

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Bílkoviny ve výživě sportovců**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Karolína Parobková**

**Obor studia: Výživa a potraviny**

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

**© 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 6.4.2017

---

### **Poděkování**

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

# Bílkoviny ve výživě sportovců

## Souhrn

Bílkoviny jsou nezbytné a nenahraditelné živiny, které musí člověk spolu s ostatními živočichy přijímat v potravě. Zajišťují v těle mnoho zásadních funkcí včetně těch, díky kterým sportovci dosahují požadovaných výsledků. V jídelníčku atleta hrají bílkoviny významnou roli, ale je důležitá jejich správná konzumace. Při nadbytku i nedostatku může docházet k vážným zdravotním problémům. Mezi méně závažné důsledky špatného stravování patří rozklad svalových vláken, kdy jsou bílkoviny využívány jako zdroj energie nebo přeměna proteinů na tuk.

Doporučený příjem bílkovin pro dospělého osobu je stanoven na 0,8-1 g/kg tělesné hmotnosti za den, ale lidé denně přijímají ve stravě spíše nadbytečné množství proteinů, než že by se potýkali s jejich nedostatkem. Díky tomu není bílkovinná suplementace u rekreačních sportovců a nesportující populace doporučována. Maximální množství, které dokáže lidský organismus zpracovat, je podle odborníků 2-2,5 g bílkovin/kg lidské hmotnosti za den.

Jídelníček vytrvalostních atletů by měl obsahovat 1,2-1,4 g bílkovin/kg hmotnosti za den a u silových sportovců 1,4-1,8 g bílkovin/kg lidské hmotnosti. Nutno ovšem podotknout, že každý člověk je odlišný a sestavení správného jídelníčku s rozdělením vyváženého poměru živin musí sportovec individuálně řešit s odborníkem.

Bílkoviny získáváme jak z živočišných tak i z rostlinných zdrojů. Tyto dvě skupiny se odlišují především nutriční hodnotou, obsahem esenciálních látek a stravitelností. Proteiny získané z živočišných zdrojů jsou celkově plnohodnotnější, proto jsou doporučovány ve větší míře sportovcům, na rozdíl od bílkovin získaných ze zdrojů rostlinných, které jsou neplnohodnotné. Mezi sportovci patří mezi dva nejoblíbenější doplňky stravy BCAA aminokyseliny a syrovátkový protein. Sirovátkový protein sám o sobě obsahuje velké množství těchto větvených aminokyselin napomáhajících k regeneraci, je ovšem možné konzumovat je zvlášť. Sirovátkový protein představuje ideální zdroj velmi rychle vstřebatelných bílkovin, které kromě regenerace napomáhají i k obnově svalových vláken.

**Klíčová slova:** výživa; bílkoviny; sportovci; různé druhy sportů; bílkovinné doplňky

# Protein in the diet of athletes

## Summary

The proteins are essential and irreplaceable nutrients that a human being together with other animals has to ingest in nutrition. They perform a large number of core functions in a body, thanks to which the athletes achieve the required results. In the athlete's diet the proteins play a major role, however their correct consumption is of a great importance. The protein surplus or its deficiency can result in serious health issues. Decomposition of muscle fiber in which the proteins are used as the energy source or protein transformation into fat belongs to the less important consequences of a bad diet.

The recommended protein intake for an adult is 0.8-1 g/kg of a body weight per day but people in general tend to take in their food excessive amount of proteins than suffering from the protein deficiency. Therefore the protein supplementation is not recommended for the recreational sportspeople and non-sporting population. The maximum amount that a human body can process is according to the experts 2-2.5 g of proteins/kg of a body weight per day.

The diet of endurance athletes should contain 1.2-1.4 g of proteins/kg of a body weight per day and for the power athletes 1.4-1.8 g of proteins/kg of a body weight. However, it is necessary to emphasize that every human being is different and an athlete has to seek a professional guidance on one to one basis in order to create a healthy diet plan with a balanced ratio of macronutrients.

The proteins can be gained both from the meat or plant-base sources. The differences of these two groups consist mainly of their nutrition value, content of essential substances and level of digestibility. The proteins obtained from animal sources are overall complete therefore they are recommended to a larger extent to the athletes as opposed to the plant protein sources that are not complete. BCAA amino acids and a whey protein belong to the two most favorite diet supplements among the sportspeople. The whey protein by itself contains a large number of these amino acids that are helping with the regeneration but it can be taken separately. The whey protein represents an ideal source of fast absorbable proteins that beside regeneration also assists the muscle fiber recovery.

**Keywords:** diet; proteins; athletes; different kinds of sports; protein supplements

# Obsah

|            |                                          |           |
|------------|------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Úvod .....</b>                        | <b>4</b>  |
| <b>2</b>   | <b>Cíl práce .....</b>                   | <b>5</b>  |
| <b>3</b>   | <b>Literární rešerše .....</b>           | <b>6</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Bílkoviny .....</b>                   | <b>6</b>  |
| 3.1.1      | Rozdělení bílkovin .....                 | 6         |
| 3.1.2      | Struktura bílkovin.....                  | 7         |
| <b>3.2</b> | <b>Aminokyseliny .....</b>               | <b>8</b>  |
| 3.2.1      | Rozdělení aminokyselin .....             | 9         |
| <b>3.3</b> | <b>Peptidy .....</b>                     | <b>13</b> |
| 3.3.1      | Rozdělení peptidů .....                  | 14        |
| <b>3.4</b> | <b>Bílkovinné reakce .....</b>           | <b>14</b> |
| 3.4.1      | Denaturace.....                          | 14        |
| 3.4.2      | Metabolismus bílkovin.....               | 15        |
| 3.4.3      | Maillardova reakce .....                 | 16        |
| <b>3.5</b> | <b>Význam bílkovin ve sportu .....</b>   | <b>16</b> |
| 3.5.1      | Kvalita bílkovin .....                   | 17        |
| 3.5.2      | Dusíková bilance .....                   | 19        |
| 3.5.3      | Vytrvalostní sportovci .....             | 20        |
| 3.5.4      | Siloví sportovci .....                   | 22        |
| 3.5.5      | Silově-vytrvalostní sportovci.....       | 24        |
| <b>3.6</b> | <b>Zdroje bílkovin .....</b>             | <b>24</b> |
| 3.6.1      | Živočišné zdroje bílkovin.....           | 24        |
| 3.6.2      | Rostlinné zdroje bílkovin.....           | 27        |
| <b>3.7</b> | <b>Potravinové doplňky stravy .....</b>  | <b>29</b> |
| 3.7.1      | Rozdělení doplňků sportovní výživy ..... | 30        |
| 3.7.2      | Aminokyselinové suplementy.....          | 31        |
| 3.7.3      | Syrovátkový protein.....                 | 33        |
| 3.7.4      | Sójový protein .....                     | 34        |
| 3.7.5      | Kasein .....                             | 34        |
| 3.7.6      | Gainer.....                              | 34        |
| <b>3.8</b> | <b>Doping.....</b>                       | <b>34</b> |
| <b>4</b>   | <b>Závěr .....</b>                       | <b>36</b> |
| <b>5</b>   | <b>Použitá literatura.....</b>           | <b>37</b> |

# 1 Úvod

Bílkoviny jsou naprosto nenahraditelnou makromolekulou, představující nezbytné živiny plnící v těle celou řadu důležitých funkcí. Pro sportovce jsou významné především kvůli růstu svalové hmoty, obnově poškozených tkání a regeneraci. Bohužel se velmi často potýkáme s jejich chybnou konzumací. Mnohdy si lidé neuvědomují, že proteiny nejsou obsaženy pouze v mase, ale i v jiných živočišných a rostlinných zdrojích. Jejich příjem často přehánějí nebo nevhodně doplňují různými suplementy. Představa, že čím více bílkovin sníme, tím více budeme mít svalů, je opravdu mylná. Naopak při jejich nedostatku dochází ke snížení detoxikační schopnosti jater, zhoršení hojivosti ran, degeneraci kosterní svaloviny nebo je narušen správný chod spermatogeneze a jiných metabolických pochodů.

