwerden Müdigkeit, Schlafstörungen, Infektanfälligkeit und Muskelverletzungen der Sportler zu evaluieren. Sind eindeutige Unterschiede zwischen Mängeln dieser Vitamine und Spurenelemente und den Beschwerden der Sportler nachweisbar?

Methodik

Teilnehmer und Analyseparameter

111 Spitzensportler aus verschiedenen Sportarten (Teamsport: Feldhockey und Fußball; Einzelsport: Leichtathletik, Tennis, Motorsport) wurden in die Studie eingeschlossen:

- männlich: 50; weiblich: 61
- Hockey: 62 (davon Olympiateilnehmer: 19)
- Fußball: 21
- Leichtathletik: 19
- Tennis: 5
- Motorsport (DTM-Formel 1): 4

Alle Teilnehmer gaben ihr schriftliches Einverständnis und wurden mittels Fragebogen (Schlafstörungen, Müdigkeit, Muskelverletzungen, Infektanfälligkeit) evaluiert. Müdigkeit wurde definiert als morgendliche Müdigkeit und Antriebslosigkeit trotz 7 Stunden Schlaf. Muskelverletzungen beinhalteten alle ≥ 2 Muskelfaser- wie Muskelbündelrisse und Sehnen-Muskelrisse. Infektanfälligkeit wurde definiert als ≥2 virale und/oder bakterielle Infekte pro Jahr. Bei Schlafstörungen wurden sowohl Ein- (> 15 min Dauer bis Schlaf) als auch Durchschlafstörungen eingeschlossen. Bei allen Sportlern wurden Vitamin B_1, B_2, B_6, B_{12}, Folsäure, Vitamin D, intrazelluläres Eisen, Selen, Magnesium, Coenzym Q10 im Blut untersucht und mit den Symptomen korreliert.

- **Vitamin B_1, B_2, B_6 (EDTA-Blut) und Coenzym Q10 (Serum):** Bestimmung über Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) mit kommerziellen Kits nach Herstellerangaben

