

Training, Protein, Energie

Die wichtigsten Faktoren für den Muskelaufbau und Muskelabbau

In verschiedenen Situationen wie Immobilisierung oder im Verlauf des Alterungsprozesses kommt es zu einem Muskelverlust. Das ist weniger auf einen vermehrten Muskelproteinabbau zurückzuführen, sondern einen verminderten Muskelproteinaufbau. Welche Faktoren dazu beitragen und wie die Proteinsynthese gefördert werden kann, erläuterte Dr. Samuel Mettler, Dozent an der Berner Fachhochschule.

Immer wieder werden als Empfehlung für die Eiweisszufuhr 0,8 g/kg KG pro Tag für Erwachsene bis 65 Jahre genannt (1). Das ist allerdings die minimale Eiweissmenge, um die Stickstoff-(N-)Bilanz aufrechtzuerhalten und so einen klinisch relevanten Mangelzustand zu vermeiden. Es gibt keine Evidenz, dass das für eine optimale Versorgung für gesunde Erwachsene ausreichend ist. Für Sportler werden je nach Quelle 1,2 bis 2,2 g/kg KG pro Tag empfohlen, hier lautet aber die Fragestellung, wie viel Eiweiss es für eine optimierte physiologische Leistung, eine optimale Gesundheit und die Maximierung der Muskelproteinsynthese für den Muskelaufbau braucht. Eine noch höhere tägliche Dosis bringt keinen zusätzlichen Benefit (3). Hierbei scheint es keinen Genderunterschied zu geben (4). Das Protein ist für den Muskelaufbau notwendig, es kann aber ohne einen Trainingsreiz nicht optimal genutzt werden siehe (Abbildung 1).

Muskelzuwachs = Krafttraining und Protein

Nach einem Krafttrainingsreiz steigt bei der nächsten Mahlzeit mit ausreichend Protein die Proteinsynthese stärker an und fällt weniger stark ab. Geschieht das

Proteinbilanz

Normalerweise sind die Proteinsynthese und der Proteinabbau im Gleichgewicht. Nach einer adäquaten Mahlzeit steigt die Proteinsynthese, nach einer gewissen Phase des Fastens nimmt sie wieder ab. Der Proteinabbau verläuft gegenläufig, die Ausschläge sind aber wesentlich geringer. Die meisten Effekte, die man bei Muskelzunahme und -abnahme sieht, sind stärker durch die Variation in der Synthese erklärt als durch den Abbau (5).

wiederholt, kommt es schliesslich zu einem Anstieg des Muskelproteins, was sich in einem grösseren Muskelquerschnitt äussert. Der Krafttrainingsreiz kann 1 bis 2 Tage anhalten, die Proteinsynthese bleibt also während dieser Zeit nach den Mahlzeiten erhöht. Dank des Trainingsreizes kann das Protein in der Nahrung effizienter verwendet werden.

In einer Studie hat man bei jungen trainierten Männern untersucht, wie viel Protein es braucht, um die Proteinsynthese optimal zu stimulieren. Nach einem Krafttraining erhielten die Männer unterschiedliche Mengen Eiweiss von 5 bis 40 g. Bis zu einer Menge von 20 g Eiweiss konnte man eine graduelle Steigerung der Proteinsynthese beobachten. Zwischen 20 und 40 g war der Anstieg nur noch minimal, über 40 g findet kein Anstieg mehr statt. Das überschüssige Protein wird dann vom Körper abgebaut und als Harnstoff ausgeschieden. Gleichzeitig wurde die Albuminsynthese gemessen, diese steigt ebenfalls zuerst dosisabhängig an und zeigt ein Plateau ähnlich wie die Muskelproteinsynthese (6).

Eiweiss als Bolus oder über den Tag verteilt

Eine weitere Studie untersuchte bei 24 jungen gesunden Kraftsportlern die Wirkung von 80 g Eiweiss, das nach einem Krafttraining in 3 unterschiedlichen Darreichungsmustern abgegeben wurde: als Bolus mit 2 × 40 g, sofort nach der sportlichen Tätigkeit und 6 Stunden später, als intermediäre Form mit 4 × 20 g mit 3 Stunden Abstand und aufgeteilt in kleine Dosen von 8 × 10 g mit 1,5 Stunden Abstand. Der beste Effekt auf