Denní dávka doporučeného množství bílkovin pro nesportovce je odhadována na 0,8-1 gram na kilogram živé hmotnosti. Přesné určení se liší s ohledem na každého jedince a druh sportu, který případně vykonává. Je podstatné, zda se jedná o silového nebo vytrvalostního sportovce, zda jde o muže či ženu a jaký mají věk, váhu, výšku. Ale ani tyto aspekty nejsou stěžejní při určování správného podílu bílkovin ve stravě. Vhodnou skladbu jídelníčku by měl každý člověk konzultovat s odborníkem, který mu na základě vyšetření určí dávku proteinů a ostatních živin. Maximální objem bílkovin, který člověk dokáže během dne zpracovat, je určen na 2-2,5 gramu na kilogram tělesné hmotnosti.

Správné načasování a složení makromolekul v jídle jde ruku v ruce s podáním těch nejlepších sportovních výkonů. V opačném případě dochází k vážným patologickým stavům spojených se ztrátami vody, vyplavováním iontů, přetěžováním ledvin, jater, únavou organismu nebo zvýšením krevního tlaku a cholesterolu. Jídelníček každého atleta by měl být vyvážený i z pohledu rozdělení živočišných a rostlinných zdrojů. Vedle tvrdého tréninku musí každý sportovec umět odpočívat.

## 2 Cíl práce

Ve výživě sportovců je důležitá celá řada nutričních ukazatelů, které mohou ovlivnit podaný sportovní výkon. Bílkoviny jsou jednou z nejdůležitějších živin. Cílem práce bude popsat potřeby bílkovin ve výživě sportovců v různých sportovních odvětvích.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Bílkoviny

Bílkoviny jsou všestranné základní makromolekuly, složené z velkého počtu aminokyselin, pospojovaných peptidovými vazbami a zajišťující mnoho zásadních dějů v organismu (Svačina a kol., 2008).

Každý organizmus na Zemi, včetně těch nejjednodušších, je složen z buněk obsahujících bílkoviny, které jsou naprosto nenahraditelné. Lidé spolu s ostatními živočichy přijímají proteiny ve stravě, zatímco rostliny je získávají z anorganických sloučenin. Bílkoviny lze nahradit sacharidy nebo lipidy pouze ve chvíli, kdy mají sloužit jako zdroj energie (Heinrich, 2015).

Proteiny mají funkci stavební (strukturní materiál pro výstavbu orgánů, tkání, nehtů, vlasů, srsti aj.), transportní (hemoglobin přenáší kyslík z plic do tkání a zpětně odvádí oxid uhličitý; přenos železa pomocí transferinu), katalyzující (enzymy; hormony), obrannou (imunoglobuliny zneškodňují viry a bakterie), zásobní, pohybovou (aktin; myozin) a výživovou (Velíšek a Hajšlová, 2009). Podle biologických úloh, které zastávají, se od sebe tedy značně liší vlastnostmi i složením. Mezi vědní obory, zabývajícími se jejich výzkumem, patří biochemické disciplíny. V biomedicíně je pokles či nadbytek bílkovin obvykle spjat s různými patologickými stavy.

Proteiny se dále dělí podle tvaru, rozpustnosti a přítomnosti protetické skupiny. Mají také významný vliv na vůni, chuť, barvu a konzistenci potravin (Murray a kol., 2012).

#### 3.1.1 Rozdělení bílkovin

Bílkoviny lze rozlišit na jednoduché (sferoproteiny, skleroproteiny) a složené (metaloproteiny, chromoproteiny, nukleoproteiny, glykoproteiny, lipoproteiny, fosfoproteiny). Jednoduché bílkoviny se skládají pouze z aminokyselin. Složené bílkoviny nazýváme proteidy. Tyto bílkoviny mají ve své struktuře nebílkovinnou složku (Wildman a Mederose, 2012).

Podle tvaru molekuly rozdělujeme bílkoviny na fibriální a globulární. Fibriální mají tvar vláknitý a jsou nerozpustné ve vodě. Globulární představují formu zaoblených až kulatých molekul. Díky nepolárním funkčním skupinám uvnitř molekuly spolu s polárními skupinami na povrchu jsou tyto molekuly částečně rozpustné ve vodě a zcela rozpustné ve zředěných roztocích solí (Velíšek a Hajšlová, 2009).

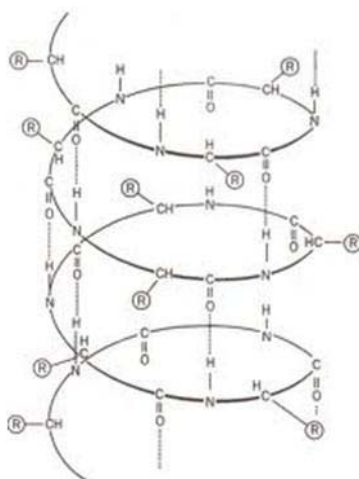
### 3.1.2 Struktura bílkovin

Strukturu, kterou bílkoviny tvoří následkem jejich syntéz v buňkách, lze rozdělit do čtyř kategorií: primární, sekundární, terciální a kvartérní.

**Primární struktura** bílkovin se skládá z přesného počtu a pořadí aminokyselin v peptidovém řetězci. Mohou se zde vyskytovat disulfidické vazby zajišťující stabilnější konformaci proteinů (Velíšek a Hajšlová, 2009). Pro určení posloupnosti těchto aminokyselin, je využíváno proteolytických enzymů. Díky nim získáme soubor peptidů, podle kterých sestavíme původní bílkovinnou molekulu. Finální pořadí aminokyselin v peptidech stanovíme biochemickou metodou díky sekventátoru (Staszková a Horák, 2002).

**Sekundární struktura** je prostorovým uspořádáním primární struktury bez ohledu na postranní řetězce. Významnou roli zde hrají vodíkové můstky. Rozlišujeme několik typů, ale mezi nejznámější a nejdůležitější patří  $\alpha$ -helix a  $\beta$ -struktura. Sekundární strukturu zastupují ve velkém množství triple helixy, kam patří kolagen (elasticita kůže, orgánů atd.), elastin nebo  $\alpha$ -keratin. Strukturálně se jedná o nahodile poskládané spirály.

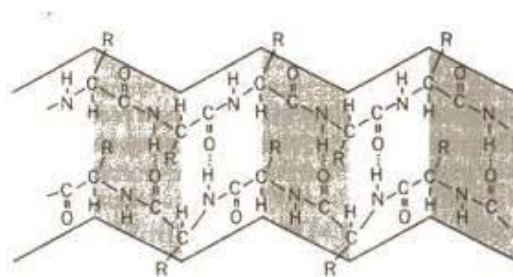
$\alpha$ -helix, který je zobrazen na obrázku jedna, má tvar pravotočivé šroubovice. Jeho postranní řetězce směřují vně. Zástupcem je například myoglobin.



**Obr. 1:** Prostorové uspořádání bílkoviny:  $\alpha$ -helix

Zdroj: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2504>

Peptidové vazby  $\beta$ -struktury, na obrázku dva, se střídavě naklánějí nahoru a dolů. Tuto vazbu, kterou lze pozorovat u imunoglobulinu, označujeme také jako strukturu skládaného listu (Murray a kol., 2012).



**Obr. 2:** Prostorové uspořádání bílkoviny:  $\beta$ -struktura

Zdroj: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2504>

Podle Velíška a Hajšlové (2009) zobrazuje **terciální struktura** trojrozměrné uspořádání polypeptidového řetězce sekundární struktury. Na vzniku a soudržnosti vazeb se kromě vodíkových můstků podílejí také iontová vazba, disulfidická vazba nebo van der Waalovy síly.

