



Tim Podlogar,
Jure Kolar, Tina Goršek

Beljakovine, esencialno hranilo za človeka. Kdaj, kaj in koliko?

Izvleček

Beljakovine igrajo v človeškem telesu pomembno vlogo, še posebej pri športnikih, saj so mišice v večji meri sestavljene prav iz beljakovin. Gradniki beljakovin so aminokisline, od katerih jih 9 imenujemo tudi esencialne in jih moramo v telo vnesti s prehrano. Aminokislina levcin igra pri mišični sintezi najpomembnejšo vlogo, saj lahko, podobno kakor vadba, aktivira kompleks mTOR, ki sproži sintezo mišičnih beljakovin. V članku so predstavljeni izsledki raziskav o vplivu kvalitete, količine, časovnice vnosa beljakovin in zdravstvenem vidiku povečanega vnosa beljakovin. Na koncu so predstavljene smernice o vnosu beljakovin za splošno populacijo, športnike in starostnike.

Ključne besede: beljakovine, mišična masa, športna prehrana, levcin.



<http://elitefitpersonaltraining.co.uk/benefits-of-a-high-protein-diet/>

Proteins, essential nutrient for humans. When, what and how much?

Abstract

Proteins play a very important role in humans, especially in athletes given that proteins are the building blocks of muscles. Proteins consist of different amino acids, of which 9 are called essential and humans need to consume them with a diet. Amino acid leucine appears to play a crucial role in muscle protein synthesis because of its ability to activate mTOR pathway, which in turn initiates muscle protein synthesis. This article presents current evidence about the quality, quantity and timing of protein intake and health consequences of increased protein intake. At the end of article guidelines for protein intake for general public, athletes and elderly are presented.

Keywords: proteins, muscle mass, sports nutrition, leucine.

■ Uvod

Poimenovanje beljakovin oziroma proteinov (angleško *proteins*) izhaja iz grške besede *proteion*, kar v prevodu pomeni 'prvo mesto, prva nagrada'. S takšnim poimenovanjem je mišljeno ali 'prvovrstna (spojina)' ali 'prvobitna (spojina)' (Snoj, 2015). To kaže, da so beljakovinom velik pomen pripisovali že starodavni Grki.

Beljakovine so prisotne povsod v telesu, približno 40 % jih je del mišičnega tkiva, več kot 25 % v človeških organih, ostalo pa predvsem v koži in krvi. Beljakovine poleg maščob in ogljikovih hidratov uvrščamo med makrohranila, saj jih vnašamo v relativno velikih količinah in nam služijo kot vir energije ter so ključne pri drugih pomembnih funkcijah. Kemijsko gledano so beljakovine organske spojine, sestavljene iz verižno povezanih aminokislin. Vnesene beljakovine v prebavilih razpadejo na aminokisliline, slednje pa človeški organizem potrebuje za sintezo (izgradnjo) primernih novih beljakovin in dušikovih spojin, ki so nujno potrebne za življenje. V telesu opravljajo pomembne funkcije – encimske, prenašalne, strukturne, imunoprotektivne, puferske, uravnalne itd. (Gropper in Smith, 2012).

Mišice v telesu imajo glavno vlogo pri metabolizmu beljakovin in predstavljajo zalogo aminokislin za sintezo beljakovin v času, ko te niso bile zaužite s hrano oziroma absorbirane iz črevesja. V primeru pomanjkanja glukoze (hipoglikemija) pa služijo kot substrat za glukoneogenezo (Wolfe, 2006). Beljakovine so tako ves čas v fazi gradnje in razgradnje (Phillips, 2004).

Poznamo esencialne in neesencialne aminokisliline (Rose, 1957). Devet esencialnih aminokislin (histidin, izolevcin, levcin, lizin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan in valin) telo ne more sintetizirati samo, zato jih je potrebno v telo vnesti s hrano. Telo zdravega odraslega človeka lahko neesencialne aminokisliline v zadostni količini proizvede samo, v primeru določenih zdravstvenih stanj je lahko potreben vnos tudi neesencialnih aminokislin, zaradi česar mnogi kritizirajo delitev na esencialne in neesencialne aminokisliline ter predlagajo delitev na esencialne, pogojno esencialne in neesencialne.

Smernice v Evropski uniji narekujejo odralemu prebivalstvu vnos 0,83 g beljakovin na kilogram telesne mase na dan (v nadaljevanju g/kg/dan) (EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA),

2012). Priporočilo je nastalo na podlagi analiz dušikovega razmerja. Slednja merila na tehnika pa ima kar nekaj pomanjkljivosti (Millward idr., 2001; Rafii idr., 2015), saj so pridobljene vrednosti z uporabo te metode velikokrat podcenjene. Novejši, državnim organizacijam neodvisni pregledi raziskav posledično priporočajo veliko višji dnevni vnos beljakovin – 1,2–1,6 g/kg/dan za splošno populacijo (Phillips, Chevalier in Leidy, 2016).

Športnikom moči konvencionalne smernice priporočajo vnos 1,2–1,7 g/kg/dan, vzdržljivostnim športnikom pa 1,2–1,4 g/kg/dan (Rodriguez idr., 2009), večinoma na podlagi raziskav, ki so potrebe vnosa beljakovin raziskovale s preučevanjem dušikovega razmerja. V nadaljevanju predstavljene študije, ki so uporabile novejšo in natančnejšo metodologijo, tako ugotavljajo, da so potrebe po beljakovinah tudi v športni populaciji večje od vnosa, ki ga priporočajo konvencionalne smernice.

Industrija prehranskih dodatkov dosega v zadnjih letih enormno rast in je ena izmed najhitreje rastočih panog (Lariviere, 2013). Na Danskem tako večina elitnih športnikov in obiskovalcev fitness centrov redno uživa vsaj enega izmed športnih dodatkov (Solheim idr., 2016), podobno poročajo tudi v drugih evropskih državah (Petroczi in Naughton, 2008) in glede na viden porast trgovin s športno prehrano v Sloveniji gre o podobnem deležu sklepati tudi pri nas. Med te dodatke štejemo tudi beljakovinske preparate, zato so na znanstvenih dognanjih bazirana priporočila o najbolj smiselnem in tudi varnem vnosu še toliko bolj potrebna.

V nadaljevanju so predstavljeni izsledki aktualnih študij o najoptimalnejšem beljakovinskem vnosu z ozirom na mišično maso in v zdravstvenem vidiku povišanega vnosa

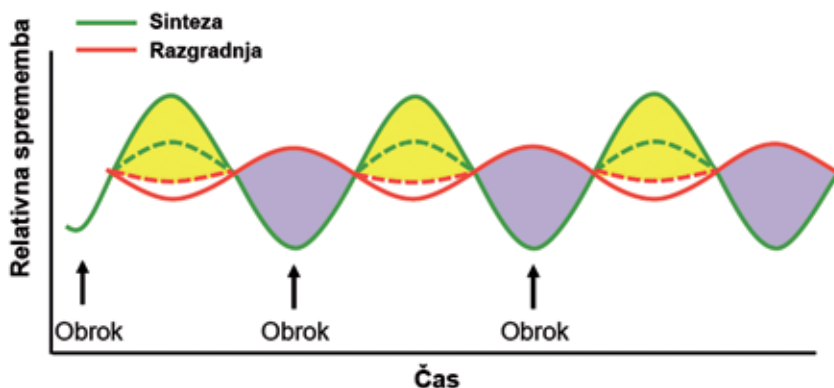
beljakovin. Na koncu so podane smernice za širši krog ljudi (športniki, nešportniki in starostniki).