	Alter	Infekt	Muskel-verletzung	Müdig-keit	Schlaf-störung	VitD 30-80 ng/ml	Selen 121-168 µg/l	Mg 1,29-1,69 mmol/l	Eisen 420-460 mg/l	Q10 750-1200 µg/l	VitB1 30-90 µg/l	VitB2 137-270 µg/l	VitB6 5-30 µg/l	VitB9 4,6-18,7 ng/ml	VitB12 200-950 pg/ml
Gesamt (n=111)	22,34 ± 7,43	44/111 (40%)	81/111 (73%)	49/111 (44%)	36/111 (32)	31,1 ± 10,61 (n=111)	117,0 ± 29,08 (n=107)	1,4 ± 0,15 (n=70)	438,7 ± 49,77 (n=67)	653,2 ± 289,58 (n=111)	54,8 ± 21,62 (n=90)	170,7 ± 36,06 (n=90)	25,1 ± 15,24 (n=88)	8,9 ± 4,35 (n=100)	465,6 ± 219,57 (n=92)
Weiblich (n=61)	20,13 ± 6,16	24/61 (39%)	44/61 (72%)	30/61 (49%)	17/61 (28%)	31,9 ± 9,92 (n=61)	109,8 ± 26,01 (n=58)	1,3 ± 0,11 (n=35)	403,6 ± 35,72 (n=35)	642,7 ± 241,12 (n=60)	57,0 ± 26,29 (n=46)	168,2 ± 37,34 (n=47)	23,0 ± 18,91 (n=45)	9,1 ± 4,63 (n=50)	427,1 ± 194,80 (n=48)
Männlich (n=50)	25,04 ± 8	20/50 (40%)	37/50 (74%)	19/50 (38%)	19/50 (38%)	30,0 ± 11,42 (n=50)	125,4 ± 30,51 (n=49)	1,4 ± 0,13 (n=35)	477,0 ± 31,10 (n=32)	665,8 ± 340,93 (n=50)	52,6 ± 15,29 (n=44)	173,5 ± 34,82 (n=43)	27,3 ± 17,69 (n=43)	8,7 ± 4,08 (n=50)	506,4 ± 239,15 (n=44)
Unterschiede m/w		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	p < 0,005	p < 0,024	p < 0,0005	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fußball (n=21)	22,9 ± 4,05	5/21 (24%)	17/21 (81%)	4/21 (19%)	3/21 (14%)	32,2 ± 13,29 (n=21)	134,2 ± 26,2 (n=20)	1,4 ± 0,15 (n=19)	471,9 ± 31,86 (n=17)	703,6 ± 468,48 (n=20)	48,6 ± 18,01 (n=16)	180,0 ± 31,32 (n=16)	29,3 ± 16,6 (n=15)	8,3 ± 4,91 (n=18)	592,2 ± 231,97 (n=17)
Feldhockey (n=62)	19,37 ± 4,62	22/62 (36%)	45/62 (73%)	26/62 (42%)	17/62 (27%)	31,6 ± 9,99 (n=62)	104,2 ± 23,49 (n=60)	1,4 ± 0,11 (n=27)	409,6 ± 33,67 (n=29)	623,6 ± 217,25 (n=62)	55,8 ± 11,77 (n=54)	168,3 ± 29,85 (n=53)	22,9 ± 17,41 (n=53)	8,0 ± 2,95 (n=55)	379,6 ± 135,22 (n=54)
Leichtathletik Teilnehmer (n=19)	29 ± 10,86	11/19 (58%)	13/19 (68%)	14/19 (74%)	10/19 (53%)	29,6 ± 10,58 (n=19)	133,1 ± 32,12 (n=18)	1,4 ± 0,11 (n=15)	451,9 ± 68,55 (n=14)	721,8 ± 291,55 (n=19)	64,0 ± 14,03 (n=12)	149,3 ± 52,45 (n=13)	29,7 ± 22,77 (n=12)	10,5 ± 5,65 (n=18)	493,5 ± 273,09 (n=13)
Tennis (n=5)	21,6 ± 6,5	3/5 (60%)	4/5 (80%)	2/5 (40%)	2/5 (40%)	27,1 ± 10,84 (n=5)	133,8 ± 26,93 (n=5)	1,3 ± 0,06 (n=5)	430,5 ± 27,6 (n=4)	638,8 ± 254,55 (n=5)	48,5 ± 14,27 (n=4)	217,5 ± 12,71 (n=4)	76,3 ± 71,77 (n=4)	13,0 ± 5,96 (n=5)	589,8 ± 180,23 (n=4)
Motor (n=4)	34,75 ± 6,85	3/4 (75%)	2/4 (50%)	3/4 (75%)	4/4 (100%)	29,0 ± 6,05 (n=4)	128,3 ± 20,6 (n=4)	1,5 ± 0,11 (n=4)	481,7 ± 17,93 (n=3)	552,5 ± 148,08 (n=4)	46,0 ± 15,1 (n=4)	187,5 ± 34,77 (n=4)	16,5 ± 3,6 (n=4)	10,0 ± 6,5 (n=4)	560,0 ± 206,11 (n=4)
National (n=27)	23,59 ± 5,35	8/27 (30%)	18/27 (67%)	11/27 (41%)	8/27 (30%)	34,4 ± 12,94 (n=27)	121,5 ± 31,61 (n=25)	1,4 ± 0,15 (n=15)	457,5 ± 37,13 (n=16)	738,3 ± 420,2 (n=27)	53,2 ± 8,85 (n=23)	172,4 ± 32,8 (n=22)	30,8 ± 25,19 (n=22)	8,7 ± 5,61 (n=27)	447,7 ± 199,61 (n=23)
U16 (n=6)	13,67 ± 0,82	1/6 (17%)	5/6 (83%)	1/6 (17%)	0/6 0	29,9 ± 8,04 (n=6)	100,1 ± 36,25 (n=6)	1,4 ± 0,07 (n=4)	367,8 ± 5,32 (n=6)	496,7 ± 187,26 (n=6)	55,3 ± 10,89 (n=3)	160,3 ± 5,86 (n=3)	15,5 ± 4,43 (n=3)	8,6 ± 3,28 (n=3)	388,3 ± 99,3 (n=3)
U18 (n=15)	16,47 ±0,64	4/15 (27%)	13/15 (87%)	4/15 (27%)	2/15 (13%)	28,9 ± 8,32 (n=15)	108,5 ±30,12 (n=15)	1,4 ± 0,12 (n=10)	417,8 ± 42,53 (n=9)	602,1 ± 241,6 (n=15)	55,1 ± 13,07 (n=12)	168,8 ± 47,2 (n=12)	21,7 ± 7,17 (n=11)	9,0 ± 3,6 (n=12)	412,5 ± 170,18 (n=12)
U21 (n=6)	18,78 ± 0,9	1/6 (17%)	3/6 (50%)	2/6 (33%)	1/6 (17%)	31,0 ± 7,8 (n=6)	108,0 ± 30,64 (n=6)	1,4 ± 0,13 (n=4)	406,3 ± 47,83 (n=4)	618,7 ± 241,6 (n=6)	49,8 ± 12,42 (n=4)	152,3 ± 5,06 (n=4)	15,5 ± 6,86 (n=4)	7,8 ± 2,31 (n=4)	504,8 ± 199,75 (n=4)