Pospojování více polypeptidových řetězců dohromady dává vznik **struktury kvartérní**, jenž drží pohromadě díky nekovalentním interakcím. Příkladem je hemoglobin skládající se ze dvou jednotek,  $\alpha$ -globinu a dvou  $\beta$ -globinů. Ne všechny proteiny mají kvartérní strukturu (Hammond, 2008).

### 3.2 Aminokyseliny

Aminokyseliny nejsou pouze buňkami signálních molekul, ale také patří mezi regulátory genové exprese a fosforylace proteinových kaskád. Jsou klíčovými prekurzory pro syntézu hormonů a dusíkatých nízkomolekulárních látek, z nichž každý má obrovský biologický význam. Fyziologické koncentrace aminokyselin spolu s jejich metabolity (oxid dusnatý, polyaminy, glutathion, taurin, hormony štítné žlázy, serotonin aj.) jsou potřebné pro fungování celého organismu. Na druhé straně zvýšené hladiny aminokyselinových produktů (amoniak, hemocystein, dimethylarginin) představují patogenní faktory způsobující neurologické poruchy nebo kardiovaskulární choroby. Optimální rovnováha v potravě mezi těmito dvěma skupinami má zásadní význam pro správné fungování celého těla a pro homeostázu (Wu, 2009).

V chemii představují aminokyseliny alifatické nebo aromatické kyseliny obsahující alespoň jednu aminovou a jednu karboxylovou skupinu, díky kterým se mnohou vázat přes peptidovou vazbu ( $-\text{CO}-\text{NH}-$ ) do větších celků. Spojením 2 až 100 těchto monomerů vznikají peptidy, spojením více než 100 monomerů proteiny.

Aminokyseliny se objevují výhradně v L- $\alpha$ -formě. Díky chirálnímu uhlíku vykazují optickou aktivitu, glycin jako jediná biogenní aminokyselina není opticky aktivní. L- $\alpha$ -formy jsou biologicky významné pro člověka, D-formy se vyskytují především v rostlinách, bakteriích a při tepelném opracování (Holeček, 2006).

Kromě role stavebních kamenů, regulují některé aminokyseliny zásadní metabolické dráhy, nezbytné pro udržení růstu, reprodukce či imunity. Nazýváme je funkčními aminokyselinami. Patří sem arginin, cystein, glutamin, leucin, prolin a tryptofan. Doplněk stravy s jednou z těchto aminokyselin nebo směsí aminokyselin, pomáhá při zdravotních problémech v různých fázích životního cyklu (omezení růstu, novorozenecká morbidita a mortalita, střevní dysfunkce, obezita, diabetes, kardiovaskulární onemocnění, metabolický syndrom, neplodnost). Dále aminokyseliny zlepšují účinnost metabolických přeměn při růstu svalové hmoty, produkci mléka, vajec, sportovním výkonu a zároveň zabráňují přebytku ukládání tuku (Wu, 2009).

Ačkoliv se v přírodě objevuje více než tři sta aminokyselin, pouze dvacet jedna z nich se objevuje v proteinech. Dvacet z těchto aminokyselin obsahuje primární aminoskupinu a jedna alicyklická obsahuje sekundární aminoskupinu. Každá má svůj genetický kód, díky němuž je správně řazena v polypeptidických řetězcích určených genetickou informací. Nazýváme je základní, primární, standardní nebo kódované (Velíšek a Hajšlová, 2009).

### **3.2.1 Rozdělení aminokyselin**

Podle významu ve výživě člověka dělíme aminokyseliny na **esenciální**, **semiesenciální** a **neesenciální** (Murray a kol., 2012). Rozdělení aminokyselin do jednotlivých skupin znázorňuje tabulka jedna.

Člověk vytváří neesenciální aminokyseliny chemickými reakcemi v organismu, např. transaminací oxokyselin, nebo je získává za pomoci Krebsova cyklu z glukózy či amoniaku. Na druhé straně existuje osm nezbytně nutných aminokyselin, které musíme přijímat celý život s potravou, a dvě, které pro nás představují závislost pouze v určité fázi života. Účinky jednotlivých aminokyselin často ovlivňují působení jiných aminokyselin (tyrosin – fenylalanin, cystein – methionin). Potraviny, obsahující všechny esenciální aminokyseliny ve vzájemných poměrech prospěšných pro naše zdraví a tělesnou vyváženost, nazýváme plnohodnotné bílkoviny (Eastwood, 2003). Pro zjištění, zda je bílkovina plnohodnotná a dostatečně kvalitní, nám slouží poměr esenciálních aminokyselin k neesenciálním. Tento poměr má být vyšší než 0,7 (Velíšek a Hajšlová, 2009).

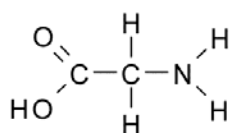
**Tab. 1:** Přehled esenciálních, semiesenciálních a neesenciálních aminokyselin

| Esenciální<br>aminokyseliny | Semiesenciální<br>aminokyseliny | Neesenciální<br>Aminokyseliny |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Valin                       | Arginin                         | Glycin                        |
| Leucin                      | Histidin                        | Alanin                        |
| Izoleucin                   |                                 | Serin                         |
| Threonin                    |                                 | Cystein                       |
| Methionin                   |                                 | Asparagová kyselina           |
| Lysin                       |                                 | Glutamová kyselina            |
| Fenylalanin                 |                                 | Tyrosin                       |
| Tryptofan                   |                                 | Prolin                        |

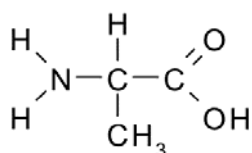
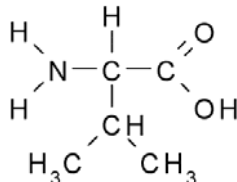
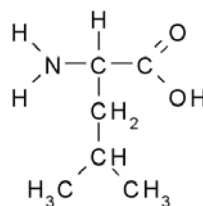
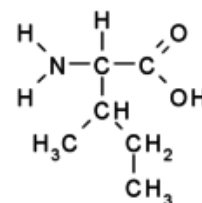
Zdroj: Velíšek a Hajšlová, 2009

Jednotlivé aminokyseliny rozlišujeme na základě jejich postranního řetězce vázaného na  $\alpha$ -uhlík. Podle struktury jejich uhlíkovitého řetězce rozlišujeme aminokyseliny alifatické (rovinné) a aromatické (kruhové) nebo např. kyselé, bazické a neutrální aminokyseliny, rozdělujeme podle jejich pH ve vodném prostředí (Wildman a Mederose, 2012).

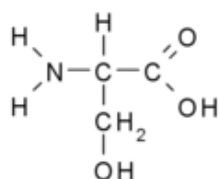
- Aminokyselinu bez postranního řetězce, glycin, zobrazuje obrázek tři.

**Obr. 3:** Glycin

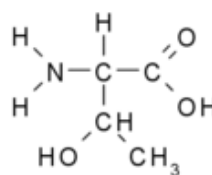
- Aminokyseliny s alifatickým postranním řetězcem, alanin, valin, leucin a izoleucin, zobrazují obrázky 4,5,6 a 7.

**Obr. 4:** Alanin**Obr. 5:** Valin**Obr. 6:** Leucin**Obr. 7:** Izoleucin

- Aminokyseliny s hydroxylovou skupinou v postranním řetězci, serin a threonin, zobrazují obrázky 8 a 9.