■ Razprava

Beljakovine v telesu so ves čas v procesu fluktuacije, torej razgradnje (katabolizem) in sinteze (anabolizem) (Slika 1). Beljakovinska fluktuacija je energijsko relativno potraten proces in lahko predstavlja tudi 20 % dnevne porabe energije posameznika. Razpolovna doba beljakovin zelo variira, od le nekaj minut (npr. encimi) do nekaj dni ali celo tednov (encimi v mišicah) (MacLaren in Morton, 2012).

Poenostavljeno je katabolna faza čas vadbe in stradanja ter se odraža na mikropoškodbah mišičnih struktur (Clarkson in Hubal, 2002; Proske in Morgan, 2001) ter razgradnji v mišicah shranjenih aminokislin za potrebe proizvodnje glukoze v procesu, imenovanem glukoneogeneza (Owen, 2005). Katabolni fazi sledi anabolna faza, v kateri pride do povečane sinteze beljakovin, vadba pa predstavlja še dodaten dražljaj za sintezo mišičnih beljakovin (Phillips, Tipton, Aarsland, Wolf in Wolfe, 1997). Iz tega logično sledi, da je zadosten vnos beljakovin »gradbenega materiala za mišice« ključen iz vidika ohranjanja in pridobivanja mišične mase.

Sinteza beljakovin je za športnike izjemno pomembna, saj omogoča izboljšanje celičnih zmogljivosti proizvodnje ATP-ja v procesu oksidativne fosforilacije (Gollnick idr., 1973; Holloszy in Coyle, 1984) ter akumulacijo miofibrilarnih beljakovin, ki se odrazi v povečanem prečnem preseku mišic. Slednja športnikom omogoča razvoj moči (Wackerhage in Ratkevicius, 2008). Nasprotno pa se lahko zgodi v primeru neaktivnosti in stradanja, ko mišična masa začne



Slika 1. Prikaz razmerja med sintezo in razgradnjo skozi čas. Obrok predstavlja dražljaj za sintezo. Po obroku pa nastopi obdobje razgradnje. V kolikor želimo vzdrževati mišično maso, mora biti na koncu dneva sinteza enaka razgradnji. Prirejeno po (Phillips, 2004).

upadati, kar poimenujemo atrofija (Phillips, Glover in Rennie, 2009).

Četudi je teoretično izhodišče o pomembnosti zadostnega vnosa beljakovin jasno, rezultati dolgoročnih študij o dodajanju beljakovin v prehrano niso tako jasni. Pasiakos, Lieberman in McLellan (2014) so v nedavnem sistematičnem pregledu raziskav in metaanalizi ugotovili, da je na voljo le omejena količina dokazov o učinkovitosti dodatka beljakovin pri regeneraciji mišičnih funkcij. A to še ne pomeni, da je dodatek beljakovin nesmiseln, saj je bila metodologija mnogih študij neoptimalna (npr. suboptimalna količina beljakovin v dodatku ali že dosežen dnevno potreben vnos beljakovin). V populaciji starostnikov, kjer je pojavnost sarkopenije in dinapenije v porastu, je dodaten vnos beljakovin pri posameznikih, ki so del trenažnega procesa vadbe z obremenitvijo, povezan s povečanjem puste (nemaščobne) mase, ne pa tudi povečanjem mišične mase ali večje mišične moči (Finger idr., 2015).

Že omenjeni sistematični pregled raziskav in metaanaliza Pasiakosa, McLellana in Liebermana (2004), opravljena na raziskavah, ki so preučevale zdrave odrasle, zaključuje, da dodaten vnos beljakovin vzpodbudi mišično rast in napredek v mišični jakosti tako pri treniranih, kot tudi pri netreniranih. V primeru, ko se pogostost treningov močno poveča, pa po njihovem obstajajo dokazi, da dodatek beljakovin pomaga pri izboljšanju kratkotrajne in dolgotrajne vzdržljivosti. Razlog za nejasne zaključke omenjenih raziskav gre po vsej verjetnosti iskati predvsem v njihovi metodologiji, saj se večina vpraša, ali dodaten vnos beljakovin (en dodaten beljakovinski obrok) izboljša merjene parametre, navadno pa ni ugotovljeno, če so bile beljakovinske potrebe v času študije dosežene ali ne. Pridobivanje mišične mase je počasen proces, prirastki so majhni in tako nezaznavni pri navadno majhnem raziskovalnem vzorcu in relativno kratkem raziskovalnem času. Zato so potrebne dodatne dolgotrajne študije z uporabo natančnih merilnih instrumentov (npr. magnetna resonanca), da se ugotovi učinkovitost dodatnega vnosa beljakovin.

Stimulacija sinteze beljakovin

Sinteza beljakovin v mišicah sproži obremenitvena vadba skupaj z zadostno količino beljakovin ali zadosten vnos kvalitetnih beljakovin, najučinkovitejša pa je kombinacija ustreznega beljakovinskega vnosa in vadbe (Biolo, Tipton, Klein in Wolfe, 1997; Morton, McGlory in Phillips, 2015; Tipton in

Wolfe, 2004; Witard, Wardle, Macnaughton, Hodgson in Tipton, 2016).

V zadnjem desetletju se veliko pomena pri mišični masi pripisuje signalnemu sistemu, ki bazira na Ser/Thr proteinski kinazi, imenovanem mTOR-u (angleško *mechanistic target of rapamycin*). mTOR sestavljata dva kompleksa mTORC1 in mTORC2, slednji igra ključno vlogo pri kontroli prepisovanja mRNA, kar vodi v beljakovinsko sintezo (Jewell in Guan, 2013).

Sinteza beljakovin je posledica aktivacije mTOR in kasnejše aktivacije ribosomske beljakovine S6K (p70^{S6K}), kar izhaja iz podatkov raziskav, v katerih je bila rast mišic preprečena z inhibitorjem mTOR-a rapamycinom, medtem ko je stimulacija mTOR-a povzročila mišično rast in preprečila atrofijo (Bodine idr., 2001; Drummond idr., 2009). Delovanje mTOR okrepi vadba z obremenitvijo (Philp, Hamilton in Baar, 2011).