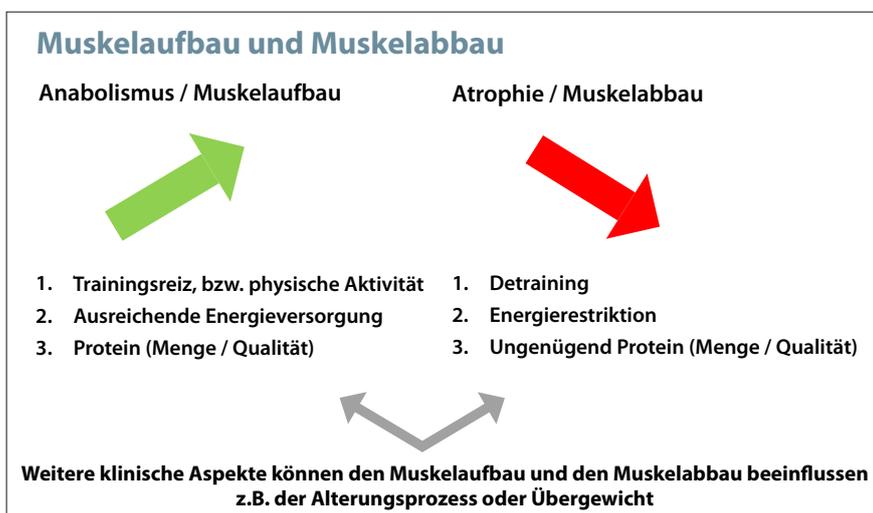


Abbildung 1: Die wichtigsten Faktoren für den Muskelaufbau und den Muskelabbau. © Samuel Mettler

die Muskelsynthese hatte die intermediäre Form (7). Mit 20 g wird eine robuste Aktivierung der Muskelproteinsynthese erreicht, und das 4-mal, im Gegensatz dazu wird mit 40 g nur eine gering höhere Proteinsynthese erreicht, aber nur 2-mal. Bei den kleinen Dosen reicht die Menge Eiweiss nicht, um die Muskelproteinsynthese ausreichend anzuregen (7). Es ist eine wichtige Erkenntnis der letzten Jahre, dass nicht nur die Menge des zugeführten Proteins wichtig ist, sondern auch, dass es jeweils einen genügend hohen Bolus braucht.

Frühstück, Mittagessen und Abendessen

Ein typisches Mahlzeitenmuster in der Bevölkerung ist eine grosse Eiweissmenge am Abend, jedoch eine geringe Menge zum Frühstück und zum Mittagessen. Am Abend ist so die Proteinmenge höher, als sie für die Proteinsynthese verwertbar ist, und am Morgen und am Mittag zu gering, um eine optimale Proteinsynthese auszulösen. So kann zwar die Menge des zugeführten Proteins grundsätzlich ausreichend sein, sinnvoller wäre es aber, das Protein so auf die Mahlzeiten zu verteilen, dass mit jeder Mahlzeit die Proteinsynthese angeregt werden kann (8). Wie viele Mahlzeiten pro Tag für optimal sind, kann noch nicht abschliessend beantwortet werden.

Bestätigt wurden diese Ergebnisse in einer Studie, in der 8 Erwachsene mit einem Durchschnittsalter von 37 Jahre eine ausreichende tägliche Proteinmenge von 1,2 g/kg KG erhielten, entweder als «übliches» Mahlzeitenmuster, mit wenig Eiweiss zum Frühstück und Mittagessen und einer hohen Dosis zum Abendessen, oder gleichmässig über die 3 Hauptmahlzeiten verteilt. Mit einer regelmässigen Verteilung konnten 25% mehr Muskelzuwachs erreicht werden (9).