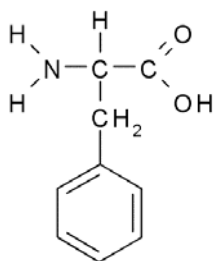


**Obr. 8:** Serin

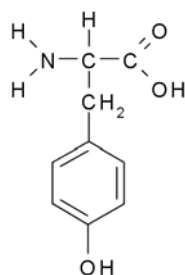


**Obr. 9:** Threonin

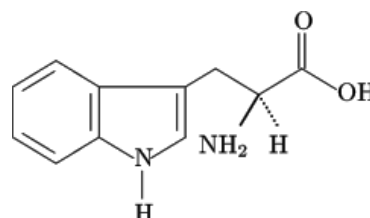
- Aminokyseliny s aromatickým jádrem v postranním řetězci, fenylalanin, tyrosin a tryptofan, zobrazují obrázky 10, 11 a 12.



**Obr. 10:** Fenylalanin

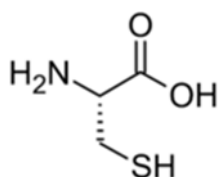


**Obr. 11:** Tyrosin

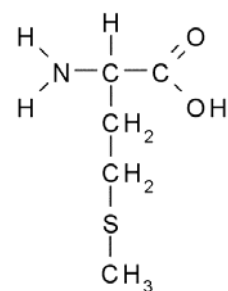


**Obr. 12:** Tryptofan

- Aminokyseliny se sirnou skupinou v postranním řetězci, cystein a methionin, zobrazují obrázky 13 a 14.

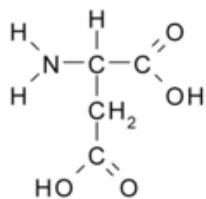


**Obr. 13:** Cystein

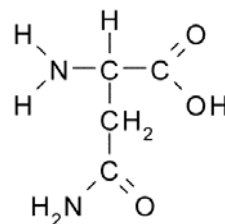


**Obr. 14:** Methionin

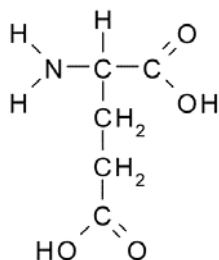
- Aminokyseliny s karboxylovou skupinou v postranním řetězci, asparagová kyselina, asparagin, glutamová kyselina a glutamin, zobrazují obrázky 15, 16, 17 a 18.



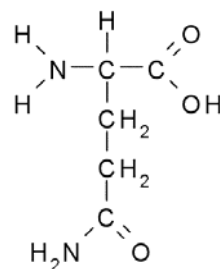
**Obr. 15:** Asparagová kyselina



**Obr. 16:** Asparagin

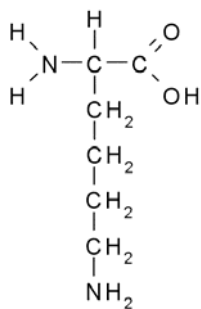


**Obr. 17:** Glutamová kyselina

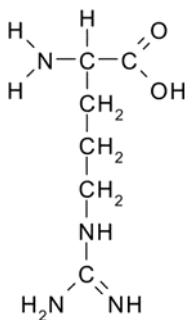


**Obr. 18:** Glutamin

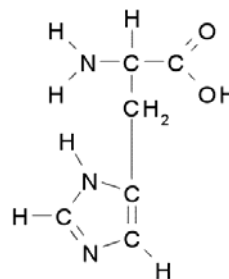
- Aminokyseliny s bazickou skupinou v postranním řetězci, lysin, arginin, histidin a pyrrolisin, zobrazují obrázky 19, 20, 21 a 22.



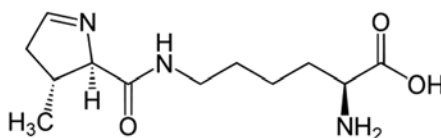
**Obr. 19:** Lysin



**Obr. 20:** Arginin

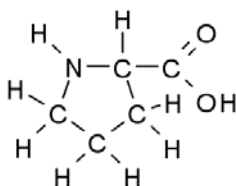


**Obr. 21:** Histidin



**Obr. 22:** Pyrrolisin

- Aminokyselina s postranním řetězcem jako součást kruhu neboli aminokyseliny, prolin, zobrazuje obrázek 23.



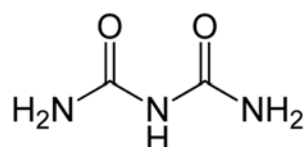
**Obr. 23:** Prolin

Zdroj: **Obr. 3-21, 23:** <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Aminokyseliny>

Zdroj: **Obr. 22:** <http://www.genetika-biologie.cz/pyrolysin>

### 3.3 Peptidy

Z chemického hlediska reprezentují peptidy organické sloučeniny, tvořené ze dvou a více aminokyselin, kde se karboxylový konec jedné aminokyseliny spojuje pomocí peptidové vazby s aminovým koncem druhé aminokyseliny. Tato reakce probíhá za odštěpení vody. Důkaz peptidové vazby lze dokázat Biuretovou reakcí. Chemický vzorec biuretu je zobrazen na obrázku 24. Během této reakce necháme zkoumaný vzorek reagovat s roztokem NaOH nebo CuSO<sub>4</sub>. Pokud je zde peptidová vazba, zbarví se vzorek do fialova (Dostál a kol., 2003).



**Obr. 24:** Chemický vzorec biuretu

Zdroj: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Biuret-2D-skeletal.png>

Studie mezi strukturou a aktivitou představují základ pro farmakologické a fyziologické výzkumy. Syntézou variant peptidů, kde jeden nebo více aminokyselinových zbytků je nahrazen za ne-přirozeně se vyskytující, zkoumáme účinek, fungování a změny biologické aktivity peptidů. Existuje obrovské množství léčiv nebo doplňků stravy, které vznikly na základě umělé syntézy peptidů. Stejně jako aminokyseliny, tak i peptidy ovlivňují chuť potravin (Velíšek a Hajšlová, 2009).



Peptidy lze nalézt v lidském těle, kde regulují mnohé biologické aktivity (inzulín, glukagon, oxytocin, parathormon) nebo v tělesných orgánech různých hub (amanitin), rostlin a živočichů. Peptidy také využíváme v potravinářském průmyslu (aspartam – necukerné sladidlo). V živých soustavách vznikají peptidy díky hydrolýze prekurzorů vyráběných v rámci proteosyntézy nebo z aminokyselin jednoduchou biosyntézou (Dostál a kol., 2003).

### **3.3.1 Rozdělení peptidů**

Podle počtu pospojovaných aminokyselin vznikají dipeptidy (z dvou molekul aminokyselin), tripeptidy (ze tří molekul aminokyselin), tetrapeptidy, pentapeptidy atd. Označují se souhrnně oligopeptidy (2-10 molekul aminokyselin). Spojením jedenácti až sta molekul aminokyselin vznikají polypeptidy. Více než sto spojených molekul aminokyselin v řetězci tvoří bílkovinu.

Podle typu řetězce rozlišujeme cyklické peptidy bez volného karboxylového konce nebo aminového konce a lineární peptidy, které mají tzv. N-konec s jednou aminokyselinou s volnou aminoskupinou a C-konec s jednou aminokyselinou s volnou karboxylovou skupinou (Doonan, 2002).

## **3.4 Bílkovinné reakce**

Pro správné chápání potřeb, využívání a fungování bílkovin, je nutné vysvětlit pár důležitých pojmů.

### **3.4.1 Denaturace**

Denaturace bílkovin vyvolávají chemické nebo fyzické vlivy, jako například účinky silné kyseliny, účinky silné zásady, zahřátí, ozáření, změna tlaku aj. Důsledkem těchto působení dochází ke ztrátě biologické hodnoty a vlastností proteinu. Původní prostorové konformace globulární bílkoviny, tj. kvartérní, terciální a sekundární, se mění, avšak primární struktura zůstává zachována. Řetězec je rozvinutější, má méně uspořádanou strukturu. Bílkovina často ztrácí rozpustnost (Pánek, 2002).