Aminokislina levcin ima sposobnost, da sproži sintezo beljakovin z aktivacijo mTOR-a neodvisno od prisotnosti ostalih esencialnih ali neesencialnih aminokislin (Anthony idr., 2002; Crozier, Kimball, Emmert, Anthony in Jefferson, 2005). Študija (Churchward-Venne idr., 2014) ugotavlja, da pride po zaužitju majhni (najverjetneje suboptimalni) količini beljakovin z dodatkom levcina do enake stopnje in trajanja sinteze beljakovin kot v primeru, ko je količina beljakovin optimalna. Iz podatkov te raziskave je videti, da je optimalna količina levcina v obroku po končanem treningu, ki vključuje mišice nog, okoli 3 grame. Raziskave, ki bi podobno preučevale pri vključeni večji mišični masi, v tem trenutku ni. Rezultati tako kažejo, da je ravno količina levcina v obroku tista, ki narekuje sintezo mišičnih beljakovin (Morton idr., 2015). V Tabeli 1 je prikazana količina levcina v različnih virih beljakovin.

Tabela 1

Tabela prikazuje velikost porcije in njeno energijsko vrednost, ki je potrebna, da človek zaužije 1 g aminokislina levcina ("Leucine Content in Common Foods," 2013)

Tip beljakovin	Porcija živila, ki vsebuje 1 g levcina	Energijska vrednost živila, ki vsebuje 1 g levcina (kCal)
Sirotko (angleško <i>whey</i>)	9,2 g	37
Soja	12,4 g	50
Posneto mleko	349 ml	133
Goveje meso	57 g	156
Polnozrnat kruh	256 g	1385
Piščančja prsa	57 g	59
Arašidi	60 g	350
Grški jogurt	100 g	57
Jajca	1,8 jajca	128

Kvaliteta beljakovin

Viri beljakovin se med seboj razlikujejo po sestavi aminokislin in imajo posledično različne vrednosti ključne aminokislina levcina (Tabela 1). Zato se sposobnost stimulacije sinteze beljakovin v telesu razlikuje od vira beljakovin (Phillips, 2016). Med športniki najpogosteje uporabljen vir dodatnih beljakovin so po vsej verjetnosti sirotkine beljakovine, kar pa je glede na visok delež levcina pravzaprav logično. Nedavna metaanaliza ugotavlja, da so sirotkine beljakovine najučinkovitejše za ohranjanje ali povečevanje mišične mase (Miller, Alexander in Perez, 2014). Poudariti velja, da so tudi drugi viri beljakovin lahko enako učinkoviti ob predpostavki, da vnesena količina beljakovin v posameznem obroku vsebuje zadostno količino levcina za popolno stimulacijo sinteze beljakovin v mišicah.

Analiza opravljenih raziskav iz različnih laboratorijev o najprimernejši količini beljakovin (Moore idr., 2015) je pokazala, da približno 20 gramov sirotkinih beljakovin (~0.24 g/kg) zadošča za optimalno stimulacijo mišične sinteze pri mladih po treningu nog. S staranjem pa se ta vrednost viša (~0.40 g/kg). Večina vključenih raziskav je bila opravljena po vadbi, ki je vključevala le spodnje okončine, zato je ekstrapolacija izsledkov lahko vprašljiva, kolikor je v vadbo vključeno celotno telo. To dokazuje nedavna študija (Macnaughton idr., 2016), ki je primerjala sintezo beljakovin po vadbi mladih treniranih posameznikov. Vključevala je vadbo celotnega telesa in ugotovila, da je bila sinteza beljakovin ~20 % višja v skupini, ki je po vadbi zaužila 40 g sirotkinih beljakovin v primerjavi s skupino, ki je zaužila 20 g. To na nek način spreminja ugotovitve Moora in sodelavcev (2015) o optimalni količini sirotkinih beljakovin in podatke

Churchewald-Venneja in sodelavcev (2014) o optimalni količini levčina v posameznem obroku.

Četudi je videti slika o najoptimalnejši količini vnesenih beljakovin precej črna-bela, je potrebno poudariti, da se študije in resnično življenje velikokrat razlikujejo. Tako ima na primer dodatek vlaknin in maščob ter nekajkrat višji vnos beljakovin od priporočenega v posameznem obroku negativen vpliv na pojavnost aminokislin v portalnem krvnem obtoku (Ten Have, Engelen, Luiking in Deutz, 2007). West idr. (2011) so v svoji študiji pokazali, da je hitrost absorpcije aminokislin pomemben faktor pri sintezi mišičnih beljakovin, in sicer, da je sinteza večja v primeru, ko so aminokisliline hitreje dostopne v krvi. Razlog za to je najbrž v tem, da v primeru počasne absorpcije vrednosti levčina v krvnem obtoku ne dosežejo prave vrednosti, ki je potrebna za optimalno stimulacijo beljakovin.

Časovnica vnosa beljakovin

O pomembnosti časa vnosa beljakovin se navadno razpravlja v času pred ali po vadbi, ko naj bi obstajalo t. i. okno priložnosti. Ideja o oknu priložnosti najverjetneje izhaja iz dejstva, da so vrednosti inzulina po vadbi višje, kar naj bi pripomoglo k hitrejši absorpciji hranil iz krvi v tkiva in posledično hitrejši povrnitvi mišičnih sposobnosti. Slednje pa se je z vidika glikogena dokazalo za neresnično (Parkin, Carey, Martin, Stojanovska in Febbraio, 1997), saj 8 ur po aktivnosti ni razlik v koncentraciji mišičnega glikogena, v kolikor je ogljikohidratni obrok zaužit takoj po vadbi v primerjavi s scenarijem, ko je prvi obrok šele nekaj ur kasneje. Visoke vrednosti inzulina pa nimajo pozitivnega vpliva niti na sintezo mišičnih beljakovin, zato je dodatek ogljikovih hidratov z ozirom na sintezo beljakovin v mišici nepotreben (Trommelen, Groen, Hamer, de Groot in van Loon, 2015). A razprava se pri beljakovinah vendarle ne zaključuje z insulinom, saj nekateri znanstveniki trdijo, da obstajajo drugi razlogi, zakaj je takojšen beljakovinski vnos po vadbi nujen, drugi pa temu oporekajo in trdijo, da ni tako bistven (Ivy in Schoenfeld, 2014). Četudi konsenz na tem področju še ni bil dosežen, se avtorji članka nagibajo k dokazom, ki pravijo, da takojšen vnos beljakovin po treningu ni ključen (Aragon in Schoenfeld, 2013; Schoenfeld, Aragon in Krieger, 2013), je pa v večini primerov priporočljiv, saj navadno od prejšnjega obroka mine kar nekaj časa in je najverjetneje obrok takrat smiseln iz vi-

dika enakomerne in zadostne razporeditve vnosa beljakovin preko celega dne.

Iz rezultatov zgoraj omenjenih študij, ki so preučevale akutne spremembe sinteze beljakovin z ozirom na količino in kvaliteto beljakovin, gre moč sklepati, da ni vseeno, kakšna je dnevna razporeditev vnosa beljakovin. Kljub temu da veliko športnikov zaradi velike dnevne porabe energije in posledično velikega vnosa zaužije dovolj beljakovin, razporeditev le-teh ni sorazmerna in tako nekateri obroki niso beljakovinsko dovolj bogati (Naughton idr., 2016).

