

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Bílkoviny ve výživě sportovců

Bakalářská práce

Autor práce: Kristýna Zemanová

Vedoucí práce: doc. Ing. Boris Hučko, CSc.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Bílkoviny ve výživě sportovců" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4.4.2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Borisi Hučkovi, CSc. za jeho cenné rady, doporučenou literaturu, věcné připomínky a vstřícnost.

Souhrn

Pro sportovce hrají bílkoviny důležitou roli při regeneraci, obnově a růstu svalové hmoty. Jsou v jídelníčku, na rozdíl od tuků a sacharidů, nenahraditelné. Svalová tkáň je tvořena především bílkovinami, proto většina sportovců věří, že čím vyšší příjem bílkovin budou mít, tím rychleji jejich svaly porostou. Při nadměrném množství přijatých bílkovin však dochází k únavě organismu, zatěžování ledvin, jater, ztrátě velkého množství vody a draslíkových ionů. Dále nadbytek bílkovin vyčerpává některé minerální látky a vitaminy (např. vápník, zinek, vitaminy skupiny B).

Organismus není schopen využít více jak 2-2,5 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti. Doporučené denní množství bílkovin je pro průměrnou populaci 0,8-1,2 g/kg tělesné hmotnosti a 1,2-2 g/kg tělesné hmotnosti pro sportovce, vytrvalostní sportovci přibližně 1,2 až 1,4 g/kg tělesné hmotnosti, silovým sportovcům je doporučováno přijímat více bílkovin, od 1,6 do 1,7 g/kg tělesné hmotnosti.

Plnohodnotné jsou pro nás bílkoviny z živočišných zdrojů, obsahují ideální poměr esenciálních aminokyselin pro lidskou potřebu. Oproti tomu bílkoviny z rostlinných zdrojů jsou neplnohodnotné. Při vhodné kombinaci rostlinných zdrojů lze však zajistit dostatečný přísun všech esenciálních aminokyselin.

Při vyváženém a pestrém jídelníčku a dostatečném množství přijaté energie není nutné suplementovat bílkovinné doplňky stravy. Většina sportovců však používá k podpoře regenerace a růstu svalové hmoty nejčastěji syrovátkový protein. Ten je oceňovaný především pro jeho snadnou stravitelnost, proto je doporučovaný především po tréninku (v dávce 0,3 g/kg tělesné hmotnosti), kdy ještě trávicí trakt není připraven na trávení složitějších jídel. Po jeho konzumaci dochází v krvi k rychlému nárůstu aminokyselin, které mohou být využity na svalovou proteosyntézu.

Klíčová slova: aminokyseliny; bílkoviny; kvalita bílkovin; výživa sportovců; zdroje bílkovin

Summary

Protein plays an important role in an athlete's regeneration, recovery and muscle growth. Unlike fat and carbohydrates, proteins are irreplaceable in our diet. The muscle tissue is composed primarily of proteins, so most athletes believe that higher protein intake will result in faster muscle growth. However, an excessive amount of protein is linked to fatigue, higher strain on kidneys and liver, loss of large amounts of water and potassium ions. Furthermore, high level of protein intake causes excretion of certain vitamins and minerals (e. g. calcium, zinc, B vitamins).

The human body is unable to effectively process more than 2 to 2.5 g of protein per kilogram of body weight. Recommended daily protein dietary allowance is 0.8 to 1.2 g/kg for a sedentary person, 1.2 to 2 g/kg for athletes, approximately 1.2 to 1.4 g/kg for endurance athletes, and for heavy resistance training athletes increased protein intake of 1.6 to 1.7 g/kg is recommended.

Meat and dairy products contain complete proteins that have an ideal ratio of essential amino acids well suited for human dietary needs. In contrast, proteins derived from plant food contain only incomplete proteins. One must combine multiple plant sources to achieve sufficient amounts of all essential amino acids.

There is no need for protein supplements as long as we eat a well-balanced diet. Most athletes, however, use whey proteins to boost regeneration and muscle growth. It is particularly valued for its easy digestibility. Therefore, it is recommended to be taken right after training (at doses of 0.3 g/kg body weight) when the digestive tract is not capable of processing complex food. Increased levels of amino acids in blood soon after consumption are required for effective muscle protein synthesis.

Keywords: aminoacids; nutrition of athletes; protein sources; protein quality; proteins

Obsah

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 3 |
| 2 | Cíl práce..... | 4 |
| 3 | Literární rešerše | 5 |
| 3.1 | Bílkoviny..... | 5 |
| 3.1.1 | Aminokyselinový pool..... | 6 |
| 3.1.2 | Dusíková bilance..... | 6 |
| 3.1.3 | Biologická hodnota bílkovin..... | 7 |
| 3.2 | Význam bílkovin pro sportovní výživu..... | 8 |
| 3.3 | Doporučené denní množství přijatých bílkovin | 10 |
| 3.3.1 | Vytrvalostní sportovci..... | 10 |
| 3.3.2 | Siloví sportovci..... | 11 |
| 3.3.3 | V dietě..... | 12 |
| 3.4 | Příjem bílkovin..... | 13 |
| 3.4.1 | Před tréninkem..... | 13 |
| 3.4.2 | Během tréninku..... | 13 |
| 3.4.3 | Po tréninku..... | 14 |
| 3.5 | Zdroje bílkovin..... | 15 |
| 3.5.1 | Živočišné zdroje..... | 16 |
| 3.5.1.1 | Maso | 16 |
| 3.5.1.2 | Vejce..... | 18 |
| 3.5.1.3 | Mléko a mléčné výrobky | 19 |
| 3.5.2 | Rostlinné zdroje | 20 |
| 3.5.2.1 | Obiloviny | 20 |
| 3.5.2.2 | Luštěniny | 21 |
| 3.5.2.3 | Olejniny | 21 |
| 3.5.2.4 | Brambory | 21 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.6 | Suplementy..... | 22 |
| 3.6.1 | Aminokyseliny..... | 22 |
| 3.6.1.1 | L-Glutamin | 23 |
| 3.6.1.2 | L-Arginin | 24 |
| 3.6.1.3 | L-Taurine | 25 |
| 3.6.1.4 | Leucin | 26 |
| 3.6.1.5 | Aminokyseliny s rozvětveným řetězcem – BCAA | 27 |
| 3.6.2 | Syrovátkový protein..... | 28 |
| 3.6.2.1 | Syrovátkový proteinový koncentrát | 29 |
| 3.6.2.2 | Syrovátkový proteinový izolát | 30 |
| 3.6.2.3 | Syrovátkový proteinový hydrolyzát | 30 |
| 3.6.3 | Kasein | 30 |
| 3.6.4 | Sójový protein..... | 31 |
| 3.6.5 | Gainery..... | 31 |
| 4 | Závěr | 33 |
| 5 | Použitá literatura | 34 |

1 Úvod

Ve své bakalářské práci se zabývám bílkovinami, které jsou nejvíce probíranou složkou jídelníčků u většiny sportovců.

Bílkoviny tvoří základ všech živých organismů, jsou hlavní stavební jednotkou svalstva a orgánů, součástí enzymů, hormonů, protilátek a transportních složek. Rostliny si je dokáží vytvořit z anorganických látek, živočichové je musí přijímat potravou, poté je rozkládají na aminokyseliny a vytvářejí vlastní bílkoviny. Proto by měla naše strava obsahovat dostatečné množství pokrmů bohatých na bílkoviny.

Pro sportovce hrají bílkoviny důležitou roli při regeneraci, obnově a růstu svalové hmoty. Svalová tkáň je tvořena především bílkovinami, proto většina sportovců věří, že čím vyšší příjem bílkovin budou mít, tím rychleji jejich svaly porostou. Při nadměrném množství přijatých bílkovin však dochází k únavě organismu, zatěžování ledvin, jater, ztrátě velkého množství vody a draslíkových ionů. Dále nadbytek bílkovin vyčerpává některé minerální látky a vitaminy (např. vápník, zinek, vitaminy skupiny B).

Snažila jsem se objasnit, jaká je doporučená denní dávka přijatých bílkovin pro určité skupiny sportovců, z jakých zdrojů je vhodné proteiny čerpat, jaký mají bílkovinné suplementy význam a popsat možná rizika užívání vybraných doplňků stravy.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je studium české a zahraniční vědecké literatury týkající se výživy sportovců s důrazem na bílkoviny ve výživě. Po prostudování literárních pramenů bude sepsána bakalářská práce na dané téma.

3 Literární rešerše

3.1 Bílkoviny

Bílkoviny tvoří základ všech organismů. Ve tkáních vyšších organismů a člověka je podíl bílkovin více než 80 % ze všech přítomných organických látek. Rostliny jsou schopné syntetizovat bílkoviny z anorganických sloučenin, živočichové je musí přijímat v potravě. V trávicím ústrojí je rozkládají na aminokyseliny, ze kterých si poté tvoří vlastní specifické bílkoviny. V organismu se bílkoviny nedají nahradit žádnými jinými sloučeninami. Pouze jako zdroj energie je mohou nahradit sacharidy a lipidy (Heinrich, 2015).

Jedná se o biomakromolekulární látky složené z velkého počtu (od 100 do 1 000 000) aminokyselin vzájemně provázaných peptidovými vazbami. Všechny bílkoviny jsou tvořeny kombinacemi 22 proteinogenních (biogenních) aminokyselin, z nichž některé jsou esenciální (tělo je závislé na jejich přísunu v potravě), zbylé naopak neesenciální, které mohou vzniknout přeměnou z jiných aminokyselin nebo metabolitů. Podmínkou pro jejich tvorbu však je, aby se potrava skládala z bílkovin s co nejširším zastoupením (spektrém) jednotlivých typů aminokyselin. Absence pouze jediné z celkového počtu aminokyselin má negativní dopad na průběh proteosyntézy (Merkunová a kol., 2008).

Mezi esenciální aminokyseliny pro dospělého člověka patří: valin, leucin, izoleucin, fenylalanin, lysin, methionin, tryptofan a treonin, u dětí jsou navíc aminokyseliny histidin, arginin. Mezi neesenciální (postradatelné) aminokyseliny řadíme: kyselinu asparagovou, kyselinu glutamovou, asparagin, glutamin, prolin, hydroxyprolin, glycin, alanin, tyrosin, cystin, cystein a serin (Williams, 2010).

Po požití se vstřebané aminokyseliny krevní cestou rozvádějí k buňkám a mají různý osud. Vstupují do buněk (průnik usnadňuje inzulin) a využívají se k trvale probíhající přestavbě buněčných bílkovin. Nahrazují tak aminokyseliny, které se z plynule štěpených buněčných bílkovin uvolňují do krve. V buňkách se bílkoviny využívají k výstavbě buněčných struktur, k tvorbě enzymů a bílkovinných hormonů. Asi 15 % aminokyselin se denně spaluje, slouží jako energie, koncovým produktem oxidace aminokyselin je u člověka močovina, vznikající výhradně v játrech. Část aminokyselin se přeměňuje na glukózu (glukoneogeneze) a na mastné kyseliny (lipogeneze). Určité množství aminokyselin se ztrácí z těla stolicí, močí, v olupujících se buňkách povrchových vrstev kůže, při stříhání nehtů, ztrátách chlupů a vlasů (Merkunová a kol., 2008).

Tělo člověka o hmotnosti 70 kg obsahuje asi 13 kg bílkovin. Kosterní svalstvo tvoří kolem 40-45 % celkové tělesné hmotnosti a obsahuje přibližně 7 kg bílkovin, převážně ve formě kontraktálních myofibril. Kolem 120 g volných aminokyselin se nachází intracelulárně v kosterním svalstvu a pouze 5 g je v krevním oběhu. Z toho 25 % představuje glutamin a 12 % alanin, dvě nejhojněji zastoupené aminokyseliny (Maughan, 2000).

3.1.1 Aminokyselinový pool

V organismu je určitá aminokyselinová „hotovost“, tzv. aminokyselinový pool. Tvoří jej volné aminokyseliny v krevní plasmě a v intracelulárním a extracelulárním prostoru. Jedná se o aminokyseliny přijaté potravou či vzniklé štěpením vlastních bílkovin. Pouze 0.5-1 % aminokyselin je v těle volně a tvoří tento pool, což činí zhruba 100 g aminokyselin (Koolman a kol., 2012).

Velikost a složení aminokyselinového poolu závisí na humorálním a nervovém působení. Aminokyselinový pool je v období, kdy převažují katabolické reakce, doplňován z endogenních zdrojů, především z kosterního svalstva (až 80 %), jater (10 %) a ledvin (5 %). V období, kdy převažují anabolické reakce, je aminokyselinový pool tvořen převážně aminokyselinami, které se uvolní při štěpení stravy. Zvýšený příjem potravy bohaté na proteiny má pozitivní účinek na aminokyselinový pool (Heinrich, 2015).

3.1.2 Dusíková bilance

Bílkoviny jsou nutným stavebním materiálem pro rostoucí či regenerující a permanentně se obnovující organismus. Aminokyseliny obsahují vždy ve své molekule dusík, dá se tak změřit množství vyloučeného dusíku (močí a stolicí) a srovnat s množstvím přijatého dusíku potravou. Rovnovážný stav této dusíkové bilance zaručuje za fyziologických podmínek u dospělého člověka 0,75 g proteinu/24 h na 1 kg hmotnosti těla. Je to tzv. bílkovinné minimum. U dětí, těhotných a kojících žen a u rekonvalescentů musí být přísun proteinů vyšší (2,5 g/24 h na 1 kg hmotnosti těla – pozitivní dusíková bilance). Při dlouhodobém nedostatku bílkovin ve výživě (negativní dusíkové bilanci) nastávají průkazné disproporce mezi potřebou organismu (anabolické a proteosyntetické procesy, obnova krvinek) a jeho limitovanými možnostmi (Merkunová a kol., 2008).