▶**Tab. 1** Vitamine und Spurenelemente sowie Begleitsymptome (Infekt-/Verletzungshaufigkeit, Müdigkeit, Schlafstörung) nach Geschlecht und Sportarten.

- **Folsäure (Vitamin B_9) und B_{12} (Serum):** Bestimmung nach Herstellerangaben als kompetitiver Immunoassay mit einem automatisierten Zweischritt-verfahren am Laborautomaten
- **Vitamin D (25-OH, Serum):** quantitative Bestimmung des totalen 25-OH-Vitamin-D im Serum nach Herstellerangabe mittels eines direkten kompetitiven Chemilumineszenz-Immunoassay (CLIA) am Laborautomaten
- **Magnesium und Selen (EDTA-Blut):** Bestimmung mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)
- **Eisen (EDTA-Blut):** Bestimmung im Vollblut mittels Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

Statistische Analyse

Die Daten wurden statistisch mit der IBM®SPSS®-Software 25 ausgewertet. Spearman Rho wurde benutzt, um die Korrelation zwischen den verschiedenen Parametern zu berechnen. Ein Chi-Quadrat-(χ^2-)4-Felder-Test nach Pearson wurde für den Häufigkeitsvergleich zwischen Symptomen und Altersgruppen verwendet und die Odds-Ratio (OR) berechnet. Das 95 %-Konfidenzintervall (CI) wurde berechnet nach

$$CI_{95\%} = \exp\left[\ln(\mathrm{OR}) \pm 1.96 \sqrt{\sum \frac{1}{f_i}}\ \ln(\mathrm{OR})\right]$$

Für 2-Gruppen-Mittelwertvergleiche wurde ein Levenetest zur Prüfung der Varianzhomogenität und anschließend ein unabhängiger T-Test für homogene ($P > 0{,}1$) oder inhomogene Varianzen mit 2-seitiger Fragestellung durchgeführt. Für $k > 2$ Gruppen bzw. kombinierte Einflüsse der verschiedenen Patientengruppen und der jeweiligen Symptome wurden eine ein- bzw. 2-faktorielle Varianzanalyse (ANOVA) angewendet. Post-hoc-Mittelwertgleiche wurden mit dem 2-seitigen Sidaktest durchgeführt. Für $p \leq 0{,}05$ wurden die Ergebnisse als signifikant, für $p \leq 0{,}01$ als hochsignifikant bezeichnet.