Podobno je pri nešportni populaciji, kjer veliko ljudi ne zajtrkuje in se tako prvi vnos beljakovin prestavi šele na kosilo (Phillips idr., 2016), torej je med večernim vnosom in kosilom tudi več kot 12-urno obdobje brez vnosa beljakovin in posledično obdobje katabolizma.

Mamerow idr. (2014) so primerjali enakomerno razporeditev beljakovin v treh dnevni obrokih in pokazali, da je enakomerna porazdelitev z vidika sinteze beljakovin pomembna. Areta idr. (2013) so prav tako pokazali, da je časovnica vnosa beljakovin pomembna pri sintezi mišičnih beljakovin. V tej študiji so merjenci opravili trening mišic nog, nato pa spremljali odziv mišične sinteze beljakovin v obdobju dvanajstih ur v treh različnih scenarijih – sirotkine beljakovine so vnesli dvakrat, takoj po treningu in po šestih urah v količini po 40 gramov; vsake tri ure (4-krat) po 20 gramov ali vsako uro in pol (8-krat) po 10 gramov. Ugotovili so, da je bil sintetični odziv največji v skupini, ki je beljakovine zaužila vsake tri ure. Pomembnost ustrezne razporeditve potrjuje še ena raziskava, ki kaže, da je stimulacija sinteze beljakovin največja 1,5 ure po pojavu aminokislin v krvi, čemur sledi upad stimulacije, ki pa se pojavi neodvisno od takratne koncentracije aminokislin v krvi (Atherton idr., 2010).

Zelo pomembno vlogo pa očitno igra tudi vnos beljakovin pred nočnim spanjem, ko je telo kar 6–9 ur v stanju brez vnosa beljakovin. Akutna študija kaže, da se vnesene beljakovine tik pred spanjem v času spanja uspešno prebavijo in stimulirajo mišično sintezo beljakovin (Res idr., 2012). Snijders idr. (2015) so to potrdili v študiji, v kateri so na dolgi rok ugotavljali učinkovitost večernega vnosa beljakovin. Rezultati so pokazali, da so posamezniki, ki so uživali beljakovine pred spanjem, statistično bolj značilno povečali mišično jakost in mišično maso kot tisti, ki jih niso.

Beljakovine pri veganih in vegetarijancih

Zaradi veganskega ali vegetarijskega načina življenja mnogi iz svojih jedilnikov odstranjujejo izdelke živalskega izvora. Meso, jajca in sirotka so tako velikokrat na nezaželenem seznamu posameznikov, zato se mnogi sprašujejo, ali je vegetarijanstvo/veganstvo pri športnikih sploh varno, saj viri beljakovin rastlinskega izvora naj ne bi vsebovali vseh esencialnih aminokislin. S tem so se ukvarjali tudi v različnih opazovalnih študijah (Elorinne idr., 2016; Rizzo, Jaceldo-Siegl, Sabate in Fraser, 2013). Jaceldo-Siegl, Sabate in Fraser (2013) so primerjali vnos beljakovin med različnimi vrstami vegetarijanstva (semi- vegetarijanstvo, lacto-ovo vegetarijanstvo, veganstvo itd.) in nevegetarijskem načinu prehranjevanja. Rezultati kažejo, da je celotni vnos beljakovin med posameznimi skupinami primerljiv in se ne razlikuje od količine pri nevegetarijancih. Vegetarijanci tako zadostno količino beljakovin dobijo z uživanjem soje, stročnic, leč, oreščkov in žit (Rizzo idr., 2013). Posebno pomemben vir beljakovin predstavlja soja, katere beljakovine imajo zelo podobno aminokislinsko sestavo kot kazein (mlečna beljakovina). Kljub temu pa Ameriško dietetično združenje ("Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets," 2009) vegetarijancem priporoča višji dnevni vnos beljakovin (0,9 g/kg/dan) ("Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets," 2009), kar je približno 0,1 g/kg/dan več, kakor ista organizacija priporoča nevegetarijancem. V primeru športne aktivnosti naj bi se pri vegetarijancih vnos po konvencionalnih smernicah povišal na 1,3–1,8 g/kg/dan. A kot že omenjeno so konvencionalne smernice upoštevale starejšo metodologijo raziskovanja ravnovesja beljakovin in zato so tudi tukaj vrednosti najbrž podcenjene. Da bi zagotovili popolno aminokislinsko sestavo jedi, je v obrok priporočljivo vključiti kombinacijo beljakovinsko bogatih živil (npr: fižol in riž) (Young in Pellett, 1994). Ker je pri športnikih energetski vnos že v osnovi višji (v primeru, da ne gre za načrtno izgubo teže), je posledično tudi vnos beljakovin višji. Torej je skrb v primeru polnovredne prehrane in dobro zastavljenega jedilnika odveč. Veganski športniki nemalokrat posegajo po beljakovinskih dodatkih, kot so na primer sojine, riževe in grahove beljakovine. Joy idr. (2013) so nedavno primerjali vpliv dodajanja sirotkinih in riževih beljakovin (izolata) na sestavo telesa in zmogljivost. Dodatek obeh vrst beljakovin je skupaj z vadbo moči iz-

boljšal telesno sestavo. Pusta telesna masa in mišična masa sta se povišali, sočasno pa je prišlo do znižanja maščobne mase. Prav tako sta se izboljšali moč in zmogljivost, in sicer v enaki meri pri obeh vrstah beljakovinskih dodatkov. Objavljene so nekatere opazovalne študije in študije primerov iz sveta veganstva in športa in videti je, da izogibanje hrani živalskega izvora nima negativnega vpliva na zmogljivost v primeru, ko je jedilnik pametno načrtovan (Fuhrman in Ferreri, 2010; Leischik in Spelsberg, 2014; Winitzer in Kornexl, 2014).

Zdravstveni dejavniki povišanja vnosa beljakovin

V medijih se v zadnjem času pojavlja veliko opozoril pred pretiranim vnosom beljakovin, kar naj bi bilo povezano z raznoraznimi zdravstvenimi težavami. To pa v večini primerov povzroča nemalo zmede.

