

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Bílkoviny ve výživě sportovců

Bakalářská práce

Autor práce: Anna Švecová

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Vladimír Plachý, Ph.D.

© 2017 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 20.4.2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce, jímž byl Ing. Vladimír Plachý, Ph.D., za jeho odborné vedení, vstřícnost, cenné rady a připomínky.

Bílkoviny ve výživě sportovců

Souhrn

Smyslem této práce je poskytnout komplexní shrnutí informací o bílkovinách, především určení jejich ideálního příjmu sportovci zabývajícími se silově dynamickými sporty, které kladou důraz na rychlost a výbušnost. Hodnoty doporučeného příjmu bílkovin udávané přímo pro skokany se pohybují mezi 1,2 a 1,7 g/kg tělesné hmotnosti. Příjem bílkovin v optimálním množství a správném čase přispívá k opravě svalstva, jeho tvorbě, podpoře imunitních funkcí, zvyšuje výkonnost a maximalizuje tréninkový efekt. Z pohledu sportovců je tak správný příjem bílkovin velice důležitý.

Úvodní část práce je pojata jako základ pro část navazující. V jejím rámci jsou řešeny základní pojmy jako „sportovní trénink“ a „sportovní výkon“, a etapy a cykly sportovní přípravy.

Hlavní část práce je věnována bílkovinám, jejich charakteristice, aminokyselinám a metabolismu. Zohledňována je kvalita bílkovin, na kterou je ve sportovní výživě kladen velký důraz. Druhy bílkovin jsou porovnávány mezi sebou podle toho, jak tělo zásobují esenciálními aminokyselinami. Jako kvalitnější zdroje bílkovin lze považovat potraviny živočišného původu.

V úzké souvislosti s příjmem bílkovin je pozornost věnována regeneraci organismu, kdy svalová tkáň po kvalitním sportovním tréninku reaguje tak, že se strukturální i kontraktilní bílkoviny obnoví na poněkud vyšší úrovni než před tréninkem. Pokud se tento proces opakuje s dostatečnou frekvencí, intenzitou a trváním tréninku, sval nabývá na objemu a tím i na síle.

V práci jsou zmíněny přirozené zdroje bílkovin i jejich doporučená suplementace. Jelikož v organismu neexistuje téměř žádná zásobárna bílkovin, je potřebný jejich neustálý příjem z potravy, z jejichž aminokyselin si tělo dokáže vyrobit své vlastní bílkoviny. Nejefektivnějším způsobem je doplňování bílkovin z co nejpestřejších živočišných i rostlinných zdrojů, aby tělo mělo zajištěno optimální směs aminokyselin. Vhodná konzumace kombinace sacharidů a bílkovin před tréninkem je dobrým způsobem, jak zefektivnit a urychlit anabolické procesy bez použití zakázaných látek a metod. Konzumace sacharidovoproteinového koktejlu po tréninku má z hlediska efektivity sportovní přípravy nejvyšší prioritu. Závěr práce je zaměřen na problém všech sportů, doping.

Klíčová slova: bílkoviny, aminokyseliny, potřeby bílkovin, sportovní výkon, suplementy

Proteins in nutrition of athletes

Summary

The purpose of this work is to provide a complex summary of informations about proteins, especially the determination of their ideal income by athletes dealing with forcefully dynamic sports that emphasize speed and explosiveness. Recommended protein intake values given directly for jumpers are between 1.2 and 1.7 g / kg body weight. Protein intake in optimal amounts and at the right time contributes to muscle repair, its creation, support of immune functions, increases performance and maximizes the training effect. From the point of view of athletes, the correct intake of protein is very important.

The introductory part of the thesis is conceived as a basis for a follow-up part. Basic concepts such as "sports training" and "sports performance", and stages and cycles of sports training are dealt with.

The main part is related to proteins, their characteristics, amino acids and metabolism. The quality of proteins that are highlighted in sports nutrition is taken into account. The kinds of proteins are compared to each other according to how the body supplies essential amino acids. Proteins of animal origin can be considered as better sources of protein.

In close connection with protein intake, attention is paid to the regeneration of the body, when the muscle tissue responds to the quality of sports training, so that the structural and contractile proteins resume at a slightly higher level than before the training. If this process is repeated with sufficient frequency, intensity and duration of training, muscle gains in volume and hence in strength.

Natural sources of protein and their recommended supplementation are mentioned in the work. Whereas there is hardly any protein storage in the body, it need constant intake of food from which amino acids can make their own proteins. The most effective way is to replenish proteins from the most varied animal and plant sources to ensure the body has the optimal amino acid mix. Proper consumption of a combination of carbohydrates and protein before training is a good way to streamline and speed up anabolic processes without the use of prohibited substances and methods. Consuming the carbohydrate protein cocktail after training has the highest priority in terms of the effectiveness of sports training.

The conclusion of the thesis is focused on the problem of all sports, doping.

Keywords: proteins, amino acids, sport performance, protein needs, supplements

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíl práce	2
3 Literární rešerše	3
3.1 Sportovní trénink	3
3.1.1 Etapy a cykly sportovního tréninku	3
3.1.2 Sportovní výkon.....	4
3.1.3 Energetická bilance	5
3.1.4 Energetický metabolismus kosterního svalstva	6
3.1.5 Složení kosterního svalu	7
3.2 Bílkoviny	8
3.2.1 Historie.....	8
3.2.2 Charakteristika bílkovin.....	8
3.2.3 Funkce bílkovin	8
3.2.4 Struktura bílkovin	9
3.2.5 Aminokyseliny	10
3.2.6 Peptidy	11
3.2.7 Dusíková bilance bílkovin	11
3.2.8 Trávení bílkovin.....	12
3.2.9 Vstřebávání bílkovin.....	12
3.2.10 Aminokyselinový pool.....	13
3.2.11 Denaturace	14
3.2.12 Limitující aminokyseliny	15
3.2.13 Poruchy metabolismu aminokyselin.....	15
3.2.14 Kvalita bílkovin	16
3.2.14.1 Analýzy kvality bílkovin	16
3.2.14.2 Jak rozlišit kvalitní a méně kvalitní bílkoviny	17
3.3 Sport a bílkoviny	19
3.3.1 Metabolismus bílkovin během zatížení	19
3.3.2 Denní příjem bílkovin.....	19
3.3.3 Extrémy v přísunu bílkovin	21
3.3.4 Časování příjmu bílkovin v jednotlivých fázích tréninku	22

3.3.4.1	Přípravná fáze	22
3.3.4.2	Předzávodní fáze	23
3.3.4.3	Závodní fáze	23
3.3.4.4	Před tréninkem.....	23
3.3.4.5	Během tréninku	23
3.3.4.6	Potréninková strava	23
3.3.5	Regenerace.....	24
3.3.6	Přirozené zdroje bílkovin.....	25
3.3.6.1	Maso	26
3.3.6.2	Vejde.....	26
3.3.6.3	Sýry.....	27
3.3.6.4	Obiloviny, luštěniny	27
3.3.6.5	Sója	27
3.4	Proteinové přípravky	28
3.4.1	Syrovátka a kasein	28
3.4.2	Aminokyseliny.....	29
3.4.2.1	Vybrané aminokyseliny.....	30
3.4.3	Hovězí kolostrum.....	31
3.4.4	Kreatin	32
3.4.5	Gainery.....	32
3.4.6	Antioxidanty	33
3.5	Sport a doping	34
3.5.1	Vedlejší účinky anabolických steroidů	34
3.5.2	Testosteron.....	35
3.5.3	Růstový hormon.....	35
3.5.4	IFG-1.....	35
3.5.5	Inzulin	36
4	Závěr.....	37
5	Seznam literatury	38
6	Seznam příloh.....	41
6.1	Seznam obrázků	41
6.2	Seznam tabulek.....	41

1 Úvod

Jelikož od malička sportuji a v současné době se věnuji atletice na vrcholové úrovni, bylo pro mě téma „Bílkoviny ve výživě sportovců“ jasnou volbou. I z toho důvodu, že jsem se o problematice proteinů ve sportu, jejich dávkování a o důležitosti obecně sama chtěla dozvědět více. Zaměřila jsem se zejména na bílkovinné potřeby disciplíny, na kterou se specializuji, a to skoku dalekého.

Atletický trénink této disciplíny je zaměřen převážně na sílu, rychlost, výbušnost a silovou vytrvalost. Skok do dálky vyžaduje koordinaci, vysokou úroveň rychlosti a odrazové schopnosti. Proto je jeho trénink velice rozmanitý.

U sportovců jsou proteiny v popředí zájmu. Smyslem této práce bylo přiblížit bílkoviny, určit jejich ideální příjem, v optimálním množství a ve správný čas, aby přispěly k opravě svalstva, jeho tvorbě, podpoře imunitních funkcí a výkonnosti.

Každému je jasné, že dá-li si k obědu gulášek se šesti, nemůže od sebe ihned po takovém jídle očekávat špičkový sportovní výkon, ten v mnoha ohledech závisí právě na správné výživě a časování jídla před, v průběhu a po sportovním výkonu.

Úvodní část je pojata jako základ pro část nadcházející. Jsou zde přiblíženy pojmy jako sportovní trénink a výkon, následně etapy a cykly, v jakých se může sportovec nacházet. Hlavní část práce je věnována bílkovinám, aminokyselinám, metabolismu a v neposlední řadě jejich doporučeným příjmům a časování. Závěr práce je zaměřen na proteinové suplementy a problém všech sportů, doping.

2 Cíl práce

Cílem práce je komplexní shrnutí získaných informací o potřebách příjmu bílkovin u sportovců, zabývajících se silovými sporty s výbušným a rychlostním zaměřením. Tomu předchází vysvětlení důležitosti vyššího příjmu bílkovin u sportovců s ohledem na fáze sportovní přípravy.

3 Literární rešerše

3.1 Sportovní trénink

Trénink se považuje za proces rozvoje výkonnosti sportovce, zaměřený na dosahování nejvyšších sportovních výkonů ve vybraném druhu sportu. Sportovní výkony se demonstrují v soutěžích organizovaných podle jednotlivých sportů. Sportovní trénink tedy plní funkci přípravy na soutěžní výkon. V zásadě jde o proces specializované biologické adaptace, motorického učení a psychosociální adaptace. Tréninkové působení se v souhrnu projevuje zvyšováním trénovanosti sportovce, z ní vyrůstá ke konkrétním soutěžím orientovaná sportovní forma. Sportovní trénink se v průběhu svého vývoje formoval v ucelený, neustále propracovávaný systém, jehož základem jsou cykly sledujícími dílčí cíle celkové sportovní přípravy (Jansa a Dovalil, 2007).

Kondiční cvičení obecně pomáhá tělu rychleji využívat vhodná svalová vlákna, rovněž vede k tomu, že svaly zvládnou uložit více energie (glykogenu) a vytrénuje enzymy zodpovědné za uvolňování energie, aby tak činily mnohem efektivněji (Vilikus, 2015; Wildman and Miller, 2004).

Pro atlety je také důležitá adaptace na měnící se energetické potřeby. Během náročného tréninku bývají kalorické potřeby vysoké, někdy nižší, ale stále svaly potřebují zůstat zásobeny energií pro soutěž (Skolnik a Chernus, 2011).

Silový trénink je založený nejdříve na rozpadu svalových vláken a poté jejich opětovnou výstavbu a jeho výsledkem jsou silnější vlákna a svaly. Oprava se odehrává především mezi tréninkovými jednotkami. Vybudování síly je pomalý proces, vyžadující týdny až měsíce pozitivní dusíkové bilance stimulované odporovým tréninkem. Podle Koopmana (2004) se totiž mění pouze 1 % kontraktilních proteinů za den (Skolnik a Chernus, 2011).

3.1.1 Etapy a cykly sportovního tréninku

Dlouhodobý trénink je nutno přizpůsobovat vývoji sportovce a členit do etap, které odlišují trénink dětí, dospívajících a dospělých. Etapy trvají různě dlouho, navazují na sebe a jedna druhou podmiňuje (Jansa a Dovalil, 2007).

Jde o etapy základního všestranného tréninku, etapu specializovaného tréninku a etapu vrcholového tréninku. Etapa vrcholového tréninku završuje dlouhodobou sportovní činnost,

týká se věkového období jedinců, kdy tělesná a mentální vyspělost umožňuje stupňovat zatížení až do individuálně nejvyšších hranic. Teprve po 19. – 20. roce života organismus sportovce dosahuje maxima trénovatelnosti. Vysoké tréninkové dávky vyvolává nutnost věnovat soustředěnou pozornost regeneraci (Jansa a Dovalil, 2007).