V našem těle současně probíhají dva děje – syntéza svalových bílkovin a jejich odbourávání. Poměr mezi těmito ději určuje, zda se bude poměr svalové hmoty zvyšovat (pozitivní proteinová rovnováha), či snižovat (negativní proteinová rovnováha), nebo zůstane

stejný. U zdravých jedinců mezi 20-35 lety jsou tyto děje většinou vyvážené, tudíž se svalová hmota příliš nemění. Pokud však probíhá trénink, převládá svalová proteosyntéza a dochází ke svalové hypertrofii. Jestliže převládá odbourávání svalové hmoty, např. při imobilizaci končetiny, jedná se o atrofii svalových vláken, k čemuž dochází i v důsledku pokročilého věku (Devries a kol., 2015).

Odhaduje se, že člověk denně odbourá proteolýzou asi 300-500 g bílkovin na aminokyseliny. Na druhou stranu se přibližně stejné množství aminokyselin zabuduje do bílkovin pomocí proteosyntézy. Vysoký obrát bílkovin v organismu odpovídá tomu, že řada proteinů má poměrně krátkou životnost. Jejich poločas bývá 2-8 dní. Krátkou životnost mají klíčové enzymy intermediárního metabolismu, které jsou již po několika hodinách odbourány a nahrazeny novou molekulou. Naproti tomu strukturální proteiny jako histony nebo hemoglobin mají životnost velmi dlouhou (Koolman a kol., 2012).

3.1.3 Biologická hodnota bílkovin

Je definována jako procentický podíl v těle uloženého dusíku z dusíku skutečně stráveného. Lze ji definovat i jako množství gramů vytvořené lidské bílkoviny ze 100 g přijaté bílkoviny.

Biologická hodnota bílkovin z živočišných zdrojů je všeobecně vyšší než hodnota bílkovin z rostlinných zdrojů. Optimální aminokyselinové složení má např. laktalbumin a ovalbumin. Bílkoviny z různých potravin se mohou vzájemně doplňovat, čímž je možné dosáhnout vyšší biologické hodnoty, než je tomu u samotné bílkoviny. Čím vyšší je biologická hodnota, tím méně bílkovin tělo potřebuje přijmout k tomu, aby udrželo vyrovnanou bilanci bílkovin (Heinrich, 2015).

Bílkovina je plnohodnotná, má-li vyvážený obsah esenciálních a neesenciálních aminokyselin z hlediska fyziologických potřeb člověka. Bílkovina není plnohodnotná, pokud je pouze jediná esenciální aminokyselina v nedostatečném množství. Tato aminokyselina se pak nazývá limitující, neboť limituje proteosyntézu. Navíc, při nevyváženém zastoupení aminokyselin v potravě, ty aminokyseliny, kterých je výrazný přebytek, omezují využití aminokyselin zastoupených nedostatečně (např. soutěží o přenašeče ve střevní stěně).

Biologická hodnota bílkoviny může být jiná v čistém stavu a jiná ve směsi s ostatními složkami potravin, které její využití ovlivňují. V rostlinách je velké množství látek, které brzdí jejich štěpení v trávicím traktu (inhibitory proteas), nebo s nimi tvoří špatně stravitelné komplexy (kyselina fytová, tanniny) (Marounek a kol., 2013).

Tabulka 1: Biologická hodnota vybraných zdrojů bílkovin

| Živočišné zdroje | | Rostlinné zdroje | |
|------------------|-------|------------------|----|
| celá vejce | 100 | sója | 84 |
| maso | 92-96 | rýže | 70 |
| ryby | 92-96 | brambory | 70 |
| mléko | 88 | čočka | 60 |
| sýry | 82-86 | pšenice | 56 |

Zdroj: Konopka, 2004

Tabulka 2: Biologická hodnota vybraných směsí zdrojů bílkovin

| Proteinová směs | Poměr složek (%) | BHB |
|-------------------|------------------|-----|
| vejce a brambory | 35/65 | 137 |
| vejce a mléko | 71/29 | 122 |
| vejce a pšenice | 68/32 | 118 |
| mléko a pšenice | 75/25 | 105 |
| fazole a kukuřice | 52/48 | 102 |

Zdroj: Konopka, 2004

3.2 Význam bílkovin pro sportovní výživu

Bílkoviny, na rozdíl od sacharidů a tuků, až na strukturní proteiny, enzymy, receptory, kontraktilní proteiny atd., nejsou v těle ukládány. Koncentrace volných aminokyselin v intracelulárních i extracelulárních tekutinách je velmi nízká, ve svalové sarkoplazmě je kolem 50 mmol/l volných aminokyselin (Heinrich, 2015).

Bílkoviny jsou hlavním nutričním faktorem regulujícím remodelaci kosterního svalstva po cvičení, a v případě cvičení s odporem mohou zvýšit svalové přírůstky způsobené tréninkem (Burd a kol., 2009).

Během hladovění, či při vyčerpání glykogenových zásob, může být katabolismus bílkovin důležitým zdrojem energie pro svalovou práci. Ve většině případů je svalová práce hrazena energií ze sacharidů a tuků, pouze méně než 5 % energie pro svalovou kontrakci je získáváno katabolismem bílkovin. Ten dokáže dodat ketogenní i glukogenní aminokyseliny, které mohou být eventuálně přeměněny na pyruvát nebo acetoacetát a přeměněny na acetyl-CoA (Maughan, 2000).

Kosterní svaly dávají v klidu jako energetickému zdroji přednost mastným kyselinám. Glukóza a rozvětvené aminokyseliny slouží pak zejména k syntéze svalového glykogenu, který je následně ukládán. Při práci používá kosterní sval během první minuty tuto rezervu a získává energii anaerobní glykolýzou, dokud zvýšené krevní zásobením neumožní přechod na oxidativní metabolismus. Následně dochází k oxidativnímu odbourávání glukózy, aminokyselin a zejména mastných kyselin s cílem získat ATP prostřednictvím dýchacího řetězce (Koolman a kol., 2012).

Zejména sportovci při redukční dietě by si měli hlídat příjem bílkovin, a to hlavně díky jejich schopnosti zvýšit remodelaci svalových bílkovin. Během dlouhodobého omezení příjmu energie je přijímání bílkovin po cvičení nezbytné pro zvýšení svalové proteosyntézy a udržování svalové hmoty (Areta a kol., 2014; Churchward-Venne a kol., 2014).

Moore a kol. (2009) uvádí, že svalová proteosyntéza je vyšší jak po odporovém cvičení, tak po vytrvalostním výkonu již s požitím pouhých 10 g bílkovin.

U netrénovaných i u trénovaných sportovců byla po vytrvalostním tréninku zvýšena svalová proteosyntéza po požití cca 16-20 g bílkovin (Lun a kol., 2009).

Proto je "optimální" dávka proteinu (tj. ta, která maximalizuje svalovou proteosyntézu a minimalizuje nevratnou oxidaci aminokyselin) cca 20 g (nebo 0,25 g/kg tělesné hmotnosti) vysoce kvalitní bílkoviny, jako je např. syrovátkový protein (Moore a kol., 2014).

Během cvičení je svalová proteosyntéza potlačena, jelikož se tělo soustředí primárně na tvorbu energie pro fyzickou práci. Čím více jsou využívány bílkoviny pro tvorbu energie, tím větší únava nastává a tím delší regenerace po svalovém výkonu bude následovat. Proto je u sportovců nutné mít vyvážený jídelníček, aby se zabránilo situaci, kdy je nutné použít bílkoviny jako zdroj energie, přičemž dochází k rozkladu svalových proteinů (Fořt, 2002).

Sportovci, jejichž cílem je maximalizovat zotavení po každém tréninkovém zápasu by měli přijímat více proteinu (Moore a kol., 2009; Witard a kol., 2014).

Kosterní svalová tkáň má obrovskou schopnost se strukturálně přizpůsobit na změny v tréninku. Tato plasticita kosterního svalstva je nejvíce patrná při porovnání silového a vytrvalostního sportovce. Přizpůsobivost je umožněna tím, že kosterní svalová tkáň má rychlost obrátu o 1-2 % za den s rychlostí syntézy svalových bílkovin kolem 0,04 až 0,14 % za hodinu. Rychlost syntézy bílkovin kosterního svalstva je regulována dvěma hlavními anabolickými podněty: příjmem potravy a tělesnou aktivitou (Loon, 2014).

3.3 Doporučené denní množství přijatých bílkovin

Množství přijatých bílkovin ve stravě závisí na aktivitě, zdravotním stavu (např. onemocnění ledvin) a životním stylu (jako je vegetariánství).

Doporučený denní příjem energie pro dospělého člověka by měl být tvořen z 20 až 35 % tuku, 10 až 35 % bílkovin a 45 až 65 % sacharidů (Otten a kol., 2006).

Podle Finka a kol. (2013) se u sportovců denní příjem vypočítává spíše v gramech na kilogram tělesné hmotnosti. Doporučený příjem bílkovin je u průměrné populace 0,8-1,2 g/kg tělesné hmotnosti, u sportovců je toto číslo vyšší, až 1,2-2,0 g/kg.

Obecná doporučení zdůrazňují, že sportovci vyžadují vyšší denní příjem bílkovin než lidé se sedavým způsobem života. Cca 1,2 až 1,7 g bílkovin/kg/den je zapotřebí k uspokojení metabolických nároků pro vytrvalostní i silové sportovce (Phillips, 2014), což je v souladu s obvyklým příjmem živin elitních sportovců (Burke a kol., 2003). Vyvážený denní příjem proteinu podporuje větší míru svalové proteosyntézy, a to jak v klidu (Mamerow a kol., 2014), tak při dlouhodobém zotavení po cvičení (Areta a kol., 2014). Jestliže cca 0,25 g/kg maximalizuje svalovou proteosyntézu (Moore a kol., 2009) a opakované požití každé cca 3 h udržuje tyto zvýšené hodnoty (Areta a kol., 2014), pak během typických cca 16 h bdělosti (tj. cca 5 jídel) bychom měli přijmout cca 1,25 g bílkovin/kg/den. Avšak větší příjem bílkovin (tedy 40 g, nebo cca 0,50 g/kg) před spaním, který může dopomoci k vyrovnání katabolických ztrát přes noc (Res a kol., 2012), by tento celkový denní příjem zvedl na cca 1,5 g/kg/den (Burke a kol., 2003).

3.3.1 Vytrvalostní sportovci

Podle Americké dietetické asociace a Kanadských dietologů je pro vytrvalostní sportovce vhodné konzumovat 1,2 až 1,4 g bílkovin/kg tělesné hmotnosti za den, zatímco siloví sportovci mohou mít potřebu vyšší – od 1,6 do 1,7 g/kg tělesné hmotnosti na den (American Dietetic Association, 2000).

Vytrvalostní sportovci by měli denně přijmout 1,2-1,6 g bílkovin/kg své hmotnosti. Podle Fořta (2003) jsou právě vytrvalci ti, kteří by měli dbát o dostatek proteinů ve stravě, jelikož při déletrvajícím aktivitě dochází k degradaci bílkovin za účelem získání energie.

I u aerobních aktivit dochází k nárůstu obsahu bílkovin ve svalu, ale tento nárůst se neprojevuje na vzhledu muskulatury. Jde o proteiny, které jsou součástí mitochondrií, a podílejí se na oxidativních procesech (Maughan a kol., 2006).

3.3.2 Siloví sportovci

Vyšší příjem bílkovin (to znamená více než 20 %, ale méně než 35 % z celkového energetického příjmu) podporuje růst svalové hmoty u mladých i starších lidí. Nedávné metaanalýzy ukázaly, že vyšší konzumace bílkovin zvyšuje zisk svalové hmoty v průběhu silového cvičení u mladých i starších osob a podporuje úbytek hmotnosti během kalorického deficitu díky pocitu sytosti po konzumaci jídla s vysokým obsahem bílkovin. Kromě toho je doporučován vyšší příjem bílkovin pro starší osoby k zamezení ztráty svalové hmoty a síly související s věkem (Devries a kol., 2015).

Podle Maughana a kol. (2006) kulturisté a sportovci zabývající se silovým tréninkem potřebují více bílkovin, zhruba okolo 1,7 g/kg. Avšak ani oni to nemusí s příjmem bílkovin přehánět. Eberle (2007) udává, že náš organismus není schopen využít více jak 2-2,5 g/kg bílkovin za den. Většina sportovců silových disciplín se však snaží přijímat co nejvíce bílkovin, za tím účelem používají i množství doplňků stravy, avšak při nadměrné konzumaci bílkovin dochází k jejich degradaci a následnému vyloučení dusíku z těla močí. Zatěžují se ledviny, játra, zpomaluje se regenerace a zvyšuje se vylučování vápníku (Skolnik a kol., 2011).

Bylo zjištěno, že příjem 20-25 g vysoce kvalitního proteinu brzy po silovém tréninku podporuje syntézu čistého proteinu v průběhu následujících několika hodin. V současné době však není známo, zda se tyto účinky projeví zlepšením výkonnosti svalů v delším časovém horizontu (Maughan a kol., 2011).

Existuje celá řada vědeckých studií ukazujících, že velké množství bílkovin nemá větší účinek při zvyšování svalové proteosyntézy než menší množství proteinu (Moore a kol., 2010; Areta a kol., 2014). To vytváří představu o "muscle full effect", ta je založena na předpokladu, že využití aminokyselin ke svalové syntéze je možné pouze do určité dávky aminokyselin. Poté jsou další aminokyseliny zpracovány spíše katabolickými reakcemi (Spillane a kol., 2016).

Spillane a kol. (2016) zjistili, že nadměrný denní příjem proteinů po dobu osmi týdnů ve spojení s tréninkem nezlepší tělesné složení ani nezvýší svalový výkon.

Zdá se, že syntéza kosterních svalových bílkovin může být optimalizována přibližně 20 až 30 gramy vysoce kvalitních bílkovin, nebo 10-15 gramy esenciálních aminokyselin v jednom jídle (Moore a kol., 2009).