Predvidena škodljivost (prevelikega) vnosa beljakovin se največkrat nanaša na zmanjševanje kostne gostote ter poškodbe ledvic. Med razgradnjo beljakovin nastanejo kisline, ki naj bi negativno vplivale na kislinsko-bazno ravnovesje (Frassetto, Todd, Morris in Sebastian, 1998). Da bi telo zagotovilo ponovno ravnovesje, naj bi črpalo kalcij iz kosti, ker lahko v teoriji na dolgi rok povzroči osteoporozo (Reddy, Wang, Sakhaee, Brinkley in Pak, 2002). Dolgoročne raziskave kažejo, da se izločanje kalcija na daljši rok ustavi, prav tako pa se na dolgi rok pojavijo zvišane vrednosti hormona IGF1-a (inzulinu podoben rastni faktor), ki je pomemben pri kostni rasti ter kostnemu metabolizmu (Dawson-Hughes, Harris, Rasmussen, Song in Dallal, 2004). Mnoge druge študije in analize potrjujejo smotrnost višjega vnosa beljakovin z vidika zdravja kosti in hkrati zavračajo teorije o negativnem vplivu višjega vnosa beljakovin na kostno zdravje (Bonjour, 2005; Cooper idr., 1996; Genaro, Pinheiro, Szejnfeld in Martini, 2015; Munger, Cerhan in Chiu, 1999; Rizzoli in Bonjour, 2004; Thorpe idr., 2008; Wengren idr., 2004). Vnos beljakovin z zadostnim vnosom kalcija je tako bistven za zdravje kosti in nadzorovanje ter rast mišične mase (Heaney in Layman, 2008). Do podobnih zaključkov je prišel tudi nedavni sistematski pregled literature (Calvez, Poupin, Chesneau, Lassale in Tomé, 2012). Sveža raziskava v športni populaciji pa celo ugotavlja, da je takoj po treningu z vidika zdravja kosti priporočljivo zaužiti obrok bogat z beljakovinami in ogljikovimi hidrati (Townsend idr., 2017).

Ledvica so filtracijski organ, ki dnevno prečisti 180 litrov krvi. Kar 20 % minutnega volumna srca je usmerjeno v ta organ. So funkcionalna enota in sodelujejo v presnovi beljakovin ter izločajo dušik iz krvi. Obremenitev ledvic se ob povečanem vnosu beljakovin poveča, a ne vpliva negativno na zdravje ledvic (Landau in Rabkin, 2013). Podatki, da je povečan vnos beljakovin škodljiv, prihajajo iz preučevanja ljudi, ki že imajo resne težave iz ledvic, ledvične težave pa v osnovi ne izvirajo iz povečanega vnosa beljakovin (Levey idr., 1996), zato je posploševanje ob pomanjkanju dokazov na zdravo populacijo neprimerno. Dokazov, da je velik vnos beljakovin problematičen iz vidika zdravja ledvic pri zdravi populaciji namreč enostavno ni (Antonio, Ellerbroek, Silver, Vargas, Tamayo, idr., 2016; Martin, Armstrong in Rodriguez, 2005). Najpomembnejša vzroka odpovedi ledvic sta hipertenzija in diabetes, višji vnos beljakovin pa dokazano izboljšuje obe stanji (Altorf-van der Kuil idr., 2010; Appel idr., 2005; Gannon in Nuttall, 2004). Ameriška diabetična organizacija (ADA) tako sladkornim bolnikom, kot tudi tistim, ki že imajo težave z ledvicami, ne priporoča zmanjšanja vnosa beljakovin (Evert idr., 2013).

Nedavno opravljene raziskave pod vodstvom Antonia (Antonio, Ellerbroek, Silver, Vargas, Tamayo, idr., 2016; Antonio, Ellerbroek, Silver, Vargas in Peacock, 2016; Antonio, Peacock, Ellerbroek, Fromhoff in Silver, 2014) so pokazale, da znatno povišan vnos beljakovin pri treniranih osebah na dolgi rok ne povzroča škode telesu. Še več, večji vnos ima celo pozitivne učinke tako na delovanje organizma, kot tudi njegovo sestavo.

Priporočila

Dnevna količina

Najnovejše raziskave vzdržljivostnih športnikov kažejo, da so potrebe beljakovin večje od doslej priporočenih vrednosti, in sicer vsaj 1,65–1,83 g/kg/dan (Kato idr., 2016). Podobno kažejo tudi novejši podatki iz športov moči, kjer naj bi bila dnevno potrebna količina beljakovin vsaj 2,2 g/kg/dan (Bandegan, Courtney-Martin, Rafii, Pencharz in Lemon, 2017). Razlog za razlike med starejšimi in novejšimi študijami je natančnost uporabljene metodologije ali pa so se v času od prejšnjih študij trenajni procesi tako spremenili, da so potrebe po beljakovinah danes večje kot v času zbiranja podatkov za starejše študije. Novejše smernice višji vnos beljakovin od priporo-

čenih 0,8 g/kg/dan priporočajo tudi starejšim, in sicer več ali enako kot 1,2 g/kg/dan (Phillips idr., 2016), kar naj bi pripomoglo k zmanjšanju izgube oziroma ohranjanju mišične mase.

Dnevna razporeditev

Beljakovine je najbolje zaužiti količinsko enakomerno porazdeljene v več dnevni obrokov, vsakih 3–5 ur.

Količina in tip beljakovin v posameznem obroku

Posamezen beljakovinski obrok mladih naj bo sestavljen iz beljakovin, ki vsebujejo vsaj 3 grame levcina in nekoliko večjo količino le-tega v primeru obroka po treningu, ki je vseboval mišice celotnega telesa. V primeru sirotke v prahu to pomenilo nekaj več kot 20 oziroma 40 gramov. Pomembno je, da je z vnosom beljakovin zagotovljen visok delež esencialnih aminokislin, vir beljakovin pa v osnovi ni tako pomemben, kakor je pomembna skupna količina zaužitega levcina v posameznem obroku. Pred spanjem se priporoča vnos 40 g beljakovin, ki se počasneje razgrajujejo, npr. kazeina (Trommelen in Loon, 2016).

Četudi bi bilo optimalno, da bi bil vnos beljakovin ločen od vnosa ostalih makrohranil, predvsem maščob in vlaknin tako zaradi počasnejše absorpcije beljakovin kot tudi zmanjšanja sposobnosti sinteze (Hammond idr., 2016), je to v realnosti nemogoče. Glede na dejstvo, da obrok po vadbi najbolj stimulira mišično sintezo beljakovin, se priporoča, da ima obrok po vadbi čim nižji delež maščob in vlaknin, po možnosti pa naj bo vnos beljakovin v tekoči obliki (Burke idr., 2012), saj je absorpcija aminokislin takrat najhitrejša.

Za primer vzemimo 80-kilogramskega mladega moškega. Ta dnevno prespi 8 ur, njegov dnevni beljakovinski cilj pa je 2 g/kg/dan, torej 160 gramov. V času budnosti (16 ur) obrok zaužije vsake štiri ure, kar pomeni 5 obrokov dnevno. Velikost obrokov razdelimo na dva dela, dvakrat po 40 gramov (po treningu za moč, ki se konča 4 ure pred spanjem, in tik pred spanjem), preostalih 80 gramov pa enakomerno razdelimo med preostale tri obroke. Večje in manjše osebe pa velikost obrokov enakomerno prerazporedijo.

Starostnikom se priporoča enakomerno razporejen vnos beljakovin preko celega dne ter uživanje z levcinom bogatih virov beljakovin (Breen in Phillips, 2011). Posame-

zen obrok naj bi vseboval neke ~ 0.40 g/kg beljakovin (Churchward-Venne, Holwerda, Phillips in van Loon, 2016; Moore idr., 2015).