„Tréninkové cykly se chápou jako určité tréninkové úseky, jenž mají podobný rozsah i obsah a které plní určité tréninkové úkoly“ (Jansa a Dovalil, 2007). Roční cyklus dělíme na přípravné období, předzávodní, závodní a přechodné. V přípravném období se utvářejí základy pro budoucí výkon, jde především o zvyšování trénovanosti. Širší výběr tréninkových prostředků chce zajistit všestrannost jako základ speciálního tréninku, ale i kompenzaci jednostrannosti. V tomto období přechází zprvu kondiční objemová příprava do tréninku specializovaného, kdy přibývají dynamická intenzivnější cvičení anaerobního charakteru. V předzávodním období jde především o trénink vyladňovací a zaměřovací a předchází prvním soutěžím. Jde o časový úsek dvou až čtyř týdnů. V závodním období se klade důraz na prokázání vysoké výkonnosti. Tréninky mezi závody jsou spíše udržovací s dostatečnou dobou na zotavení. Ve stavbě tréninku se dle sportovního kalendáře soutěží využívá ještě tzv. mikrocyklů, např. regenerační, vyladňovací, kontrolní a rozvíjející mikrocyklus. Přechodné období je nejdůležitější zotavovací období. Většinou jde o aktivní odpočinek nebo úplné přerušení tréninkové činnosti. V atletice jde o dobu zhruba dvou až třech týdnů po skončení letní části závodní sezóny (Jansa a Dovalil, 2007).

3.1.2 Sportovní výkon

Sportovní výkon po fyzické stránce v zásadě tvoří tři aspekty a to trénink, výživa a regenerace. Žádný z nich se nedá nahradit jiným. Žádný sportovec nejde trénovat bez potřebného vybavení, s patřičnou výživou je to však složitější. Kvalitní strava je esenciální součástí tréninku, protože rozdíly mezi vítězstvím a porážkou na té nejvyšší úrovni jsou ve zlomcích sekund, centimetrů. Profesionální sport hledá hranice, zkoumá každý detail (Skolnik a Chernus, 2011).

Optimální výkon z hlediska výživy vyžaduje nutriční vyváženost základních živin-cukrů, tuků a bílkovin, dále jde o vitamíny, minerály a vodu. Zvláštním tématem výživy je potravinová suplementace neboli používání potravinových doplňků, tj. volně prodejných speciálních produktů určených k doplnění výživy. Výživu řadíme mezi exogenní činitele ovlivňující sportovní výkon, tedy o činitele netýkající se vlastního tréninku (nejsou tzv. trénovatelné) (Maughan and Burke, 2011).

Jako jeden ze zásadních faktorů sportovního výkonu je třeba také považovat správné časování a vhodnou skladbu stravy. Svalové buňky jsou připraveny doplnit energii nejlépe jen v určitý čas. Adekvátní načasování stravy poskytne dostatečné zásoby energie, napomůže regeneraci a obnově sil pro další akci, udrží tělo silné a zdravé, sníží možnost poškození svalstva, podpoří tvorbu svalové hmoty a omezí riziko zranění (Maughan, 2000).

3.1.3 Energetická bilance

Metabolismus představuje všechny chemické procesy, při nichž dochází k přeměně látek (látková výměna) a energií (energetická výměna) v buňkách a živých organismech, je to tedy vyjádření všech chemických a energetických přeměn organismu. Jedná se o příjem a zpracování živin, tj. oxidaci sacharidů, proteinů a tuků, vzniká CO₂, H₂O a energie. Z chemické energie živin vzniká v organismu využitelná biologická energie ve formě makroergních fosfátových vazeb (ATP, CP). Výsledkem tedy může být vyvážená, pozitivní či negativní energetická bilance organismu (Williams, 2010).

Rozlišujeme tři základní úrovně metabolismu. Bazální metabolismus je základní energetická potřeba zajišťující základní tělesné funkce. Klidový metabolismus se stanovuje podle spotřeby kyslíku za klidových podmínek a je o 10 – 20 % vyšší než bazální metabolismus. Pracovní metabolismus je součet bazálního metabolismu a potřeby dodatečné energie, která odpovídá nárokům zvýšené fyzické námahy (Havlíčková, 2004).

Dle Vilikuse (2015) berou primární faktory energetických požadavků sportovců v úvahu především tělesnou hmotnost a objem tréninku (intenzita, délka, frekvence). Bazální metabolismus je potřeba energie pro udržení všech vitálních funkcí, energie potřebná na udržení tělesného systému (60 % produkce tepla, 40 % udržení základních životních funkcí), což u normální populace odpovídá cca 60 – 75 % celkového energetického výdeje, z čehož 30 % výdeje energie připadá na činnost jater, 20 % na činnost centrální nervové soustavy, 10 % na práci srdeční svaloviny, 7 % činnost ledvin a 33 % činnost ostatních tkání. Měří se klidová energetická potřeba nalačno, při normální tělesné teplotě a teplotě okolí.

Výpočet BMR (basal metabolic rate, bazální metabolický výdej) dle Harris-Benedictovy rovnice (v kilokaloriích (kcal)):

- BMR muži = $66 + (13,7 \times \text{hmotnost}) + (5,0 \times \text{výška}) - (6,8 \times \text{věk})$,
- BMR ženy = $655 + (9,6 \times \text{hmotnost}) + (1,85 \times \text{výška}) - (4,7 \times \text{věk})$.

Pro využití bílkovin je charakteristický poměrně vysoký specifickodynamický účinek, samo zpracování bílkovin vyžaduje asi 30 % získané energie, zatímco u tuků je to jen 4 % a u cukrů jen 6 % energetického zisku dané živiny. Bílkoviny tedy takzvaně „roztočí“ metabolismus (Vilikus, 2015).

3.1.4 Energetický metabolismus kosterního svalstva

Podkladem pohybové činnosti je stah či kontrakce kosterního svalu, který je dán dočasným spojením dvou vláknitých bílkovin aktinu a myozinu. Tyto dvě bílkoviny se do sebe zasouvají a přitom se za účasti iontů vápníku vytvářejí dočasná spojení - aktomyozinové můstky, které se ve fázi relaxace opět rozvolňují. Za podmínek relaxace bílkovina troponin blokuje vazebná místa na aktinu pro myozin, vznik kontrakce podmiňuje vyplavení vápenatých iontů ze sarkoplazmatického retikula, vápenaté ionty se navážou na troponin, což odblokuje vazebná místa na aktinu pro myozinové hlavičky, která záběrem posunou vlákno aktinu k centru sarkomery (Havlíčková, 2004).

Podle Fryana (2010) potřebuje kosterní sval pro svoji práci energii, kterou získává z adenosintrifosfátu (ATP), ten se rozkládá na adenosindifosfát (ADP) a fosfát (P) a pro svalovou práci se využívá energie z uvolněné vazby. Hotovost energie ve svalové buňce však může pokrýt jen asi dvě až tři sekundy svalové práce maximální intenzity. Proto se sprint na krátkou vzdálenost může opakovat téměř ve stejné kvalitě již po několika minutách, jelikož už v organismu došlo ke kompletní obnově zásob ATP a CP (kreatinfosfátu) rychlostí 440 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$ svalu. Obsah ATP ve svalu je asi pět mmol (zhruba 3,5 g/kg svalů).

Veškerá svalová práce je závislá na obnově ATP. Nejrychleji se uplatňuje obnova ATP z kreatinfosfátu, poněkud pomaleji se rozvíjí obnova prostřednictvím anaerobní glykolýzy, nejpomaleji aerobní fosforylací (Havlíčková, 2004).

Se vzrůstajícím počtem opakování využívá sval jako zdroj energie anaerobní glykolýzu, která slouží k doplňování zásob ATP s CP, ke konci série je obsah CP skoro vyčerpán a enormně se zvyšuje koncentrace kyseliny mléčné. Oba tyto faktory vedou k únavě svalu a k limitaci počtu opakování v sérii (Jansa a Dovalil, 2007).

Ainsworthová (1993) uvádí, že zvýšení metabolismu u posilovacího tréninku je okolo pětinasobku bazálního metabolismu, zatímco při běhu rychlostí 15 km/h je až patnácti násobný (Vilikus, 2015).

V prvních minutách práce se týká hlavně aerobního zpracování cukrů (glycidů), při déle trvajícím zatížení, a to při práci nižší intenzity, tuků (lipidů), při extrémně dlouhém a vyčerpávajícím zatížení se může uplatňovat i aerobní zpracování bílkovin (proteinů). Plná obnova všech energetických zdrojů proběhne až po skončení svalové práce, ve fázi anabolismu. Vyčerpávání a obnovování energetických zdrojů, zejména kreatinfosfátu nebo glykogenu, trénuje kosterní sval tak, že je schopen lépe hospodařit s energetickými zdroji (Vilikus, 2015).

3.1.5 Složení kosterního svalu

Základní stavební jednotkou jsou svalová vlákna (myofibrily), které spojením řídkým vazivem tvoří snopečky, snopečky tvoří snopce a soubor snopců tvoří sval. U trénovaných osob může být tloušťka svalových vláken dvojnásobná proti netrénovaným. Experimentálně bylo prokázáno, že šestiměsíční rychlostně silový trénink u netrénovaných dospělých osob zvýší tloušťku rychlých vláken o 31 %, ale šestitýdenní znehybnění vede naopak ke zmenšení asi o 40 % (Havlíčková, 2004). Medeiros and Wildman (2012) uvádějí, že kosterní sval je tvořen ze 22 % bílkovinami.

3.2 Bílkoviny

3.2.1 Historie

Odjakživa jsou potraviny obsahující bílkoviny (dále také proteiny) považovány za živinu zodpovědnou za sílu. Už od dob starověkých olympijských her konzumovali atleti před soutěžemi maso. Věřili například, že když snědí jelení játra, budou rychlejší, snědí-li lví srdce, budou silnější.

Teprve v roce 1944 zjistil Pitts (Spillane and Willoughby, 2016), že zvýšený příjem proteinů nevede ke zvýšení vytrvalostního výkonu. V 50. letech byl zjištěn pozitivní vliv vyššího příjmu bílkovin na rozvoj svalové hmoty u silových sportovců. V 50. – 60. letech sportovci zvyšovali příjem bílkovin konzumací libového hovězího masa a mléčných výrobků. V 70. – 80. letech se objevují první přípravky s proteinovými koncentráty a aminokyselinami (dále též AK). V 80. – 90. letech se pozornost zaměřuje na jednotlivé AK, které by mohly zvyšovat produkci růstového hormonu. V 90. letech se dostal do popředí AK taurin a jeho anabolické účinky a také sportovci začínají užívat AK již během posilování, ne až po skončení tréninku. Nedávné studie poskytly vědecký podklad sportovcům pro užívání některých mikronutrientů, např. antioxidantů (Williams, 2010).

3.2.2 Charakteristika bílkovin

Bílkoviny (proteiny) jsou makromolekulární látky, které patří spolu se sacharidy a tuky k základním stavebním kamenům jídelníčku. Pokud se spojí více než stovka stavebních kamenů, tzv. aminokyselin, vytvoří samostatnou bílkovinu. Aminokyseliny jsou živiny složené z kyslíku, vodíku a uhlíku. Bílkoviny se od sacharidů a tuků liší tím, že navíc ještě obsahují prvky dusíku a síry.

Tkáňové bílkoviny jsou z aminokyselin stavěny podle specifického genetického kódu, kdy se AK chemicky řetězí podle toho, jak se aktivují nebo dezaktivují geny, a tím se vytvářejí konkrétní bílkoviny, typické pro určité tkáně. V našem těle se vyskytuje přes deset tisíc rozdílných bílkovin (Mann and Truswell, 2002).

3.2.3 Funkce bílkovin

Bílkoviny zabezpečují enzymovou katalýzu, tu mají na starosti bílkoviny s možností vytvoření specifického aktivního místa, kam se naváže substrát katalyzované reakce. Zajišťují pohyb svalové tkáně na buněčné úrovni. Vytváří strukturu buněk a tkání. Transportují látky,

např. transport kyslíku a oxidu uhličitého pomocí hemoglobinu, transport mastných kyselin na vazbě na albumin, některých lipidů v lipoproteinech, transport železa v transferinu, ukládání železa ve feritinu a transport látek přes membrány. Zajišťují transformaci chemické energie na mechanickou nebo světelné na energii nervového impulsu (rhodopsin). Regulují metabolické procesy, jelikož většina hormonů jsou bílkoviny. Zajišťují vznik a přenos nervového vzruchu, obrannou a výživovou funkci organismu (Mann and Truswell, 2002).