Denaturace může být reversibilní neboli vratná. V tomto případě dochází ke koagulaci bílkovin, kdy se struktura proteinu opět obnoví po přidání vody. Hlavní roli zde představuje isoelektrický bod, tzn. pH hodnota roztoku, kdy molekula má nulový náboj a tedy nulovou pohyblivost v elektrickém poli. Ztrácí svou stabilitu, rozpustnost, sráží se, jinak řečeno koaguluje. Pokud dojde ke změně struktur bílkovin, reakce jsou ireverzibilní. Denaturované proteiny se zpřístupní proteolytickým enzymům, které stojí za trávením potravin. Díky

denaturaci vyšleháme vaječný bílek, pozorujeme zhnědnutí chleba nebo ničíme nežádoucí mikroorganismy a toxiny (Velíšek a Hajšlová, 2009).

### 3.4.2 Metabolismus bílkovin

Pojem metabolismus znamená přesně organizovanou, regulovanou přeměnu látek a energie v živých organismech. Pokud se při tomto procesu energie uvolňuje, nazýváme ji katabolickou, neboli rozkladnou, reakcí, v opačném případě hovoříme o anabolické reakci. Velmi důležitou roli zde zastupují enzymové reakce (Dostál a kol., 2003).

Při metabolismu bílkovin dochází k neustálému rozkladu a opětovné výstavbě proteinů. Tento proces označujeme proteinovým obratem, jehož rychlost s přibývajícím věkem klesá. Na jeho fungování se podílí celá řada hormonů (inzulín, glukagon, kortizol...), působící v těle buď anabolicky, nebo katabolicky.

Bílkoviny, které člověk přijímá potravou, jsou hydrolyticky štěpeny na aminokyseliny. Tuto funkci za přístupu kyslíku zastávají enzymy zvané proteázy. Velká část vstřebaných bílkovin vstupuje do jater, kde dochází k deaminaci, což je oddělení  $-NH_2$  skupiny od aminokyselin. Procesem deaminace vzniká amoniak, který se přeměňuje díky oxidu uhličitému na močovinu. Močovina proniká do krve a je ledvinami odváděna pryč z těla. S ubývajícím množstvím aminokyselin přijatých ze stravy dochází ke zvyšování rozkladu tělu vlastních proteinů, zejména ze svalové tkáně. Zbytek aminokyseliny využívá tělo pro výrobu energie. K tomu procesu dochází především během hladovění (Svačina a kol., 2008).

Obecný příklad deaminace:  $R(NH_2)COOH + H_2O \rightarrow RCOOH + NH_3$  (amoniak)

Proces, při kterém jsou aminokyseliny využívány na opětovnou výstavbu tkáňových a svalových bílkovin, se nazývá proteosyntéza a je přísně regulován podle genetického modelu řízeného pomocí DNA a RNA (Mandelová a Hrnčířiková, 2007).

Bílkovina objevující se v moči je považována za patologický jev a bývá příčinou mnohých vážných chorob (cukrovka, nádor v močových cestách, zánět, vysoký tlak). Může se také objevovat u sportovců při zvýšené zátěži organismu, kde představuje pouze dočasný problém. K poruchám metabolismu aminokyselin patří dědičné onemocnění zvané fenylketonurie způsobující mentální retardaci. Tělo nevytváří fenylalaninhydroxylázu, což je enzym sloužící k odbourávání fenylalaninu. Ten se tedy v těle hromadí a tlačí na nervovou soustavu. Při včasném odhalení nemoci pomáhá dieta s nízkým obsahem zmíněné aminokyseliny. Obdobným onemocněním je homocystonutrie (Pánek, 2002).

### **3.4.3 Maillardova reakce**

Obecně se jedná o neenzymatickou reakci hnědnutí, probíhající během skladování či tepelného zpracování potravin, tj. vaření, pečení, smažení, pražení, mikrovlnný ohřev, infračervený ohřev nebo sušení. Jedná se o chemickou reakci mezi redukujícími sacharidy spolu s aminosloučeninami. Během Maillardovy reakce vznikají důležité sensorické vlastnosti potravin (vůně, chuť, hnědnutí chleba, pražení brambůrek, barva piva aj.), ale bohužel i toxické látky (akrylamid) karcinogenní a mutagenní povahy. Další negativum představuje ztráta nutričně hodnotných bílkovin, jako je například lysin. Ke ztrátám této aminokyseliny dochází hlavně během sušení mléka (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Podle vědeckých výzkumů spojujeme Maillardovu reakci s Alzheimerovou chorobou. Dva konečné produkty této reakce, pyrraline a pentosidin, totiž patří do skupiny označované jako neurofibrilární klubka. Neurofibrilární klubka způsobují progresivní zánik neuronů, snižují rozpustnost bílkovin a zvyšují odolnost proti účinkům proteáz (Smith a kol., 1994).

## **3.5 Význam bílkovin ve sportu**

Proteiny jsou pro sportovce významné především kvůli růstu svalové hmoty, obnově poškozených tkání a regeneraci. Tvoří hmotu nutnou pro tvarování svalů po tréninku a pro výstavbu svalstva při silových trénincích se zátěží (Burd a kol., 2009). V případě využití bílkovin jako zdroje energie dochází k rozkladu svalových vláken. Tyto procesy nastávají během vyčerpání glykogenových rezerv nebo při hladovění. Při nesprávné konzumaci bílkovin může docházet k mnohem vážnějším patologickým stavům, jako je poškození jater, ledvin, nárůst krevního tlaku spolu s cholesterolem nebo k narušení metabolických procesů (Fořt, 2002).

Struktura kosterního svalstva je vysoce adaptabilní ke změnám tréninkového režimu. Její výstavbu silně ovlivňuje tělesná aktivita a strava. Proto je také velmi důležité správné rozdělení živin v jídelníčku každého sportovce (Van Loon, 2014). Výživa má zásadní vliv na fyzické i duševní schopnosti u vysoce výkonných sportovců, a nejen u nich. Nicméně bez snahy, pílě a tvrdého tréninku, nebude ze sportovce nikdy mistr světa. Sestavení jídelníčku není zastoupeno určitým vzorcem, který by platil pro každého člověka v každé situaci. Otázka optimální stravy vyžaduje spojení s konkrétním typem sportu, aktuální tréninkovou fází a individuálními požadavky sportovců. Kromě dostatečného obsahu energie v jídle je velmi důležité její správné rozdělení mezi zdroje sacharidů, tuků a bílkovin (Maughan, 2009). Vyváženým a správně nastaveným stravováním docílíme toho, aby tělo čerpalo energii ze

sacharidů nebo tuků. Bílkoviny by měly být primárně využívány na regeneraci spolu s proteosyntézou (Clark, 2003).

Podle Brauna (2016) je dobré doplňovat malá množství 15-25 g bílkovin po silovém tréninku, s cílem stimulovat syntézu bílkovin, ukládajících se ve svalovém vláknu. Potřeba sacharidů se dynamicky zvyšuje při intenzivní a dlouhotrvající fyzické námaze jako jsou například vytrvalostní tréninky. Diety s cílem redukce hmotnosti jsou pro vrcholové sportovce nevhodné, pokud se ovšem nejedná o sporty s cílem tzv. body buildingu (tvarování postavy).

Odborníci tvrdí, že pro navýšení nárůstu svalové hmoty po silové či vytrvalostní zátěži stačí 10 g proteinů za den. Člověk denně přijme dostatečné až nadbytečné množství bílkovin. Není proto důležité doplňovat stravu u rekreačních sportovců proteinovými suplementy (Moore a kol., 2014). Při přebytku konzumaci bílkovin dochází mnohdy u vrcholových atletů k poškození ledvin. Tyto chorobné stavy nastávají díky nadměrnému vylučování bílkovin, které tělo nezvládlo zpracovat (Moore a kol., 2012).