Zaključek

Po pregledu raziskav vidimo, da so mehanizmi pomembnosti zadostnega vnosa relativno dobro raziskani, manjkajo pa predvsem dobre dolgoročne raziskave, s pomočjo katerih bi lažje implementirali rezultate akutnih študij. Vnos beljakovin je ključen za delovanje človeškega telesa. Podatki novejših raziskav kažejo, da je potreben višji vnos beljakovin od doslej priporočenih smernic. Aminokislina levcin je bila spoznana kot ključna pri sprožitvi mišične sinteze beljakovin in je zato njena količina v posameznem obroku bistvenega pomena. Starejše osebe morajo zaužiti večjo količino beljakovin, da dosežejo najvišjo možno stopnjo sinteze beljakovin. Vegani in vegetarijanci lahko tudi z izogibanjem hrane živalskega izvora vnesejo dovolj beljakovin oziroma aminokislin. Ena izmed najpomembnejših stvari pri vnosu beljakovin je, da je vnos enakomerno razporejen preko celega dneva v več manjših obrokov.

Literatura:

1. Altorf-van der Kuil, W., Engberink, M. F., Brink, E. J., van Baak, M. A., Bakker, S. J. L., Navis, G., ... Geleijnse, J. M. (2010). Dietary protein and blood pressure: A systematic review. *PLoS ONE*, 5, e12102.
2. Anthony, J. C., Lang, C. H., Crozier, S. J., Anthony, T. G., MacLean, D. A., Kimball, S. R. in Jefferson, L. S. (2002). Contribution of insulin to the translational control of protein synthesis in skeletal muscle by leucine. *American Journal of Physiology - Endocrinology And Metabolism*, 282, E1092–E1101.
3. Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Vargas, L. in Peacock, C. (2016). The effects of a high protein diet on indices of health and body composition – a crossover trial in resistance-trained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1–7.
4. Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Vargas, L., Tamayo, A., Buehn, R., ... Peacock, C. A. (2016). A High Protein Diet Has No Harmful Effects: A One-Year Crossover Study in Resistance-Trained Males. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2016, 1–5.
5. Antonio, J., Peacock, C. A., Ellerbroek, A., Fromhoff, B. in Silver, T. (2014). The effects of consuming a high protein diet (4.4 g/kg/d) on body composition in resistance-trained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11, 19.
6. Appel, L. J., Sacks, F. M., Carey, V. J., Obarzanek, E., Swain, J. F., Miller, E. R., ... Bishop, L. M. (2005). Effects of protein, monounsaturated fat, and carbohydrate intake on blood pressure and serum lipids: results of the OmniHeart randomized trial. *Jama*, 294, 2455–64.
7. Aragon, A. A. in Schoenfeld, B. J. (2013). Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10, 5.
8. Areta, J. L., Burke, L. M., Ross, M. L., Camera, D. M., West, D. W. D., Broad, E. M., ... Coffey, V. G. (2013). Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *The Journal of Physiology*, 591, 2319–31.
9. Atherton, P. J., Etheridge, T., Watt, P. W., Wilkinson, D. J., Selby, A., Rankin, D., ... Rennie, M. J. (2010). Muscle full effect after oral protein: Time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. *American Journal of Clinical Nutrition*, 92, 1080–1088.
10. Bandegan, A., Courtney-Martin, G., Rafii, M., Pencharz, P. B. in Lemon, P. W. (2017). Indicator Amino Acid-Derived Estimate of Dietary Protein Requirement for Male Bodybuilders on a Nontraining Day Is Several-Fold Greater than the Current Recommended Dietary Allowance. *The Journal of Nutrition*, jn236331.
11. Biolo, G., Tipton, K. D., Klein, S. in Wolfe, R. R. (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *The American Journal of Physiology*, 273, E122–9.
12. Bodine, S. C., Stitt, T. N., Gonzalez, M., Kline, W. O., Stover, G. L., Bauerlein, R., ... Yancopoulos, G. D. (2001). Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. *Nature Cell Biology*, 3, 1014–1019.
13. Bonjour, J.-P. (2005). Dietary protein: an essential nutrient for bone health. *Journal of the American College of Nutrition*, 24, 526S–36S.
14. Breen, L. in Phillips, S. M. (2011). Skeletal muscle protein metabolism in the elderly: Interventions to counteract the "anabolic resistance" of ageing. *Nutrition in Metabolism*, 8, 68.
15. Burke, L. M., Winter, J. A., Cameron-Smith, D., Enslin, M., Farnfield, M. in Decombaz, J. (2012). Effect of intake of different dietary protein sources on plasma amino acid profiles at rest and after exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22, 452–62.
16. Calvez, J., Poupin, N., Chesneau, C., Lassale, C. in Tomé, D. (2012). Protein intake, calcium balance and health consequences. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66, 281–295.
17. Churchward-Venne, T. A., Breen, L., Di Donato, D. M., Hector, A. J., Mitchell, C. J., Moore, D. R., ... Phillips, S. M. (2014). Leucine supplementation of a low-protein mixed macronutrient beverage enhances myofibrillar protein synthesis in young men: A double-blind, randomized trial 1–3. *American Journal of Clinical Nutrition*, 99, 276–286.
18. Churchward-Venne, T. A., Holwerda, A. M., Phillips, S. M. in van Loon, L. J. C. (2016). What is the Optimal Amount of Protein to Support Post-Exercise Skeletal Muscle Reconditioning in the Older Adult? *Sports Medicine*. doi:10.1007/s40279-016-0504-2
19. Clarkson, P. M. in Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine in Rehabilitation*, 81, S52–69.
20. Cooper, C., Atkinson, E. J., Hensrud, D. D., Wahner, H. W., O'Fallon, W. M., Riggs, B. L. in Melton, L. J. (1996). Dietary protein intake and bone mass in women. *Calcified Tissue International*, 58, 320–325.
21. Crozier, S. J., Kimball, S. R., Emmert, S. W., Anthony, J. C. in Jefferson, L. S. (2005). Oral leucine administration stimulates protein synthesis in rat skeletal muscle. *The Journal of Nutrition*, 135, 376–82.
22. Dawson-Hughes, B., Harris, S. S., Rasmussen, H., Song, L. in Dallal, G. E. (2004). Effect of Dietary Protein Supplements on Calcium Excretion in Healthy Older Men and Women. *The Journal of Clinical Endocrinology in Metabolism*, 89, 1169–1173.
23. Drummond, M. J., Fry, C. S., Glynn, E. L., Dreyer, H. C., Dhanani, S., Timmerman, K. L., ... Rasmussen, B. B. (2009). Rapamycin administration in humans blocks the contraction-induced increase in skeletal muscle protein synthesis. *The Journal of Physiology*, 587, 1535–1546.
24. EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (NDA). (2012). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. *EFSA Journal*, 10, 2557.
25. Elorinne, A.-L., Alfthan, G., Erlund, I., Kimmäki, H., Paju, A., Salminen, I., ... Laakso, J. (2016). Food and Nutrient Intake and Nutritional Status of Finnish Vegans and Non-Vegetarians. *PLoS One*, 11, e0148235.
26. Evert, A. B., Boucher, J. L., Cypress, M., Dunbar, S. A., Franz, M. J., Mayer-Davis, E. J., ... Yancy, W. S. (2013). Nutrition Therapy Recommendations for the Management of Adults With Diabetes. *Diabetes Care*, 36.
27. Finger, D., Goltz, F. R., Umpierre, D., Meyer, E., Rosa, L. H. T. in Schneider, C. D. (2015). Effects of Protein Supplementation in Older Adults Undergoing Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45, 245–255.
28. Frassetto, L. A., Todd, K. M., Morris, R. C. in Sebastian, A. (1998). Estimation of net en-