3.2.4 Struktura bílkovin

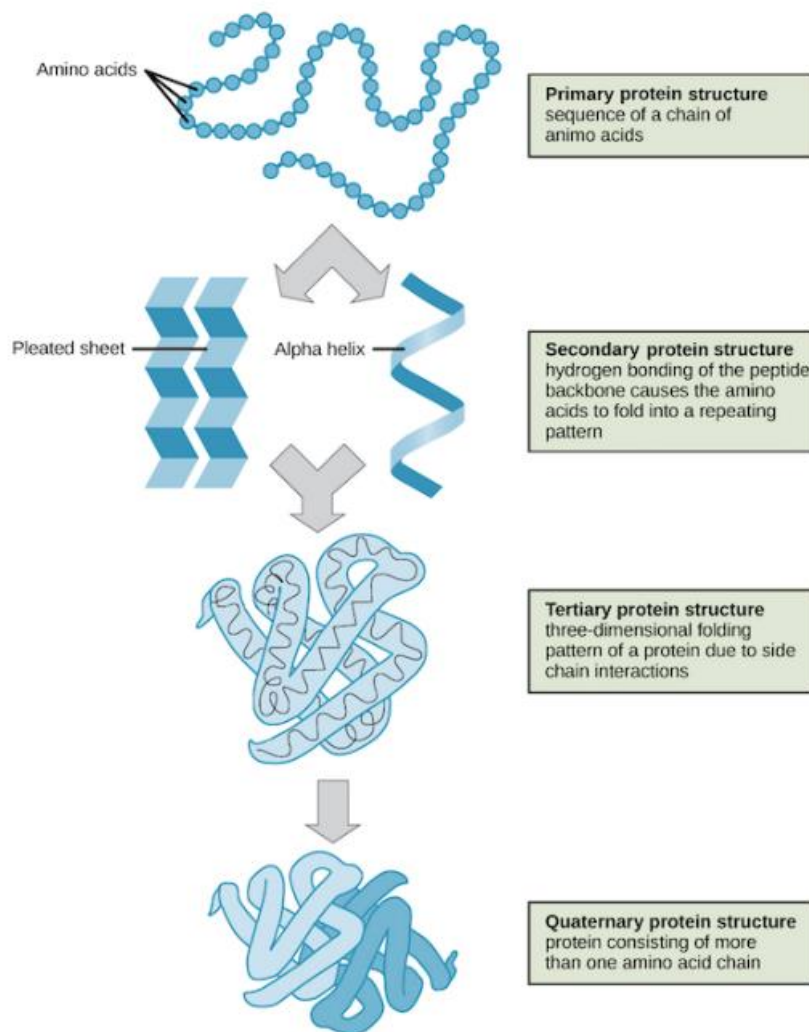
Typická struktura bílkovin je tvořena jedním polypeptidovým řetězcem složeným asi ze sta aminokyselinových zbytků. Funkce je neoddělitelně spojena s jejich strukturou. Jejich strukturu popisujeme z hlediska čtyř úrovní organizace a pro lepší představu je přiložen Obrázek 1 pod kapitolou.

Primární struktura je dána pořadím AK jejich polypeptidového řetězce. Jde o přesný sled AK v řetězci, syntetizovaný podle genetického kódu. Vytváří základní předpoklad pro vznik prostorového uspořádání celé makromolekuly.

Sekundární struktura je prostorové uspořádání v určitém místě hlavního polypeptidového řetězce bez ohledu na postranní řetězce. Vzniká v důsledku možnosti utvořit uvnitř řetězce vodíkové můstky mezi vodíkem na dusík peptidové vazby a kyslíkem karbonylovém zbytku. Strukturně nejstálější je pravotočivá šroubovice. Velké množství proteinů má ve své molekule ještě strukturu skládaného listu a jsou o to pevnější.

Terciární struktura je trojrozměrná struktura celého polypeptidu. Je tvořena vzájemným přitahováním a odpuzováním polárních a nepolárních částí AK zbytků na různých místech řetězce, což vede k zprohýbání celé molekuly. Zvláště významné jsou disulfidové můstky vzniklé oxidací – SH skupin cysteinu.

Kvartérní struktura proteinů se vztahuje k prostorovému uspořádání jejich podjednotek. Je tvořena vodíkovými vazbami, elektrostatickými a hydrofobními interakcemi mezi zbytky aminokyselin, které jsou na povrchu podjednotek (Medeiros and Wildman, 2012).



Obrázek 1 - Základní proteinové struktury dostupné z

<https://www.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/proteins-and-amino-acids/a/orders-of-protein-structure>.

3.2.5 Aminokyseliny

Všechny bílkoviny se skládají z aminokyselin. Jsou to molekuly složené z uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku a občas i síry. Na jednom konci je tvořena aminovou skupinou a na druhém kyselá karboxylová skupina, proto název aminokyseliny. Jsou metabolizovány v játrech. Při jejich transformaci v játrech je dusík zakomponován do DNA, RNA nebo neesenciální aminokyseliny. Různorodost pořadí, v jakém jsou AK v řetězci pospojovány, jim dává specifické vlastnosti (Wildman and Miller, 2004).

Tělo člověka obsahuje 20 druhů AK, které vytváří různě dlouhé řetězce, peptidy. Jedenáct AK tělo vytváří samo, ostatních devět musí být dodáno potravou. Ty označujeme jako

esenciální. K základním AK patří glycin, alanin, valin, leucin, izoleucin, kyselina asparagová, asparagin, kyselina glutamová, glutamin, arginin, lysin, histidin, fenylalanin, serin, threonin, tyrozin, tryptofan, methionin, cystein a prolin. Přičemž esenciální (nezbytné) jsou větvené aminokyseliny valin, leucin, izoleucin, známé pod pojmem BCAA a dále pak methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a lysin. Esencialita histidinu není jasně prokázána u osob starších jednoho roku. Zvláštní skupinou jsou AK semiesenciální, kam patří arginin a právě histidin, ty si tělo dokáže vyrobit, ale pouze v nedostatečné míře (Clark, 2014; Medeiros and Wildman, 2012).

Sedmdesátikilový sportovec má obvykle tělesný obsah AK okolo 12 kg. Svalstvo tvoří zhruba 45 – 50 % celkové tělesné hmotnosti a obsahuje přibližně sedm kg bílkovin, převážně ve formě kontraktilních myofibril. Asi 120 g volných AK se nachází intracelulárně v kosterním svalstvu a pouze pět g je v krevním oběhu. Proteiny se neustále odbourávají a znovu syntetizují. Denní obrát AMK činí cca 300 g/den. Glutamin a alanin jsou dvě nejhojněji zastoupené aminokyseliny v lidském těle (Maughan, 2000).

3.2.6 Peptidy

Jako peptidy jsou označovány sloučeniny vzniklé spojením několika AK peptidovou vazbou. Dělíme je podle množství AK, z nichž jsou složeny. Peptidy obsahující do deseti AK se nazývají oligopeptidy. Látky, u nichž se projevuje polymerní charakter, se nazývají polypeptidy. Polypeptidy o vysoké molekulové hmotnosti se nazývají bílkoviny. Peptidy bývají organismem syntetizovány jako neaktivní prekurzory, které se pak na místě působení mění na aktivní formu určitou chemickou změnou (Mandelová a Hrnčířiková, 2007).

3.2.7 Dusíková bilance bílkovin

Pojmem dusíková bilance bílkovin rozumíme rozdíl mezi množstvím dusíku přijatého potravou v bílkovinách a vyloučeného močí a stolicí především ve formě močoviny. Je tedy měřítkem čistého stavu metabolismu bílkovin. Využívána především ke sledování změn v nutriční terapii. Počítá s tím, že je téměř všechný dusík zapojen do bílkovin. Jelikož průměrná bílkovina obsahuje 16 % dusíku, platí, že dusík (g) = bílkovina (g) / 6,25 (Konopka, 2004).

Pokud je příjem dusíku dostatečný pro náhradu endogenních dusíkových ztrát a pro růst vlasů a nehtů, je člověk v dusíkové rovnováze. Když je vyšší dusíkový výdej než příjem, hovoříme o pozitivní dusíkové bilanci. K tomu dojde během růstu, pozdního těhotenství či během tréninku a zotavování se z nemoci. Pokud výdej převyšuje příjem, bilance se nazývá

negativní. Pokud tento stav přetrvává, výsledné vyčerpání bílkovin má nepříznivý vliv na všechny orgánové soustavy. Nastávají průkazné disproporce mezi potřebou organismu (anabolické a proteosyntetické procesy, obnova krvinek) a jeho limitovanými možnostmi (Mach a Borkovec, 2013; Vilikus, 2015).

Obsah dusíku v proteinech se také nepatrně liší např. u želatiny je to 18 %, u mléka 15,7 %, v obilovinách 17,2 % a v mase a vejcích 16 %. Denní potřeba dusíku je 50 gramů (Mach a Borkovec, 2013; Vilikus, 2015).

3.2.8 Trávení bílkovin

Trávení bílkovin odstartuje kyselina chlorovodíková v žaludku, kde aktivuje tři pepsinogeny na osm různých pepsinů, které štěpí peptidové vazby proteinů při pH okolo dva až pět. Pepsiny jsou dále inaktivovány v neutrálním prostředí tenkého střeva, hlavním místě trávení bílkovin. Trávení zde pomáhají střevní šťáva a pankreatická šťáva. Z enzymů pankreatické šťávy se na rozkladu bílkovin podílí především enzymy trypsin a chymotrypsin, které rozštěpí proteiny na polypeptidy. Trypsin aktivuje elastázu, která následně štěpí AK s nejnižší molekulovou hmotností, tj. peptidové vazby glycinu, alaninu a serinu. Po štěpení bílkovin v procesu trávení se začnou štěpit polypeptidy, a to prostřednictvím peptidázy. Trypsin také aktivuje pro-karboxyperoxidázu na karboxypeptidázu, jejímž účinkem se z polypeptidů stávají nižší peptidy a volné AK. Trávení bílkovin ukončuje aminopeptidáza ve střevní šťávě a současně práce mikroklků a slizničních buněk. AK se dostávají pomocí střevního kartáčového lemu portální žilou do jater. Zde se také mohou ukládat v aminokyselinovém poolu (Mourek, 2012; Gibson, 2005).

Nestrávené bílkoviny v tenkém střevě podléhají bakteriálnímu rozkladu ve střevě tlustém. Z AK vznikne směs těkavých mastných kyselin, dusík se uvolní jako amoniak. Amoniak je v játrech detoxikován a přeměněn na močovinu nebo je jinou reakcí vytvořen glutamin a glutamát. Glutamin není odpadním produktem jako močovina, ale je využit bakteriemi tlustého střeva pro tvorbu vlastních bílkovin. Tato reakce je vhodnější, jelikož méně zatěžuje játra (Gibson, 2005).

3.2.9 Vstřebávání bílkovin

Potraviny z hlediska skladby a množství bílkovin by měly být konzumovány tak, aby tělo přijalo nezbytnou denní dávku esenciálních AK. Oproti tukům a sacharidům, které tělo pro pozdější využití dokáže uskladňovat v podobě triglyceridů nebo glykogenu, AK netvoří zásobní

formu. Proto je tak důležité přijímat co nejkvalitnější bílkoviny na každodenní bázi (Pánek a kol., 2002).

Uvolněné AK se mohou přeměnit na glukózu nebo na triglycerid a uskladnit jako tělesný tuk. Dále se mohou AK uvolnit do krevního řečiště jako bílkovinná krevní plazma nebo jako volné AK, které jsou využity na energii. Nejčastěji jsou AK v organismu využity jako stavební kámen při tvorbě svalové tkáně či na opravu (regeneraci) svalových vláken (Mann and Truswell, 2002).

Molekuly bílkovin jsou příliš velké, aby mohly přestupovat do krve přes střevní stěnu. Poté, co jsou bílkoviny přijaty stravou, jsou rozloženy na jednotlivé AK, a ty jsou vstřebány do krevního řečiště. Většina z nich je dopravena do tkání, kde jsou využity pro opravu či budování svalové hmoty, formování kostí, tvorby nových krevních buněk, růstu vlasů či nehtů (Mourek, 2012).

Odhaduje se, že člověk denně odbourá proteolýzou okolo 0,3 – 0,5 kg bílkovin na AK. Zároveň se přibližně stejné množství AK zabuduje do bílkovin proteosyntézou. Proteiny mají poměrně krátkou životnost, poločas životnosti bývá dva až osm dní. Krátkou životnost mají enzymy intermediárního metabolismu, naproti tomu strukturní proteiny jako histony a hemoglobin mají životnost velmi dlouhou. Například inzulin se obmění během šesti až devíti minut, svalová bílkovina za 180 dní, srdeční za 30 dní, jaterní za 10 dní. Průměrná doba je asi 80 dní (Koolman a Röhm, 2012).