Ergebnisse

Die Charakteristik der Studienpopulation zeigt Tabelle 1. 73 % aller Spitzensportler beklagten Muskelverletzungen, 44 % Müdigkeit, 40 % Infekte und 32 % Schlafstörungen. Weibliche Sportlerinnen waren hochsignifikant schlechter mit intrazellulärem Selen (109 ± 26,01 vs. 125,4 ± 30,51 µg/l, $p < 0{,}005$), intrazellulärem Magnesium (1,3 ± 0,11 vs. 1,4 ± 0,13 mmol/l, $p < 0{,}024$) bzw. intrazellulärem Eisen (403,6 ± 35,72 vs. 477 ± 31,1 mg/l, $p < 0{,}0005$) versorgt als ihre männlichen Kollegen. In der Gesamtpopulation lag der Durchschnittswert von Selen mit 116,95 ± 29,08 µg/l (Norm: 121–168 µg/l) wie auch der von Q10 mit 653,21 ± 289,58 µg/l (Norm: 750-1200 µg/l) unterhalb der Norm. Jungnationalspieler U16/U18 erlitten deutlich häufiger Muskelverletzungen als die A-Nationalspieler (86 % (18/21) vs. 67 % (18/27) – OR = 3,00; 95 %CI: 1,50 - 4,50, $p = 0{,}022$). Bei

	Vit D	Selen	Mg	Eisen	Q10	Vit B1	Vit B2	Vit B6	Vit B9	Vit B12
	30-80	121-168	1,29-1,69	420-460	750-1200	30-90	137-270	5-30	4,6-18,7	200-950
	ng/ml	µg/l	mmol/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ng/ml	pg/ml
Signifikanz	***p = 0,006***			***p = 0,008***						
Gesamt	31,06	116,95	1,37	438,67	653,21	54,82	170,68	25,13	8,87	465,57
(n=111)	± 10,61	± 29,08	± 0,15	± 49,77	± 289,58	± 21,62	± 36,06	± 15,24	± 4,35	± 219,57
	(n=111)	(n=107)	(n=70)	(n=67)	(n=111)	(n=90)	(n=90)	(n=88)	(n=100)	(n=92)
Nationalspieler	**35,78***	**123,23**	**1,42**	**460,29***	**751,71**	**53,14**	**177,11**	**32,21**	**8,79**	**459,55**
Erwachsene	**± 12,35**	**± 32,9**	**± 0,15**	**± 36,69**	**± 441,80**	**± 9,52**	**± 29,20**	**± 26,90**	**± 5,92**	**± 211,78**
(n=24)	**(n=24)**	**(n=22)**	**(n=13)**	**(n=14)**	**(n=24)**	**(n=20)**	**(n=19)**	**(n=19)**	**(n=24)**	**(n=20)**
Nationalspieler	28,53	106,47	1,39	407,13*#	579,25	54,84	163,03	20,66	8,81	401,17
U16 – U18	± 8,2	± 29,71	± 0,11	± 43,09	± 233,63	± 11,18	± 42,29	± 6,52	± 3,23	± 142,73
(n=24)	(n=24)	(n=24)	(n=16)	(n=15)	(n=24)	(n=18)	(n=18)	(n=17)	(n=18)	(n=18)
Signifikanz				**p=0,018*						
				#p=0,026						
andere U18	**25,71***	**111,76**	**1,31**	**427,5**	**592,05**	**49,93**	**156**	**23,76**	**10,8**	**487,18**
(n=21)	**± 9,58**	**± 21,31**	**± 0,12**	**± 50,58**	**± 275,72**	**± 17,69**	**± 43,90**	**± 18,95**	**± 4,51**	**± 265,42**
	(n=21)	**(n=20)**	**(n=14)**	**(n=14)**	**(n=21)**	**(n=16)**	**(n=17)**	**(n=16)**	**(n=18)**	**(n=17)**
Signifikanz	***p=0,007***									
Andere	32,47	122,24	1,37	452,29#	668,31	49,93	178,06	24,11	8,07	488,84
Erwachsene	± 9,67	± 28,62	± 0,13	± 50,67	± 289,58	± 21,62	± 30,07	± 15,88	± 3,39	± 233,22
(n=42)	(n=42)	(n=41)	(n=27)	(n=24)	(n=42)	(n=35)	(n=36)	(n=36)	(n=40)	(n=37)

