

Zusammenfassung

Körpereigene Proteine sind einem permanenten Auf- und Abbau unterworfen. Muskelproteine werden alle 120 Tage erneuert. Das American College of Sports Medicine empfiehlt aktuell leistungsorientierten Sportlern eine Spanne von 1,2 bis 2,0 g Eiweiß pro kg Körpergewicht pro Tag (Ausdauer- und Kraftbelastungen). In zeitlich begrenzten Phasen der Energierestriktion (Diät, Gewichtmachen in bestimmten Kampf- oder Kraftsportarten) oder bei verletzungsbedingter Immobilisierung, können auch höhere Mengen nötig werden, um die fettfreie Masse aufrechterhalten zu können.

Grundsätzlich wird keiner Proteinquelle eine eindeutige Überlegenheit für die Steigerung der muskulären Proteinbiosynthese eingeräumt. Prinzipiell können sich pflanzliche und tierische Proteinlieferanten ergänzen. Aus der Ernährungswissenschaft stammt zur Bestimmung der Qualität der Begriff der „biologischen Wertigkeit“. Setzt man Eiprotein als Referenzwert mit 100% an, so kann man die anderen Lebensmittel bezüglich ihrer Wertigkeit hierarchisch einordnen.

Kombiniert man pflanzliche und tierische Lebensmittel miteinander, so lässt sich die Proteinqualität auch über den Referenzwert des Eiweißs von 100% hinaus deutlich steigern. Üblicherweise decken Hochleistungsathleten ihren Proteinbedarf problemlos über das Nahrungsprotein. Supplemente sind eigentlich nur in speziellen Konstellationen nötig: längerfristige energiereduzierte Diät zum Erhalt eines niedrigen Körpergewichts, bei gewissen Nahrungsmittelunverträglichkeiten, einseitigen Kostformen (u.a. Fast Food, vegane Ernährung).

Ein Vorteil von guten Proteinsupplementen ist neben gutem Geschmack

REVIEW / SPECIAL ISSUE

Muskelaufbau/-regeneration und die Rolle der Proteine

Christoph Raschka^{a,b,*} und Stephanie Ruf^c

^aGemeinschaftspraxis für Allgemeinmedizin Hünfeld

^bInstitut für Sportwissenschaft, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

^cUnterschleißheim

Eingegangen/submitted: 25.3.2024; akzeptiert/accepted: 24.5.2024

Online verfügbar seit/Available online: 29 June 2024

Muskelaufbau und Proteinzufuhr

Die körpereigenen Proteine sind einem permanenten Auf- und Abbau unterworfen. Die Muskelproteine werden beispielsweise komplett alle 120 Tage erneuert [3]. Dabei vollzieht sich der Abbau der Muskelproteine an jedem Tag zu einem kleinen Teil, wobei sie dann auch im gleichen Umfang immer wieder aufgebaut werden [4]. Die Zufuhr von Nahrungsprotein in Verbindung mit intensivem Training kann den täglichen Aufbau von Muskelprotein leicht erhöhen [4]. Vor allem in Bodybuilding- und Kraftsportmagazinen sowie den entsprechenden Webseiten kursieren nicht selten äußerst einseitige Empfehlungen zur Eiweißzufuhr, die oft jeglicher wissenschaftlicher Evidenz [12] entbehren. Dabei liegt die Bedeutung einer qualitativ und quantitativ adäquaten Proteinzufuhr nicht nur in der Synthese aller Bestandteile des Bewegungsapparates (Muskeln, Sehnen, Bänder, Knochen), sondern auch in der Beteiligung von Proteinen an

vielfältigen (u.a. metabolischen, zellulären und endokrinen) Stoffwechselprozessen [14].

Die D-A-CH-Referenzwerte, die für die Nährstoffzufuhr von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE), der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung (ÖGE) und der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährungsforschung (SGE) sowie der Schweizerischen Vereinigung für Ernährung (SVE) herausgegeben werden und die wissenschaftliche Grundlage für eine vollwertige Ernährung in der Praxis darstellen, beziffern sich für gesunde Erwachsene im Alter von 19 bis unter 65 Jahren für Proteine auf 0,8 g/kg Körpergewicht (KG) pro Tag [5]. Für Senioren über 65 Jahre wurden die D-A-CH-Referenzwerte auf 1,0 g Eiweiß pro kg KG pro Tag erhöht, weil bei den Älteren aufgrund verschiedener Einflussfaktoren von einem höheren Proteinbedarf als bei jüngeren Erwachsenen auszugehen ist.