Moore a kol. (2009) a Witard a kol. (2014) zkoumali vaječné a syrovátkové bílkoviny. Tyto studie zjistily, že 20 g bílkovin má optimální vliv na stimulaci svalové proteosyntézy a že užívání 40 g bílkovin nemělo větší účinek než 20 gramů. Další studie ukázala, že konzumace čtyř dávek syrovátkové bílkoviny po 20 gmech každé tři hodiny bylo účinnější

ve zvyšování svalové proteosyntézy než konzumace dvou dávek po 40 gramech každých šest hodin (Moore a kol., 2012).

Baker a kol. (2014) zjistili, že průměrný denní příjem proteinů u atletů je 2,3 g/kg tělesné hmotnosti, což je podstatně více než je doporučené množství.

V Kanadě ženské atletky podávající vysoký výkon denně přijmou 1,7 g/kg tělesné hmotnosti pouze z jídla a 1,8 g/kg tělesné hmotnosti z jídla a potravinových doplňků, u mužů atletů je toto číslo ještě vyšší, 1,9 g/kg tělesné hmotnosti z jídla a 2,1 g/kg tělesné hmotnosti z jídla a potravinových doplňků (Lun a kol., 2009).

Z předchozích studií lze usoudit, že u většiny atletů nejsou bílkoviny nedostatkovým makronutrientem.

Proteinové suplementy v kombinaci se správným tréninkem zlepšují svalovou hypertrofii a sílu, stejně jako aerobní i anaerobní výkon (Pasiakos a kol., 2015).

Existuje jen pár důkazů, že příznivě ovlivňují svalovou funkci, bolest svalů a svalové poškození (Pasiakos a kol., 2014).

3.3.3 V dietě

Bílkoviny hrají důležitou roli při dietě, pro zachování, či dokonce růst svalové hmoty, v energetickém deficitu je nutný jejich zvýšený příjem (Murphy a kol., 2015).

Devries a kol. (2015) ve své studii zjistili, že ztrátu svalové hmoty v energetickém deficitu a v důsledku stárnutí lze zmírnit konzumací většího množství bílkovin.

Typická nízkenergetická dieta vede ke ztrátě tělesné hmotnosti, ale zároveň také ke ztrátě svalové hmoty, a to 20 až 25 % z celkové ztráty hmotnosti (Krieger a kol., 2006). Svalová hmota je významným faktorem ovlivňujícím bazální metabolismus, její ztráta vede k poklesu klidového energetického výdeje a to může ztížit další pokusy o zhubnutí (Westertep-Plantenga a kol., 2009). Bylo dokázáno, že vyšší příjem bílkovin (více než 1,25 g/kg tělesné hmotnosti/den) v průběhu kalorického deficitu má za následek vyšší ztráty tělesné hmotnosti a tukové hmoty a zabraňuje poklesu svalové hmoty ve srovnání se standardním příjmem bílkovin (0,72 g/kg tělesné hmotnosti/den).

Zatímco procento energie přijaté z bílkovin je v dietě vyšší, celkové množství bílkovin (kolem 1,2 g/kg tělesné hmotnosti/den) je stejné jako u běžné populace, která přijímá vyváženou stravu.

Výzkum Longlanda a kol. (2016) zjistil, že při výrazném energetickém deficitu byla konzumace 2,4 g proteinu/kg tělesné hmotnosti/den účinnější než pouhých 1,2 g proteinu, obojí v kombinaci se silovým a anaerobním cvičením.

3.4 Příjem bílkovin

Výzkum ukazuje, že typická americká strava rozděluje svůj příjem bílkovin nerovnoměrně, nejmenší množství bílkovin je přijímáno ke snídani (cca 10-14 g), zatímco většina proteinů je spotřebována k večeři (cca 29-42 gramů). Vědci zjistili, že při rovnoměrném rozložení příjmu bílkovin do tří jídel (16 % na jídlo) způsobuje větší celkovou syntézu bílkovin ve srovnání s nižším příjmem bílkovin (8 %) ke snídani a obědu a větším příjmem bílkovin (27 %) k večeři (Moore a kol., 2009).

Perez-Schindler a kol. (2015) zmiňují, že správné plánování příjmu jídla u sportovců má vliv na jejich trénink a následné zotavení. Těžší je to u sportovců, kteří trénují v po sobě jdoucích dnech nebo i několikrát za den.

3.4.1 Před tréninkem

Trávení a absorpce vysoce kvalitních bílkovin má obvykle za následek vysoké koncentrace aminokyselin v krvi vyskytující se během 1 hodiny po požití a nemění se po dobu 2-3 hodin, což závisí na typu proteinu, množství přijaté energie a původu bílkovin. Burke a kol. (2011) zjistili, že svalová proteosyntéza byla po relativně krátkém tréninku (≤ 1 h) při požití proteinu či aminokyselin před cvičením vyšší, nejspíše díky svalovému intracelulárnímu aminokyselinovému poolu, který slouží pro následnou remodelaci svalů po cvičení.

Svalová proteosyntéza je během svalové kontrakce nižší v důsledku přesouvání buněčné energie pryč z nepodstatných energeticky náročných procesů, jako je proteinová remodelace, což v konečném důsledku snižuje význam příjmu proteinů před cvičením pro větší remodelaci svalů. Z tohoto důvodu by pravděpodobně získali sportovci vykonávající krátký (≤ 1 h) trénink větší užitek z příjmu sacharidů a tekutin (Perez-Schindler a kol., 2015).

3.4.2 Během tréninku

Aerobní cvičení je spojeno se zvýšenou oxidací aminokyselin (zejména s rozvětveným řetězcem), které vznikají katabolismem kosterních svalových bílkovin, což v konečném důsledku má negativní dopad na proteinovou rovnováhu ve svalu a celém těle během cvičení (Howarth a kol., 2010).

Beelen a kol. (2011) uvádí, že pro sportovce, kteří vykonávají relativně dlouhé tréninky (≥ 1.5 h), nebo více vytrvalostních tréninků denně, může příjem bílkovin během tréninku pomoci omezit využití aminokyselin jako zdroje paliva a zlepšit celou proteinovou rovnováhu v těle v průběhu cvičení.

Perez-Schindler a kol. se domnívají, že by příjem bílkovin mohl, vzhledem k tomu, že potlačuje anabolické dráhy během vysoké poptávky ATP (např. svalové kontrakce), mohl zlepšit remodelaci svalové bílkoviny nebo proteinovou rovnováhu během vytrvalostního tréninku.

Cvičení s odporem se liší od vytrvalostního tréninku typickými krátkými pauzami mezi sériemi, které mohou představovat příležitost k zahájení remodelace kosterního svalstva. Při požití proteinu během relativně delšího silového tréninku (cca 2 h) byla pozorována větší svalová proteosyntéza v průběhu cvičení než u kontrolní skupiny se sacharidy bez proteinů. Proto sportovci, kteří mají dlouhý silový trénink, nebo cvičí již po vytrvalostním výkonu, můžou těžit z požití bílkovin v průběhu svého tréninku (Beelen a kol., 2011).

3.4.3 Po tréninku

Protein požitý ihned po všech druzích cvičení nesporně zlepšuje svalovou proteosyntézu a celkovou proteinovou rovnováhu u mladých dospělých. Bylo prokázáno, že cvičení s odporem zvyšuje citlivost kosterního svalu na bílkoviny po dobu až 24 hodin, což znamená, že proteiny spotřebované kdykoliv v průběhu této doby přispějí k lepší remodelaci svalů a přizpůsobení se tréninku. Načasování příjmu bílkovin kolem cvičení s odporem (tj. ± 2 h) hraje limitující roli ve schopnosti zvýšit zisk svalové hmoty vyvolaný tréninkem především u začínajících sportovců. Avšak trénovaní jedinci mohou mít relativně zkrácenou tuto dobu. Ve srovnání s konzumací proteinu bezprostředně po zátěži, oddálení příjmu proteinů o 3 hodiny po tréninku výrazně oslabuje anabolické účinky samotného cvičení s odporem. Z tohoto důvodu je doporučováno, konzumovat protein co nejdříve po cvičení (Burd a kol., 2009; Tang a kol., 2009; Moore a kol., 2014).

Areta a kol. (2014) a Witard a kol. (2014) zjistili, že opakované požití 20 g proteinu (tj. doporučená dávka pro stimulaci svalové proteosyntézy) každé 3 hodiny v průběhu 12 hodin podpořila svalovou proteosyntézu ve větší míře a vyvolala příznivější bílkovinnou rovnováhu po cvičení, než shodná dávka (tj. 80 g) bílkovin požitých jako 10 g každých 1,5 h nebo 40 g každých 6 h.

Protein přijímán bezprostředně před spánkem způsobuje větší míru svalové proteosyntézy během noční rekonvalescence, což může pomoci sportovcům, kteří musí trénovat večer, ale chtějí maximalizovat své zotavení (Res a kol., 2012).

Perez-Schindler a kol. (2015) uvádí, že sportovci, kteří chtějí co nejvíce podpořit svalovou přestavbu, by měli konzumovat protein ihned po tréninku a poté každé 3-4 hodiny.

3.5 Zdroje bílkovin

Proteiny se liší svou kvalitou na základě jejich aminokyselinového spektra, stravitelnosti a biologické dostupnosti (Devries a kol., 2015).

Výživová hodnota bílkovin závisí na obsahu esenciálních aminokyselin. Rostlinné bílkoviny, např. z obilí, jsou často chudé na lyzin nebo methionin, zatímco živočišné proteiny obsahují všechny aminokyseliny ve vyváženém poměru (výjimkou jsou kolageny). Na druhou stranu i rostliny mohou být hodnotným zdrojem bílkovin. Příkladem mohou být sójové boby a další luštěniny, které jsou zásobované NH_4^+ ze symbioticky fixovaného N_2 (Koolman a kol., 2012).

Silbernagl (2004) uvádí, že minimální potřeba bílkovin nutná pro udržení životně nezbytné vyrovnané dusíkové bilance je okolo 0,5 g/kg tělesné hmotnosti na den (bilanční minimum), přičemž aby byl zajištěn dostatečný přívod esenciálních aminokyselin (histidin, izoleucin, leucin, lyzin, methionin, fenylalanin, treonin, tryptofan, valin a u dětí ještě arginin), musí být přibližně polovina v podobě živočišných bílkovin (maso, vejce, ryby, mléko). Rostlinné bílkoviny neobsahují esenciální aminokyseliny v dostatečném množství, což snižuje jejich biologickou hodnotu prakticky na polovinu.

Bos a kol. (2003) a Wilkinson a kol. (2007) ve svých výzkumech zjistili, že různé zdroje proteinů mají odlišné účinky na anabolické procesy a nezáleží to pouze na složení aminokyselin. Například bylo zjištěno, že mléčné bílkoviny zajišťují lepší retenci dusíku v těle v klidu a větší nárůst svalové hmoty po cvičení s odporem v porovnání se sójovým proteinem.

Nadměrný příjem živočišných bílkovin způsobuje i nadměrný příjem tuků. Proto bychom měli přijímat jak bílkoviny živočišného, tak rostlinného původu.

Tabulka 3: Průměrný obsah bílkovin v některých potravinách

| potravina | obsah (g/kg) | potravina | obsah (g/kg) |
|--------------|--------------|----------------|--------------|
| ryby | 285 | luštěniny | 242 |
| tvrdý sýr | 250 | těstoviny | 118 |
| hovězí maso | 210 | pšeničná mouka | 104 |
| drůbeží maso | 230 | bílé pečivo | 85 |
| tvaroh | 194 | žitná mouka | 76 |
| vepřové maso | 155 | rýže | 67 |
| měkký sýr | 150 | houby | 26 |
| vejce | 130 | zelenina | 20-26 |
| mléko | 33 | brambory | 20 |

Zdroj: Heinrich, 2015

3.5.1 Živočišné zdroje

Biologicky nejhodnotnější bílkoviny jsou bílkoviny z vejce, mléka a masa, jelikož obsahují příznivou skladbu esenciálních aminokyselin (Fořt, 1996).

3.5.1.1 Maso

Nejvíce konzumovaným zdrojem bílkovin u sportovců je právě maso. Jedná se o komplexní zdroj bílkovin. Kromě jiných vitaminů a minerálů, obsahuje také dobře vstřebatelnou formu železa, tzv. heme železo. Při kombinaci masa se zeleninou je ze zeleniny vstřebáno více železa, než při konzumaci samotné zeleniny. Nadměrná konzumace masa může zvýšit riziko vzniku infarktu myokardu a krevních sraženin (Kleinerová a kol., 2015).

Drůbeží maso

Kuřecí maso, především prsní svalovina, je díky svým nutričním hodnotám důležitou součástí jídelníčku aktivních sportovců. Obsahuje přibližně 23 % bílkovin a pouze 2 % tuku, což z něj dělá ideální zdroj bílkovin i při redukčních dietách. Krutí prsa bez kůže obsahují cca 30 g bílkovin a méně než 1 g tuku. Drůbeží maso je také zdrojem vitaminů skupiny B, selenu, fosforu, zinku a železa. Ve stehnech je větší množství tuku (s kůží kolem 12 %), avšak také více selenu, některých vitaminů skupiny B a lepší poměr zdravých a nezdravých tuků.

Nevýhodou je vyšší obsah cholesterolu (58 mg/100 g). Nadměrná konzumace může zvýšit riziko vzniku infarktu myokardu a krevních sraženin. Kuřecí maso obsahuje také puriny,

ze kterých vzniká kys. močová, což může při nadměrné konzumaci vést ke vzniku ledvinových kamenů nebo dny (Kleinerová a kol., 2015).