▶**Tab. 2** Mikronährstoffwerte im Vergleich Erwachsene gegen Jugend.

Infekten, Müdigkeit und Schlafstörungen waren keine Unterschiede nachzuweisen. Der Vitamin-D-Wert von 51,3 % (57/111) der Athleten lag < 30 ng/ml, wobei 13,5 % (15/111) einen Vitamin-D-Mangel (< 20 ng/ml) und 37,8 % (42/111) eine inadäquate Vitamin-D-Versorgung (>20-30 ng/ml) aufwiesen.

Tabelle 2 zeigt den Vergleich Jugend vs. Erwachsene. Jugendliche sind gegenüber den Erwachsenen in fast allen Mikronährstoffen (außer Vitamin B_9 = Folsäure) schlechter versorgt. Mit Vitamin D (25,71 ± 9,58 ng/ml vs. 35,78 ± 12,35 ng/ml – p=0,007) und interzellulärem Eisen (407,13 ± 43,09 mg/l vs. 460,29 ± 36,69 mg/l – p = 0,018) sind die Jugendspieler respektive die Jungnationalspieler U16/U18 im Vergleich zu den A-Nationalspielern signifikant schlechter versorgt. Der Anteil der Jugendspieler mit Mangel oder inadäquater Vitamin-D-Versorgung lag bei 64,4 % (29/45), wobei 22,2 % (10/45) der Jugendspieler einen Vitamin-D-Mangel (< 20 ng/ml) und 42,4 % (19/45) eine inadäquate Vitamin-D-Versorgung (20–30 ng/ml) nachwiesen. Die Jugendspieler haben gegenüber den Erwachsenen somit ein 2,46-fach höheres Risiko einen Vitamin-D-Mangel (29/45 vs. 28/66, OR = 2,46, 95 %CI: 1,67–3,24, p < 0,023) und ein 2,72-fach höheres Risiko einen intrazellulären Eisenmangel (14/30 vs. 9/37, OR = 2,72, 95 %CI: 1,68–3,76, p < 0,055) zu entwickeln.

Tabelle 3 zeigt die Werte der Sportler im Gruppenvergleich aufgeteilt in Gruppen unter- und oberhalb internationaler Empfehlungen [15][22][23][24][25][26][27][27] mit Bezug zu den Symptomen. Mangel an Mineralstoffen oder Vitaminen hatten keine nachweisbare Erhöhung der Wahrscheinlichkeit für eine Schlafstörung zur Folge. Die Wahrscheinlichkeit zur Müdigkeit wird lediglich tendenziell durch Selenunterversorgung erhöht (p = 0,091). Ebenfalls nur tendenziellen Einfluss (p = 0,065) lässt sich bei Coenzym-Q10-Mangel auf Infektanfälligkeit nachweisen. Muskelverletzungen erscheinen wahrscheinlicher bei Mangel an Vitamin D (p = 0,007), B_1 (p = 0,045) und tendenziell bei Vitamin B_6 (p = 0,058).