Überlegungen zufolge [4], nach denen die durchschnittliche Eiweißzufuhr für erwachsene Europäer bei 12 bis 20% der zugeführten Gesamtenergiemenge und damit



die Anreicherung mit Vitamin B₆. Empfohlen werden hier 0,02 mg Vitamin B₆ pro 1 g supplementiertem Protein.

Vergleicht man die Zusammenstellung eines Proteinriegels mit einem konventionellen Protein-Shake, so erscheint der Riegel aufgrund seines Kohlenhydratanteils (=> anabol) als die bessere Wahl. Das früher angenommene kurze anabole Fenster von zwei Stunden in der Postbelastungsphase wird mittlerweile nach neueren Studienerkenntnissen nicht mehr als so entscheidend angesehen, sodass das Timing der Eiweißzufuhr viel entspannter geplant werden kann. Man sollte also die Proteine nach der sportlichen Betätigung möglichst mehrmals am Tage (drei- bis viermal) in einer Gesamtmenge bis zu 2 g pro kg Körpergewicht pro Tag zuführen. Der additive Effekt eines Krafttrainings in Kombination mit adäquater Proteinzufuhr liegt nach einer Metaanalyse anhand von 49 randomisierten, kontrollierten Studien leider relativ niedrig. Nach 13±8 Trainingswochen belief sich die durchschnittliche Muskelmassezunahme auf 0,3 kg Magermasse.

Ein potenzielles Gesundheitsrisiko droht bei der Aufnahme isolierter Aminosäuren, die wie ein Medikament einzustufen sind. Wird beispielsweise eine Aminosäure in größerer Menge zugeführt, so kann die Aufnahme anderer wichtiger Aminosäuren blockiert werden, sodass ein Ungleichgewicht droht.

Schlüsselwörter

Eiweißzufuhr – Proteinqualität – Aminosäuren
– Eiweißriegel – biologische Wertigkeit

geschätzten 0,8 bis 1,3 g pro kg Körpergewicht liegen dürfte, nehmen also die meisten Europäer mehr auf, als es den Empfehlungen entsprechen dürfte. Daraus wird geschlossen, dass die 0,8 g/kg eher eine Mindestmenge und nicht eine optimale Zufuhr an Protein darstellen dürfte [4], die gerade für sportliche Aktive wohl eher um die 1,2 bis 1,6 kg Körpergewicht liegen könnte [11].

Diese Überlegungen überlappen sich mit den Empfehlungen des American College of Sports Medicine [1], das dem leistungsorientierten Sportler hier aktuell eine Spanne von 1,2 bis 2,0 g Eiweiß pro kg Körpergewicht pro Tag empfiehlt, unabhängig davon, ob es sich um eine Ausdauer- oder Kraftbelastung handelt. Im Fokus steht also nicht mehr die Sportart, sondern die Belastungssituation des Sportlers. Wichtige Einflussfaktoren für den Bedarf sind Trainingsvolumen, -intensität und -status. Anfänger benötigen mehr als Fortgeschrittene, da letztere bereits über mehr Muskelmasse verfügen bzw. aufgebaut haben. Wichtige Parameter sind Energie- und vor allem die Kohlenhydratverfügbarkeit. Bei Mangel werden nämlich Aminosäuren eher oxidiert als zum Proteinaufbau verwendet.

Grundsätzlich führt Ausdauertraining neben dem Anzapfen der Energiereserven auch zum nicht unerheblichen Abbau von Muskel- und anderen Körperproteinen [4]. Aufgrund der notwendigen täglichen Resynthese dieser Proteine wird nicht nur im Kraftsport, sondern auch im Ausdauersport eine erhöhte Zufuhr von Proteinen empfohlen [13].

Der obere Bereich zielt eher auf spezielle Abschnitte sehr

intensiven Trainings ab. Für das reguläre, ambitionierte Krafttraining mit der Zielsetzung der Zunahme der aktiven Körpersubstanz und der Kraft sind 1,6 g Protein pro kg Körpergewicht pro Tag suffizient. Metaanalysen [9] zeigen hierunter eine gewisse Sättigung des Körpers auf. Dies weist auf eine optimale Versorgung des Sportlers hin.