Energetická výtěžnost bílkovin se pohybuje v rozmezí od 16,9 – 17,5 kJ/g (tj. 4 kcal) podle obsahu bílkovin ve stravě a intenzity fyzické zátěže. Stejnou hodnotu mají sacharidy a u tuků činí v průměru 38,9 kJ/g. Výživová doporučení udávají, že by měl být celkový energetický příjem hrazen nejméně z 55 % sacharidy, maximálně z 30 % tuky a zbytek energie z bílkovin (10 – 15 %). Příjem živočišných bílkovin by měl být vyšší než rostlinných, zhruba 1 – 1,5 : 1 (v redukční dietě více rostlinných kvůli tukům) (Clark, 2014).

3.2.10 Aminokyselinový pool

Aminokyseliny vzniklé trávením přijatých bílkovin jsou absorbovány a dočasně uskladněny v aminokyselinovém poolu, rezervoáru. V těle jde o zhruba 100 – 120 g AK. Buď jsou v omezeném čase využity k vybudování tělesného proteinu, nebo jsou transformovány. Tělo je vybaveno na jejich konfiguraci zpět na glukózu a ta se potom uplatní jako zdroj energie

nebo se dále přemění na tuk (Koolman a Röhm, 2012; Fryan, 2010).

3.2.11 Denaturace

Jedná se o změnu terciální struktury proteinů. K denaturaci dochází vlivem zvýšené teploty při záhřevu pokrmů nebo při mrazírenském skladování vlivem teplot nízkých. Primární struktura zůstane zachována. Změny konformace proteinu bývají většinou nevratné, ireverzibilní. Dochází ke ztrátě biologické aktivity a původní funkci proteinu. Z výživového hlediska je denaturace považována za žádoucí, jelikož je zlepšena stravitelnost proteinů, zvláště u sóji, podzemnice a jiných luštěnin. Navíc denaturací došlo k poškození nežádoucích mikroorganismů, antinutričních a toxických látek, enzymů. Silná denaturace může mít ovšem také škodlivý vliv, zejména při záhřevu nadměrném. Ten bývá doprovázen různými reakcemi, např. vznik enzymorezistentních komplexů, které snižují využitelnost proteinu. Největší pozornost je však věnována reakcím Maillardovým. Jde o nejrozšířenější chemické reakce probíhající během skladování a zpracování potravin, kdy reagují redukující cukry s různými AK. Mezi žádoucí vlivy těchto reakcí patří změna barvy, vůně a chuti zpracovávané suroviny. Příkladem je například vznik chlebové kůrky. Maillardovy reakce mohou mít současně negativní důsledky, a to snížení nutriční hodnoty potravin či tvorbu mutagenů. Typickým příkladem technologie, jenž se projevuje negativně, je sušení. Změny v koncentracích proteinů ve vybraných potravinách nám naznačuje Tabulka 1 (Medeiros and Wildman, 2012).

Tabulka 1 - Koncentrace bílkovin ve vybraných syrových a upravených potravinách (%) (Medeiros and Wildman, 2012).

Potravina	Upravená	Syrová
Hovězí (libové) maso	36,8 (vařené)	21,4
Rybí maso	31,8 (smažené)	20,0
Pšeničná mouka	12,0 (bílý chléb)	11,0
Vejce (slepičí)	11,3 (vařené na tvrdo)	11,3
Čočka	7,1 (vařená)	23,7
Fazole	6,2 (vařené)	22,0
Kukuřice	4,2 (tortilla)	9,4
Rýže	2,5 (uvařená)	7,2
Brambory bez slupky	1,1 (vařené)	1,8

3.2.12 Limitující aminokyseliny

Limitující aminokyselinou se může stát jakákoliv esenciální AK, pokud není její zastoupení ve stravě dostatečné. Nejčastěji to bývá lysin, kterého je málo v obilovinách a methionin, který je méně zastoupen v luštěninách, kravském mléce a syrovátce (Fryan, 2010).

V odborné literatuře je běžně známo několik takzvaných „aminokyselinových zákonů“, z nichž nejznámější je Rubnerův zákon limitující aminokyseliny. Ten tvrdí, že využití AK z přijatých bílkovin závisí na obsahu nejméně zastoupené esenciální AK. Dále Wolfův zákon nadbytku esenciálních aminokyselin, který říká, že AK ve velkém nadbytku (více než čtyřikrát) porušuje metabolismus ostatních AK, a zesiluje projev limitující AK. Podle Harperovy imbalance zesiluje limitující projevy AK zvýšený příjem jednotlivých AK při současném velmi nízkém přívodu proteinů (Kleiner a Greenwood-Robinson, 2015; Fryan, 2010).

3.2.13 Poruchy metabolismu aminokyselin

Vyskytují se vady, které brání přirozenému metabolismu aminokyselin. Nejčastěji se vyskytují choroby fenylketonurie, kdy chybí enzym fenylalaninhydroxyláza. Fenylalanin se nemůže dobře odbourávat a hromadí se spolu s fenylpyruvátém a fenyllaktátem, které mohou způsobovat poruchy centrální nervové soustavy. Další poruchou je homocystinurie způsobená nedostatkem enzymu cystathioninsyntházy. Enzym katalyzující tvorbu cystathionu z homocysteinu a serinu. Jde o poruchu transmethylace, kdy nastávají poruchy nervového systému (Koolman a Röhm, 2012).

U nás je poměrně rozšířená i intolerance k lepku. Lepek (neboli gluten) je všeobecný název pro skupinu složitých a téměř nestravitelných glykoproteinů, jejichž stravitelnost se dá pozitivně ovlivnit tepelnou úpravou. Vyskytují se ve většině rostlin z rodu lipnicovitých. Společně se škrobem se nacházejí v endospermu semen obilnin, především pšenice, žita a ječmene. U pšenice představuje až 80 % z bílkovinného obsahu. Pšeničný α -gliadin a další prolaminy způsobují aktivaci procesu, kdy lidské tělo produkuje látku zvanou zonulin v tenkém střevě. Zonulin uvolňuje vazby mezi buňkami epitelu tenkého střeva a způsobuje jeho propustnost pro velké bloky peptidů. Tyto při průniku do krevního řečiště způsobují přetížení imunitního systému a autoimunitní útočení na vlastní orgány s podobnými peptidy na jejich buněčném povrchu. Leukocyty produkují hustou hlenovitou látku a výsledkem je prakticky nestravitelné proteinové pojivo (Pánek a kol., 2002).

3.2.14 Kvalita bílkovin

Různé druhy proteinů nejsou stejně kvalitní a efektivní. Bílkoviny se porovnávají mezi sebou v závislosti na jejich vstřebatelnosti, resp. podle toho, jak tělo zásobují esenciálními AK. Analýzy stanovují tzv. index PER – Protein Efficiency Ratio, index AAS – Amino Acid Score nebo BV – Biological Value a další. Všechny tyto ukazatele vyjadřují schopnost jednotlivé potraviny dodat tělu komplexní bílkoviny, které se co nejlépe vstřebají a jsou efektivně využity. Obecně živočišné zdroje vykazují vyšší skóre vstřebatelnosti než zdroje rostlinné, ovšem s výjimkou sóji (Mach a Borkovec, 2013).

3.2.14.1 Analýzy kvality bílkovin

PER = Bílkovinný produkční poměr = podíl přírůstku tělesné hmotnosti a hmotnosti přijaté bílkoviny. Jde tedy o účinnost bílkovin měřené váhovým přírůstkem laboratorních myší. U kaseinu jde o hodnoty okolo 2,5, u vajec 3,9, u sójových bobů 2,3 a oříšky mají hodnotu 1,7 (Mach a Borkovec, 2013).

BV = Biologická hodnota bílkovin = podíl retinovaného (zadržovaného a vstřebeného) a do svalů absorbovaného bílkovinného dusíku (hodnoty méně či rovno 100 %). Jde tedy o množství gramů vytvořené lidské bílkoviny ze 100 g přijaté. Čím vyšší je biologická hodnota bílkovin, tím méně jich tedy tělo potřebuje k udržení vyrovnané bílkovinné bilanci. Z tohoto pohledu jsou pro člověka hodnotnější bílkoviny z živočišných zdrojů (Mach a Borkovec, 2013).

AAS = Aminokyselinové skóre (dříve označované jako chemické skóre, Chemical Score, CS) = podíl obsahu dané esenciální AK v testovaném proteinu a obsahu té samé AK ve standardním proteinu vynásobené stem, vyjde v %. Počítá se pro každou AK zvlášť. Esenciální AK s nejnižší hodnotou kritéria AAS určuje právě limitující AK. Stoprocentní skóre má například vaječná bílkovina, u kaseinu je hodnota AAS 95, u hovězího 69, kukuřice 49 a u sójových bobů 47 (Medeiros and Wildman, 2012).

PDCAAS (Protein Digestibility - Corrected Amino Acid Score, Skóre stravitelnosti proteinu) = udává stravitelnost bílkovin podle aminokyselinového složení. Vypočteme vynásobením AAS a skutečnou stravitelností (SS). Nejvyšší hodnota 1 (nebo 100 %) znamená, že jsou po strávení proteinu přítomny veškeré esenciální AK. Skutečná stravitelnost například vaječného bílku má hodnotu 97 %, mléka, hovězího a rybího masa 95 %, kukuřice 85 % a fazole mají hodnotu SS 69 % (Caballero *et al.*, 2005).

EAAI (Essential Amino Acid Score, Index esenciálních aminokyselin) = geometrický průměr procentických obsahů esenciálních AK v posuzované bílkovině ve vztahu k AK vaječné bílkoviny. Je přesnější než AAS (Caballero *et al.*, 2005).

NPU (Nett Protein Utilization, Netto (čisté) využití proteinu) = podíl retinovaného a organismem přijatého bílkovinného dusíku (hodnoty menší či rovno 100). BV vejce je 100 %, ale NPU je 94 %. Například u arašídů je BV i NPU stejné, a to 55 % (Caballero *et al.*, 2005).

NDPV (Nett Dietary Protein Value, Netto výživová hodnota proteinu) = násobek NPU, množství stanoveného dusíku v bílkovině a daného koeficientu (konkrétně pro obsah dusíku 16 % je koeficient 6,25 (Medeiros and Wildman, 2012).

3.2.14.2 Jak rozlišit kvalitní a méně kvalitní bílkoviny

Bílkoviny jsou komplexní (plnohodnotné) a nekomplexní. Rozdělují se podle toho, zda obsahují všechny esenciální AK nezbytné k výstavbě nových svalových vláken a k regeneraci svalu. Pokud obsahují všechny takové AK, nazýváme je komplexními. Živočišné zdroje, jako je červené maso, drůbež, ryby a mléčné výrobky, jsou plnohodnotné. Jiné zdroje obvykle postrádají jednu a více esenciálních AK, např. obiloviny, ovoce, zelenina, ořechy. Výjimkou je však luštěnina sója, jenž obsahuje všechny esenciální AK (Mach a Borkovec, 2013).

Aby si tělo mohlo samo vytvořit komplexní bílkovinu, mělo by dostat dvě či více nekomplexních rostlinných bílkovin, lišících se svým složením tak, aby se mohly chemicky doplňovat. Jejich zdrojem může být rýže, luštěniny, mléko, cereálie nebo kukuřice. Není třeba kombinovat potraviny v rámci jednoho denního jídla, jak se dříve předpokládalo. Pokud jsou všechny esenciální AK přijaty v horizontu 24 hodin, tělo si bude dle potřeby brát AK z poolu k tvorbě strukturních nebo funkčních proteinů. Proto by ani sportující vegetariáni nemuseli být z hlediska tvorby svalové hmoty příliš hendikepováni. Luštěniny jsou chudé na methionin, v želatině zcela chybí tryptofan a chléb nebo rýže mají zase málo lysinu. Aby byly využity ve prospěch svalové tkáně a nespálily se na energii, je třeba kombinovat např. obiloviny s luštěninami, luštěniny s ořechy, obiloviny a mléčné výrobky nebo například želatinu s mléčnými výrobky (Wildman and Miller, 2004; Mann and Truswell, 2002).

Rostlinné bílkoviny tedy nejsou o nic horší či lepší než živočišné, pokud je dokážeme vhodně mixovat. Všechny AK mají svůj prapůvod v rostlinách, resp. v bakteriích. Jako součást krmiv hospodářských zvířat (seno, jádro) přecházejí do jejich svalů a odtud v podobě jatečného

masa či mléka do trávicího systému člověka. Kvalita bílkovin, které přijímáme ve stravě, záleží tedy pouze na jejich AK složení (Wildman and Miller, 2004).