- ogenous noncarbonic acid production in humans from diet potassium and protein contents. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68, 576–583.
29. Fuhrman, J. in Ferreri, D. M. (2010). Fueling the Vegetarian (Vegan) Athlete. *Current Sports Medicine Reports*, 9, 233–241.
 30. Gannon, M. C. in Nuttall, F. Q. (2004). Effect of a high-protein, low-carbohydrate diet on blood glucose control in people with type 2 diabetes. *Diabetes*, 53, 2375–82.
 31. Genaro, P. de S., Pinheiro, M. de M., Szejnfeld, V. L. in Martini, L. A. (2015). Dietary Protein Intake in Elderly Women. *Nutrition in Clinical Practice*, 30, 283–289.
 32. Gollnick, P. D., Armstrong, R. B., Saltin, B., Sabu, C. W., Sembrowich, W. L. in Shepherd, R. E. (1973). Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 34, 107–11.
 33. Gropper, S. S. in Smith, J. L. (2012). *Advanced nutrition and human metabolism* (6th ed.). Belmont, ZDA: Wadsworth - Cengage learning.
 34. Hammond, K. M., Impey, S. G., Currell, K., Mitchell, N., Shepherd, S. O., Jeromson, S., ... Morton, J. P. (2016). *Postexercise High-Fat Feeding Suppresses p70S6K1 Activity in Human Skeletal Muscle. Medicine in Science in Sports in Exercise*. doi:10.1249/MSS.0000000000001009
 35. Heaney, R. P. in Layman, D. K. (2008). Amount and type of protein influences bone health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87, 1567S–1570S.
 36. Holloszy, J. O. in Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 56, 831–8.
 37. Ivy, J. L. in Schoenfeld, B. J. (2014). The Timing of Postexercise Protein Ingestion Is / Is Not Important. *Strength and Conditioning Journal*, 36, 51–55.
 38. Jewell, J. L. in Guan, K. L. (2013). Nutrient signaling to mTOR and cell growth. *Trends in Biochemical Sciences*, 38, 233–242.
 39. Joy, J. M., Lowery, R. P., Wilson, J. M., Purpura, M., De Souza, E. O., Wilson, S. M., ... Jäger, R. (2013). The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutrition Journal*, 12, 86.
 40. Kato, H., Suzuki, K., Bannai, M., Moore, D. R., Rodriguez, N., DiMarco, N., ... Hopkins, W. (2016). Protein Requirements Are Elevated in Endurance Athletes after Exercise as Determined by the Indicator Amino Acid Oxidation Method. *Plos One*, 11, e0157406.
 41. Landau, D. in Rabkin, R. (2013). Chapter 13 – Effect of Nutritional Status and Changes in Protein Intake on Renal Function. In *Nutritional Management of Renal Disease* (pp. 197–207).
 42. Larivière, D. (2013). Nutritional Supplements Flexing Muscles As Growth Industry. *Forbes*. Retrieved from <http://www.forbes.com/sites/davidlariviere/2013/04/18/nutritional-supplements-flexing-their-muscles-as-growth-industry/#66865a6b4255>
 43. Leischik, R. in Spelsberg, N. (2014). Vegan Triple-Ironman (Raw Vegetables/Fruits). *Case Reports in Cardiology*, 2014, 1–4.
 44. Leucine Content in Common Foods. (2013). Retrieved from <http://www.wheyproteininstitute.org/sites/default/files/Leucine-Content-in-Common-Foods.pdf>
 45. Levey, A. S., Adler, S., Caggiula, A. W., England, B. K., Greene, T., Hunsicker, L. G., ... Teschan, P. E. (1996). Effects of dietary protein restriction on the progression of advanced renal disease in the Modification of Diet in Renal Disease Study. *American Journal of Kidney Diseases: The Official Journal of the National Kidney Foundation*, 27, 652–63.
 46. MacLaren, D. in Morton, J. (2012). *Biochemistry for sport and exercise metabolism*. West Sussex, VB: John Wiley in Sons Ltd.
 47. Macnaughton, L. S., Wardle, S. L., Witard, O. C., McGlory, C., Hamilton, D. L., Jeromson, S., ... Hodgson, A. B. (2016). The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiological Reports*, 4, 1102–1106.
 48. Mamerow, M. M., Mettler, J. A., English, K. L., Casperson, S. L., Arentson-Lantz, E., Sheffield-Moore, M., ... Paddon-Jones, D. (2014). Dietary protein distribution positively influences 24-h muscle protein synthesis in healthy adults. *The Journal of Nutrition*, 144, 876–80.
 49. Martin, W. F., Armstrong, L. E. in Rodriguez, N. R. (2005). Dietary protein intake and renal function. *Nutrition in Metabolism*, 2, 25.
 50. Miller, P. E., Alexander, D. D. in Perez, V. (2014). Effects of Whey Protein and Resistance Exercise on Body Composition: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American College of Nutrition*, 33, 163–175.
 51. Millward, D. J., Fereday, A., Gibson, N. R., Cox, M., Pacy, P. J., Millward, D. J., ... Millward, D. J. (2001). Methodological considerations. *Proceedings of the Nutrition Society*, 60, 3–5.
 52. Moore, D. R., Churchward-Venne, T. A., Witard, O. C., Breen, L., Burd, N. A., Tipton, K. D. in Phillips, S. M. (2015). Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 70, 57–62.
 53. Morton, R. W., McGlory, C. in Phillips, S. M. (2015). Nutritional interventions to augment resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Frontiers in Physiology*, 6, 1–9.
 54. Munger, R. G., Cerhan, J. R. in Chiu, B. C. (1999). Prospective study of dietary protein intake and risk of hip fracture in postmenopausal women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 147–52.
 55. Naughton, R. J., Durst, B., O'Boyle, A., Morgans, R., Abayomi, J., Davies, I. G., ... Mahon, E. (2016). Daily distribution of carbohydrate, protein and fat intake in elite youth academy soccer players over a 7-day training period. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26, 473–460.
 56. Owen, O. E. (2005). Ketone bodies as a fuel for the brain during starvation. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 33, 246–251.
 57. Parkin, J. A., Carey, M. F., Martin, I. K., Stojanovska, L. in Febbraio, M. A. (1997). Muscle glycogen storage following prolonged exercise: effect of timing of ingestion of high glycemic index food. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 220–4.
 58. Pasiakos, S. M., Lieberman, H. R. in McLellan, T. M. (2014). Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: A systematic review. *Sports Medicine*, 44, 655–670.
 59. Petroczi, A. in Naughton, D. P. (2008). The age-gender-status profile of high performing athletes in the UK taking nutritional supplements: lessons for the future. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 5, 2.
 60. Phillips, S. M. (2004). Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition*, 20, 689–695.
 61. Phillips, S. M. (2016). The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. *Nutrition in Metabolism*, 13, 64.
 62. Phillips, S. M., Chevalier, S. in Leidy, H. J. (2016). Protein "requirements" beyond the RDA: implications for optimizing health ¹. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 1–8.
 63. Phillips, S. M., Glover, E. I. in Rennie, M. J. (2009). Alterations of protein turnover underlying disuse atrophy in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 107, 645–654.
 64. Phillips, S. M., Tipton, K. D., Aarsland, A., Wolf, S. in Wolfe, R. R. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Endocrinology and Metabolism*, 273, 99–107.
 65. Philp, A., Hamilton, D. L. in Baar, K. (2011). Signals mediating skeletal muscle remodeling by resistance exercise: PI3-kinase independent activation of mTORC1. *Journal of Applied Physiology*, 561–568.
 66. Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets. (2009). *J Am Diet Assoc*, 109, 1266–1282.