In zeitlich begrenzten Phasen der Energierestriktion (Diät, Gewichtmachen in bestimmten Kampf- oder Kraftsportarten) oder bei verletzungsbedingter Immobilisierung können auch höhere Mengen um 2 g/kg KG nötig werden, um die fettfreie Masse aufrechterhalten zu können [15].

Um beim Gewichtsabbau mit dem hauptsächlichen Ziel der Körperfettreduktion die gegebene Muskelmasse zu erhalten bzw. deren Schwund in Grenzen zu halten, empfiehlt man für diesen Zeitraum eine Proteinzufuhr zwischen 1,8 und 2,7 g/kg KG [4].

Unabhängig von der Art des betriebenen Sports, ist die Muskelproteinsynthese nach einer Belastung für 24 h oder länger hochreguliert [15]. Das früher angenommene kurze anabole Fenster von zwei Stunden in der Postbelastungsphase wird mittlerweile nach neueren Studienerkenntnissen nicht mehr als so entscheidend angesehen, so dass das Timing der Eiweißzufuhr viel entspannter geplant werden kann. Es ist noch ungeklärt, ob die muskuläre Proteinbiosynthese oder andere Anpassungseffekte wirklich beschleunigt ablaufen, falls die Eiweißzufuhr in der direkten Nachbelastungsphase (bis zu 2 Stunden nach der Anstrengung) oder erst drei oder vier Stunden danach erfolgen [7,18].

C. Raschka und S. Ruf

Muscle building/recovery and the role of proteins

Summary

The body's own proteins are subject to permanent build-up and degradation. Muscle proteins are renewed every 120 days. The American College of Sports Medicine currently recommends a range of 1.2 to 2.0 g of protein per kg of body weight per day (endurance and strength loads) for performance-oriented athletes. In temporary phases of energy restriction (dieting, weight-making in certain martial arts or strength sports) or in the case of injury-related immobilization, higher amounts may also be necessary to maintain the fat-free mass.

Basically, no protein source is given a clear superiority for increasing muscular protein biosynthesis. In principle, plant-based and animal-based protein suppliers can complement each other. In nutritional science, the term "biological value" is used to determine quality. If egg protein is used as a reference value of 100%, the other foods can be classified hierarchically in terms of their value.

If plant-based and animal-based foods are combined, the protein quality can be significantly increased even beyond the reference value of 100% for egg protein. Usually, high-performance athletes easily cover their protein needs through dietary protein. Supplements are actually only necessary in special constellations: long-term energy-reduced diet to maintain a low body weight, for certain food intolerances, one-sided diets (e.g. fast food, vegan diet).

In addition to good taste, one advantage of good protein supplements is

Weitgehender Konsens [7,15] besteht aber darin, dass die Betonung auf gut verdaulichen Proteinen in der Nachbelastungsphase liegen sollte, während langsamer verdauliche (z.B. Casein) eher später gegen Abend aufgenommen werden sollten.

Wegen des relativ lange offenen metabolischen Fensters sollten Proteine möglichst mehrmals am Tage (drei- bis viermal) in einer Gesamtmenge bis zu 2 g pro kg Körpergewicht pro Tag zugeführt werden.

In einigen Studien wurde nach der Zufuhr von hohen Eiweißmengen von 50 bis 100 g in der Nachbelastungsphase eine raschere Erholung der Muskelkraft nach exzentrischer Belastung aufgezeigt [16].

Proteinqualität

Grundsätzlich wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt keiner Proteinquelle eine eindeutige Überlegenheit für die Steigerung der muskulären Proteinbiosynthese eingeräumt [7]. Daher wird empfohlen, verschiedene Proteinquellen im Speiseplan zu kombinieren. Das sollte am sichersten durch eine abwechslungsreiche und ausgewogene Ernährung gelingen. Es gibt auch keine Evidenz für einen Vorteil tierischer Proteine gegenüber pflanzlichen Quellen [8].