Diskussion

Unsere Ergebnisse zeigen, dass bei Spitzensportlern – unabhängig welcher Sportart – ein Mangel an immunologisch (Vitamin D und Selen) und mitochondrial essenziellen Mikronährstoffen (intrazelluläres Eisen und Magnesium sowie Coenzym Q10) in 27,1–69,4 % weit verbreitet ist. Jugendliche Elitesportler sind mit diesen Mikronährstoffen in 35,7–79,1 % signifikant schlechter versorgt als die erwachsenen Sportler mit 21,4–63,2 % und haben somit ein 2–2,72-fach höheres Risiko, einen Mangel an diesen Mikronährstoffen zu erleiden als die Erwachsenen. Ein signifikantes, 3-fach höheres Risiko für muskuläre Verletzungen bei Jugendlichen (86 % bei Jugendlichen vs. 67 % bei Erwachsenen – OR = 3,00; 95 % CI: 1,50 - 4,50, p = 0,022) ist die Folge.

In der Vitamin-B-Versorgung haben lediglich 2,2–10 % der Studienteilnehmer einen Mangel, wobei auch hier die Jugendlichen (3–16,2 %) deutlich häufiger betroffen sind als die Erwachsenen (0–10,9 %). Eine Ausnahme bildet die Folsäure (Vitamin B_9): hier sind die Jugendlichen (8,3 % vs. 10,9 %) minimal besser versorgt.