3.3 Sport a bílkoviny

3.3.1 Metabolismus bílkovin během zatížení

Pravidelné cvičení má vliv na metabolismus bílkovin v organismu. Změny způsobené pravidelným cvičením jsou selektivní v závislosti na typu tréninku. Cvičení má rovněž řadu okamžitých účinků na metabolismus proteinů a reakce svalu na náhlou velkou zátěž je v mnoha pohledech podobná reakci na infekci nebo zranění. Vyrvalostním tréninkem neroste svalová hmota, dochází ke zmenšení svalových vláken a ke strukturální změně buněčných membrán a mitochondrií. Také se zvyšuje obsah mitochondriálních proteinů, které jsou zapojeny do oxidativního metabolismu. Silovým tréninkem se naopak zvětšuje objem svalové hmoty. Ve svalu jsou dva hlavní druhy proteinu, aktin a myozin. Posilováním se zvyšuje jejich množství ve svalu, tím se zvětšuje obsah průřezu svalu, svalová kontrakce je silnější a dochází k navýšení svalové síly (Vilikus, 2015).

3.3.2 Denní příjem bílkovin

Potřeba bílkovin je definována jako množství bílkovin přijímané stravou, které kryje ztráty dusíku z těla při střední úrovni fyzické a psychické aktivity, udržení energetické rovnováhy, metabolické homeostázy a regulačních mechanismů. Růstová potřeba bílkovin činí přibližně 1 g bílkovin na vytvoření 5 g aktivní biomasy (1 g dusíku na vytvoření 33 g akt. biomasy), minimální potřeba příjmu je 0,6 g bílkovin na 1 kg hmotnosti (vystačí 60 % populace). Navýšení této hodnoty o 25 %, tj. na 0,75 g/kg představuje bezpečné množství pro 97,5 % populace. Dusíkové minimum je 50 – 54 mg dusíku na kg hmotnosti. Roli hraje i celkové složení stravy (vyšší podíl sacharidů potřebu bílkovin snižuje) (Koolman a Röhm, 2012).

Potřebu příjmu bílkovin konkrétního člověka ovlivňuje velikost aktivní tělesné hmoty, rychlost metabolismu, zdravotní stav, potřeba pro růst (příp. pro těhotenství, kojení), pohlaví, velikost fyzické zátěže, složení stravy, biologická hodnota bílkovin. Je třeba vzít v úvahu i typ a intenzitu tréninku, jeho délku, frekvenci, úroveň kondice a hmotnost, nikoli procentním podílem celkového kalorického příjmu (Vilikus, 2015).

Doporučený denní příjem bílkovin stanoví v jednotlivých zemích národní zdravotnické orgány, u nás Ministerstvo zdravotnictví ČR. Jeho doporučení jsou založena na potřebách průměrného obyvatele ČR, nikoliv aktivního sportovce. Denní dávka je odvozena od průměrné tělesné hmotnosti dospělé ženy a muže. Doporučuje se příjem 10 – 35 % bílkovin z celkové

energie ze stravy přijaté za den. Toto širší rozpětí potvrzuje neexistenci obecné pevné hranice denního příjmu bílkovin. Dle Clarkové (2014) by mělo si 15 % z celkového příjmu energie pocházet z potravin bohatých na bílkoviny.

Podle Světové zdravotnické organizace (WHO, World Health Organization) je průměrná potřeba vysoce kvalitních bílkovin se stravitelností nad 95 % včetně (mezi něž patří vejce, mléko, maso, ryby) pro dospělého člověka 0,6 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti za den. Sportovci, kteří přijmou 3000 a více kcal (tedy přes 12 MJ) energie denně, mohou z bílkovin získávat relativně méně energie, aby pokryli potřebu bílkovin jako stavebních látek. Není možné určit paušální hodnotu denního příjmu bílkovin pro sportovce. V řadě publikací uváděná hodnota denní doporučené dávky příjmu bílkovin 0,6 – 0,8 g je však pro většinu sportovně aktivní populace nedostatečná. Nároky výkonnostních sportovců, zejména v silověji zaměřených sportech, jsou vyšší (Koolman a Röhm, 2012; Mourek a kol., 2013).

Výsledné doporučení se zakládá na potřebě specifických esenciálních AK. Například rozvětvenou AK leucin tělo během tréninku využívá i jako palivo (během dvouhodinového silově vytrvalostního tréninku při 50 % maximálního využití kyslíku lze spálit až 90 % celkové doporučené denní dávky leucinu). S rostoucí délkou a intenzitou tréninku roste i potřeba bílkovin. Využití bílkovin se liší podle zaměření tréninku. Na začátku tréninkového cyklu (období trvající zhruba dva až tři týdny) tělo využívá největší množství dodaných bílkovin, ale jakmile si organismus zvykne na nový režim zátěže, stačí mu již menší dávky (Williams, 2010).

Při hubnutí (při kombinaci cvičení a diety) by dávka bílkovin měla být v poměru k přijímaným tukům a sacharidům vyšší z toho důvodu, že je žádoucí předcházet přeměně svalových bílkovin na energii. Z toho důvodu lze přijmout až 3,2 g na kilogram váhy. Jen vysoce kvalitní bílkoviny zaručí udržení svalové hmoty a zároveň ustálení metabolismu na zvýšených obrátkách (Kleiner and Greenwood-Robinson, 2015).

Gibney *et al.* (2012) i Konopka (2004) doporučují 1,2 – 1,4 g bílkovin na kilogram hmotnosti za den při tělesné zátěži aerobního charakteru, u posilujících by měl být denní příjem bílkovin zvýšen na 1,6 – 1,7 g/kg. Pro příjem bílkovin však nelze uplatnit pravidlo „čím více, tím lépe“. Zdá se, že maximální dávka bílkovin, kterou je tělo schopno zužitkovat, se pohybuje podle Macha a Borkovce (2013) okolo 2,2 g bílkovin na kilogram hmotnosti denně, to je údaj zajímavý pro sportovce zabývající se čistě silovými sporty na vysoké úrovni. Vilikus (2015) uvádí, že u kondičních a výkonnostních silových sportovců by měla běžná strava zajišťovat

přísun okolo 1,2 g bílkovin na kilogram hmotnosti. Skolnik a Chernus (2011) udávají hodnoty příjmu bílkovin přímo u skokanů - 1,2 – 1,7 g/kg (sacharidů 5 – 8 g/kg a tuků 1,0 g/kg a více, pokud je nutné uhradit vyšší potřebu kalorií). Za horní dávku pro skokany se považuje rozmezí 1,8 – 2 g/kg. Neúměrně vysoké množství může vést k nárůstu tělesné váhy v podobě tukové tkáně, může negativně zasáhnout do rovnováhy živin v těle či zvyšovat zatížení ledvin, které se musí zbavovat nadbytečných dusíkatých látek z bílkovin. Bílkoviny také zatěžují játra, zpomaluje se regenerace a zvyšuje se vylučování vápníku (Skolnik a Chernus, 2011). Spillane and Willoughby (2016) zjistili, že nadhraniční denní příjem proteinů po dobu osmi týdnů ve spojení s tréninkem nezlepší tělesné složení ani nezvýší svalový výkon. Doporučená denní dávka podle Maughan and Burke (2011) je naznačena v Tabulce 2, kde jsou zmíněné doporučené hodnoty pro různé populační skupiny, nicméně jak je naznačeno výše v textu, hodnoty v odborné literatuře se drobně liší.

Tabulka 2 - Doporučené denní dávkování (g/kg/den) podle Maughan and Burke (2011).

Nesportovci		Sportovci	
Děti	1,0	Rekreační	1,0
Adolescenti	1,5	Kondiční vytrvalci	1,2
Dospělí	0,8	Vrcholoví vytrvalci	1,6
Těhotné ženy	1,6	Silový sportovci	1,4
Kojící ženy	2,0	Kulturisté, vegetariáni	1,8

3.3.3 Extrémy v přísunu bílkovin

Nadhraniční přísun bílkovin má svá negativa. Patří mezi ně porucha funkce ledvin a jater. Proto se při zvýšeném příjmu bílkovin doporučuje i vyšší příjem tekutin, aby mohl být dusík odstraněn z těla. Může dojít též ke vzestupu krevního tlaku, zvýšení tvorby tuku, pravděpodobně zvýšení i tvorby nádorů, zpomalení procesu regenerace po zátěži, zvýšení rizika poškození ledvin. Akumulace močoviny v plazmě má vliv na centrální nervový systém, rozvoj metabolické acidózy, odčerpávání některých vitamínů a minerálů (vitaminy skupiny B, Ca, Zn) z organismu, rozvoj hnilobných mikroorganismů v tlustém střevě. Vyšší než nutný příjem bílkovin vede k rozkladu nadbytečných a nevyužitých AK až na amoniak (čpavek), močovinu a kreatinin, které jsou pak vyloučeny močí. Amoniak je pro tělo toxický, může dojít k poškození ledvin či vzniku nádorů. Účinným pomocníkem je AK glutamin (Pánek a kol., 2002).

Naopak nedostatek bílkovin je nebezpečný především pro narušení imunitních procesů, růstu či obnovy buněk a tkání. Dochází k poškození syntézy a funkce enzymů, k ovlivnění hormonální činnosti, narušení spermatogeneze, snížení odolnosti proti infekcím, zhoršuje se hojení ran, snižuje se detoxikační schopnost jater. Mohou vznikat i duševní poruchy, zpomaluje se vývin kosterního svalstva důležitý u dětí (Clark, 2014).

3.3.4 Časování příjmu bílkovin v jednotlivých fázích tréninku

Správné načasování stravy je jedním z nástrojů, jak optimalizovat tréninkový a výživový program. Je to poměrně zrádná a složitá problematika. Jedná se o pravidelné přijímání vhodného množství vhodných živin ve vhodný čas. Cílem je dosáhnout správné efektivní regenerace, jejíž urychlení znamená větší přírůstky svalové hmoty, zvýšení výkonnosti, maximalizování tréninkového efektu, urychlení spalování tuků a správné funkce imunitního systému, k jehož potlačení dochází po intenzivním tréninku. Po namáhavém dlouhodobém cvičení jsou ve svazech vyčerpané zásoby glykogenu, snižuje se krevní zásobení řady imunitních buněk a je tak umožněna invaze virů. Navíc cvičení ve stavu sacharidového nedostatku zapříčiňuje vyplavení stresových hormonů a rozvoj dalších zánětlivých faktorů (Skolnik a Chernus, 2011).

Siloví sportovci by měli mít během celého tréninku dostatek svalového glykogenu, nepotřebují ho však tolik, jako sportovci vytrvalostní. Jeden silový trénink vyčerpá zásoby glykogenu z 30 – 40 %. Rozumná konzumace kombinace sacharidů a bílkovin před tréninkem je dobrým způsobem, jak zefektivnit a urychlit anabolické procesy. Poměr bílkovin a cukrů v konkrétním pokrmu se liší tím, čeho chceme konzumací docílit. Konzumace esenciálních AK urychlí anabolismus jak před tréninkem, tak i po něm. Anabolická odezva je však při jejich konzumaci před tréninkem vyšší. Potřeba jejich konzumace před tréninkem je založena na skutečnosti, že při tréninku dochází k vasodilataci (roztažení cév), a tím se do svalové buňky dostane více živin (Clark, 2014).

3.3.4.1 Přípravná fáze

Podle Konopky (2004) by strava v přípravné fázi měla být plnohodnotná se spoustou ovoce a zeleniny, tedy se spoustou antioxidantů, jelikož tělo v těžkém tréninku tvoří množství volných radikálů. Velice záleží na druhu zatížení. Atletický trénink je v tomto velice pestrý a individuální. Při trénincích nižší až střední intenzity (vytrvalostně zaměřené zatížení) je především využit jako zdroj energie metabolismus tuků. U více silově zaměřených tréninků či

tréninků rychlosti by se měl zvýšit příjem bílkovin.

3.3.4.2 Předzávodní fáze

S měnícím se charakterem tréninku se mění i trojpoměr živin. Zde hraje důležitou roli zvýšený příjem bílkovin, jelikož se svaly zachovávají a hubnou se tukové zásoby z předešlé objemové přípravy. Typická nízkoenergetická dieta vede ke ztrátě tělesné hmotnosti, zároveň i ztrátě svalové hmoty. Svalová hmota je významným faktorem ovlivňující bazální metabolismus, a to může ztížit proces předzávodního hubnutí (Havlíčková, 2004).