Für den menschlichen Organismus zeichnen sich Lebensmittel dann mit einer hohen Proteinqualität aus, wenn ihr Aminosäuremuster dem humanen ähnelt und sich die Aminosäuren daher dann auch gut in körpereigene Proteine umformen lassen. Durch richtiges Kombinieren der entsprechenden Lebensmittel untereinander lässt sich die

Qualität der einzelnen Lebensmittel steigern.

Grundsätzlich können sich pflanzliche und tierische Proteinlieferanten ergänzen und auch das Mischen rein pflanzlicher Lebensmittel untereinander resultiert in einer Qualitätsverbesserung, so dass sie keinen Nachteil gegenüber tierischen aufweisen müssen.

Ernährungswissenschaftler haben zur Bestimmung der Qualität den Begriff der „biologischen Wertigkeit“ geprägt.

Setzt man Eiweißprotein als Referenzwert mit 100% an, so kann man die anderen Lebensmittel bezüglich ihrer Wertigkeit hierarchisch einordnen. Biologische Wertigkeit und Proteinqualität korrelieren positiv miteinander.

In der [Abbildung 1](#) zur Proteinqualität sind ausgewählte wichtige Lebensmittel bezüglich ihrer biologischen Wertigkeit in einer klaren Rangfolge dargestellt.

Kombiniert man pflanzliche und tierische Lebensmittel miteinander, so lässt sich die Proteinqualität auch über den Referenzwert des Eiweißproteins von 100% hinaus deutlich steigern.

Neben den in der Graphik aufgeführten Beispielen erzielen aber auch die Kombinationen von Hühnerfleisch & Soja (60%/40%) sowie Hühnerfleisch & Milch (71%/29%) eine biologische Wertigkeit von jeweils 122, während die Kombinationen Reis & Hefe (85%/15%) sowie Hühnerfleisch & Weizen (68%/32%) auf jeweils 118 und die Kombination Rindfleisch & Kartoffeln (77%/23%) auf einen Wert von 114 kommt [10].

Doch auch rein pflanzliche Kombinationen erzielen hohe Werte, wie beispielsweise Soja & Reis

the enrichment with vitamin B₆. It is recommended to take 0.02 mg of vitamin B₆ per 1 g of supplemented protein.

If you compare the composition of a protein bar with a conventional protein shake, the bar appears to be the better choice due to its carbohydrate content (\Rightarrow anabolic).

According to recent study findings, the previously assumed short anabolic window of two hours in the post-exercise phase is no longer considered so decisive, so that the timing of protein intake can be planned in a much more relaxed manner. After exercise, proteins should therefore be consumed several times a day (three to four times) in a total amount of up to 2 g per kg of body weight per day.

The additive effect of strength training in combination with adequate protein intake is unfortunately relatively low, according to a meta-analysis based on 49 randomized controlled trials. After 13 ± 8 weeks of training, the average muscle mass gain was 0.3 kg of lean mass. There is a potential health risk from the ingestion of isolated amino acids, which are to be classified as a drug. If, for example, an amino acid is supplied in large quantities, the absorption of other important amino acids can be blocked, so that there is a risk of an imbalance.

Keywords

Protein intake – Protein quality – Amino acids
– Protein bars – Biological value

(55%/45%) mit 111, Kartoffeln & Soja (55%/45%) mit 103 und Bohnen & Mais (52%/48%) mit dem Wert 101. Die zuletzt genannte Kombination spielt eine nicht unerhebliche Rolle in der Deckung des Eiweißbedarfs von Populationen in den so genannten Entwicklungsländern [10].

Leider ist der additive Effekt eines Krafttrainings in Kombination mit adäquater Proteinzufuhr viel niedriger, als man vermuten würde, wie eine Metaanalyse [9] anhand von 49 randomisierten, kontrollierten Studien demonstrierte. Nach 13 ± 8 Trainingswochen belief sich die durchschnittliche Muskelmassezunahme auf äußerst geringe 0,3 kg Magermasse.