	VitD		Selen		Mg		Eisen		Q10		VitB1		VitB2		VitB6		VitB9 (Folsäure)		VitB12	
	30-80 ng/ml		121-168µg/l		1,29-1,69mmol/l		420-460 mg/l		750-1200 µg/l		30-90 µg/l		137-270 µg/l		5-30µg/l		4,6-18,7 ng/ml		200-950 pg/ml	
A	≤ 40		≤ 140		≤ 1,40		≤ 420		≤ 1000		≤ 50		≤ 200		≤ 20		≤ 15		≤ 400	
B	> 40	n	> 140	n	> 1,40	n	> 420	n	> 1000	n	> 50	n	> 200	n	> 20	n	> 15	n	> 400	n
Gesamt	27,96	95	111,2	97	1,29	43	385	22	600	102	36,17	23	157,1	70	13.53	44	8,05	94	331	59
± SD	± 7,53		± 23,40		± 0,08		± 37,74		± 187,33		± 6,30		± 28,12		± 3,78		± 2,8		± 86,95	
Gesamt	49,43	16	172,5	10	1,50	27	465	45	1328	8	61,23	67	218,4	20	36,72	44	21,63	6	704	33
± SD	± 7,04		± 22,61		± 0,82		± 32,58		± 488,27		± 21,31		± 11,66		± 19,78		± 4,52		± 177,23	
	Schlafstörung																			
ja (A)	**28,74**	**32**	**111,1**	**29**	**1,31**	**12**	**373**	**5**	**624**	**33**	**37,05**	**10**	**161,9**	**25**	**13,24**	**14**	**7,84**	**31**	**333**	**20**
± SD	**± 5,74**		**± 20,62**		**± 0,05**		**± 57,28**		**± 168,49**		**± 4,34**		**± 27,55**		**± 3,95**		**± 2,90**		**± 91,07**	
ja (B)	**50,43**	**4**	**173,0**	**7**	**1,52**	**24**	**463**	**31**	**1153**	**3**	**66,88**	**26**	**219,0**	**11**	**35,33**	**22**	**20,53**	**5**	**665**	**16**
± SD	**± 8,08**		**± 15,48**		**± 0,09**		**± 32,61**		**± 94,69**		**± 33,96**		**± 12,33**		**± 15,82**		**± 5,28**		**± 165,12**	
	OD=1,52 - p=0,354		*OD = 0,43 - p=0,117*		*OD=0,71 - p=0,275*		*OD=0,55 - p=0,205*		*OD=1,00 - p=0,607*		*OD=1,83 - p=0,154*		*OD=1,52 - p=0,226*		*OD=0,95 - p=0,540*		*OD=1,18 - p=0,506*		*OD=1,15 - p=0,442*	
nein (A)	**27,57**	**63**	**111,3**	**68**	**1,28**	**31**	**388**	**17**	**589**	**66**	**35,49**	**13**	**154,4**	**45**	**13,67**	**30**	**8,15**	**63**	**330**	**39**
± SD	**± 8,31**		**± 24,15**		**± 0,09**		**± 21,32**		**± 115,86**		**± 7,59**		**± 28,39**		**± 3,76**		**± 2,77**		**± 85,96**	
nein (B)	**49,30**	**12**	**171,8**	**7**	**1,49**	**44**	**467**	**58**	**1433**	**6**	**58,64**	**62**	**218,1**	**30**	**37,60**	**45**	**23,85**	**12**	**724**	**36**
± SD	**± 7,03**		**±33,66**		**± 0,08**		**± 33,06**		**± 613,21**		**± 11,48**		**± 11,82**		**± 22,16**		**± 1,91**		**± 183,54**	
	Müdigkeit																			
ja (A)	28,35	42	116,1	40	1,29	20	382	11	635	45	35,95	10	154,4	29	12,48	16	7,75	41	312	25
± SD	± 6,60		± 18,17		± 0,08		± 39,88		± 193,34		± 4,73		± 29,36		± 3,66		± 3,00		± 89,57	
ja (B)	50,53	7	169,0	9	1,51	29	457	38	1123	4	62,94	39	221,8	20	39,08	33	20,53	8	657	24
± SD	± 6,24		± 17,79		± 0,08		± 30,20		± 98,17		± 30,91		± 11,86		± 23,67		± 5,28		± 155,03	
	OD=1,02 - p=0,964		***OD=0,39 - p=0,091***		*OD=1,17 - p=0,419*		*OD=1,34 - p=0,351*		*OD=0.99 - p=0,625*		*OD=0,97 - p=0,567*		*OD=0,74 - p=0,289*		*OD=0,59 - p=0,126*		*OD=0,87 - p=0,498*		*OD=0,86 - p=0,417*	
nein (A)	27,66	53	107,8	57	1,30	23	388	11	573	57	36,33	13	159,0	41	14,13	28	8,29	53	345	34
± SD	± 8,25		± 25,53		± 0,08		± 22,85		± 179,55		± 7,48		± 27,42		± 3,78		± 2,64		± 89,35	
nein (B)	48,58	9	177,8	5	1,49	39	474	51	1533	5	60,07	49	215,6	21	34,57	34	23,85	9	735	28
± SD	± 7,87		± 30,74		± 0,09		± 33,59		± 659,11		± 11,31		± 11,26		± 15,67		± 1,91		± 187,64	
	Infekte																			
ja (A)	**27,11**	**39**	**109,4**	**40**	**1,29**	**17**	**378**	**6**	**622**	**43**	**35,86**	**12**	**150,4**	**30**	**12,42**	**17**	**8,07**	**37**	**317**	**25**
± SD	**± 5,91**		**± 20,77**		**± 0,08**		**± 49,27**		**± 190,81**		**± 4,64**		**± 30,52**		**± 3,71**		**± 2,99**		**± 87,29**	
ja (B)	**46,92**	**5**	**164,0**	**4**	**1,50**	**27**	**461**	**38**	**1251**	**1**	**60,40**	**32**	**225,8**	**14**	**36,95**	**27**	**17,97**	**7**	**659**	**19**
± SD	**± 5,19**		**±11,53**		**± 0,07**		**± 32,08**				**± 11,02**		**± 6,76**		**± 15,78**		**± 1,62**		**± 174,08**	
	OD=1,53 - p=0,325		*OD=1,75 - p=0,274*		*OD=0,99 - p=0,573*		*OD=0,50 - p=0,139*		***OD=5,83 - p=0,065***		*OD=1,91 - p=0,127*		*OD=1,45 - p=0,241*		*OD=0,93 - p=0,510*		*OD=0,93 - p=0,546*		*OD=1,28 - p=0,333*	
nein (A)	**28,56**	**56**	**112,5**	**57**	**1,30**	**26**	**387**	**16**	**584**	**59**	**36,50**	**11**	**162,1**	**40**	**14,23**	**27**	**8,04**	**57**	**342**	**34**
± SD	**± 8,48**		**± 24,62**		**± 0,08**		**± 23,96**		**± 184,72**		**± 7,97**		**± 25,43**		**± 3,72**		**± 2,70**		**± 86,50**	
nein (B)	**50,57**	**11**	**176,1**	**10**	**1,51**	**41**	**469**	**51**	**1339**	**8**	**61,66**	**56**	**215,9**	**27**	**36,58**	**40**	**25,30**	**10**	**727**	**33**
± SD	**± 7,68**		**± 29,90**		**± 0,09**		**± 33,30**		**± 526,32**		**± 25,18**		**± 12,05**		**± 22,22**		**± 2,85**		**± 178,36**	
	Muskelverletzung																			
ja (A)	27,50	74	110,7	72	1,31	30	386	18	594	76	36,45	13	160,9	49	14,29	28	7,86	68	338	41
± SD	± 7,85		± 22,53		± 0,06		± 32,62		± 190,72		± 7,01		± 26,67		± 3,86		± 2,80		± 86,09	
ja (B)	46,31	7	167,3	9	1,50	51	468	63	1178	5	63,24	68	218,3	32	32,81	53	17,97	13	697	40
± SD	± 6,71		± 16,36		± 0,09		± 34,71		± 90,85		± 24,33		± 12,47		± 13,43		± 1,62		± 165,13	
	OD=4,53 - p=0,007		*OD=1,60 - p=0,312*		*OD=0,77 - p=0,348*		*OD=1,86 - p=0,223*		*OD=2,34 - p=0,197*		***OD=0,38 - p=0,045***		*OD=0,66 - p=0,244*		***OD=0,46 - p=0,058***		*OD=0,80 - p=0,491*		*OD=0,68 - p=0,253*	
nein (A)	29,59	21	112,7	25	1,25	13	376	4	618	26	35,80	10	148,1	21	12,19	16	8,55	26	316	18
± SD	± 6,17		± 24,89		± 0,10		± 29,97		± 179,45		± 5,59		± 30,03		± 3,34		± 2,81		± 89,35	
nein (B)	51,86	9	193,5	5	1,50	7	460	26	1478	4	55,73	20	218,6	9	47,16	14	25,30	4	721	12
± SD	± 6,64		± 40,31		± 0,05		± 28,52		± 698,37		± 6,94		± 10,92		± 29,29		± 2,85		± 211,13	