3.3.4.3 Závodní fáze

Ve fázi těsně před výkonem (závodem), zhruba dva dny, hrají zásadní roli sacharidy, především zásoby glykogenu. Jde o tzv. sacharidovou superkompenzaci. Vhodný je vysoký podíl sacharidů pro zabezpečení optimální hladiny glykémie. V zásadě by každý dobře trénovaný sportovec měl být schopen hradit energii při závodě s co možná nejmenším možným přísunem potravin. Konzumace tuků nebo proteinů není vhodná z důvodu jejich pomalejší stravitelnosti (Clark, 2014).

3.3.4.4 Před tréninkem

Ukázalo se, že je výhodné použít bílkovinný a sacharidový doplněk před tréninkem. Podle Spillane *et al.* (2016) je větší syntéza proteinů, pokud sledované subjekty přijaly doplněk se 6 g volných esenciálních AK a 35 g sacharidů spíše těsně před, než po něm. Částečným důvodem byl fakt, že se rychle vstřebaly do krevního řečiště a při cvičení, kdy nastává větší průtok krve ke svalům, byly aminokyseliny dostávány do svalové tkáně efektivněji, než kdyby byly přijaty po fyzické zátěži. Navíc byla delší inzulinová odezva. Inzulin zabraňuje proteinovému katabolismu, čímž zlepšuje pozitivní dusíkovou bilanci.

3.3.4.5 Během tréninku

Během tréninku je vhodná suplementace sacharidovými nápoji pro doplnění zásob glykogenu. Mach a Borkovec (2013) zaznamenali nárůst proteinové syntézy po přijetí nápoje obsahujícího 10 g bílkovin a 10 g sacharidů jak před tréninkem, tak během něho.

3.3.4.6 Potréninková strava

Regenerační výživa po tréninku je nedílnou součástí výživy. Anabolické prostředí je navozeno signálem vytvořeným cvičením a inzulinem. Přijaté živiny prohloubí pozitivní

dusíkovou bilanci (zadržování bílkovin) a tím i svalový růst, regeneraci a doplnění energie. Okamžitě po tréninku začíná proces obnovy svalových vláken porušených při tréninku. Inzulin tento proces silně stimuluje, protože povzbuzuje vstup glukózy a AK do svalových buněk, čímž zabraňuje jejich rozpadu. Toto vzájemné působení je základem svalové regenerace. Když tělu není dopřána adekvátní strava odpovídající výkonu, tak z tréninku maximum nevytěží. Po skončení silového tréninku je jednoznačně nutný pokrm s převahou bílkovin. Konzumace sacharidovoproteinového koktejlu po tréninku má nejvyšší prioritu. Ideální pro sportovce, který chce současně snížit množství zásobních tuků, je začít s doplňováním energie kvalitním proteinovým koktejlem. 60 – 120 minut po vypití koktejlu by se měl konzumovat pokrm s nízkým glykemickým indexem. Například maso se stejným objemem dušené nebo dvojnásobným objemem čerstvé zeleniny. Zelenina sice způsobuje alkalické reakce a zpomaluje trávení masa, ale pomůže jeho lepšímu zpracování žaludeční kyselinou a pepsinem. Po přechodu do tenkého střeva není obsah tak výrazně kyselý, a tudíž mohou úspěšně pracovat enzymy. Pokud sportovec trpí na překyselení žaludku, je kombinace masa se zeleninou naprostou podmínkou. Pokud má nedostatečnou produkci kyseliny chlorovodíkové nebo i pepsinu, neudělá vám zelenina dobře a maso se vlastně musí jíst samotné. Siloví sportovci krevní skupiny A mají menší schopnost trávit maso. Mohou pomoci speciální směsi enzymů (proteáz), které zajišťují lepší trávení (Svačina, 2008; Clark, 2014).

Výsledky testů, které prováděla Maughan, (2000), ukazují, že po konzumaci proteinovosacharidového suplementu je zvýšená resyntéza svalového glykogenu zvýšeným přestupem glukózy z krve do svalových buněk díky větší inzulinové odezvě. V určitých případech je výhodné odložit resyntézu glykogenu, což umožní vytrvalostní trénink, jenž má být správně proveden s vyčerpanými zásobami glykogenu. Je zde ale větší riziko svalového katabolismu.

3.3.5 Regenerace

Enzymy a hormony, které pomáhají dopravovat živiny do svalů, vykazují největší aktivitu bezprostředně po cvičení. Dodání vhodných živin v tento klíčový čas nastartuje proces regenerace. To je nicméně pouze jeden ze zásadních časů, který pomáhá regeneraci. Kvůli určitým trávicím limitům či omezením se musejí některé živiny, např. proteiny, přijímat spíše průběžně než jen bezprostředně po tréninku, neboť dodávání bílkovin v pravidelných intervalech během dne je pro tělo strategicky mnohem lepší než jejich příjem ve velkém množství v jednom pokrmu. Navíc určitý čas vyžaduje obnova energetických zásob sacharidů

(v podobě glykogenu a glukózy) a náhrada ztracených tekutin (Kleiner a Greenwood-Robinson, 2015).

Svalová tkáň po kvalitním tréninku regeneruje tak, že se strukturální i kontraktilní bílkoviny obnoví na poněkud vyšší úrovni než před tréninkem. Pokud se tento proces opakuje s dostatečnou frekvencí, intenzitou a trváním tréninku, sval nabývá na objemu a tím i na síle (Kleiner a Greenwood-Robinson, 2015).

Správná výživa přináší možnost zvýšení výkonnosti jak s dlouhodobým účinkem, tak vlivem krátkodobých dietních manipulací. Kvalitní strava umožňuje kvalitní trénink. Systematický trénink vrcholového sportovce vyžaduje náležitou regeneraci, jelikož se jedná o činnost mimořádně fyzicky i psychicky náročnou. Energetický výdej je běžně pět až desetkrát vyšší v porovnání s rekreačním sportovcem. Profesionální sport si žádá špičkovou výkonnost a zároveň její udržení (Mandelová a Hrnčířiková, 2007).

Dnes se regenerace stává nedílnou součástí výživy ve snaze dosáhnout lepších a lepších výkonů sportovců. Velký energetický výdej sportovce klade neobvyklé požadavky na jeho výživu. Nastává problém v udržení rovnováhy mezi potřebným energetickým příjmem a výdejem. Cílem správné sportovní výživy je umožnit a podpořit optimální rozvoj fyzické zdatnosti, docílit zvýšení výkonnosti přirozeným a zdravím nepoškozujícím způsobem, urychlit regeneraci sportovce a v neposlední řadě udržet dobrý zdravotní stav jedince. Pro dosažení optimálního výkonu je třeba dosáhnout vyváženosti základních živin v potravě (Mann and Truswell, 2002).

3.3.6 Přirozené zdroje bílkovin

Obecně platí, že jsou kvalitnějšími zdroji bílkovin zdroje živočišné než rostlinné. Stravitelnost živočišných bílkovin se nejběžněji pohybuje v rozmezí od 95 do 98 %, u rostlinných jsou tyto hodnoty nižší. Zde jsou hodnoty stravitelnosti mezi 70 a 85 % (Caballero *et al.*, 2005). V Tabulce 3 jsou porovnány obsahy esenciálních AK v různých zdrojích bílkovin dle Havlíka a Marounka (2012).

Tabulka 3 - Obsah esenciálních AK (mg/g čisté bílkoviny) dle Havlíka a Marounka (2012).

Aminokyselina	Kasein	Hovězí maso	Vaječný bílek	Sójová bílkovina	Pšeničná mouka
Threonin	46,6	42,1	46,8	38,4	29,3
Methionin + cystein	34,9	32,7	66,4	13,8	38,7
Valin	68,5	45,4	67,8	49,1	42,7
Leucin	101,6	77,5	87,6	85,1	68,5
Izoleucin	53,6	41,8	52,8	47,1	33,4
Fenylalanin + tyrosin	125,4	70,2	90,8	96,6	77,8
Histidin	29,7	32,0	22,5	25,4	21,9
Lysin	84,4	79,4	69,8	63,4	26,6
Tryptofan	13,1	9,9	14,6	11,4	11,2

3.3.6.1 Maso

Obsahuje 10 – 20 % plnohodnotných bílkovin. Kromě bílkovin je u masa nutné hlídat i další hodnoty. Hovězí maso je tučnější než ostatní. Mezi rybími masy je u nás nejpopulárnější tuňák, ale u tuňáka v oleji rapidně vzroste množství tuku až na 12 g na 100 g hmotnosti (Medeiros and Wildman, 2012).

3.3.6.2 Vejce

Vaječné bílkoviny mají nejvyšší biologickou hodnotu. Obsahují albumin, plnohodnotnou bílkovinu, jenž se řadí k nejstravitelnějším proteinům. Díky leucinu zvyšují syntézu kosterních svalů, a navíc snižují odbourávání svalových bílkovin. Bílek svou vysokou hodnotu bílkovin prozrazuje již ve svém názvu. Žloutek jich sice obsahuje ještě více, ale za cenu šestinásobně vyšší energetické hodnoty a tuku (Maughan and Burke, 2011).

3.3.6.3 Sýry

Mléčné výrobky obecně jsou bohaté na bílkoviny. Nejvíce jich nabídne parmezán, ale na druhou stranu je i velice tučný. Dobrou volbou jsou také tvarůžky a nízkotučné sýry. Mléko obsahuje kasein a syrovátku. Mléčné výrobky mohou přispět k podpoře hubnutí, jelikož se svým vysokým sytícím efektem mohou potlačit chuť k dalšímu jídlu (Maughan and Burke, 2011).

3.3.6.4 Obiloviny, luštěniny

Vegetariáni by se měli dobře orientovat v hodnotách obsahu AK v jednotlivých potravinách rostlinného původu a hlídat si limitující AK lysin. Vhodná je čočka a hrách, ale ty obsahují velké množství sacharidů. Výhodou je prakticky nulový obsah tuků (Medeiros and Wildman, 2012).

3.3.6.5 Sója

Sójový protein je považován za komplexní, jelikož obsahuje přibližně stejně AK jako bílkoviny živočišného původu. Po požití sójového proteinu se zvýší svalová proteosyntéza v menší míře ve srovnání s kaseinem, především kvůli nižšímu obsahu leucinu a biologické dostupnosti AK. Pokud je sójové zrno tepelně neupravené, obsahuje antinutriční látky (inhibitory trypsinu) a tím znemožňuje jeho přímou konzumaci. Inhibitory trypsinu jsou látky brzdící fyzický vývoj. Také se ukázalo, že isoflavony, které sója obsahuje, vykazují estrogenní vlastnosti a tím mohou vést u silově cvičících ke snížení svalové síly (Medeiros and Wildman, 2012; Maughan and Burke, 2011).

3.4 Proteinové přípravky

Nejběžnější formou proteinových přípravků jsou proteinové prášky, ale existují i tablety, kapsle nebo nápoje. Vyrábí se ze sušených a zpracovaných proteinů obsažených v mléce, masě, vejcích či obilovinách. Nejrozšířenější jsou živočišné proteiny, a to syrovátkový protein. Proteinové přípravky by měly být vyráběné nejlépe metodou zkřížené mikrofiltrace pomocí keramických filtrů (CFM) za nízkého tlaku a teploty, při níž se oddělují proteinové frakce ve stejném poměru, jaký je v originální surovině. Potom protein obsahuje jen zanedbatelné množství mléčného tuku a laktózy, čímž se ještě zvýší už tak vysoká stravitelnost proteinu. Proteinové koncentráty je vhodnější rozpouštět ve vodě, ne v mléce, jelikož jsou pak stravitelnější (Vilikus, 2015).

Podobnou formu jako proteinové přípravky mají proteinové hydrolyzáty, tzv. naštěpené bílkoviny obsahující vázané AK ve formě peptidů neboli krátkých řetězců navzájem spojených peptidovou vazbou. Složením odpovídají částečně natrávené bílkovině. Oproti volným AK plní funkci pouze lépe stravitelných bílkovin. Volné AK nejprve působí jako spouštěče biochemických reakcí (anabolických, stimulačních apod.), až poté se v organismu využijí jako běžné živiny. Proto se u volných AK popisuje efekt zesílení anabolismu, což od vázaných AK nelze očekávat (Caballero *et al.*, 2005).