Proteinpulver und andere Supplemente

Im Normalfall decken auch Hochleistungsathleten ihren Proteinbedarf problemlos über das Nahrungsprotein und benötigen daher üblicherweise keine zusätzlichen Eiweißpräparate. Ein Risiko für eine unzureichende Bedarfsdeckung mit Eiweiß und unentbehrlichen Aminosäuren könnte u.U. aber bei folgenden Konstellationen [7] eintreten:

- Längerfristige energiereduzierte Diät zum Erhalt eines niedrigen Körpergewichts oder zur bewussten Körpergewichtsreduktion (z.B. Skispringer, Turner, Tänzer, Sportarten mit Gewichtsklassen, Bodybuilder in der Vorwettkampfphase)
- Länger anhaltende Elimination von bestimmten proteinhaltigen Lebensmitteln (z.B. Nahrungsmittelunverträglichkeiten u.a.)

- Einseitige Ernährung mit hoher Zufuhr von Lebensmitteln mit nur geringer Nährstoffdichte (Fast Food u.a.)
- Bestimmte vegane Ernährungsformen

Grundsätzlich bestehen aber 4 erhebliche Nachteile hochgereinigter Supplemente im Vergleich zu klassischen Lebensmitteln [12–15]:

1. Eiweißhydrolysate oder Aminosäuremischungen werden rascher aus dem Verdauungstrakt ins Blut aufgenommen als das übliche intakte Lebensmittelprotein, was einen schnellen Anstieg der Aminosäurekonzentration mit einer konsekutiv schnelleren Verbrennung nach sich zieht. Der Körper nutzt also die eigentlich für die Proteinsynthese geplanten Aminosäuren zur Energiegewinnung.
2. Sie führen auch zu einem ungünstigeren Hormonbild für den Proteinaufbau. Eine gemischte Mahlzeit bewirkt hingegen wegen ihres Kohlenhydratgehalts eine anabol wirksame Insulinausschüttung.
3. Proteinpulver begünstigen Obstipation. Sie wirken außerdem weniger sättigend, sondern eher appetitanregend.
4. Ein konstant hoher Konsum von Proteinpräparaten könnte zu einer verstärkten Ausscheidung von Kalzium und Phosphat über die Nieren führen, was langfristig die Knochendichte unvorteilhaft beeinflussen würde.

Als Konsequenz sollten Proteinpulver daher nicht nur als reiner Proteindrink, sondern in Kombination

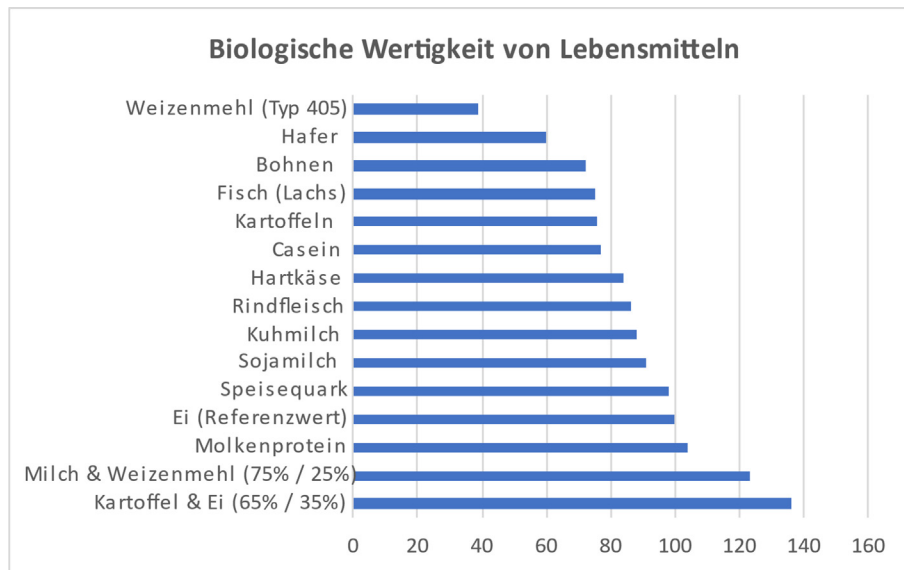


Abbildung 1

Proteinqualität einiger ausgewählter Lebensmittel und von Lebensmittelkombinationen.

mit einem Energieriegel, einer Banane oder Brezel zu sich genommen werden.

Weitaus preiswerter als Supplementmischungen ist übrigens Milchpulver, das alle wichtigen Aminosäuren enthält [6].