Hovězí maso

Hovězí maso je bohatým zdrojem kvalitních bílkovin schopných stimulovat syntézu svalových bílkovin. Obsahuje všechny esenciální aminokyseliny v poměrech podobných, jako jsou v lidském kosterním svalstvu. Robinson a kol. (2012) ve svém výzkumu zjistili, že 170 g libového hovězího masa, ve kterém se nachází 36 g bílkovin, způsobilo rychlejší svalovou proteosyntézu než menší, 57 gramová (12 g bílkovin) a 113 gramová (24 g bílkovin) porce masa. Toto množství masa je téměř dvakrát větší, než je doporučováno v Kanadě a USA jako vhodné v jedné porci.

Při výzkumu Symonse a kol (2011) bylo zjištěno, že požití 113 g libového hovězího masa, které poskytuje cca 10 g esenciálních aminokyselin, účinně stimuluje svalovou proteosyntézu u starších osob podobně jako u mladých lidí. V jiné studii stejná skupina dokázala podobné zvýšení svalové proteosyntézy u mladých i starých osob po požití většího množství (340 g) libového hovězího masa.

Rybí maso

Oproti hovězímu a kuřecímu masu jsou ryby konzumovány méně často. Přitom mají skvělý poměr bílkovin (16-20 %) a tuku, obsahují velké množství vody (60-80 %), jejich maso je bohaté na zdraví prospěšné látky (fluór, fosfor, hořčík, v mořských nalezneme i jód, dále železo, které pomáhá transportu kyslíku do svalů, vitamin B6 je důležitý pro tvorbu krvinek, selen podporuje funkci štítné žlázy, která je nezbytná pro správný metabolismus).

Především tučné ryby (např. makrely, losos, sardinky) obsahují dvě omega-3 mastné kyseliny, eikosapentaenovou (EPA) a dokosahexaenovou (DHA), které mají na organismus mnoho pozitivních účinků, např. snižují hladinu triglyceridů a mají vliv na vazkost krve, tím působí jako ochrana proti srdečním onemocněním. Díky protizánětlivému účinku snižují riziko vzniku svalových podráždění po namáhavém tréninku. Dále zvyšují aktivitu enzymů, což vede k rychlejší oxidaci tuků. DHA také zlepšuje citlivost na inzulin (Norat a kol., 2005).

Americká kardiologická asociace (The American Heart Association) doporučuje týdně minimálně dvě 100g porce ryb, maximálně však 300 g, kvůli možnému obsahu rtuti.

Rybí maso je vhodné jíst před i po tréninku, protože je lépe stravitelné než hovězí, vepřové a drůbeží maso. Stravitelnost je dána kratšími svalovými vlákny a malým množstvím vaziva

(pouze 2 až 5 %, což je čtyřikrát méně než ve kvalitním hovězím masu). V objemové fázi se doporučuje konzumace lososa, při rýsování pak treska (Norat a kol., 2005).

Králičí maso

Králičí maso je svým složením podobné drůbežímu, je snadno stravitelné, obsahuje průměrně 22 % bílkovin, zároveň má mnoho esenciálních aminokyselin, nízký obsah tuku. Nejlibovější maso je z širokého svalu zádového, s průměrným obsahem tuku 1,8 g/100 g masa, nejméně libová část je přední noha, kde je průměrně 8,8 g tuku/100 g masa. Nejčastěji konzumovanou částí je zadní noha, kde je v průměru 3,4 g tuku/100 g masa, což je ve srovnání s jinými druhy masa poměrně málo. Navíc je převážná většina tuku s nenasycenými mastnými kyselinami. V porovnání s jinými druhy mas, obsahuje králičí maso malé množství cholesterolu (Zotte a kol., 2011).

3.5.1.2 Vejce

Vejce jsou levným a kvalitním zdrojem bílkovin, tuků a stopových prvků, které hrají důležitou roli v základní výživě. I přes to jsou tradičně spojeny s nepříznivými účinky na lidské zdraví, a to především kvůli obsahu cholesterolu (cca 300 mg/1 vejce). V současné době je však známo, že hladina cholesterolu v lidském séru způsobená příjmem cholesterolu ve výživě závisí na několika faktorech, např. etnickém původu, genetické výbavě, hormonálních faktorech a nutričním stavu spotřebitele (Miranda a kol., 2015).

V průměru vejce obsahují malé množství sacharidů, přibližně 12 g bílkovin na 100 g vajec a 11 g tuku/100 g. Tuk je složen převážně z mononenasycených mastných kyselin, které jsou pro naše zdraví přínosné, snižují hladinu LDL cholesterolu v krvi a zmenšují riziko kardiovaskulárních onemocnění (Hida a kol., 2012).

Obsahují vitaminy rozpustné v tucích i vodě, dále železo, hořčík, zinek, vápník selen, draslík, síru, retinol a tokoferoly, kterých je v západní stravě nedostatek a vzhledem k jejich antioxidačním účinkům mohou ochránit lidi před mnoha degenerativními procesy, včetně kardiovaskulárních onemocnění (Miranda a kol., 2015).

Vaječné bílkoviny se u sportovců kladně podepisují na výsledcích jejich tréninku, protože zvyšují syntézu kosterních svalů. Je známo, že esenciální aminokyseliny stimulují syntézu kosterních svalových bílkovin u zvířat i u lidí, a protein ve vajíčku má nejvyšší biologickou hodnotu. Patnáct gramů vaječných bílkovin obsahuje asi 1300 mg leucinu (třetí nejčastější aminokyselinu ve vejci, po kyselině glutamové a asparagové) a je také bohatým zdrojem

větvených a aromatických aminokyselin. Nedávné studie ukázaly, že leucin vyvolává maximální anaboličnou odezvu kosterních svalových bílkovin u mladých lidí, což naznačuje, že příjem vaječného proteinu může mít významný vliv na nárůst tělesné hmotnosti. Leucin stimuluje kosterní svalovou syntézu nezávisle na všech ostatních aminokyselinách, a navíc snižuje odbourávání svalových bílkovin (Glynn a kol., 2010; Hida a kol., 2012).

3.5.1.3 Mléko a mléčné výrobky

Bílkoviny v mléce a mléčných produktech jako je jogurt a sýr jsou té nejvyšší kvality a jejich konzumace v průběhu silového tréninku, po něm a během kalorického deficitu má za následek vyšší kladnou rovnováhu proteinu, než u ostatních zdrojů bílkovin. Mléko obsahuje dva proteiny, kasein (asi 80 % obsahu bílkovin) a syrovátku (asi 20 % obsahu proteinu). Syrovátka je "vedlejší produkt" výroby sýrů (nebo může být specificky izolována pomocí komplikovaného procesu filtrace mléka) a její protein je jedním z nejčastěji sportovci užívaných doplňků stravy na podporu svalové hypertrofie. V mléce je v porovnání se sójou vyšší obsah rozvětvených aminokyselin (BCAA), zejména leucinu, které jsou snadno dostupné do periferních tkání a jsou tak schopné podporovat svalovou proteosyntézu (Devries a kol., 2015).

Jones a kol. (2013) a Devries a kol. (2015) prokázali, že mléčné a syrovátkové bílkoviny podporují pocit sytosti po požití. Konkrétně bylo zjištěno, že syrovátkové bílkoviny snižují pocit hladu před následujícím jídlem (4 hodiny po konzumaci syrovátky) a zajišťují menší kalorickou hodnotu následujícího jídla ve srovnání s krutím masem, vejci nebo tuňákem. Další studie zjistila, že odstředěné mléko snižuje příjem energie v následujícím jídle ve větší míře než syrovátkové nebo kaseinové bílkoviny. Vliv mléčných výrobků na chuť k jídlu byl zkoumán ještě několika studiemi, při nichž byly porovnány mírně redukční diety, jedna s velkým množstvím mléčných výrobků, subjekty měly tak dostatek vápníku (1400 mg/den) v porovnání s dietou, ve které bylo mléčných výrobků, tudíž i vápníku (700 mg/den), méně. Z této studie vyplynulo, že dieta s dostatkem mléčných výrobků je lépe udržitelná, jednotlivci v této skupině byly spokojenější. Zdá se, že mléčné výrobky a konzumace syrovátkových bílkovin může přispět k podpoře hubnutí díky potlačení chuti k jídlu.

Zvýšená spotřeba mléka a mléčných výrobků má za následek větší úbytek tuku a ochranu svalové hmoty v případě krátkodobého omezení energie. Při konzumaci většího množství mléčných výrobků (6 až 7 porcí mléka a mléčných výrobků denně) a většího množství proteinu ve stravě (30 % z energetického příjmu) v průběhu energeticky deficitní diety ve spojení

se cvičením (aerobní 5 krát týdně a cvičení se zátěží 2 krát za týden) došlo k poklesu tukové hmoty, k nárůstu svalové hmoty a byl ve větší míře snížen obvod pasu (ukazatel viscerální tukové tkáně) u lidí s nadváhou a u žen před menopauzou (Josse a kol., 2011; Abargouei a kol., 2012).

3.5.2 Rostlinné zdroje

Bílkoviny se u rostlin nachází převážně v semenech, v mnohem menší míře v hlízách, plodech, bulvách, listech, stoncích či květech.

V rostlinách se také nachází množství tělu prospěšných látek, které v živočišných zdrojích bílkovin nenajdeme, např. vláknina, využitelné škroby a polysacharidy, minerální látky, vitaminy, třísloviny, glykosidy apod.

Oproti živočišným bílkovinám mají ty z rostlinných zdrojů nižší biologickou hodnotu, neobsahují pro člověka příznivý poměr esenciálních aminokyselin, avšak jídelníček, který splňuje energetické požadavky a obsahuje různé druhy potravin rostlinného původu, včetně sójových výrobků, obilovin, luštěnin, ořechů a dalších semen, splňuje příjem bílkovin bez používání jiných zdrojů či suplementů (Larson-Meyer, 2012).

Výzkumy prokázaly, že konzumace různých zdrojů bílkovin během dne zajistí dostatečný příjem všech aminokyselin, a tak není během jednoho jídla nutno konzumovat bílkoviny doplňkové. Strava založená na příjmu potravin rostlinného původu zaručuje dostatečný příjem bílkovin i pro vrcholové sportovce, u nich je však nejdůležitější dbát na kvalitu přijímaných proteinů (American Dietetic Association, 2000; Skolnik a kol., 2011).

Kvalita rostlinných bílkovin je různá. Při hodnocení vstřebatelnosti aminokyselin se ukázalo, že izolovaná sójová bílkovina je stejně kvalitní jako živočišná bílkovina, na rozdíl od samostatně konzumované pšeničné bílkoviny, která může být až o 50% méně hodnotná (Heinrich, 2015).

3.5.2.1 Obiloviny

V obilovinách je nižší obsah esenciálních aminokyselin lysinu a threoninu, u kukuřice i tryptofanu. Proto je zapotřebí kombinovat více různých zdrojů bílkovin, abychom dosáhli jejich optimálního množství a poměru. Vegetariánští sportovci by se tedy měli umět dobře orientovat v hodnotách obsahu aminokyselin v jednotlivých potravinách rostlinného původu. K zajištění dostatečného příjmu lysinu je nutné buď zvýšit příjem fazolí a sójových výrobků, jelikož obsahují lysin, nebo celkově zvýšit příjem bílkovin. Obiloviny navíc obsahují velké

množství škrobu, což zvyšuje jejich celkovou energetickou hodnotu (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, 2002).

3.5.2.2 Luštěniny

Významnými luštěninami v potravinářství jsou sója, čočka, hrách, fazole, cizrna, mungo a vigna. Obsahují poměrně velké množství bílkovin (20-48 %), limitující jsou sирné aminokyseliny, především methionin. Kromě bílkovin obsahují luštěniny další látky, např. inhibitory trávicích enzymů, fytoestrogeny, lektiny a kyselinu fytovou. Díky tepelné úpravě potravin jsou inhibitory trávicích enzymů inaktivovány (Heinrich, 2015).

3.5.2.3 Olejniny

Obsahují 20-35 % proteinů. Ve světě je využívána pro potravinářské účely především lupina, bavlník, arašídy, u nás je to řepka a slunečnice. Dále se sem řadí i různé ořechy a mandle, ty se však konzumují spíše jako pochutina. Obsahují antinutriční látky ve větším množství než luštěniny, dále alergeny a toxické látky (Kleinerová a kol., 2015).

3.5.2.4 Brambory

Brambory obsahují cca 10 % bílkovin v sušině. Obsah bílkovin v bramborách se zvyšuje hnojením umělými dusíkatými hnojivy, avšak snižuje se tím jejich kvalita. Pouze polovina dusíku se v bramborách nachází v podobě bílkovin. Zbytek představují volné aminokyseliny, amidy a další dusíkaté látky. Brambory jsou dobrým zdrojem lysinu, ale obsahují málo sирných aminokyselin, je proto vhodné konzumovat je s cereáliemi (Marounek a kol., 2013).

3.6 Suplementy

Užívání potravinových doplňků je rozšířené u většiny populace. K dispozici je velké množství suplementů, ale mezi sportovci jsou nejpobulárnější ty, které obsahují protein. Atleti, rekreační sportovci, ale i vojáci je považují za nepostradatelnou součást výživového plánu, jelikož dodávají kvalitní bílkoviny. Bylo zjištěno, že 85 % členů speciálních jednotek pravidelně užívá suplementy. Během posledních 12 měsíců užívalo doplňky stravy minimálně jednou týdně 60 % vojáků (Marriott a kol., 2007).

Zřejmě nejvíce jsou užívány proteiny ve formě prášku. Jsou to sušené a zpracované bílkoviny z mléka, masa, vajec či sóji. Mezi sportovci jsou více vyhledávané živočišné proteiny než ty z rostlinných zdrojů (Mach, 2004).