3.4.1 Syrovátka a kasein

Syrovátka (whey protein) je tekutý zbytek mléka po odstranění tuku a kaseinu (tvarohu). Tekutá syrovátka obsahuje 10 – 15 % bílkovin. Po usušení se přidává do některých potravin jako náhrada mléka, jelikož je lépe stravitelná. Sušením se bílkoviny koncentrují, ale zároveň denaturují. Výsledkem je 65 – 75 % bílkovin, 20 % laktózy, asi 5 % tuku a 6 % minerálních látek, mezi nimiž vyniká vápník, draslík a hořčík (Clark, 2014).

Zásadní je technologie zpracování syrovátky „low temperature“, tedy za nízké teploty. Pakliže se výrazně zahřeje, bílkovina ztrácí svou biologickou hodnotu a lze ji použít pouze jako zdroj aminokyselin. Moderní technologie dokáží získat až 97% koncentrát. Bílkoviny syrovátky jsou velice dobře stravitelné a využitelné k tvorbě svalových bílkovin. Syrovátkový protein má další výhodu oproti ostatním proteinům, nezpůsobuje totiž nadýmání a plynatost. Kvalitní whey protein koncentrát (WPC) obsahuje málo mléčného cukru. Přípravek je kvalitnější ještě po přidání glutaminu. WPC obsahuje aminokyseliny lysin, cystin, taurin a kyseliny asparagovou a glutamovou. Pravidelné podávání WPC se projeví zvýšením hladiny

glutathionu, velice důležitého antioxidantu. Ten chrání před předčasnou devastací tkání a stárnutím. WPC také mohou zvýšit produkci specifické látky IGF1, což je inzulinu podobný růstový faktor. Zde lépe působí hydrolýzou upravený WPC, jehož hodnota dosahuje až 140 % (Mach a Borkovec, 2013).

Upravená syrovátka je rychle vstřebatelný zdroj bílkovin a po tréninku dodá tělu všechny potřebné AK, což je zásadní pro regeneraci. Po přijetí jídla s vysokým obsahem bílkovin se prudce zvýší množství AK v krvi a vzápětí zase prudce klesne. Když přijmeme stejné množství bílkovin ze zdroje pomalu vstřebatelného (kaseinu), bude hladina v krvi nižší, ale stoupne a posléze klesne pomaleji (až po sedmi hodinách) než v prvním případě. Podle Macha (2012) jsou dobré obě varianty.

U osob přijímajících kasein se celkový rozpad svalových bílkovin sníží asi o třetinu, u lidí požívajících syrovátku se nesníží vůbec nebo jen minimálně. Přitom rychlost tvorby tělesných bílkovin ze syrovátky bude dvakrát vyšší než z kaseinu. Zato hladina leucinu při konzumaci kaseinu zůstává déle než u syrovátky. Sirovátka se totiž tráví velice rychle, trávení kaseinu je delší a plynulejší. Z kaseinu totiž vzniká β -kasomorfin, a aby byl dostatek času na strávení kaseinu a dalších živin obsažených v mléce, zpomaluje průchod tráveniny traktem. Přestože kasein stimuluje proteosyntézu slaběji než syrovátka, je efektivnější, pokud jde o zamezení rozpadu bílkovin. Trávení syrovátkové a kaseinové bílkoviny probíhají zcela nezávisle a navzájem se neovlivňují, je tedy vhodná konzumace jejich kombinace (Mach a Borkovec, 2013).

Sirovátkové a kaseinové bílkoviny zkoumali i Moore *et al.* (2012) a zjistili, že 20 g bílkovin má optimální vliv na stimulaci svalové proteosyntézy, a že užívání 40 g nemělo větší účinek než 20 g. Další studie ukázala, že konzumace menší dávky po třech hodinách je účinnější ve zvyšování svalové proteosyntézy než dvojnásobná dávka ve větších časových odstupech. Také zjistili, že průměrný denní příjem proteinů u atletů představuje 2,3 g/kg, tedy více než je denní doporučené množství. Lze usoudit, že u atletů nejsou bílkoviny obecně nedostatkovým makronutrientem.

3.4.2 Aminokyseliny

Existují doplňky obsahující jak jednotlivé AK, tak komplexní produkty, které jsou složeny ze dvou či tří AK. Nejvíce se používají AK s rozvětveným řetězcem, a to komplex AK obsahující valin, leucin a izoleucin. Označují se jako BCAA (branched chain amino acids).

Prokazatelně slouží jako ochrana před rozpadem svalové hmoty, a navíc mají anabolický účinek. Tyto doplňky jsou jak ve formě tablet, kapslí, tak i tekutin (Svačina, 2008).

Nejsou podávány jednorázově, ale dlouhodobě, vedou ke stimulaci proteosyntézy prostřednictvím růstového hormonu. Podle některých studií také dávají nutriční signály k zahájení a zintenzivnění translace mRNA a proteosyntézy v kosterním svalu. Při srovnávání účinnosti potravních doplňků na tělesné složení zjistil Spillane and Willoughby (2016), že po osmitýdenním posilovacím tréninku s aplikací rozvětvených AK došlo k většímu nárůstu svalové hmoty, většímu snížení procenta tělesného tuku a ke zvýšení svalové síly, než když byl aplikován syrovátkový protein nebo jen sacharidové nápoje.

Před výkonem se BCAA podávají silovým sportovcům pro svůj antikatabolický efekt a dobře trénovaným vytrvalcům jako zdroj energie při vyčerpání glykogenu. Po silovém výkonu se aplikují, aby urychlily proteosyntézu. Je doporučeno je kombinovat s proteinovými gainery nebo s koncentráty. Jejich efekt navíc zvyšuje pyridoxin a karnitin. Doporučené denní dávky jsou 5 - 15 gramů denně v poměru valin : leucin : izoleucin 2 : 1 : 1 (Wildman and Miller, 2004).

Po tréninku rýsovacím, který je zaměřen na minimalizaci podkožního tuku ve snaze udržet maximální objem svalů, je vhodnější doplňovat AK formou aminokyselinotvorných ketokyselin, jako jsou ornitin-ketoglutarát, ketoisokapronát či α -ketoglutarát. Rychleji se detoxikují dusíkaté látky a vytvoří se potřebné AK. Dále lze použít proteinový koncentrát s obsahem 50 – 70 % bílkovin nebo roztok kompletního spektra AK (Gibson, 2005; Mach, 2012).

3.4.2.1 Vybrané aminokyseliny

Leucin je významnou AK regulující průběh vnitrobuněčných biochemických dějů. Hraje klíčovou roli ve spouštění translačních pochodů při přepisu svalové DNA na mRNA v rámci proteosyntézy. Koopman (2004) zjistil, že pokud do posilovacího tréninku byly aplikovány bílkoviny, došlo ke zvýšení proteosyntézy ve srovnání s aplikací sacharidů. Když však byl s proteiny aplikován i leucin, došlo k celkovému poklesu degradace bílkovin. Leucin má tedy nejen mírně anabolický, ale i antikatabolický účinek (Skolnik a Chernus, 2011).

Alanin je důležitý při vyčerpání glykogenových zásob, používá se jako zdroj energie pro svaly, mozek a centrální nervový systém. Posiluje imunitní systém a jeho přirozenými zdroji

jsou maso a ryby (Svačina, 2008).

Arginin ovlivňuje produkci růstového hormonu a vylučování inzulínu, urychluje regeneraci po fyzické zátěži, zlepšuje imunitu a zlepšuje přeměnu tuků na energii. Nachází se v mase, rybách, ořechách a čokoládě (Svačina, 2008).

Glutamin je nejrozšířenější AK v lidském těle. Má velký význam v proteinové syntéze, chrání svaly před katabolismem a zvyšuje efekt růstových hormonů. Hraje důležitou roli ve funkci imunitního systému, má antioxidantní účinky. Nachází se v mase, fazolích a rybách (Mach, 2012).

Isoleucin je AK podporující svalovou regeneraci, důležitý při tvorbě hemoglobinu a regulaci krevního cukru. Mezi hlavní zdroje patří maso, ryby, vejce, mléčné výrobky, čočka a mandle (Svačina, 2008).

L-karnitin přenáší tukové částice přes buněčnou membránu, které mohou být následně využity jako zdroj energie. Tělo ho získá především konzumací masa a dále je tvořen v játrech a ledvinách (Mach, 2012).

Lysin hraje hlavní roli při vstřebávání vápníku. Jeho nedostatek má za následek pokles imunity, vzniku anémií, podílí se na tvorbě svalové hmoty a je součástí karnitinu. Velké množství lysinu obsahuje parmezán, ryby, vepřové a hovězí maso, sójové boby nebo arašídý (Spillane and Willoughby, 2016).

Valin podporuje účinky leucinu a isoleucinu, jenž snižují koncentrace ostatních AK. Proto je s nimi valin přidáván do směsi BCAA (Spillane and Willoughby, 2016).

Taurin je významnou složkou žluči. Reguluje stálou hladinu vápníku v krvi a při jeho nedostatku nastávají problémy s viděním. Zdroji jsou především maso a ryby, ale i obilné klíčky. Je přidáván do sportovních nápojů, jelikož při submaximální aktivitě dokáže zesílit kontrakce srdečního svalu za současného poklesu srdeční frekvence. Také zvyšuje účinek inzulínu (Caballero *et al.*, 2005).

3.4.3 Hovězí kolostrum

Je předlaktacní výměšek skotu, který obsahuje růstové faktory, jako např. IGF-1, který může rozvíjet svalovou hmotu. Doporučená denní dávka podle Crittendena *et al.* (2009) je od 20 do 60 g. Zvyšuje tukoprostou hmotu a chrání před buněčnou smrtí. Rovněž zlepšuje imunitní

schopnosti organismu (Vilikus, 2015).

3.4.4 Kreatin

Neboli N-methyl-guanidin-acetát. Zdrojem pro endogenní tvorbu jsou AK arginin, glycin a methionin. Podle studií podávání kreatinu nezvyšuje jednorázový maximální výkon, ale zvyšuje maximální izometrický silový výkon, zvyšuje výkon při opakovaných periodách velmi intenzivní zátěže. Dokonce zvýšil i izometrickou vytrvalost. Denní potřeba činí asi 2 g (Maughan and Burke, 2011).

Je nejvhodnější pro silové sportovce, protože je jejich výkon krátkodobý s velkým silovým výdejem. Po adenosintrifosfátu jde o druhý nejrychleji dostupný zdroj energie. Kreatin je v těle vyčerpán během deseti sekund vysokointenzivního cvičení. Proto nastane vyčerpání již „pouze“ po uběhnutí stometrového sprintu. Polovina vyčerpaného kreatinu se doplní během jedné minuty, celková hladina po pěti až šesti minutách. Zde záleží na genetice a poměru typu svalových vláken (Vilikus, 2015).

V přípravné fázi se doporučuje užívat kreatin zhruba měsíc. 20 až 30 g denně prvních sedm dní, poté dávku snížit na 2 až 10 g za den. Záleží na intenzitě cvičení a hmotnosti sportovce. Zde je důležité sledovat reakce těla, jelikož zadržuje vodu v těle, která způsobuje nárůst objemu svalů a celkové tělesné hmotnosti. Vědecké výzkumy zjistily optimální množství kreatinu 0,3 g/kg, které je nejlépe přijímat několikrát denně, a to ráno, před tréninkem, po něm a večer. Vhodné je přijmout ho s jednoduchými cukry a aminokyselinami BCAA (Vilikus, 2015).

Nejvíce kreatinu v přírodním zdroji nalezneme v masu a jiných živočišných produktech. Neznámějšími doplňky jsou kreatin monohydrát, kre-alkalyn nebo kreatin ethylester (Maughan and Burke, 2011).

3.4.5 Gainery

Gainery jsou vysokokalorické doplňky stravy, složené z proteinů v poměru 20 – 30 % a sacharidů 70 – 80 % s cílem nastartovat metabolismus. Tyto doplňky jsou vhodné pro nabírání svalové hmoty nebo pro upravení tělesné hmotnosti. Při nabírání hmoty se však může stát, že nabereme nejen svalovou, ale i nežádoucí tukovou hmotu (Mach, 2012).

3.4.6 Antioxidanty

Byly testovány pozitivní účinky vitamínů jako antioxidantů a to betakarotenu, vitamínu C a E. Zejména vitamin E v dávkách 100 – 200 mg denně významně snižuje oxidativní poškození svalové tkáně. Doporučené denní dávky (DDD) vitamínů jsou pro sportovce v zásadě vyšší než u běžné populace, ale neměly by dlouhodobě přesahovat dvojnásobek DDD. Nedostatek vitamínů se může projevit poklesem výkonnosti. Neplatí to opačně, nadbytek vitamínů sportovní výkon nezvýší (Williams, 2010).