Ein potentiell Gesundheitsrisiko droht nach aktuellem Wissensstand bei der Aufnahme isolierter Aminosäuren, die in der üblichen Kost so nicht vorkommen und eher wie ein Medikament einzustufen sind. Wird beispielsweise eine Aminosäure in größerer Menge zugeführt, kann die Aufnahme anderer wichtiger Aminosäuren blockiert werden, sodass ein Ungleichgewicht droht. Der postulierte Wachstumshormonanstieg war in methodisch gut durchgeführten Studien weder für Arginin, noch Lysin oder Ornithin nachweisbar. Das gilt auch für eine angebliche HGH-Stimulation oder Dämpfung des Ermüdungsempfindens durch Tryptophan. Auch für Glycin waren die angeblichen

vorteilhaften Effekte nicht nachweisbar.

Weiterer Forschungsbedarf besteht noch bezüglich der Rolle der verzweigten Aminosäuren (Leucin, Isoleucin, Valin) allein bzw. im Zusammenspiel mit Glutamin in ihrer sportimmunologischen Auswirkung in intensiven Trainingsphasen. Grundsätzlich sollte man aber bei einer beabsichtigten Supplementierung für den Muskelaufbau eher Proteinpräparate anstelle selektiver einzelner Aminosäuren verwenden. Ein Vorteil von guten Proteinsupplementen [17] ist neben gutem Geschmack die Anreicherung mit Vitamin B₆. Empfohlen werden hier 0,02 mg Vitamin B₆ pro 1 g supplementiertem Protein vom wissenschaftlichen Lebensmittelausschuss der Europäischen Kommission (SCF).

Der Hauptbestandteil von Proteinsupplementen ist häufig Weizenprotein, das von den Herstellern nicht selten mit verschiedenen Zusätzen

wie angeblich für das Muskelwachstum anregenden Enzymen angereichert wurde. Die Wirkung ist nicht belegt [6]. Außerdem werden Enzyme üblicherweise bereits gastrointestinal inaktiviert, bevor sie vom Körper aufgenommen werden können.

Weitere Gefahren drohen durch Verunreinigungen mit dopingverwandten Substanzen bei der Herstellung [2], woraus sich konsekutiv dramatische Folgen für Athleten ergeben können, die dem WADA-Code unterliegen.

Vergleicht man die Zusammenstellung eines Proteinriegels mit einem konventionellen Protein-Shake (Tabelle 1), so erscheint der Eiweißriegel aufgrund seines Kohlenhydratanteils als die bessere Wahl (Zeitpunkt: nicht während, sondern nach der Belastung!).

Riegel mit einem sehr hohen Gehalt an Protein (60%) weisen dann auch nur sehr geringe Kohlenhydratmengen von <40% auf (z.B. 12 g) auf.

Tabelle 1. Proteinriegel (durchschnittliche Zusammensetzung) im Vergleich zu einem Protein-Shake

	Gehalt pro Riegel in Energieprozent und in Gramm (g)		
	Protein	Fett	Kohlenhydrate
Proteinriegel (35–45 g)	30% (bis zu 60%), ca. 15 g	ca. 20%, ca. 3 g	ca. 50%, ca. 16 g
Zum Vergleich: Proteinpulver	67%, ca. 29 g	3,0%, ca. 0,6 g	30%, ca. 13 g

Grundsätzlich ist noch einmal zu betonen, dass man aufgrund der Gefahr der Verunreinigung mit dopingähnlichen Substanzen immer die Proteinpräparate etablierter Hersteller bevorzugen sollte und dubiose Internetquellen scheinbar preisgünstigerer Alternativen eher zu meiden sind.

Bei ausgewogener Ernährung erübrigen sich Proteinsupplemente, weil über das Eiweiß in der Nahrung schon eine optimale Versorgung problemlos zu erzielen ist. Nur bei bestimmten restriktiven Diäten kann in den o.a. Beispielen die Aufnahme von Proteinpräparaten Sinn machen. Dann sollten sie aber zusammen mit Kohlenhydraten aufgenommen werden, um mit der entsprechend anabolen hormonellen Ausgangslage auch den Muskelaufbau positiv beeinflussen zu können. Prinzipiell sollte man immer auf einen entsprechenden Vitamin-B₆-Zusatz achten: 0,02 mg B₆ pro 1,0 g Proteine.