▶ **Tab. 3** Mikronährstoffvergleich der unteren Normmitte (A) gegen die obere Normmitte (B) bezogen auf die einzelnen Symptome.

Die Fülle der Ergebnisse im Vergleich zur Literatur macht eine Diskussion jedes einzelnen Mikronährstoffs sinnvoll. Diese folgt in Teil 2 in der nachsten Ausgabe der om.

Autor

Dr. med. Klaus Erpenbach ist Facharzt für Allgemeinmedizin und hat die Zusatzqualifikationen für Akupunktur, Naturheilverfahren, biologische Krebstherapie, ganzheitliche Schmerztherapie, orthomolekulare Medizin sowie mitochondriale Medizin (Master) erworben. Seit 1994 behandelt er in niedergelassener Praxis zu diesen Schwerpunkten. Zudem hat er sich auf die Leistungsoptimierung und Behandlung von Leistungssportlern spezialisiert.

Korrespondenzadresse

Dr. med. Klaus Erpenbach, Stefan Mücke
Institut für medizinische Leistungsoptimierung und Trainingssteuerung
Marienstraße 1, 50374 Erftstadt
E-Mail: km.erpenbach@t-online.de

Wolfgang Mayer
Lab4More GmbH Bavariahaus, München

Dr. Uwe Hoffmann
Deutsche Sporthochschule Köln

Die Literaturliste finden Sie online unter: www.thieme-connect.de/products/ejournals/journal/10.1055/s-00000144