3.5 Sport a doping

Sportovní doping lze definovat jako využití zakázaných látek nebo metod ve sportu za účelem zvýšení výkonu sportovce. Jde o využití zakázané metody nebo přítomnost zakázané látky v těle sportovce ve vyšší koncentraci, než v jaké je přirozeně přítomna (tvořena) v organismu sportovce, neboť byla do těla transportována nepřírozeně (zvenčí). Dopingové látky představují ohrožení zdraví jedince a jsou v rozporu se sportovními pravidly. Doping může mít velice závažné zdravotní důsledky, zohledněna je však i etická stránka užívání dopingu. Zakázané jsou též látky skrývající zakázané látky či metody. Jde především o metody krevní transfuze a používání chemických látek. Dopingové látky jsou využívány více běžnou populací než vysoce výkonnými sportovci (Jansa a Dovalil, 2007).

V roce 1963 byly sestaveny první seznamy zakázaných látek, které jsou stále doplňovány z důvodu rychlého rozvoje farmaceutického průmyslu. Bohužel ten je vždy o krok před metodami detekce. O tom, jaká látka bude na seznamu zakázaných látek, rozhoduje Lékařská komise „Mezinárodního Olympijského Výboru“. Za porušení je odpovědný především sám sportovec. V ČR je hlavním koordinátorem dopingové problematiky Antidopingový výbor ČR, na jejichž stránkách jsou k nalezení potřebné dokumenty a legislativa (Vilikus, 2012).

Dle působení na lidský organismus lze dopingové látky rozdělit na stimulační, narkotická analgetika, anabolika a jiné prostředky s anabolickým účinkem a diuretika. Dále existují látky podléhající jistým omezením. Jde o alkohol, kanabinoidy, lokální anestetika, kortikosteroidy a beta-blokátory (Skolnik a Chernus, 2011).

Anabolické látky jsou nejnebezpečnějšími látkami zneužívanými ve sportu, a to hned z několika důvodů popsaných v následující kapitole. Anabolické látky vyvolávají změny ve složení těla, jejich důsledkem je narůstající síla, hmotnost i vytrvalost se zvýšenou sportovní výkonností, změny v chování a urychlení zotavení zejména po zatížení vytrvalostním. Je zde urychlen nástup anabolické fáze, neboť po dlouhotrvající fyzické práci dochází ke snížení koncentrace testosteronu, jenž je odpovědný za tyto děje v organismu. Krátkodobé a intenzivnější zatížení naopak zvyšuje množství uvolněného testosteronu (Jansa a Dovalil, 2007).

3.5.1 Vedlejší účinky anabolických steroidů

Mezi vedlejší účinky patří mimo jiné zhoršení kvality vlasů, zbarvení bělma do žluté barvy díky poškození jater, možnost vzniku nádoru na játrech a v trávicím systému, akné, u žen

růst vousů a mužského ochlupení. Také může docházet k předčasnému zvětšení prostaty, zvýšené tvorbě strií, zvýšenému riziku svalových a vazivových poranění, k poruše tvorby vlastních hormonů, zhoršení duševní výkonnosti, extrémním změnám nálad, agresivitě, u mužů dochází k přeskokování hlasu, u žen k jeho zhrubnutí. Negativním účinkem je také snížení výkonnosti srdečního svalu vedoucí až k infarktovým stavům, poškození genu v chromozomech a následný vznik vrozených vad. Předčasné uzavření růstových štěrbin vede k pozastavení růstu, potlačení spermatogeneze (vývoje a zrání spermií), může vést k impotenci, snížení libida (pohlavní touhy), poruchám menstruačního cyklu až sekundární ztrátě libida vedoucí k neplodnosti (Maughan, 2000).

3.5.2 Testosteron

Hormon ovlivňující mimo jiné anabolické vlastnosti, které napomáhají při budování svalové tkáně. Blokuje kortizolové receptory a je tudíž považován za antianabolický hormon. Cvičení stimuluje jeho uvolňování, ovšem množství je u člověka různé a liší se i s typem a intenzitou tréninku. Jeho tvorbu ovlivňuje i příjem kvalitních tuků ve stravě. Extrémní (jak malé, tak velké) příjmy tuku v potravě způsobují negativní efekt vůči testosteronu (Vilikus, 2015).

3.5.3 Růstový hormon

Jde o anabolický hormon, jenž stimuluje uvolňování IGF-1 z jater, který působí společně s růstovým hormonem. Účinkuje ve dvou fázích. V první fázi se zvyšuje příjem aminokyselin a glukózy ve svalu a stimuluje syntézu bílkovin. Ve druhé fázi následuje odbourávání tukové tkáně (Skolnik a Chernus, 2011).

Jeho produkce je stimulována hypothalamem a je ovlivňována stresem, spánkem, věkem, pohlavím i jinými hormony. Je vylučován po tréninku i při spánku, proto je spánek pro sportovce tak důležitý. Pokud je v krvi více mastných kyselin, je jeho produkce potlačena (Skolnik a Chernus, 2011).

3.5.4 IGF-1

Inzulínu podobný růstový faktor je anabolický hormon tvořený v játrech a mnoha dalších tkáních. Podporuje jak buněčný růst, tak ochranu před buněčnou smrtí. Je zodpovědný za téměř veškeré projevy růstového hormonu na buňky (Skolnik a Chernus, 2011).

3.5.5 Inzulin

Při zvýšené hladině krevního cukru v krvi se aktivují senzory ve slinivce břišní. Tím je stimulováno jeho vylučování. Napomáhá budovat tkáň, snižuje odbourávání bílkovin, podněcuje ukládání energetických zásob a zvyšuje příjem AK a glukózy svalovými buňkami. Není vyžadován k transportu glukózy do jater, to je důvod, proč má naše tělo pohotové zásoby energie i v případě absence inzulínu (Skolnik a Chernus, 2011; Vilikus, 2015).

4 Závěr

Bílkoviny jsou jistě zcela nezbytné jak pro sportovce, tak pro běžnou populaci. Denní příjem pro výkonnostního sportovce by měl být individualizován dle sportovní aktivity, ale i somatotypu konkrétního sportovce a určitě by měl být vyšší než u běžné sportovní populace.

Správnou regenerační výživou se zajistí větší přírůstky svalové hmoty, zvýšení výkonnosti, maximalizování tréninkového efektu, urychlení spalování tuků a správné funkce imunitního systému, k jehož potlačení dochází po intenzivním tréninku.

Bílkoviny se neukládají do zásoby, je tedy nutné je dodávat ve stravě pravidelně a rovnoměrně. Nejlepším doporučením je konzumovat malé množství v každém denním jídle a ihned po tréninku si dát směs bílkovin a sacharidů. Důležitým faktorem je výběr druhu bílkovin, vzhledem k jejich rozdílné rychlosti vstřebávání, rozdílnému obsahu AK a také hormonální odpovědi, kterou každá bílkovina v těle vyvolá.

Reakce na vysoce kvalitní živočišnou bílkovinu, která obsahuje všechny AK, je mnohem spontánnější než na rostlinnou bílkovinu. Tato zjištění tedy říkají, že vstřebatelnost, tj. vhodnost a množství určité AK dopravené a využité ve svalu, se odvíjí od druhu bílkoviny. Nejlepší je tedy přijímat bílkoviny z co nejpestřejších živočišných i rostlinných zdrojů, abychom tělu zajistili optimální směs aminokyselin.

5 Seznam literatury

Caballero, B., Allen, L., Prentice, A. 2005. *Encyclopedia of human nutrition*. 2nd ed. Boston: Elsevier/Academic Press. P. 2000. ISBN: 0121501108.

Clark, N. 2014. *Sportovní výživa*. 3., dopl. vyd. Praha: Grada. Fitness, síla, kondice. 392 s. ISBN: 9788024746555.

Fryan, K. N. 2010. *Metabolic regulation: a human perspective*. 3rd ed. Malden, MA: Wiley-Blackwell Pub. p. 371. ISBN: 9781405183598.

Gibney, M. J., Vorster H. H., Kok, F. 2002. *Introduction to human nutrition*. Malden, MA: Blackwell Science. p. 384. ISBN: 063205624X.

Gibson, R. S. 2005. *Principles of nutritional assessment*. 2nd ed. New York: Oxford University Press. p. 908. ISBN: 0195171691.

Havličková, L. 2004. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. Praha: Karolinum. 203 s. ISBN: 8071848751.

Havlík, J., Marounek, M. 2012. *Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze*. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze. 131 s. ISBN: 9788021322691.

Jansa, P., Dovalil, J. 2007. *Sportovní příprava: vybrané teoretické obory, stručné dějiny tělesné výchovy a sportu, základy pedagogiky a psychologie sportu, fyziologie sportu, sportovní trénink, sport zdravotně postižených, sport a doping, úrazy ve sportu a první pomoc, základy sportovní regenerace a rehabilitace, sportovní management*. Praha: Q-art. 267 s. ISBN: 8090328083.

Kleiner, S. M., Greenwood-Robinson, M. 2015. *Fitness výživa: Power Eating program*. 2. vyd. Přeložil Daniela Stackeová. Praha: Grada. 352 s. ISBN: 9788024752891.

Konopka, P. 2004. *Sportovní výživa*. České Budějovice: Kopp. 125 s. ISBN: 8072322281.

Koolman, J., Röhm, K. H. 2012. *Barevný atlas biochemie*. Praha: Grada. 512 s. ISBN: 9788024729770.

Mach, I. 2012. *Doplňky stravy: jaké si vybrat při sportu i v každodenním životě*. Praha: Grada. Fitness, síla, kondice. 176 s. ISBN: 9788024743530.

- Mach, I., Borkovec, J. 2013. *Výživa pro fitness a kulturistiku*. Praha: Grada. 132 s. ISBN: 9788024746180.
- Mandelová, L., Hrnčířiková, I. 2007. *Základy výživy ve sportu*. Brno: Masarykova univerzita. 72 s. ISBN: 9788021042810.
- Mann, J., Truswell, A. S. 2002. *Essentials of human nutrition*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press. p. 640. ISBN: 0198508611.
- Maughan, R. J. 2000. *Nutrition in sport*. Malden, MA: Blackwell Science. p. 680. ISBN: 0632050942.
- Maughan, R. J., Burke, L. 2011. *Sports nutrition: more than just calories - triggers for adaptation*. Basel: Karger Nestle Nutrition Institute. Nestlé Nutrition Institute workshop series. p. 154. ISBN: 9783805596985.
- Medeiros, D. M., Wildman, R. E. C. 2012. *Advanced human nutrition*. 2nd ed. Sudbury, MA: Jones & Bartlett Learning. p. 440. ISBN: 9780763780395.
- Moore, D. R., Camera, D. M., Areta J. L., Hawley. J. A. 2014. Beyond muscle hypertrophy: why dietary protein is important for endurance athletes 1. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. **39**(9), 987-997.
- Mourek, J. 2012. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada. 224 s. ISBN: 9788024739182.
- Mourek, J., Velemínský, M., Zeman, M. 2013. *Fyziologie, biochemie a metabolismus pro nutriční terapii*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. 99 s. ISBN: 9788073944384.
- Pánek, J., Dostálová, J., Kohout, P., Pokorný, J. 2002. *Základy výživy*. Praha: Svoboda Servis. 205 s. ISBN: 9788086320236.
- Skolnik, H., Chernus, A. 2011. *Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček*. Praha: Grada. 240 s. ISBN: 9788024738475.
- Spillane, M., Willoughby, D. 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.

Svačina, Š. 2008. *Klinická dietologie*. Praha: Grada. 384 s. ISBN: 9788024722566.

Vilikus, Z. 2012. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Karolinum. Praha. 177 s. ISBN: 9788024620640.

Vilikus, Z. 2015. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. 2. vydání. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum. 179 s. ISBN: 9788024631523.

Wildman, R. E. C., Miller, B. S. 2004. *Sports and fitness nutrition*. Belmont, CA: Thomson/Wadsworth. p. 528. ISBN: 0534575641.

Williams, M. H. 2010. *Nutrition for health, fitness, & sport*. 9th ed., internat. ed. Boston. Mass: McGraw-Hill Higher Education. p. 648. ISBN: 9780071220019.

6 Seznam příloh

6.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Základní proteinové struktury dostupné z
<<https://www.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/proteins-and-amino-acids/a/orders-of-protein-structure>>.10

6.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Koncentrace bílkovin ve vybraných syrových a upravených potravinách (%)
(Medeiros and Wildman, 2012).14

Tabulka 2 - Doporučené denní dávkování (g/kg/den) podle Maughan and Burke (2011).21

Tabulka 3 - Obsah esenciálních AK (mg/g čisté bílkoviny) dle Havlíka a Marounka (2012). 26