S konzumací těchto suplementů jsou však spojena určitá rizika. Hlavně nepřítomnost aktivních látek, naopak přítomnost škodlivých látek (včetně mikrobiologických a cizích látek), přítomnost toxických a potencionálně nebezpečných látek. Je mnoho případů, kdy atleti neprošli dopingovým testem jen proto, že užívali doplňky stravy. Ukazuje se stále více případů, kdy došlo k poškození zdraví, či až smrti, následkem užívání suplementů. Riziko při užívání proteinových prášků produkovaných velkými výrobci je pravděpodobně nízké a lze ho snížit ještě více užíváním přípravků, které prošly testováním v rámci jednoho z uznávaných programů zabezpečování jakosti doplňků (Maughan, 2013).

V roce 2010 ConsumerLab zveřejnila výsledky analýzy 24 proteinových suplementů dostupných na trhu. Ukázalo se, že 31 % produktů neprošlo jejich testem kvality. Jeden produkt obsahoval pouze malou část z uvedeného množství proteinu, dále se ukázalo, že 2 suplementy byly kontaminovány olovem, denní dávka obsahovala 6-18 mg olova, tato dávka může být pro některé spotřebitele riziková.

V roce 2012 Consumer-Reports.org zveřejnila výsledky analýzy 15 proteinových prášků a nápojů, které byly převážně nakoupeny v metropolitní části New Yorku. Byly testovány na přítomnost těžkých kovů, arsenu, kadmia, olova a rtuti. Tři z nich obsahovaly více těžkých kovů, než je povoleno bezpečnostním limitem (Maughan, 2013).

3.6.1 Aminokyseliny

Zatímco rostliny a mikroorganismy mohou syntetizovat všechny aminokyseliny, savci v průběhu evoluce ztratili schopnost tvořit asi polovinu z 20 proteogenních aminokyselin. Tyto nepostradatelné esenciální aminokyseliny musí proto přijímat v potravě jako stavební složku bílkovin. Denní spotřeba esenciálních aminokyselin závisí na věku a životním stylu. Při pestrém

jídelníčku a dostatečném příjmu bílkovin není suplementace aminokyselin nutná. Např. 30 g kuřecího masa obsahuje 7000 mg aminokyselin (Koolman a kol., 2012).

Samostatně konzumované volné aminokyseliny nestimulují trávicí systém, proto jsou často konzumovány těsně před tréninkem pro ochranu svalové hmoty, především při energetickém deficitu (např. v dietě), ihned po tréninku k regeneraci, či ke stimulaci růstového hormonu.

Existují komplexní směsi aminokyselin, které obsahují všechny aminokyseliny, nebo směsi s esenciálními aminokyselinami. Na trhu jsou i směsi s anabolizujícími látkami a směsi obohacené o jednoduché cukry. Lze je sehnat ve formě tablet, roztoku nebo hotového nápoje (Embleton a kol., 1998).

Deriváty aminokyselin jsou známy jako účinné pomůcky pro zvýšení fyzické i psychické výkonnosti, i když studie poukazují na to, že jedinci, kteří jsou v energetickém deficitu, mají větší šanci těžit z těchto doplňků stravy, než běžní lidé (Luckose a kol., 2015).

3.6.1.1 L-Glutamin

Jedná se o podmíněně esenciální aminokyselinu. Nároky na příjem glutaminu stoupají v období nemoci, při popáleninách, stresu, poškození imunitního systému (např. při AIDS), slouží jako zdroj energie pro imunitní a stěvní buňky. Je tvořen v organismu přirozeně, především ve svalové tkáni a plazmě, vzniká z kyseliny glutamové. Tvoří více než 50 % intracelulárních i extracelulárních aminokyselin. Jedná se o anabolickou látku, 2000 mg glutaminu při orálním podání výrazně zvyšuje hladinu HGH v krvi. Ve vysokých hladinách se nachází ve vejcích, mase, mléčných výrobcích a lze sehnat i jako izolovanou aminokyselinu. Působí jako prekurzor syntézy proteinů a nukleotidů. V kulturistice se glutamin používá především při redukčních dietách k zabránění katabolismu (Embleton a kol., 1998; Candow a kol., 2001).

Pokud se hladina glutaminu příliš sníží, ostatní aminokyseliny se mění na glutamin, aby byly přístupné pro proteosyntézu. Vysoká hladina glutaminu zabraňuje tělu v odbourávání svalové tkáně, která by pak sloužila jako zdroj aminokyselin. Z toho vyplývají jeho antikatabolické účinky (Embleton a kol., 1998).

Doporučená denní dávka je 5 g nebo vyšší, přičemž vyšší dávky nebyly doporučovány kvůli zvyšování amoniaku v séru. Avšak Lenders a kol. (2009) zjistili, že nejnižší dávka způsobující zvýšení amoniaku v séru je 0,75 g/kg, což je přibližně 53 g pro 70kg muže.

Studie využívající glutamin u zdravých silově cvičících osob sledující syntézu svalových bílkovin nebo nárůst svalové hmoty nezaznamenaly žádný rozdíl u skupiny

s 900 mg/kg svalové hmoty a placebo skupiny s 900 mg maltodextrinu/kg (Candow a kol., 2001).

Plazmatické hladiny glutaminu zůstaly v nezměněné podobě při krátkodobé intenzivní činnosti, což naznačuje, že suplementace glutaminem nebude mít prospěch u vzpěračů či silových sportovců. Na rozdíl od toho, vytrvalostní trénink přesahující 2 hodiny ukazuje pokles hladiny glutaminu v séru. Doplnění glutaminu a zvýšený příjem bílkovin z potravy (v dávce 20-30 g bílkovin z živočišného zdroje) může zmírnit tento pokles sérového glutaminu a potenciálně může snížit poškození buněk imunitního systému v souvislosti s prodlouženým kardiovaskulárním cvičením (Candow a kol., 2001; Cury-Boaventura a kol., 2008).

3.6.1.2 L-Arginin

L-arginin je hojně se vyskytující aminokyselina, představuje 14 % celkového obsahu dusíku v tělesných proteinech. Savci, ptáci a ryby mají vysoké nároky na jeho příjem, tyto nároky se mohou ještě zvýšit např. v těhotenství, při kojení, cvičení, vystavení chladnému prostředí, obezitě, diabetu, při poranění a popálení, kdy napomáhá hojení ran a posiluje imunitní systém. Také stimuluje vyplavování růstového hormonu. Slouží jako hlavní substrát pro syntézu proteinů. Také je využíván k tvorbě bioaktivních látek s nízkou molekulovou hmotností, jako je např. NO, kreatin, polyaminy atd. Měl by být suplementován po dobu minimálně 14 dní (Yang a kol., 2015).

L-arginin byl použit v klinických studiích pro zlepšení kardiovaskulární funkce, snížení obezity a léčbě různých chorob spojených s nedostatečnou produkcí NO. Přes jeho všestranné metabolické funkce bylo využití L-argininu jako potravinového doplňku omezeno kvůli obavám z dlouhodobé (tj. více než 2 měsíce) suplementace, a to především kvůli nedostatku klinických údajů (Yang a kol., 2015).

V USA je doporučený denní příjem L-argininu u dospělé populace cca 5 g/den. Přibližně 40 % L-argininu ze stravy je katabolizováno v tenkém střevě, zbývajících 60 % (což jsou asi 3 g argininu/den) vstupuje do krevního oběhu (Flynn a kol., 2002; Dai a kol., 2011).

Ve studii bylo 16 zdravým dospělým mužům perorálně podáváno 20 g L-argininu/den po dobu 4 týdnů. Nebyly pozorovány žádné nepříznivé účinky (Chin-Dusting a kol., 1996). V další studii bylo zjištěno, že zdraví dospělí jedinci snášejí bez vedlejších účinků perorální podání 40 g L-argininu/den po dobu 1 týdne. Na základě těchto zjištění byla navržena hodnota pro perorální podání L-argininu zdravým dospělým jedincům na 20 g/den (Shao a kol., 2008). Tyto studie byly však krátkodobé (1 až 4 týdny) a na velmi malém počtu jedinců (5 – 16). K dnešnímu dni není známo, jaké množství argininu je tolerováno u lidí po delší časové období.

Jsou proto nutné rozsáhlejší a déletrvající klinické studie na lidech, kterým však musí předcházet dlouhodobé pokusy na zvířatech (Cicero a kol., 2015; Yang a kol., 2015).

Pro stanovení bezpečnosti dlouhodobé suplementace L-argininem bylo provedeno množství výzkumů. Výsledky na potkanech ukazují, že dlouhodobé užívání doplňků stravy s L-argininem (3,6 g/kg tělesné hmotnosti potkanů/den) po dobu nejméně 91 dnů (doba trvání pokusu) nemělo žádný nežádoucí efekt. Tato dávka je ekvivalentní 40 g L-argininu/kg tělesné hmotnosti/den pro 70kg osobu (Yang a kol., 2015).

Dále při pokusech na prasatech Hu a kol. (2015) zjistili, že suplementace L-argininem (630 mg/kg tělesné hmotnosti prasat/den) je bezpečná po dobu nejméně 91 dní. V přepočtu se jedná o 573 mg L-argininu/kg tělesné hmotnosti/den pro člověka, což by znamenalo kolem 40 g L-argininu pro 70kg osobu na den.

Navíc výsledky ukazují, že 3,6 g L-argininu/kg tělesné hmotnosti/den nezpůsobuje ani antagonismus ani nerovnováhu mezi aminokyselinami (Yang a kol., 2015).

Suplementace L-argininem zvyšuje plazmatickou koncentraci argininu, ornitinu a prolinu při současném snížení plazmatické koncentrace čpavku, glutaminu, volných mastných kyselin a triglyceridů bez jakéhokoli nepříznivého vlivu na plazmatickou koncentraci jiných proteinogenních aminokyselin (např. lysinu, histidinu, glycinu, tryptofanu a methioninu). To ukazuje pozitivní vliv L-argininu na aktivaci biochemického cyklu močoviny v játrech a zvýšení svalové proteosyntézy u savců, přičemž stimuluje oxidaci mastných kyselin na vodu a CO₂. Proto bylo zjištěno, že krysy s přidavkem L-argininu do stravy měly vyšší energetické výdaje, získaly více tělesných bílkovin a méně tuku ve srovnání s kontrolní skupinou (Wu a kol., 2012; Yang a kol., 2015).

3.6.1.3 L-Taurine

Jedná se o semiesenciální aminokyselinu nacházející se pouze v mase a v mozku. Je tvořen ze dvou aminokyselin – metioninu a cysteinu.

Taurin zlepšuje mentální soustředění, koncentraci, slouží jako antioxidant, ve sportovní výživě je používán jako stimulant (Campbell a kol., 2013).

Luckose a kol. (2015) zjistili, že taurin redukuje oxidační stres v průběhu cvičení, oddaluje nástup únavy, zvyšuje sportovní výkon a sílu, rovněž působí jako antihypertenzivum.

Podání směsi z kofeinu, taurinu a glukuronolaktonu v energetickém nápoji 10 minut před cvičením mělo za následek zvýšení počtu opakování provedených v průběhu 4 sérií v dřepu nebo bench pressu s použitím 80 % 1RM (one rep max) o 11,9 %. Průměrný sportovní

výkon byl po skončení studie podstatně vyšší u subjektů konzumujících energetické nápoje v porovnání se subjekty konzumující placebo (Gonzalez a kol., 2011).

Další studie na tři společné složky (tj. kofein, taurin, glukuronolakton) typicky obsažené v energetických nápojích porovnaly účinky se skupinou užívající placebo. Účastníci byli hodnoceni v noci, aby se zjistilo, zda požití těchto látek má vliv na náladu a motorické funkce u unavených účastníků. Na konci experimentu byla reakční doba významně delší ve skupině s placebem, ale zůstala beze změny ve skupině, která užívala látky z energetických nápojů (Seidl a kol., 2000).

3.6.1.4 Leucin

Jedná se o esenciální aminokyselinu, spolu s valinem a leucinem patří do skupiny aminokyselin s větveným řetězcem, známých jako BCAA. Z této skupiny má právě leucin největší vliv na anabolické procesy a zároveň působí antikatabolicky.

Četné výzkumy na zvířatech i lidech ukazují význam leucinu při stimulaci svalové proteosyntézy. Aby však došlo k této stimulaci, musí být dosaženo určitého množství intracelulární koncentrace leucinu ve svalu. Důležité je, že tato prahová hodnota se může měnit, snižuje se při cvičení se zátěží a zvyšuje se při stárnutí a tělesné neaktivitě. Vzhledem ke kolísavému charakteru tohoto prahu, musí být stanoveno přesné množství leucinu, které musí být spotřebováno, aby se tato hranice překročila. Hodnota se bude měnit na základě věku a úrovně tělesné aktivity (Phillips, 2014; Witard a kol., 2014).

Witard a kol. (2014) ve svém výzkumu zjistili, že 20 g vysoce kvalitních bílkovin podaných mladým trénovaným mužům, stimuluje svalovou proteosyntézu. Toto množství bílkovin obsahuje 1,7 až 2,4 g leucinu, což pravděpodobně představuje minimální množství leucinu nutného ke stimulaci svalové proteosyntézy.

V dalším výzkumu bylo podáno 25 g syrovátkové bílkoviny, leucin překročil prahovou hodnotu a byla pozorována silná svalová proteosyntéza. Pro srovnání, po konzumaci 25 g sójové nebo rýžové bílkoviny koncentrace leucinu nedosahovala prahové hodnoty a svalová proteosyntéza byla oslabena. Lze zvýšit dávku proteinu, abychom zajistili dostatek leucinu (například 48 g rýžového proteinu, nebo 50 g sójového proteinu) nebo přidáním leucinu k nedostatečné dávce bílkovin (například 6,25 g syrovátky + 5 g leucinu), což mělo za následek velký nárůst svalové proteosyntézy. Zde je však nutné dávat pozor, abychom nepřesáhli množství přijatých kalorií (například 25 g izolátu syrovátkové bílkoviny má 100 kcal, ve srovnání s 200 kcal na 50 g sójového proteinu a 240 kcal na 48 g rýžového proteinu), protože

takové množství není ideální pro ty, kteří chtějí omezit energetický příjem (Devries a kol., 2015).