67. Proske, U. in Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise : mechanism , mechanical signs , adaptation and clinical applications, 333–345.
68. Rafii, M., Chapman, K., Owens, J., Elango, R., Campbell, W. W., Ball, R. O., ... Courtney-Martin, G. (2015). Dietary Protein Requirement of Female Adults ingt;65 Years Determined by the Indicator Amino Acid Oxidation Technique Is Higher Than Current Recommendations. *Journal of Nutrition*, 145, 18–24.
69. Reddy, S. T., Wang, C.-Y., Sakhaee, K., Brinkley, L. in Pak, C. Y. C. (2002). Effect of low-carbohydrate high-protein diets on acid-base balance, stone-forming propensity, and calcium metabolism. *American Journal of Kidney Diseases*, 40, 265–274.
70. Res, P. T., Groen, B., Pennings, B., Beelen, M., Wallis, G. A., Gijzen, A. P., ... Van Loon, L. J. C. (2012). Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44, 1560–1569.
71. Rizzo, N. S., Jaceldo-Siegl, K., Sabate, J. in Fraser, G. E. (2013). Nutrient Profiles of Vegetarian and Nonvegetarian Dietary Patterns. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113, 1610–1619.
72. Rizzoli, R. in Bonjour, J.-P. (2004). Dietary Protein and Bone Health. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19, 527–531.
73. Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., Langley, S., Association, A. D., of Canada, D. in of Sports Medicine, A. C. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109, 509–527.
74. Rose, W. C. (1957). The amino acid requirements of adult man. *Nutrition Abstracts and Reviews*, 27, 631–47.
75. Schoenfeld, B. J., Aragon, A. A. in Krieger, J. W. (2013). The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10, 53.
76. Snijders, T., Res, P. T., Smeets, J. S. J., Vliet, S. Van, Kranenburg, J. Van, Maase, K., ... van Loon, L. J. C. (2015). Protein Ingestion before Sleep Increases Muscle Mass and Strength Gains during Prolonged Resistance-Type Exercise Training in Healthy Young Men. *Journal of Nutrition*, 1–7.
77. Snoj, M. (2015). *Slovenski etimološki slovar*. Ljubljana: Založba ZRC, Znanstvenoraziskovalni center SAZU zanj.
78. Solheim, S. A., Nordsborg, N. B., Ritz, C., Berget, J., Kristensen, A. H. in Mørkeberg, J. (2016). Use of nutritional supplements by Danish elite athletes and fitness customers. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 1–8.
79. Ten Have, G. A. M., Engelen, M. P. K. J., Luijckinck, Y. C. in Deutz, N. E. P. (2007). Absorption Kinetics of Amino Acids, Peptides, and Intact Proteins The Gut as a Metabolic Active Organ. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17, 23–36.
80. Thorpe, M. P., Jacobson, E. H., Layman, D. K., He, X., Kris-Etherton, P. M. in Evans, E. M. (2008). A diet high in protein, dairy, and calcium attenuates bone loss over twelve months of weight loss and maintenance relative to a conventional high-carbohydrate diet in adults. *The Journal of Nutrition*, 138, 1096–1100.
81. Tipton, K. D. in Wolfe, R. R. (2004). Protein and amino acids for athletes. *Journal of Sports Sciences*, 22, 65–79.
82. Townsend, R., Elliott-Sale, K. J., Currell, K., Tang, J., Fraser, W. D. in Sale, C. (2017). The Effect of Postexercise Carbohydrate and Protein Ingestion on Bone Metabolism. *Medicine in Science in Sports in Exercise*, 1.
83. Trommelen, J., Groen, B. B. L., Hamer, H. M., de Groot, L. C. P. G. M. in van Loon, L. J. C. (2015). MECHANISMS IN ENDOCRINOLOGY: Exogenous insulin does not increase muscle protein synthesis rate when administered systemically: a systematic review. *European Journal of Endocrinology*, 173, R25–R34.
84. Trommelen, J. in Loon, L. van. (2016). Pre-Sleep Protein Ingestion to Improve the Skeletal Muscle Adaptive Response to Exercise Training. *Nutrients* 2016, Vol. 8, Page 763, 8, 763.
85. Wackerhage, H. in Ratkevicius, A. (2008). Signal transduction pathways that regulate muscle growth. *Essays in Biochemistry*, 44, 99–108.
86. Wengreen, H. J., Munger, R. G., West, N. A., Cutler, D. R., Corcoran, C. D., Zhang, J. in Sassano, N. E. (2004). Dietary protein intake and risk of osteoporotic hip fracture in elderly residents of Utah. *Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 19, 537–545.
87. West, D. W. D., Burd, N. A., Coffey, V. G., Baker, S. K., Burke, L. M., Hawley, J. A., ... Phillips, S. M. (2011). Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise. *American Journal of Clinical Nutrition*, 94, 795–803.
88. Wirnitzer, K. C. in Kornexl, E. (2014). Energy and macronutrient intake of a female vegan cyclist during an 8-day mountain bike stage race. *Proceedings (Baylor University. Medical Center)*, 27, 42–5.
89. Witard, O. C., Wardle, S. L., Macnaughton, L. S., Hodgson, A. B. in Tipton, K. D. (2016). Protein considerations for optimising skeletal muscle mass in healthy young and older adults. *Nutrients*, 8. doi:10.3390/nu8040181
90. Wolfe, R. R. (2006). The underappreciated role of muscle in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84, 475–82.
91. Young, V. in Pellett, P. L. (1994). Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59, 1203S–1212S.

Tim Podlogar

Diplomant kineziologije, Magister
(Združeno kraljestvo Velike Britanije
in Severne Irske) vadbenih in športnih
znanosti

Doktorski študent na Univerzi v
Birminghamu, VB
tim@kineziolog.si