Immobilisation kostet Muskelmasse – anabole Resistenz

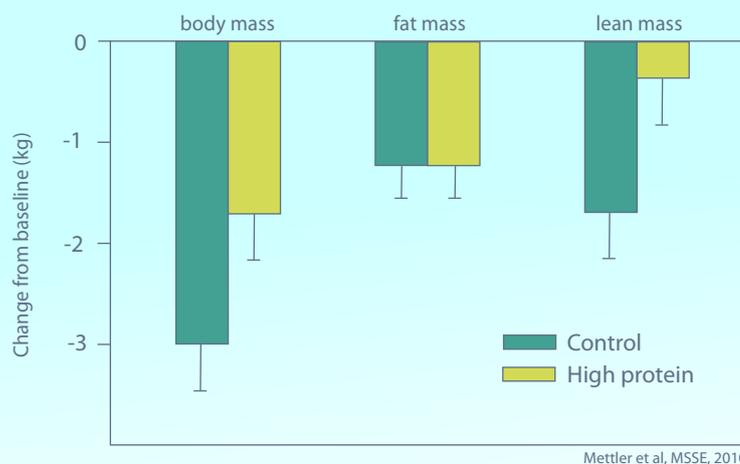
Die geringe körperliche Aktivität ist ein weitverbreitetes Problem in unserer Gesellschaft. Um die Folgen auf den Muskel zu messen, wurden bei 5 Männern und 5 Frauen im Alter von 66 bis 75 Jahre die körperliche Aktivität für 14 Tage verringert. Die Probanden reduzierten ihre gewohnte Anzahl Schritte von > 3500 auf < 1500 pro Tag.

Nach dieser Periode nahm die Insulinsensitivität ab, die Insulinausschüttung zu, die postprandiale eiweissinduzierte Muskelproteinsynthese verringerte sich, zudem konnte eine signifikante Reduktion der Skelettmuskelmasse festgestellt werden. Wegen der fehlenden Aktivität reagierte der Muskel nicht mehr auf den Nahrungsreiz, auch anabole Resistenz genannt (10). In einer anderen Studie wurde das ebenfalls für junge Männer gezeigt (11).

Energierestriktion und Muskelverlust

Junge, nicht übergewichtige Männer bekamen während 10 Tagen eine Ernährung mit 40% Energierestriktion. Daraus resultierte eine Gewichtsabnahme

Protein bei Energierestriktion: Sportler



Mettler et al, MSSE, 2010

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

Abbildung 2: Veränderungen des Körpergewichts, der Fettmasse und des Muskels bei Reduktionsdiäten mit unterschiedlichem Eiweissgehalt

Türkis: 1,0 g Eiweiss/kg KG; / Gelb: 2,3 g Eiweiss/kg KG

von 1,8 kg, davon waren 55% auf den Verlust von Magermasse zurückzuführen, also Muskel. Des Weiteren konnte man messen, dass sich nach der Diätphase vor allem die Proteinsynthese verringert hatte, während der Proteinabbau unverändert blieb (12).

In einer anderen Studie wurde die eiweissstimulierte Proteinsynthese untersucht. Junge Männer und Frauen erhielten während einer 30%igen Energierestriktion eine Proteingabe von 20 g. Im Vergleich zur Phase mit ausgeglichener Energiebilanz sank die eiweissinduzierte Proteinsynthese. Die Energierestriktion führte zu einem Gewichtsverlust, wobei 58% dem Verlust von Magermasse zuzuschreiben waren. In einem Parallelversuch bekamen die Probanden eine Energierestriktion, die aber doppelt so viel Eiweiss enthielt. Damit konnte der Verlust an Magermasse auf 30% gesenkt werden (13). Eine Energierestriktion führt zu anaboler Resistenz, mit einem höheren Proteinanteil in der Diät kann man etwas gegensteuern, um den Verlust an Muskelmasse zu vermindern.

Bei einer Untersuchung von Sportlern zeigte sich ein ähnliches Bild. Bei einer Energierestriktion von 40% über 2 Wochen enthielt die Diät entweder 1,0 g Eiweiss/kg KG oder 2,3 g Eiweiss/kg KG. Der Verlust an Fettmasse war identisch, jedoch verlor die Gruppe mit der geringeren Menge an Eiweiss 4 bis 5 mal mehr Magermasse. Mit erhöhtem Protein konnte der Verlust an Magermasse reduziert werden (siehe *Abbildung 2*) (14).

Im Alter – höhere anabole Resistenz

In einer Studie verglich man den Effekt von 20 g Protein bei jüngeren und älteren Männern. Bei den jüngeren konnte damit die Proteinsynthese deutlich angeregt werden, bei den älteren ist die Steigerung der Proteinsynthese signifikant, aber geringer als bei den jüngeren (14). Im Alter führt die gleiche Proteinmenge, die bei jungen Menschen eine robuste Proteinsynthese induziert, zu einem geringeren Ansprechen (15).