Interessenkonflikt

Es liegt kein Interessenkonflikt vor.

CRediT authorship contribution statement

Christoph Raschka: Conceptualization, Writing – original draft. **Stephanie Ruf:** Conceptualization, Writing – original draft.

Literatur

- [1] American College of Sports Medicine (ACSM), Academy of Nutrition and Dietetics (AND) and Dietitians of Canada (DC), Nutrition and athletic performance. Joint Position Statement. Med Sci Sports Exerc 48 (2016) 543–568.
- [2] L.M. Burke, Positive drug tests from supplements, Sport Sci. 4 (2000) 1–5.
- [3] Colombani P, Proteine im Sport – Infoblatt, https://www.ssns.ch/wp-content/uploads/2021/12/Infoblatt_Proteine_2.3.pdf.
- [4] Colombani P, Protein im Sport – Hot Topic, https://www.ssns.ch/wp-content/uploads/2022/11/HotTopic_Protein_Sport_3.2.pdf.
- [5] Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (eds.), Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 5. aktual. Ausg., DGE Bonn, 2019.
- [6] B. Egan, Protein intake for athletes and active adults: current concepts and controversies, Nutr. Bull. 41 (2016) 202–213.
- [7] D. König, A. Carlsohn, H. Braun, M. Großhauser, A. Lampen, M. St, A. Nieß, K. Schäbenthal, A. Schek, K. Virmani, R. Ziegenhagen, H. Hesecker, Proteinzufuhr im Sport. Positionspapier der Arbeitsgruppe Sporternährung der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE), Ernährungs Umschau International 7 (2020) 132–139.
- [8] M. Messina, H. Lynch, J.M. Dickinson, K.E. Reed, No difference between the effects of supplementing with soy protein versus animal protein on gains in muscle mass and strength in response to resistance exercise, Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab. 28 (2018) 674–685.
- [9] R.W. Morton, K.T. Murphy, S.R. McKellar, B.J. Schoenfeld, M. Henselmans, E. Helms, A.A. Aragon, M.C. Devries, L. Banfield, J.W. Krieger, S.M. Phillips, A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults, Br. J. Sports Med. 52 (2018) 376–384.
- [10] NN, Biologische Wertigkeit. https://de.wikipedia.org/wiki/Biologische_Wertigkeit (Aufruf am 16.3.2024).
- [11] S.M. Phillips, Chevalier St, Leidy HJ, Protein “requirements” beyond the RDA: implications for optimizing health, Appl. Physiol. Nutr. Metab. 41 (2016) 565–572.
- [12] C. Raschka, S. Ruf, Sportlerernährung, Aktuel Ernährungsmed 38 (2013) 362–387.
- [13] C. Raschka, S. Ruf, Sport und Ernährung, in: C. Raschka, L. Nitsche (Eds.), Praktische Sportmedizin, Thieme, Stuttgart, 2016, pp. 248–260.
- [14] C. Raschka, S. Ruf, Ernährung im Skisport, in: C. Raschka, L. Nitsche, W. Kuchler (Eds.), Ski- und

- Snowboardmedizin, Wulff GmbH, Dortmund, pp. 213–224, 2019.
- [15] C. Raschka, S. Ruf, Sport und Ernährung. Wissenschaftlich basierte Empfehlungen, Tipps und Ernährungspläne für die Praxis, Thieme, Stuttgart, 2022.
- [16] N.R. Rodriguez, N.M. Di Marco, S. Langley, American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance, Med. Sci. Sports Exerc. 41 (2009) 709–731.
- [17] Scientific Committee on Food (SCF); Report of the Scientific Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen: Protein and protein components. 2001. S. 25 – 28. https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-12/sci-com_scf_out64_en.pdf (entnommen 16.3.24).
- [18] B.J. Schoenfeld, A.A. Aragon, Is there a postworkout anabolic window of opportunity for nutrient consumption? Clearing up controversies, J. Orthop. Sports Phys. Ther. 48 (2018) 911–914.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Dr. Dr. Christoph Raschka,
Gemeinschaftspraxis für Allgemeinmedizin,
Im Igelstück 31, 36088 Hünfeld.
E-Mail: craschka@gmx.de

Available online at: www.sciencedirect.com

ScienceDirect