Netrénovaným mužům (denně přijímali 0,90 g bílkovin/kg) byl po dobu 12 týdnů nového tréninkového plánu přidáván izolovaný leucin v množství 4 g. Výsledkem bylo zvýšení výkonu o 40,8 %, oproti placebo (31,0 %) bez výrazného ovlivnění svalové hmoty nebo hmotnosti tuku (Paddon-Jones a kol., 2005).

Churchward-Venne a kol. (2014) dokázali, že přidáním 5 gramů leucinu do 6,25 gramů syrovátkového proteinového izolátu dochází ke stejné stimulaci svalové proteosyntézy jako při podání typické dávky (25 gramů) samotného syrovátkového proteinového izolátu.

Po silovém tréninku dochází k výraznějšímu zvýšení svalové proteosyntézy po přidání leucinu do sacharidovo proteinového nápoje v porovnání se samotným sacharidovo proteinovým nápojem, což naznačuje, že leucin může zvýšit anabolický efekt proteinu (Koopman a kol., 2005).

3.6.1.5 Aminokyseliny s rozvětveným řetězcem – BCAA

Zkratka BCAA vznikla z anglického “branched chain amino acids“. Jedná se o tři základní větvené aminokyseliny – valin, leucin a isoleucin. Jsou řazeny do skupiny esenciálních aminokyselin. Nejsou metabolizovány v játrech, dostávají se tak rovnou ke kosterním svalům, kde zabraňují katabolismu svalových bílkovin. Jsou oxidovány během fyzické aktivity (Riazi a kol., 2003).

Tvoří celkem 37 % aminokyselin lidského těla (13 % valin, 15 % leucin, 9 % isoleucin). Jsou přítomny ve vysokých úrovních ve svalové tkáni (14-18 %), kolem 0,1 g/kg nebo 0.6-1.2 mmol/kg svalové tkáně. Denní příjem BCAA je důležitý, ale mnoho zdrojů bílkovin, jako je maso a vejce, je již obsahují. Supplementace tedy není nezbytná pro lidi s dostatečně vysokým příjmem bílkovin (1-1,5 g/kg za den nebo více). Standardní dávka pro isoleucin je 48-72 mg/kg, u leucinu se pohybuje mezi 2-10 g. Doporučená dávka kompletních BCAA je tedy 20 g s vyváženým poměrem leucinu a isoleucinu. Supplementace BCAA ve vysokých dávkách (obvykle nad 50 g během několik hodin) snižuje fyzickou i psychickou únavu u dlouhotrvajících aktivit jako je turistika, cyklistika nebo plachtění. Supplementace v období s nižším příjmem bílkovin může pozitivně ovlivnit svalovou proteosyntézu a zvyšovat svalový růst. Také může být použita k zabránění únavy u začínajících sportovců. Leucin hraje důležitou roli při syntéze svalových bílkovin, zatímco isoleucin vyvolává příjem glukosy do buněk.

Je třeba dalšího výzkumu, aby byl zjištěn účinek valinu v doplňku BCAA (Borgenvik a kol., 2012).

Shimizu a kol. (2010) sledovali dvanáct elitních jezdců v závodech powerboat. Jezdci byli rozděleni do dvou skupin, přičemž jedné byl podán doplněk s vysokým obsahem BCAA (36,25 g valinu, 25,4 g leucinu, isoleucinu 10,9 g). Poté absolvovali test (33 hodin, 155 mil). Druhý den plavby skupina suplementující BCAA hlásila menší únavu než kontrolní skupina, u které byla navíc pozorována zhoršená paměť.

V jiném výzkumu byli během cyklistického závodu každých 10 min dotazováni trénovaní cyklisté. Konzumace BCAA (90 mg/kg, 40 % valinu, 35 % leucinu) snížila psychickou únavu o 15 % a cyklisté vnímali náročnost závodu o 7 % nižší. Nebylo však pozorováno zvýšení výkonu a tento poznatek byl potvrzen i v další studii, kde bylo podáno 6 až 18 gramů BCAA trénovaným cyklistům. Při suplementaci BCAA během maratónu bylo zaznamenáno zlepšení výkonu pouze u pomalejších běžců, ačkoli účinky proti únavě byly zaznamenány v obou skupinách, u netrénovaných zdravých mužů bylo při podání 300 mg BCAA/kg zaznamenáno prodloužení doby, kdy se začnou cítit unavení, o 17,2 % (Shimomura a kol., 2010; Gualano a kol., 2011)

V porovnání se sacharidy, požití BCAA před silovým tréninkem může snížit bolestivost svalů. U 12 netrénovaných žen, kterým bylo podáno 100 mg BCAA/kg (poměr 2:1:1 ve prospěch leucinu) před objemovým tréninkem dřepů, bylo pozorováno, že BCAA skupina vykazovala menší míru bolesti 2 dny po tréninku (Shimomura a kol., 2010).

3.6.2 Syrovátkový protein

Ze všech dostupných proteinových přípravků patří syrovátkový protein mezi nejpobulárnější. Je jedním z nejkvalitnějších proteinů, především díky obsahu aminokyselin a rychlé vstřebatelnosti. Jedná se o kompletní protein, což znamená, že obsahuje všechny esenciální aminokyseliny a má vysoký podíl rozvětvených aminokyselin (BCAA), hlavně leucinu, což je důležitá aminokyselina při stimulaci svalové proteosyntézy. Zároveň se v trávicím traktu rychle štěpí, je proto vynikajícím zdrojem bílkovin. Po požití je syrovátková bílkovina díky rozpustnosti v kyselině rychle strávena a opouští žaludek v poměrně krátkém čase, což vede k výraznému zvýšení obsahu aminokyselin v krvi. To nejspíše vede ke stimulaci svalové proteosyntézy (Tang a kol., 2009; Devries a kol., 2015).

Nejčastěji se syrovátkové proteiny užívají po tréninku nebo mezi jídly. Jejich výhodou je rychlá stravitelnost, čímž pokrývají potřebu bílkovin a aminokyselin období regenerace

po tréninku. Dávka po tréninku by měla být kolem 0,3 g/kg tělesné hmotnosti. Devries a kol. (2015) zjistili, že konzumace syrovátkové bílkoviny stimuluje svalovou proteosyntézu mnohem více než například sójové či kaseinové bílkoviny, je tedy optimálním zdrojem bílkovin pro podporu svalové proteosyntézy v klidu i po cvičení, stejně jako pro vyvolání svalové hypertrofie a silového přírůstku v kombinaci se silovým cvičením. Za vyvolání anabolických reakcí může hlavně složení, vysoký obsah esenciálních aminokyselin a BCAA, zejména leucinu, rychlá stravitelnost a vysoká biologická dostupnost v plazmě a svalové tkáni. To znamená, že zahrnutí syrovátkového proteinu je důležitou složkou pro optimalizaci složení těla.

Dvěma studii bylo prokázáno, že 10 či 12 týdnů silového tréninku ve spojení s denní suplementací syrovátkové bílkoviny mělo za následek vyšší obsah svalových bílkovin spolu s následným zlepšením svalového výkonu. V obou studiích byl při vyvolávání anabolické reakce účinnější syrovátkový protein než sacharidy (Willoughby a kol., 2007; Rahbek a kol., 2014; Spillane a kol., 2016).

Syrovátková bílkovina je alespoň částečně odpovědná za příznivé změny tělesného složení vyvolaného vyšší spotřebou mléka a mléčných výrobků v průběhu energetického deficitu. Konkrétně bylo zjištěno, že když byl syrovátkový protein suplementován při nízkoenergetické dietě, došlo k větší ztrátě tukové hmoty a menšímu úbytku svalové hmoty. Syrovátkové bílkoviny nehrají roli pouze při podpoře hubnutí, ale bylo také prokázáno, že mají vliv při udržování hmotnosti po dietě u lidí s nadváhou či obézních lidí (Coker a kol., 2012; Miller a kol., 2014).

Syrovátkové bílkoviny tedy podporují ztrátu tuku během kalorického deficitu a pomáhají následně udržet hmotnost (Devries a kol., 2015).

3.6.2.1 Syrovátkový proteinový koncentrát

Obsahuje proměnlivé množství syrovátkových bílkovin, od 29 až do 89 %. Syrovátkový koncentrát obsahuje také významné množství laktózy, tuku a jiných složek mléka, jelikož vzniká jako vedlejší produkt při výrobě sýrů, díky tomu má však lepší chuť. Jedná se o pomaleji stravitelnou variantu proteinu, než je syrovátkový izolát či hydrolyzát (1,5-3 hodiny). (Maughan, 2013).

3.6.2.2 Syrovátkový proteinový izolát

Izolát vzniká filtrací mléčných proteinů, jedná se o velmi koncentrovaný zdroj proteinů, měl by obsahovat okolo 85-95 % bílkovin a díky filtraci by neměl obsahovat laktózu, tuk ani cholesterol.

3.6.2.3 Syrovátkový proteinový hydrolyzát

Tento suplement se vyrábí částečnou enzymatickou hydrolyzou syrovátkových proteinů, což vede k vysokému obsahu peptidů a volných aminokyselin, tím se zlepšuje jeho stravitelnost. Výhodou je, že téměř nezatěžuje trávicí trakt, má však hořkou chuť. U syrovátkového hydrolyzátu je udáván stupeň hydrolyzy, který udává dobu, po kterou docházelo při výrobě za pomoci enzymů k rozkladu bílkovin. Čím vyšší číslo u stupně hydrolyzy nalezneme, tím více volných aminokyselin, di- a tripeptidů syrovátkový hydrolyzát obsahuje (Mach, 2004)(Maughan, 2013).

Konzumace syrovátkového proteinového hydrolyzátu stimuluje svalovou proteosyntézu podstatně více než sója či kasein, a to jak v klidu, tak po cvičení s odporem (Yang a kol., 2012).

3.6.3 Kasein

Jedná se o mléčnou bílkovinu, v mléce tvoří kolem 80 % bílkovin, zbylých 20 % je syrovátkový protein. Kasein je z mléka získáván srážením.

Oproti syrovátkovým a sójovým bílkovinám jsou kaseinové bílkoviny pomalu stravitelné, jelikož se v důsledku nízkého pH v žaludku sráží a vstupují pomalu do tenkého střeva. Z toho důvodu jsou z nich vyráběny proteinové suplementy doporučené ke konzumaci před spaním, jelikož se mohou vstřebávat až 7 hodin (Embleton a kol., 1998; Devries a kol., 2015).

Oproti syrovátkovým a sójovým bílkovinám kasein nezvyšuje hladinu inzulínu v plazmě a 30 min po konzumaci vykazuje nižší nárůst koncentrace esenciálních a rozvětvených aminokyselin a leucinu v krvi. Při požití syrovátky byla koncentrace leucinu v krvi 200× větší než u kaseinu (Tang a kol., 2009).

3.6.4 Sójový protein

Sójový protein je považován za komplexní, protože má přibližně stejnou skladbu aminokyselin jako živočišné bílkoviny (Yang a kol., 2015).

Požítí sójového proteinu zvyšuje svalovou proteosyntézu v menší míře ve srovnání s mléčnou bílkovinou, především kvůli nižšímu obsahu leucinu, což je klíčová aminokyselina pro stimulaci syntézy svalových bílkovin (Phillips a kol., 2009).

Sójový protein má nejen nižší obsah leucinu, ale i biologická dostupnost aminokyselin, která je potřebná k podpoře svalové proteosyntézy, je nižší než ze syrovátky a kaseinu (Devries a kol., 2015).

Sójové potraviny obsahují nejen sójové bílkoviny, ale také isoflavony, které vykazují estrogení vlastnosti. Nedávná studie ukázala, že 14 denní suplementace sójové bílkoviny během tréninku u silově cvičících mladých mužů snižuje koncentraci testosteronu v séru v průběhu prvních 30 minut po výkonu ve srovnání se syrovátkovou bílkovinou nebo kontrolní skupinou konzumující pouze sacharidy. Tato oslabená reakce testosteronu může vést ke snížení anabolické odezvy v kosterním svalu, čímž tlumí narůstání kontraktilních bílkovin a zisk svalové síly (Kraemera a kol., 2013; Thomson a kol., 2016).

3.6.5 Gainery

Jedná se o přípravky obsahující jednoduché a složené sacharidy, bílkoviny a tuky. Mohou obsahovat i další účinné látky, např. vitaminy (Fořt, 1996).

Gainery jsou užívány hlavně vrcholovými sportovci a kulturisty v objemu (z anglického gain = objem). Nelze je používat v dietách či období rýsování, kvůli možnému nárůstu tukové hmoty spolu se svalovou hmotou. Jako sacharidovo proteinové přípravky jsou označovány produkty s obsahem do 30 % bílkovin (Fořt, 1996).

Některé aminokyseliny mají vliv na sekreci inzulínu, v kombinaci se sacharidy zvyšují hladinu inzulínu v krvi. Z 20 aminokyselin, které se normálně nacházejí v bílkovinách, má největší vliv na sekreci inzulínu arginin. Při podání se sacharidy je inzulínová odezva pětikrát větší než při podání sacharidů či argininu samostatně. Avšak bylo zjištěno, že užívání aminokyselin se sacharidovými suplementy je nepraktické, jelikož má mnoho vedlejších efektů, jako je lehký borborygmus či průjem (Maughan, 2000).

Allerton a kol. (2016) uvádí, že bílkovinná jídla a suplementy mají také vliv na inzulínovou odezvu při podání se sacharidy, avšak bez vedlejších efektů, jaké mají samotné aminokyseliny. Přidáním 20 g syrovátkové bílkoviny ke snídani se zvyšuje okamžitá inzulínová odezva,

a to bez ovlivnění glykémie, lipémie nebo chuti k jídlu ve srovnání s identickým jídlem, pouze bez syrovátky, u mladých zdravých mužů.