Zusammenfassung

- Junge gesunde Personen haben eine hohe anabole Sensitivität. Die Proteinsynthese reagiert auf geringere Proteinmengen.
- Weniger Protein und weniger proteinreiche Mahlzeiten können ausreichen.
- Beim Sportler sind höhere Proteinmengen nötig, weil das Ziel nicht die Vermeidung eines Mangels ist, sondern der optimale Effekt auf den Muskel.
- 1 g Eiweiss/kg KG im Alter ist ungenügend.
- Die Proteinmenge sollte so auf die Hauptmahlzeiten verteilt werden, dass mehr Mahlzeiten eine für die Proteinsynthese ausreichende Menge enthalten (> 30 g).
- Trainingsreize reduzieren die anabole Resistenz und sind im Alter wichtig.
- Inaktivitätsphasen sollten vermieden oder so kurz wie möglich gehalten werden.
- Bei älteren Personen sollte immer auf einen möglichen Energie- und/oder Proteinmangel geachtet werden.

Bei älteren Personen oder allgemein bei zunehmender anaboler Resistenz führen unter Umständen 20 g Protein nicht zur gleich starken Anregung der Muskelproteinsynthese. Für einen stärkeren Impuls muss man mehr Protein geben. Mit 30 g oder mehr steigt die Muskelproteinsynthese dann robust an. Mit steigender anaboler Resistenz braucht es mehr Protein pro Mahlzeit, es kann sein, dass bis zu 0,6 g/kg KG pro Mahlzeit nötig werden, um die Proteinsynthese gut zu aktivieren (16). Es ist wichtig, dass diese Menge wirklich als Bolus verabreicht wird und nicht verteilt über zu lange Zeit. In diesem Sinn sind kleine Eiweissportionen als Zwischenmahlzeit weniger wirksam. Wichtig ist der Einfluss des Trainings. Körperliche Aktivität ist das wirksamste Mittel, um die Proteinsynthese anzukurbeln (17).

Sarkopenie vermeiden

Im Schnitt kommt es im Verlauf des Lebens ab einem gewissen Alter zu einem kontinuierlichen Verlust von 0,2 kg Magermasse/Jahr. Eine grosse Rolle spielen Krankheitsphasen mit Immobilisierung. Bei Bettlägerigkeit kann man bis zu 0,2 kg/Tag Muskelmasse verlieren. Junge Menschen können diesen Verlust meist wieder aufholen, während ältere Menschen weniger Reserven haben und den Verlust oft nicht vollständig kompensieren können (18). Diese wiederholten Verluste addieren sich.

Eine Studie untersuchte die Folgen einer Immobilisierung bei jüngeren und älteren Männern. Dazu wurden den Probanden für 14 Tage ein Bein eingegipst. Anschliessend erhielten sie 4 Wochen ein begleitetes Retraining in Form eines Krafttrainings. Die jungen Männer verloren während der Immobilisation an Muskelquerschnitt, holten den Verlust aber innert 4 Wochen vollständig auf. Die älteren Personen starteten schon mit einem tieferen Querschnitt und verloren noch mehr durch die Ruhigstellung, im Gegensatz zu den Jungen konnten sie den Verlust mit 4 Wochen Training nicht vollständig aufholen. Hätte man kein Retraining durchgeführt, wäre der Verlust gar nicht ausgeglichen worden (19).

Proteinreiche Mahlzeit im Alter

65 80-jährige Männer und Frauen mit Frailty bekamen während 24 Wochen eine Eiweiss-supplementa-

tion. Dabei wurden vor allem das Frühstück und das Mittagessen mit Proteinen angereichert, sodass sie 3 eiweissreiche Mahlzeiten erhielten. Die Kontrollgruppe behielt ein typisches Ernährungsmuster mit wenig Eiweiss zum Frühstück und zum Mittagessen und einem ausreichend eiweisshaltigen Abendessen bei. Doch es zeigte sich kein Effekt auf den Muskelzuwachs.

Dann wurde die Studie wiederholt und zusätzlich 2-mal wöchentlich ein Krafttraining durchgeführt. Jetzt hatten die Patienten mit der Eiweiss-supplementa-tion nicht nur weniger verloren, sondern an Muskelmasse zugenommen. Die Kontrollgruppe hatte nur trainiert, bei ihr sah man keinen Effekt (20).