Pánek (2002) stanovuje minimální denní příjem proteinů pro dospělé osobu na 0,8-1 g/kg tělesné hmotnosti za den a pro rekreační sportovce 1-1,5 g bílkovin/kg tělesné hmotnosti za den. Maximální objem bílkovin, které dokáže lidské tělo bez problémů zpracovat, je 2-2,5 g/kg lidské hmotnosti za den. Gravidním ženám, které chtějí sportovat, doporučuje navýšit příjem proteinů o 30 g na den, při kojení o 20 g na den. Senioři by měli dbát na přísun 1 g bílkovin za den na kg hmotnosti, aby zamezili úbytku svalstva a síly související s věkem.

Energetická hodnota bílkovin je  $17 \text{ kJ/g} = 4 \text{ kcal}$ , stejnou hodnotu mají i sacharidy. Doporučené složení denní lidské stravy obsahuje 1 díl proteinů, 1 díl tuků a 4 díly sacharidů (Wildman a Miller, 2004). Při sestavování jídelníčku všech sportovců je nutné určit bazální, pracovní metabolismus, intenzitu denní aktivity a psychického stresu, výdej energie vynaložené na příjem potravy a energetické ztráty trávením. Z těchto údajů dále vycházíme při rozdělování množství gramů mezi jednotlivé živiny.

### **3.5.1 Kvalita bílkovin**

Jeden ze způsobů, kterým hodnotíme kvalitu bílkovin, je metoda **NPU (Net Protein Utilisation)**. Vyjadřuje procentuální poměr mezi přírůstkem absolutního množství dusíku v organismu k celkově přijatému. NPU je časově a finančně velmi náročná, používáme ji hlavně při testování hospodářských zvířat. Silně závisí na druhu organismu.

Další způsob hodnocení je podle **PER (Protein Efficiency Ratio)** metody, sloužící k určování přírůstku váhy při spotřebě určitého množství bílkovin. Využívá se pro výkrm

zvířat, nikoliv v lidské sféře. V současné době se od těchto pokusů upouští (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Výživovou kvalitu proteinů také klasifikujeme pomocí **biologické hodnoty bílkovin (BHB)**, která vyjadřuje procento dusíku organismem zadržené a využitě k metabolickým pochodům, z celkového absorbovaného dusíku. BHB lze definovat i jako množství gramů vytvořené lidské bílkoviny ze 100 g bílkoviny přijaté. Pro získání správných výsledků je velmi důležité pečlivě zaznamenat množství přijatých proteinů a vyloučené stolice spolu s močí. Z těchto údajů následně stanovujeme přesné množství dusíku. Živočišné zdroje proteinů mají typicky vyšší BHB než zdroje rostlinných bílkovin (Hoffman a Falvo, 2004).

V moderní době určujeme nutriční hodnoty proteinů na základě neschopnosti těla syntetizovat esenciální aminokyseliny. Řídíme se podle **aminokyselinového skóre (AAS)** (Konopka, 2004). Při výpočtu dáváme do poměru esenciální aminokyselinu obsaženou v testovaném proteinu (Xi) k esenciálním aminokyselinám v tzv. referenčním proteinu (Xsi).

$$AAS = \frac{100 \cdot X_i}{X_{si}}$$

Referenční protein je bílkovina, která má nejlépe vyhovující zastoupení esenciálních aminokyselin, což jsou bílkoviny odstředěného mléka nebo ovoalbumin. Obsah esenciálních aminokyselin v referenčním proteinu zobrazuje tabulka dva (Velíšek a Hajšlová, 2009).

**Tab. 2:** Obsah esenciálních aminokyselin ve standardním proteinu

| Aminokyselina      | Referenční protein<br>(v g vztaženo na 16<br>g dusíku) | Aminokyselina        | Referenční protein<br>(v g vztaženo na 16<br>g dusíku) |
|--------------------|--------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------|
| Valin              | 5                                                      | Threonin             | 4                                                      |
| Leucin             | 7                                                      | Lysin                | 5,4                                                    |
| Izoleucin          | 4                                                      | Fenylalanin, Tyrosin | 6,1                                                    |
| Methionin, Cystein | 3,5                                                    | Tryptofan            | 1                                                      |

Zdroj: Velíšek a Hajšlová, 2009

Poslední obměna referenčního proteinu proběhla roku 2007 na základě určení organizací WHO/FAO, zkratka znamená: World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations. Aminokyselina zastoupena v nejmenším množství AAS

je zcela zásadní, označuje se limitující a podle ní se určí výživová hodnota proteinu (WHO/FAO/UNU, 2007).

Přesnější údaje o nutriční hodnotě bílkovin poskytuje index esenciálních aminokyselin (EAAI), který zprůměruje hodnoty těchto jednotlivých aminokyselin, a tím vypočte konečnou hodnotu (Velíšek a Hajšlová, 2009).

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100 X_1 * 100 X_2 * 100 X_n}{X_{s1} * X_{s2} * X_{sn}}}$$

Výživové hodnoty přijatých bílkovin počítáme hlavně při redukci váhy, v oblasti kulturistiky a při tvorbě svalové hmoty. Významnou roli hrají ve výživě zvířat (WHO/FAO/UNU, 2007).

### **3.5.2 Dusíková bilance**

Dusíkovou bilanci měříme díky dusíku, který je obsažen v každé molekule aminokyseliny. Její rovnováhu a možné výchylky zjišťujeme z vyloučené moči a stolice během 24 hodin. Analytická metoda stanovující přítomnost dusíku se nazývá Kjeldahlova. Rovnováha mezi katabolickou a anabolickou přeměnou je u zdravých jedinců vyrovnaná. Tuto rovnováhu zaručuje minimální příjem 0,75 g bílkovin/den na 1 kg hmotnosti u dospělého člověka. Významnou roli zde také hrají esenciální bílkoviny (Merkurová a Orel, 2008). Ve chvíli, kdy začne převažovat katabolismus nad anabolismem, rovnováha se vychýlí a dochází k negativní dusíkové bilanci. Tento patologický stav nastává většinou po těžkých nemocích, operacích, infekcích a úrazech. Odpad dusíku převyšuje nad jeho příjmem. Na druhou stranu, pokud je dusíkový příjem vyšší než výdej, nastává v organismu pozitivní dusíková bilance. Ta má za následek nárůst svalové hmoty.

Hrubý obsah bílkovin z hodnot dusíku v potravinách lze vypočítat vynásobením dusíku indexem 6,38 (u jednotlivých potravin se index trochu mění). Obsah dusíků se udává přibližně 16 % (Gibson, 2005).

V roce 2016 byl proveden vědecký výzkum o rozdílech metabolických požadavků na bílkoviny a dusíkovou bilanci mezi vytrvalostními sportovci a nesportovci. Bylo vybráno šest vytrvalostních sportovců mužského pohlaví (věk  $28 \pm 4$  let, tělesná hmotnosti  $64,5 \pm 10,0$  kg; objem kyslíku, který může tělo využít při fyzické námaze  $60,3 \pm 6,7$  ml/kg x min), kteří byli sledováni po dobu tří dnů a testováni pomocí IAAO (indicator amino acid oxidation) metody. Tito sportovci dodržovali dva dny speciální plán zahrnující denní příjem 1,4 g bílkovin/kg

hmotnosti, 8,0 g sacharidů/kg na den, což je v souladu se současnými konsensuálními doporučeními pro vytrvalostní sportovce trénující 1-3 hod a 5-10 km běhu denně. Třetí den, po celonočním hladovění, vypili hodinu před dvaceti kilometry na běžícím pásu sacharidový nápoj bez proteinů. Bezprostředně po cvičení obdrželi účastníci pokusu potravu, obsahující náhodně rozdělený příjem proteinů 0,2-2,8 g bílkovin/kg na den. Aminokyseliny proteinu byly modelovány na základě vaječné bílkoviny, s výjimkou fenylalaninu a tyrosinu. Sportovcům byly udělané testy na základě dvoufázové lineární regresní analýzy, fenylalaninového toku, oxidace a vylučování CO<sub>2</sub>.