Burke a kol. (2011) zmiňuje, že konzumace proteinů může také hrát roli při resyntéze glykogenu. Testované suplementy obsahovaly buď pouze 112 g sacharidů, nebo 112 g sacharidů plus 40,7 g proteinu (21 % směsi). Suplementy byly podány ihned po cvičení a znovu 2 hodiny po cvičení. Bylo zjištěno, že kombinace sacharidů a proteinů působí synergicky na inzulinovou odezvu. V souvislosti s větší inzulinovou odezvou byla výrazně nižší koncentrace glukózy v krvi a o 38 % rychlejší resyntéza svalového glykogenu při kombinaci proteinů a sacharidů v suplementu v porovnání se samotným sacharidovým suplementem. Rychlost resyntézy svalového glykogenu během 4 hodinové doby po cvičení byla při použití sacharidovo proteinového suplementu 7,1 mmol/g/h, ve srovnání se samotným sacharidovým suplementem, kdy bylo naměřeno 5,0 mmol/g/h. Také bylo zjištěno, že v obou případech byla rychlost oxidace sacharidů i koncentrace laktátu v krvi stejná. Tyto výsledky ukazují, že po požití sacharidovo proteinového suplementu je zvýšená resyntéza svalového glykogenu výsledkem zvýšení přestupu glukózy z krve do svalových buněk díky větší inzulinové odezvě (Maughan, 2000).

Požítí proteinu v kombinaci s nižší dávkou sacharidů (méně než 1,2 g/kg/h) vyvolává resyntézu glykogenu srovnatelnou s požitím vyššího obsahu sacharidů. Příjem bílkoviny v kombinaci se sacharidy může být výhodný pro sportovce, kteří chtějí obnovit rychle hladinu glykogenu před druhým cvičením v témže dni, nebo pro ty, kteří nechtějí nebo nemohou kvůli dietě přijímat velké množství sacharidů (Burke a kol., 2011; Perez-Schindler a kol., 2015).

V určitých případech je však výhodnější odložit resyntézu glykogenu, což umožní vytrvalostní trénink, který má být proveden s vyčerpanými zásobami glykogenu. Avšak je zde riziko větší míry svalového katabolismu (Howarth a kol., 2010).

4 Závěr

Díky bakalářské práci jsem prostudovala množství převážně zahraničních odborných článků a vědeckých výzkumů týkajících se bílkovin ve výživě člověka, hlavně tedy sportovců.

Bílkoviny tvoří základ všech živých organismů. Jsou v jídelníčku člověka, na rozdíl od tuků a sacharidů, nenahraditelné. V lidském těle mají mnoho funkcí, především stavební (kolagen, elastin, kreatin), transportní (hemoglobin, myoglobin, transferin, albumin), katalytickou (enzymy, hormony), pohybovou (aktin, myosin), obrannou (imunoglobuliny) a výživovou (zdroj esenciálních aminokyselin, dusíku, síry).

Doporučené denní množství bílkovin není ve všech zdrojích stejné, většina se však shodne na 0,8-1,2 g/kg tělesné hmotnosti pro průměrnou populaci a 1,2-2 g/kg tělesné hmotnosti pro sportovce, vytrvalostní sportovci přibližně 1,2 až 1,4 g/kg tělesné hmotnosti, silovým sportovcům je doporučováno přijímat více bílkovin, od 1,6 do 1,7 g/kg tělesné hmotnosti. Denní dávku bílkovin tedy musíme přizpůsobit fyzické aktivitě. Organismus není schopen využít více jak 2-2,5 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti. Při nadměrné konzumaci bílkovin dochází k jejich degradaci a následnému vyloučení dusíku z těla močí. Zatěžují se ledviny, játra, zpomaluje se regenerace a zvyšuje se vylučování vápníku

Živočišné zdroje bílkovin jsou plnohodnotné, což znamená, že mají ideální zastoupení aminokyselin pro lidskou potřebu. Oproti tomu bílkoviny z rostlinných zdrojů jsou neplnohodnotné, některé esenciální aminokyseliny nejsou v dostatku proti potřebě člověka. Při vhodné kombinaci rostlinných zdrojů lze však zajistit dostatečný přísun všech esenciálních aminokyselin.

Při vyváženém a pestrém jídelníčku a dostatečném množství přijaté energie není nutné suplementovat bílkovinné doplňky stravy. Většina sportovců však používá k podpoře regenerace a růstu svalové hmoty nejčastěji syrovátkový protein. Ten je oceňovaný především pro jeho snadnou stravitelnost, proto je doporučovaný především po tréninku (v dávce 0,3 g/kg tělesné hmotnosti), kdy ještě trávicí trakt není připraven na trávení složitějších jídel. Po jeho konzumaci dochází v krvi k rychlému nárůstu aminokyselin, které mohou být využity na svalovou proteosyntézu.

5 Použitá literatura

ABARGOUEI, A., JANGHORBANI, M. SALEHI-MARZIJANI, M., ESMAILZADEH, A. 2012. Effect of dairy consumption on weight and body composition in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Int J Obes.* 1485-1493.

ALLERTON, Dean, Matthew CAMPBELL, Javier GONZALEZ, Penny RUMBOLD, Daniel WEST a Emma STEVENSON. 2016. Co-Ingestion of Whey Protein with a Carbohydrate-Rich Breakfast Does Not Affect Glycemia, Insulinemia or Subjective Appetite Following a Subsequent Meal in Healthy Males. *Nutrients.* **8**(3), 116. DOI: 10.3390/nu8030116. ISSN 2072-6643.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION, DIETITIANS OF CANADA, THE AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. 2000. Nutrition and athletic performance-Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine. *J Am Diet Assoc.* **41**(3), 709-31.

ARETA, J. L., L. M. BURKE, D. M. CAMERA, et al. 2014. Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *AJP: Endocrinology and Metabolism.* **306**(8), E989-E997. DOI: 10.1152/ajpendo.00590.2013. ISSN 0193-1849.

BAKER, Lindsay B., Lisa E. HEATON, Ryan P. NUCCIO, et al. 2014. Dietitian-Observed Macronutrient Intakes of Young Skill and Team-Sport Athletes: Adequacy of Pre, During, and Postexercise Nutrition. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* **24**(2), 166-176. DOI: 10.1123/ijsnem.2013-0132. ISSN 1526-484x.

BEELEN, M., A. ZORENC, B. PENNING, J. M. SENDEN, H. KUIPERS a L. J. C. VAN LOON. 2011. Impact of protein coingestion on muscle protein synthesis during continuous endurance type exercise. *AJP: Endocrinology and Metabolism.* **300**(6), E945-E954. DOI: 10.1152/ajpendo.00446.2010. ISSN 0193-1849.

BORGENVIK, M., W. APRO a E. BLOMSTRAND. 2012. Intake of branched-chain amino acids influences the levels of MAFbx mRNA and MuRF-1 total protein in resting and exercising human muscle. *AJP: Endocrinology and Metabolism.* **302**(5), E510-E521. DOI: 10.1152/ajpendo.00353.2011. ISSN 0193-1849.

- BOS, C., METGES, C. C., 2003. Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *J Nutr.* **133**(5), 1308-15.
- BURD, N. A., J. E. TANG, D. R. MOORE a S. M. PHILLIPS. 2009. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. *Journal of Applied Physiology.* **106**(5), 1692-1701. DOI: 10.1152/jappphysiol.91351.2008. ISSN 8750-7587.
- BURKE, Louise M., John A. HAWLEY, Stephen H. S. WONG a Asker E. JEUKENDRUP. 2011. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences.* **29**(sup1), S17-S27. DOI: 10.1080/02640414.2011.585473. ISSN 0264-0414.
- BURKE, Louise M., John A. HAWLEY, Stephen H. S. WONG a Asker E. JEUKENDRUP. 2012. Effect of intake of different dietary protein sources on plasma amino acid profiles at rest and after exercise. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism.* 452-462.
- CAMPBELL, Bill, Colin WILBORN, Paul LA BOUNTY, et al. 2013. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* **10**(1), 1-. DOI: 10.1186/1550-2783-10-1. ISSN 1550-2783.
- CANDOW, D. G., CHILIBECK, P. D.; BURKE, D. G Effect of glutamine supplementation combined with resistance training in young adults. *Eur J Appl Physiol.* **86**(2), 142-9.
- CICERO, Arrigo F. G., Alessandro COLLETTI. 2015. Nutraceuticals and Blood Pressure Control: Results from Clinical Trials and Meta-Analyses. *High Blood Pressure.* **22**(3), 203-213. DOI: 10.1007/s40292-015-0081-8. ISSN 1120-9879.
- CLARK, Nancy. 2014. *Sportovní výživa.* 3., dopl. vyd. Praha: Grada. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-4655-5.
- COKER, Robert H, Sharon MILLER, Scott SCHUTZLER, Nicolaas DEUTZ a Robert R WOLFE. 2012. Whey protein and essential amino acids promote the reduction of adipose tissue and increased muscle protein synthesis during caloric restriction-induced weight loss in elderly, obese individuals. *Nutrition Journal.* **11**(1), 105-. DOI: 10.1186/1475-2891-11-105. ISSN 14752891.
- CURY-BOAVENTURA, Maria Fernanda, Adriana C. LEVADA-PIRES, Alessandra FOLADOR, et al. 2008. Effects of exercise on leukocyte death: prevention by hydrolyzed whey

protein enriched with glutamine dipeptide. *European Journal of Applied Physiology*. **103**(3), 289-294. DOI: 10.1007/s00421-008-0702-1. ISSN 14396319.

DALLE ZOTTE, Antonella a Zsolt SZENDRŐ. 2011. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*. **88**(3), 319-331. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.02.017. ISSN 03091740.

DAI, Z. L., WU, G. a ZHU, W. Y. 2011. Amino acid metabolism in intestinal bacteria: links between gut ecology and host health. *Front Biosci*. 1(16), 1768-86.

DEVRIES, Michaela C. a Stuart M. PHILLIPS. 2015. Supplemental Protein in Support of Muscle Mass and Health: Advantage Whey. *Journal of Food Science*. **80**(S1), A8-A15. DOI: 10.1111/1750-3841.12802. ISSN 00221147.

DEVRIES, Michaela C. a Stuart M. PHILLIPS. 2015. Supplemental Protein in Support of Muscle Mass and Health: Advantage Whey. *Journal of Food Science*. **80**(S1), A8-A15. DOI: 10.1111/1750-3841.12802. ISSN 00221147.

EMBLETON, Phil a Gerard THORNE. 1999. *Suplementy ve výživě: ucelený informativní průvodce užíváním ergogenních látek v kulturistice*. 1. vyd. Pardubice: Ivan Rudzinskyj. ISBN 80-902-5897-2.

FLYNN, N. E., C. J. MEININGER, T. E. HAYNES a G. WU. 2002. The metabolic basis of arginine nutrition and pharmacotherapy. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. **56**(9), 427-438. DOI: 10.1016/S0753-3322(02)00273-1. ISSN 07533322.

FOOD AND NUTRITION BOARD, INSTITUTE OF MEDICINE. 2002. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. *National Academy Press*.

FOŘT, Petr. 1996. *Výživa (nejen) pro kulturisty*. 3. vyd. Pardubice: Svět kulturistiky. ISBN 80-864-6219-6.

FOŘT, Petr. 2002. *Sport a správná výživa*. Vyd. 1. Praha: Ikar. ISBN 80-249-0124-2.

GLYNN, E.L., FRY, C. S., DRUMMOND, M. J. 2010. Excess leucine intake enhances muscle anabolic signaling but not net protein anabolism in young men and women. *J. Nutr.* 1970-1976.

GONDALEZ, A. M., WALSH, A. L., KANG, J. 2011. Effect of a pre-workout energy supplement on acute multi-joint resistance exercise. *J Sports Sci Med*. **10**(2), 261-266.

- GREENWOOD, M a Maria ORIA. 2008. *Use of dietary supplements by military personnel*. Washington, D. C.: National Academies Press. ISBN 0309116171.
- GUALANO, A. B. 2011. Branched-chain amino acids supplementation enhances exercise capacity and lipid oxidation during endurance exercise after muscle glycogen depletion. *J Sports Med Phys Fitness*. **51**(1), 82-8.
- HAVLÍK, Jaroslav a Milan MAROUNEK. 2013. *Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze*. 2. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2374-2.
- HEINRICH, Kasper. 2015. *Výživa v medicíně a dietetika*. 11. Praha : Grada Publishing, a.s., 2015. 978-80-247-4533-6.
- HIDA, Azumi, Yuko HASEGAWA, Yuko MEKATA, Mika USUDA, Yasunobu MASUDA, Hitoshi KAWANO a Yukari KAWANO. 2012. Effects of Egg White Protein Supplementation on Muscle Strength and Serum Free Amino Acid Concentrations. *Nutrients*. **4**(12), 1504-1517. DOI: 10.3390/nu4101504. ISSN 20726643.
- HOWARTH, K. R., S. M. PHILLIPS, M. J. MACDONALD, D. RICHARDS, N. A. MOREAU a M. J. GIBALA. 2010. Effect of glycogen availability on human skeletal muscle protein turnover during exercise and recovery. *Journal of Applied Physiology*. **109**(2), 431-438. DOI: 10.1152/jappphysiol.00108.2009. ISSN 87507587.
- CHURCHWARD-VENNE, T. A., L. BREEN, D. M. DI DONATO, et al. 2014. Leucine supplementation of a low-protein mixed macronutrient beverage enhances myofibrillar protein synthesis in young men: a double-blind, randomized trial. *American Journal of Clinical Nutrition*. **99**(2), 276-286. DOI: 10.3945/ajcn.113.068775. ISSN 00029165.
- CHURCHWARD-VENNE, Tyler A, Nicholas A BURD a Stuart M PHILLIPS. 2012. Nutritional regulation of muscle protein synthesis with resistance exercise: strategies to enhance anabolism. *Nutrition & Metabolism*. **9**(1), 40. DOI: 10.1186/1743-7075-9-40. ISSN 17437075.
- JOSSE, A. R., S. A. ATKINSON, M. A. TARNOPOLSKY a S. M. PHILLIPS. 2011. Increased Consumption of Dairy Foods and Protein during Diet- and Exercise-Induced Weight Loss Promotes Fat Mass Loss and Lean Mass Gain in Overweight and Obese Premenopausal Women. *Journal of Nutrition*. **141**(9), 1626-1634. DOI: 10.3945/jn.111.141028. ISSN 00223166.