Eine weitere Studie untersuchte 224 ältere Männer und Frauen (Altersdurchschnitt 72 Jahre) während eines Jahres. Eine Gruppe bekam ein Aktivitätsprogramm für zu Hause mit 1,1 g Eiweiss/kg KG pro Tag, die zweite Gruppe bekam ebenfalls ein Aktivitätsprogramm mit einer Ernährungsberatung, um die Eiweisszufuhr auf 1,3 bis 1,4 g/kg KG zu erhöhen und gut auf die 3 Mahlzeiten zu verteilen, eine dritte Gruppe diente als Kontrolle. Die Kontrollgruppe verlor 0,5 kg an Muskelmasse, die Gruppe mit Aktivitätsprogramm und 1,1 g Eiweiss verlor nur etwa die Hälfte, die Gruppe mit Aktivität und erhöhtem Eiweiss verlor gar keine Muskelmasse (21).

Welche Proteine?

Die Ernährungsziele mit pflanzlichen Proteinen zu erreichen, ist eine Herausforderung. Mengenmässig ist mehr Eiweiss nötig, um den gleichen Effekt zu erzielen. Denn pflanzliche Proteine haben einen tieferen Gehalt an essenziellen Aminosäuren, eine geringere «Proteindichte» und eine geringere Verdaulichkeit («Proteinverfügbarkeit»). Zudem ist der deklarierte Proteingehalt bei pflanzlichen Produkten falsch hoch (22).

Braucht es Supplemente?

Eine Proteinsupplementierung kann im Alter sehr wertvoll sein, um damit die Mahlzeiten anzureichern. Kreatin kann für den Leistungssportler, aber auch im Alter für den Muskelaufbau hilfreich sein. Allerdings ist für seine Wirkung ein Trainingsreiz nötig. In einer Detraining-Situation hat es kaum einen Effekt.

In einem Detrainingszustand scheint EPA (Eicosa-pentaensäure) wirksam zu sein, indem es die anabole Resistenz reduziert. So kann es indiziert sein, wenn eine Person immobil ist oder für eine Operation immobilisiert werden muss. Gezeigt wurde dieser Effekt nur für EPA, nicht für DHA (Docosahexaensäure).

Barbara Elke

Quelle: Swissmilk-Symposium für Ernährungsfachleute, 29. August 2022, Bern. Thema: Knochen und Muskeln. Dr. Samuel Mettler, Berner Fachhochschule Gesundheit, Fachbereich Ernährung und Diätetik, Murtenstrasse 10, 3008 Bern: Muskelaufbau und -abbau in Zusammenhang mit Ernährung.

Referenzen:

1. D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 2. Auflage, 2015
2. Layman DK, Anthony TG, Rasmussen BB, Adams SH, Lynch CJ, Brinkworth GD, Davis TA. Defining meal requirements for protein to optimize metabolic roles of amino acids. *Am J Clin Nutr.* 2015 Jun;101(6):1330S-1338S. doi: 10.3945/ajcn.114.084053. Epub 2015 Apr 29. PMID: 25926513; PMCID: PMC5278948.
3. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, et al.: 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. *British Journal of Sports Medicine.* 2018;52:376-384.
4. Antonio J, Peacock C.A, Ellerbroek A, et al.: The effects of consuming a high protein diet (4,4 g/kg/d) on body composition in resistance-trained individuals. *J Int Soc Sports Nutr* 11, 19 (2014). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-19>
5. Burd NA, Tang JE, Moore DR, Phillips SM. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *J Appl Physiol* (1985). 2009 May;106(5):1692-701. doi: 10.1152/jappphysiol.91351.2008. Epub 2008 Nov 26. PMID: 19036897.
6. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, Prior T, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr.* 2009 Jan;89(1):161-8. doi: 10.3945/ajcn.2008.26401. Epub 2008 Dec 3. PMID: 19056590.
7. Areta JL, Burke LM, Ross ML, Camera DM, West DW, Broad EM, Jeacocke NA, Moore DR, Stellingwerff T, Phillips SM, Hawley JA, Coffey VG. Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J Physiol.* 2013 May 1;591(9):2319-31. doi: 10.1113/jphysiol.2012.244897. Epub 2013 Mar 4. PMID: 23459753; PMCID: PMC3650697.
8. Macnaughton LS, Witard O. New insights into protein recommendations for promoting muscle hypertrophy. *The Sport and Exercise Scientist.* 2014;41:8-10.
9. Mamerow MM, Mettler JA, English KL, Casperson SL, Arentson-Lantz E, Sheffield-Moore M, Layman DK, Paddon-Jones D. Dietary protein distribution positively influences 24-h muscle protein synthesis in healthy adults. *J Nutr.* 2014 Jun;144(6):876-80. doi: 10.3945/ajcn.2013.2604-12. doi: 10.1210/jc.2013-1502. Epub 2013 Apr 15. PMID: 23589526.
10. Breen L, Stokes KA, Churchward-Venne TA, Moore DR, Baker SK, Smith K, Atherton PJ, Phillips SM. Two weeks of reduced activity decreases leg lean mass and induces «anabolic resistance» of myofibrillar protein synthesis in healthy elderly. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013 Jun;98(6):2604-12. doi: 10.1210/jc.2013-1502. Epub 2013 Apr 15. PMID: 23589526.
11. Glover EI, Phillips SM, Oates BR, Tang JE, Tarnopolsky MA, Selby A, Smith K, Rennie MJ. Immobilization induces anabolic resistance in human myofibrillar protein synthesis with low and high dose amino acid infusion. *J Physiol.* 2008 Dec 15;586(24):6049-61. doi: 10.1113/jphysiol.2008.160333. Epub 2008 Oct 27. PMID: 18955382; PMCID: PMC2655417.
12. Hector AJ, McGlory C, Damas F, Mazara N, Baker SK, Phillips SM. Pronounced energy restriction with elevated protein intake results in no change in proteolysis and reductions in skeletal muscle protein synthesis that are mitigated by resistance exercise. *Faseb J.* 2018 Jan;32(1):265-275. doi: 10.1096/fj.201700158RR. Epub 2017 Sep 12. PMID: 28899879.
13. Pasiakos SM et al.: Effects of high-protein diets on fat-free mass and muscle protein synthesis following weight loss: a randomized controlled trial. *The FASEB J.* 2013(27);9: 837-38471.
14. Mettler S, Mitchell N, Tipton KD. Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2010 Feb;42(2):326-37. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181b2ef8e. PMID: 19927027.
15. Wall et al.: Aging Is Accompanied by a Blunted Muscle Protein Synthetic Response to Protein Ingestion. *PLOS ONE* 10(11): e0140903.
16. Moore DR, Churchward-Venne TA, Witard O, Breen L, Burd NA, Tipton KD, Phillips SM. Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2015 Jan;70(1):57-62. doi: 10.1093/gerona/glu103. Epub 2014 Jul 23. PMID: 25056502.
17. Robinson MJ, Burd NA, Breen L, Rerечich T, Yang Y, Hector AJ, Baker SK, Phillips SM. Dose-dependent responses of myofibrillar protein synthesis with beef ingestion are enhanced with resistance exercise in middle-aged men. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2013 Feb;38(2):120-5. doi: 10.1139/apnm-2012-0092. Epub 2012 Nov 9. PMID: 23438221.
18. English KL, Paddon-Jones D. Protecting muscle mass and function in older adults during bed rest. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2010 Jan;13(1):34-9. doi: 10.1097/MCO.0b013e328333aa66. PMID: 19898232; PMCID: PMC3276215.
19. Suetta C, Frandsen U, Mackey AL, Jensen L, Hvid LG, Bayer ML, Petersson SJ, Schrøder HD, Andersen JL, Aagaard P, Schjerling P, Kjaer M. Ageing is associated with diminished muscle re-growth and myogenic precursor cell expansion early after immobility-induced atrophy in human skeletal muscle. *J Physiol.* 2013 Aug 1;591(15):3789-804. doi: 10.1113/jphysiol.2013.257121. Epub 2013 Jun 3. PMID: 23732643; PMCID: PMC3752458.
20. Tieland M, Dirks ML, van der Zwaluw N, Verdijk LB, van de Rest O, de Groot LC, van Loon LJ. Protein supplementation increases muscle mass gain during prolonged resistance-type exercise training in frail elderly people: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *J Am Med Dir Assoc.* 2012 Oct;13(8):713-9. doi: 10.1016/j.jamda.2012.05.020. Epub 2012 Jul 6. PMID: 22770932.
21. van den Helder J, Mehra S, van Dronkelaar C, Ter Riet G, Tieland M, Visser B, Kröse BJA, Engelbert RHH, Weijs PJM. Blended home-based exercise and dietary protein in community-dwelling older adults: a cluster randomized controlled trial. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2020 Dec;11(6):1590-1602. doi: 10.1002/jcsm.12634. Epub 2020 Oct 26. PMID: 33103379; PMCID: PMC7749597.
22. Colombani P: Ermittlung der biologischen Äquivalenz pflanzlicher Proteine, SZE. 2021;4:16-18.