Výsledky ukázaly, že odhadovaná průměrná potřeba bílkoviny za den, dle metody IAAO, je 1,65-1,83 g/kg pro vytrvalostní sportovce. Pro porovnání, tzv. NBAL metoda (leucine kinetic and nitrogen balance method) určuje denní dávku bílkovin pro nesportovce vyšší než 0,8 g/kg a pro vytrvalostního sportovce 1,2-1,4 g proteinu/kg na den. Jejich výsledky tedy dokazují, že metabolické požadavky na bílkoviny u vytrvalostně vyškolených osob na vyšším tréninkovém objemu za den je větší než u jejich vrstevníků se sedavým způsobem života. Výzkumy také prokázaly nižší závislost ženského organismu na oxidaci aminokyselin, jakožto zdroji energie, díky ochranné funkci hormonu estrogenu (Kato a kol., 2016).

### **3.5.3 Vytrvalostní sportovci**

Mezi vytrvalostní sportovce řadíme cyklisty, běžkaře, plavce, běžce na dlouhé tratě, biatlonisty aj. (Clark, 2003).

U rekreačních i vrcholových sportovců bylo prokázáno navýšení svalové výstavby po zkonzumování 16-20 g bílkovin (Lun a kol., 2009). Podle Skolnika a Chernuse (2011) je vhodné u vytrvalostních sportovců konzumovat 1,2-1,4 g bílkovin/kg tělesné hmotnosti denně. Mandelová a Hrnčířiková (2007) stanovují doporučenou denní dávku bílkovin tak, aby nijak neomezovala sacharidovou látkovou přeměnu. Podle nich představuje 10-15 % bílkovin z celkového energetického příjmu za den, 25-30 % tuků a 55-60 % sacharidů. Konkrétně pro běžce obsahuje 60 % sacharidy, 15 % bílkoviny a 25 % tuky. Pro veslaře se skládá z 56 % sacharidů, 17 % bílkovin a 27 % tuků.

Ve vytrvalostních sportech podává atlet dlouhodobý neklesající výkon střední intenzity, který obvykle trvá déle než 30 minut. Pravidelným vytrvalostním cvičením se lépe prokrvuje svalstvo, spaluje nežádoucí tuk, zvyšuje fyzická výkonnost a snižuje hladina cholesterolu (Mandelová a Hrnčířiková, 2007).

V tabulce tři jsou uvedena doporučená množství živin, které by měl sportovec sníst během dne. Příklad je uveden pro vytrvalostního sportovce vážícího 70 kg, ektomorfního typu, při hodinovém ranním tréninku s vysokou intenzitou (Skolnik a Chernus, 2011).

**Tab. 3:** Množství živin během dne

|                | <b>Sacharidy (g)</b> | <b>Bílkovin (g)</b> | <b>Tuky (g)</b> |
|----------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| Před tréninkem | 27                   | 0                   | 0               |
| Během tréninku | 20                   | 0                   | 0               |
| Regenerace     | 65                   | 10                  | 0               |
| Snídaně        | 80                   | 10                  | 45              |
| Oběd           | 100                  | 28                  | 55              |
| Svačina        | 20                   | 10                  | 20              |
| Večeře         | 20                   | 40                  | 30              |
| 2. večeře      | 60                   | 0                   | 18              |
| Celkem         | 392                  | 98                  | 163             |

Zdroj: Skolnik a Chernus, 2011

Níže jsou popsány stravovací návyky pro sportovce, který má odpolední trénink.

#### **Před vytrvalostním tréninkem:**

Poslední pevná strava by měla být konzumována 2-4 hodiny před zátěží a má obsahovat 20 g bílkovin, velmi málo tuku a 2-4 g sacharidů/kg tělesné hmotnosti. Příkladem jsou dva kousky chleba s krutí šunkou a nízkotučným sýrem nebo dvě vejce s tousty a džemem (Wildman a Miller, 2004). Zhruba hodinu až dvě před tréninkem může sportovec doplnit energii menší sacharidovou svačinkou v podobě ovoce nebo energetické tyčinky.

#### **Během vytrvalostního tréninku:**

Doplňování živin jiných nežli vody, sacharidů nebo iontových nápojů, se řeší až při zátěži trávající přes 90 minut. Frekvence doplňování sacharidů má být 3-4 krát za hodinu v množství 1 g/kg hmotnosti (Mandelová a Hřčřířková, 2007).

#### **Po vytrvalostním tréninku:**

Po výkonu je velmi důležité doplnit tekutiny a chybějící minerální látky. Ostatní makromolekuly pro dodání energie konzumujeme až půl hodinu poté (Wildman a Miller, 2004). Abychom vyrovnali děje související s katabolismem a syntézou bílkovin po vyčerpávajícím výkonu, považuje se za optimální rozdělit večeři do dvou menších porcí, kdy první je složena z 35-40 g bílkovin a ta druhá ze sacharidů (Mandelová a Hřčřířková, 2007).



### **Teoretický jídelníček vytrvalostního sportovce:**

- Snídaně: Ovesné vločky s medem a rozinkami, dvě sklenice džusu
- Svačina: Banán s tvarohem
- Oběd: Kuřecí prsa s těstovinami a zeleninovou oblohou
- Svačina: Kaki
- Večeře: Lososový filet s rýží
- 2. večeře: Sacharidový nápoj

Velmi důležitý je pravidelný příjem vody.

Mnohé studie dokazují, že dlouhodobé nadměrné vytrvalostní cvičení způsobuje kardiovaskulární obtíže. U vrcholových atletů byly prokázány vážné strukturální a elektrické remodelace srdce spolu se srdeční fibrózou. Deformace se objevily také u velkých tepen, pravé komory a vyztužení síní (O'Keefe a kol., 2012).

### **3.5.4 Siloví sportovci**

Podle Clarkové (2003) zařazujeme mezi silové sportovce kulturisty, vzpěrače nebo kouláře.

Denní dávka bílkovin má představovat v jídelníčkách atletů provozujících silové sporty 20 % z energetického příjmu potravin, což je zhruba 1,4-1,8 g bílkovin/kg lidské hmotnosti. Nadbytek se vylučuje, transformuje na tuk nebo využívá jako zdroj energie (Skolnik a Chernus, 2011). Svalovou tkáň tvoří 22 % bílkovin, což je zhruba 200 gramů z 1 kg svalstva, zbytek tvoří převážně voda. Někteří odborníci tedy tvrdí, že pro rychlejší tvorbu bílkovin stačí denně zkonzumovat 28 gramů vysoce kvalitních proteinů nebo 15 gramů esenciálních aminokyselin po silovém tréninku (Mandelová a Hrnčířiková, 2007). Siloví sportovci budují především svalovou hmotu. Pro nárůst kosterního svalstva potřebujeme, aby syntéza bílkovin převažovala nad jejich rozkladem. To neznámá, že čím více proteinů sníme, tím rychleji svalová hmota nabude. Jedná se o pomalý proces, vyžadující dlouhodobou pozitivní dusíkovou bilanci, mnoho úsilí při tréninku a vyváženou stravu, rozdělenou do více jídel (Skolnik a Chernus, 2011).