KASPER, Heinrich. 2015. *Výživa v medicíně a dietetika*. 1. české vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4533-6.

KLEINER, Susan M a Maggie GREENWOOD-ROBINSON. 2015. *Fitness výživa: Power Eating program*. 2. vyd. Překlad Daniela Stackeová. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5289-1.

KOOLMAN, Jan a Klaus-Heinrich RÖHM. 2012. *Barevný atlas biochemie*. 1. české vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2977-0.

KOOPMAN, R. 2004. Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *AJP: Endocrinology and Metabolism*. **288**(4), E645-E653. DOI: 10.1152/ajpendo.00413.2004. ISSN 01931849.

KRAEMER, William J., Glenn SOLOMON-HILL, Brittanie M. VOLK, et al. 2013. The Effects of Soy and Whey Protein Supplementation on Acute Hormonal Responses to Resistance Exercise in Men. *Journal of the American College of Nutrition*. **32**(1), 66-74. DOI: 10.1080/07315724.2013.770648. ISSN 07315724.

KRIEGER, J. 2006. Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a metaregression. *Am J Clin Nutr*. **83**(2), 260-274.

LARSON-MEYER, D. 2012. Vegetarian Athletes. *Sports Nutrition: A Practice Manual for Professionals*.

LUCKOSE, Feby, Mohan Chandra PANDEY a Kolpe RADHAKRISHNA. 2013. Effects of Amino Acid Derivatives on Physical, Mental, and Physiological Activities. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **55**(13), 1793-1807. DOI: 10.1080/10408398.2012.708368. ISSN 10408398.

LUN, Victor, Kelly Anne ERDMAN a Raylene A REIMER. 2009. Evaluation of Nutritional Intake in Canadian High-Performance Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*. **19**(5), 405-411. DOI: 10.1097/JSM.0b013e3181b5413b. ISSN 1050642x.

MACH, Ivan. 2004. *Doplňky stravy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis. ISBN 80-863-2034-0.

MAMEROW, M. M., J. A. METTLER, K. L. ENGLISH, S. L. CASPERSON, E. ARENTSON-LANTZ, M. SHEFFIELD-MOORE, D. K. LAYMAN a D. PADDON-JONES. 2014. Dietary Protein Distribution Positively Influences 24-h Muscle Protein Synthesis in Healthy Adults. *Journal of Nutrition*. **144**(6), 876-880. DOI: 10.3945/jn.113.185280. ISSN 0022-3166.

MARRIOTT, B. M, CHOATE, C.G., HOURANI, L. 2007. Use of dietary supplements by military personnel. *The National Academies Press*.

MAUGHAN, R. J. 2013. Quality Assurance Issues in the Use of Dietary Supplements, with Special Reference to Protein Supplements. *Journal of Nutrition*. **143**(11), 1843S-1847S. DOI: 10.3945/jn.113.176651. ISSN 00223166.

MAUGHAN, Ron J. 2000. *Nutrition in sport*. Malden, MA: Blackwell Science. Encyclopaedia of sports medicine. ISBN 0-632-05094-2.

MAUGHAN, Ron J a Louise BURKE. c2006. *Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu*. 1. české vyd. Praha: Galén. ISBN 80-726-2318-4.

MAUGHAN, Ron J a Louise BURKE. c2011. *Sports nutrition: more than just calories - triggers for adaptation*. Basel: Karger Nestle Nutrition Institute. Nestlé Nutrition Institute workshop series, v. 69. ISBN 9783805596985.

MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. 2008. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Vyd. 1. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.

MILLER, Paige E., Dominik D. ALEXANDER a Vanessa PEREZ. 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**(2), 163-175. DOI: 10.1080/07315724.2013.875365. ISSN 07315724.

MIRANDA, Jose, Xaquín ANTON, Celia REDONDO-VALBUENA, Paula ROCA-SAAVEDRA, Jose RODRIGUEZ, Alexandre LAMAS, Carlos FRANCO a Alberto CEPEDA. 2015. Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods. *Nutrients*. **7**(1), 706-729. DOI: 10.3390/nu7010706. ISSN 20726643.

MOORE, D. R, M. J ROBINSON, J. L FRY, et al. 2008. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *American Journal of Clinical Nutrition*. **89**(1), 161-168. DOI: 10.3945/ajcn.2008.26401. ISSN 00029165.

MOORE, Daniel R, Jose ARETA, Vernon G COFFEY, et al. 2012. Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. *Nutrition & Metabolism*. **9**(1), 91. DOI: 10.1186/1743-7075-9-91. ISSN 17437075.

MOORE, Daniel R., Donny M. CAMERA, Jose L. ARETA a John A. HAWLEY. 2014. Beyond muscle hypertrophy: why dietary protein is important for endurance athletes 1. *Applied*

Physiology, Nutrition, and Metabolism. **39**(9), 987-997. DOI: 10.1139/apnm-2013-0591. ISSN 17155312.

MURPHY, Caoileann H., Amy J. HECTOR a Stuart M. PHILLIPS. 2014. Considerations for protein intake in managing weight loss in athletes. *European Journal of Sport Science*. **15**(1), 21-28. DOI: 10.1080/17461391.2014.936325. ISSN 17461391.

NORAT, T. 2005. Meat, fish, and colorectal cancer risk: the European Prospective Investigation into cancer and nutrition. *J Natl Cancer Inst*. **97**(12), 906-16.

OTTEN, J. J., HELLWIG, J. P. MEYERS, L. D. 2006. Dietary reference intakes: The essential guide to nutrient requirements.

PADDON-JONES, D. 2004. Exogenous amino acids stimulate human muscle anabolism without interfering with the response to mixed meal ingestion. *AJP: Endocrinology and Metabolism*. **288**(4), E761-E767. DOI: 10.1152/ajpendo.00291.2004. ISSN 01931849.

PASIAKOS, Stefan M., Harris R. LIEBERMAN a Tom M. MCLELLAN. 2014. Effects of Protein Supplements on Muscle Damage, Soreness and Recovery of Muscle Function and Physical Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*. **44**(5), 655-670. DOI: 10.1007/s40279-013-0137-7. ISSN 01121642.

PASIAKOS, Stefan M., Tom M. MCLELLAN a Harris R. LIEBERMAN. 2015. The Effects of Protein Supplements on Muscle Mass, Strength, and Aerobic and Anaerobic Power in Healthy Adults: A Systematic Review. *Sports Medicine*. **45**(1), 111-131. DOI: 10.1007/s40279-014-0242-2. ISSN 01121642.

PEREZ-SCHINDLER, Joaquin, D. Lee HAMILTON, Daniel R. MOORE, Keith BAAR a Andrew PHILP. 2014. Nutritional strategies to support concurrent training. *European Journal of Sport Science*. **15**(1), 41-52. DOI: 10.1080/17461391.2014.950345. ISSN 17461391.

PHILLIPS, Stuart M., TANG, Jason E., MOORE, Daniel R. 2009. The Role of Milk- and Soy-Based Protein in Support of Muscle Protein Synthesis and Muscle Protein Accretion in Young and Elderly Persons. *Journal of the American College of Nutrition*. **28**(4), 343-54.

PHILLIPS, Stuart M. 2014. A Brief Review of Critical Processes in Exercise-Induced Muscular Hypertrophy. *Sports Medicine*. **44**(S1), 71-77. DOI: 10.1007/s40279-014-0152-3. ISSN 01121642.

RAHBK, Stine Klejs, Jean FARUP, Andreas Buch MØLLER, Mikkel Holm VENDELBO, Lars HOLM, Niels JESSEN a Kristian VISSING. 2014. Effects of divergent resistance exercise contraction mode and dietary supplementation type on anabolic signalling, muscle protein synthesis and muscle hypertrophy. *Amino Acids*. **46**(10), 2377-2392. DOI: 10.1007/s00726-014-1792-1. ISSN 09394451.

RES, PETER T., BART GROEN, BART PENNING, MILOU BEELEN, GARETH A. WALLIS, ANNEMIE P. GIJSEN, JOAN M. G. SENDEN a LUC J. C. VAN LOON. 2012. Protein Ingestion before Sleep Improves Postexercise Overnight Recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. **44**(8), 1560-1569. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31824cc363. ISSN 01959131.

RIAZI, R., 2003. The total branched-chain amino acid requirement in young healthy adult men determined by indicator amino acid oxidation by use of L-[1-13C]phenylalanine. *J Nutr*. 2003, **133**(5), 1383-9.

ROBINSON, Meghann J., Nicholas A. BURD, Leigh BREEN, Tracy RERECICH, Yifan YANG, Amy J. HECTOR, Steven K. BAKER a Stuart M. PHILLIPS. 2013. Dose-dependent responses of myofibrillar protein synthesis with beef ingestion are enhanced with resistance exercise in middle-aged men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. **38**(2), 120-125. DOI: 10.1139/apnm-2012-0092. ISSN 17155312.

SEIDL, R., 2000. A taurine and caffeine-containing drink stimulates cognitive performance and well-being. *Amino Acids*. 2000, **19**(3-4), 635-42.

SHAO, Andrew a John N. HATHCOCK. 2008. Risk assessment for the amino acids taurine, l-glutamine and l-arginine. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. **50**(3), 376-399. DOI: 10.1016/j.yrtph.2008.01.004. ISSN 02732300.

SHIMOMURA, Y., 2010. Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed-onset muscle soreness. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010, **20**(3), 236-44.

SKOLNIK, Heidi a Andrea CHERNUS. 2011. *Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3847-5.

SPILLANE, Mike, WILLOUGHBY, Darryn S. 2016. Daily Overfeeding from Protein and/or Carbohydrate Supplementation for Eight Weeks in Conjunction with Resistance Training Does not Improve Body Composition and Muscle Strength or Increase Markers Indicative of Muscle Protein Synthesis. *Journal of Sports Science and Medicine*. **15**(1), 17-25.

- SYMONS, T. B., 2011. The anabolic response to resistance exercise and a protein rich meal is not diminished by age. *J. Nutr. Health Aging.* **15**(5), 376-81.
- TANG, J. E., D. R. MOORE, G. W. KUJBIDA, M. A. TARNOPOLSKY a S. M. PHILLIPS. 2009. Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of Applied Physiology.* **107**(3), 987-992. DOI: 10.1152/jappphysiol.00076.2009. ISSN 87507587.
- THOMSON, Rebecca L., Grant D. BRINKWORTH, Manny NOAKES a Jonathan D. BUCKLEY. 2016. Muscle strength gains during resistance exercise training are attenuated with soy compared with dairy or usual protein intake in older adults: A randomized controlled trial. *Clinical Nutrition.* **35**(1), 27-33. DOI: 10.1016/j.clnu.2015.01.018. ISSN 02615614.
- VAN LOON, Luc J. C. 2014. Is There a Need for Protein Ingestion During Exercise? *Sports Medicine.* **44**(S1), 105-111. DOI: 10.1007/s40279-014-0156-z. ISSN 01121642.
- WESTERTERP-PLANTENGA, M. S., A. NIEUWENHUIZEN, D. TOMÉ, S. SOENEN a K. R. WESTERTERP. 2009. Dietary Protein, Weight Loss, and Weight Maintenance. *Annual Review of Nutrition.* **29**(1), 21-41. DOI: 10.1146/annurev-nutr-080508-141056. ISSN 01999885.
- WILLIAMS, Melvin H. c2010. *Nutrition for health, fitness.* Boston. Mass.: McGraw-Hill Higher Education. ISBN 978-0-07-122001-9.
- WILLOUGHBY, D. S., J. R. STOUT a C. D. WILBORN. 2007. Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolism, mass, and strength. *Amino Acids.* **32**(4), 467-477. DOI: 10.1007/s00726-006-0398-7. ISSN 09394451.
- WU, Zhenlong, Michael C. SATTERFIELD, Fuller W. BAZER a Guoyao WU. 2012. Regulation of brown adipose tissue development and white fat reduction by L-arginine. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care.* **15**(6), 529-538. DOI: 10.1097/MCO.0b013e3283595cff. ISSN 13631950.
- YAN, Lin, George L. GRAEF, Forrest H. NIELSEN, LuAnn K. JOHNSON a Jay CAO. 2015. Soy protein is beneficial but high-fat diet and voluntary running are detrimental to bone structure in mice. *Nutrition Research.* **35**(6), 523-531. DOI: 10.1016/j.nutres.2015.04.012. ISSN 02715317.
- YANG, Yifan, Tyler A CHURCHWARD-VENNE, Nicholas A BURD, Leigh BREEN, Mark A TARNOPOLSKY a Stuart M PHILLIPS. 2012. Myofibrillar protein synthesis following

ingestion of soy protein isolate at rest and after resistance exercise in elderly men. *Nutrition & Metabolism*. **9**(1), 57. DOI: 10.1186/1743-7075-9-57. ISSN 17437075.

YANG, Ying, Zhenlong WU, Sichao JIA, Sudath DAHANAYAKA, Shuo FENG, Cynthia J. MEININGER, Catherine J. MCNEAL a Guoyao WU. 2015. Safety of long-term dietary supplementation with l-arginine in rats. *Amino Acids*. **47**(9), 1909-1920. DOI: 10.1007/s00726-015-1992-3. ISSN 09394451.

ZOTTE, Antonella Dalle, SZENDRO, Zsolt. 2011. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*. 319–331