Atleti často jedí doplňky stravy s vysokým podílem proteinů za účelem zvyšování výkonu a síly. Avšak mnoho vědců ilustruje právě na těchto sportovcích dysfunkci určitých částí orgánů, spojenou s příjmem anabolických bílkovin. Byl proveden pokus na krysách, kdy jedna skupina byla kontrolní, druhé byl do krmiva přidán super amino protein a třetí skupině

hyper-syrovátkový protein. U dvou posledních skupin se prokázal nižší přírůstek hmotnosti, přetížení krevních cév, jaterní dysfunkce, zvýšená apoptóza, rozpad hepatocytů, zvýšená hladina cholesterolu a snížená hladina inzulínu, která představuje podezření na diabetes (Ali a kol., 2016). Při nadbytečné konzumaci proteinů, dochází k jejich nadměrnému vylučování. Tento proces způsobuje velké zdravotní komplikace ledvin vyskytující se především u kulturistů, kteří neuváženě zahrnují ve své stravě nadměrné množství bílkovin.

V tabulce čtyři jsou uvedena doporučená množství živin, které by měl sportovec sníst během dne. Příklad je uveden pro silového sportovce vážícího 70 kg, ektomorfního typu, při intenzivním hodinovém odpoledním tréninku (Skolnik a Chernus, 2011).

**Tab. 4:** Množství živin během dne

|                | <b>Sacharidy (g)</b> | <b>Bílkoviny (g)</b> | <b>Tuky (g)</b> |
|----------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Snídaně        | 80                   | 25                   | 20              |
| Svačina        | 35                   | 5                    | 0               |
| Oběd           | 45                   | 30                   | 35              |
| Před tréninkem | 35                   | 10                   | 5               |
| Během tréninku | 15                   | 0                    | 0               |
| Regenerace     | 50                   | 15                   | 15              |
| Večeře         | 90                   | 40                   | 25              |
| Celkem         | 350                  | 125                  | 100             |

Zdroj: Skolnik a Chernus, 2011

V současnosti nemáme důkazy o působení proteinů na dlouhodobé zlepšení výkonnosti svalů. Výzkumy dokazují, že aminokyseliny přijaté potravou jsou syntetizovány pro svalovou výstavbu pouze do určité míry, poté následuje jejich rozklad a vyloučení močí ven z těla (Atherton a kol., 2010).

Silový trénink navyšuje úroveň bazálního metabolismu. Cílem jedné studie bylo porovnat vliv pohlaví a vliv věku na bazální metabolismus při svalovém tréninku. Testovaných bylo 10 mladších mužů (20-30 let), 9 mladších žen (20-30 let), 11 starších mužů (65-75 let) a 10 starších žen (65-75 let). Bazální metabolismus spolu s energetickým výdejem byly měřeny před a po silovém tréninku v období 24 týdnů. Výsledky testů ukázaly nárůst bazálního metabolismu o 7 % u všech skupin, v kontrastu byl pouze čas. U obou skupin mužů byl dokázán rychlejší nárůst bazálního metabolismu než u žen. Výsledkem je fakt, že svalový

trénink má rychlejší vliv na bazální metabolismus u mužů kteréhokoliv věku než u žen (Lemmer a kol., 2001).

#### **Teoretický jídelníček silového sportovce: .**

- Snídaně: Dvě sklenice pomerančového džusu, müsli s rozinkami a mlékem
- Svačina: Banán s polotučným tvarohem
- Oběd: Vaječné těstoviny s lososem, špenátem a smetanou, dvě sklenice ovocného džusu
- Svačina: Dva celozrnné rohlíky s polotučným sýrem, ovoce
- Večeře: Kuřecí prsa s vařenou zeleninou a vařeným bramborem
- 2. večeře: Dvě sklenice mléka

Velmi důležitý je opět příjem tekutin v podobě vody

### **3.5.5 Silově-vytrvalostní sportovci**

Do této kategorie se řadí většina kolektivních sportů, např. basketbal, fotbal, vodní polo, lední hokej aj (Clark, 2003). Náročnost tréninků a nároky na budování síly či vytrvalosti se u těchto sportovců velmi různí podle toho, v jaké části sezony zrovna jsou (Skolnik a Chernus, 2011).

## **3.6 Zdroje bílkovin**

Bílkoviny přijaté z živočišné stravy mají mnoho odlišností než bílkoviny přijaté ze stravy rostlinné. Liší se především nutriční hodnotou založenou na aminokyselinovém spektru a stravitelnosti. Člověk by měl jejich konzumaci kombinovat (Devries a Stuart, 2015).

### **3.6.1 Živočišné zdroje bílkovin**

Živočišné zdroje bílkovin na rozdíl od rostlinných zdrojů obsahují vyvážený poměr esenciálních aminokyselin a mají vyšší podíl plnohodnotných proteinů spolu s ostatními živinami (B12, D, Zn, kyselina doxosahehexaenová, hemové železo). Mezi nevýhody proteinů získaných ze živočišných zdrojů patří vyšší obsah tuků, cholesterolu a tím i vyšší zátěž pro ledviny nebo játra. Z finančního hlediska jsou bílkoviny z živočišné stravy dražší než ze stravy rostlinné (Fořt, 1996).

## Mléko

Mléko je základní živinou, se kterou přichází savci do kontaktu již od narození. V podobě mleziva obsahuje základní prtilátky nutné pro upevnění imunity mláďat. Mezi hlavní složky kravského mléka patří voda (kolem 88 %), tuk (3,9 %), bílkoviny (3,2 %) a laktosa (4,8 %). V mléku se také objevují vedlejší složky (minerální látky, vitamíny, hormony aj.) i některé cizorodé látky. Podle poměru bílkovin rozlišujeme zralá mléka na kaseinová (kasein > 75 %) a albuminová (kasein < 75 %). Albuminová se vyskytují u živočichů s jednoduchým žaludkem (Velíšek a Hajšlová, 2009). Mléko má vysoký podíl BCAA aminokyselin, které podporují svalovou regeneraci. Mléčné bílkoviny působí nejkvalitněji ze všech potravinových bílkovin na udržení rovnováhy mezi rozkladnými a syntetickými proteinovými ději v těle. Hlavními proteiny zralého kravského mléka jsou z 80 % kasein a z 20 % syrovátkový protein (Devries a Stuart, 2015).

Tabulka pět zobrazuje, podle databáze složení potravin, několik základních potravin s jejich obsahem bílkovin.

**Tab. 5:** Obsah bílkovin v mléčných výrobcích

| Živočišné zdroje       | Bílkoviny (g) |
|------------------------|---------------|
| Sýr EIDAM 30%          | 289           |
| Sýr EIDAM 50%          | 247           |
| Tvaroh tučný, 12% tuku | 135           |
| Mléko ovčí             | 81            |
| Mléko polotučné        | 33            |
| Mléko kozí             | 30            |
| Mléko keřřové          | 27            |
| Máslo                  | 7             |
| Syrovátka              | 5             |

Zdroj: <http://www.czfcdb.cz/potraviny> (Databáze složení potravin)

Kasein se skládá z heterogenní směsi proteinů (zhruba z deseti bílkovin). V mléce tvoří mikroskopické submicely, které se shlukují do micel. Na základě rozrušení stability těchto micel vyrábíme jogurty, tvarohy nebo sýry (Hammond, 2008).

Syrovátka je vedlejším produktem při výrobě sýrů, získaná sladkým srážením. Obsahuje vitamíny (B, H, C, E), minerální látky (vápník, fosfor, draslík, sodík, zinek, hořčík),

laktózu (70-80 % sušiny) a nutričně vysokohodnotné bílkovin s velkým množstvím esenciálních aminokyselin. Z těchto důvodů ji zpracováváme na formu použitelnou do výživových doplňků. Mezi sportovci patří syrovátkové bílkoviny mezi jedny z nejoblíbenějších doplňků stravy (Phillips a Williams, 2011).

## **Vejce**

Vejce obsahuje vysoce kvalitní proteiny, důležité tuky, minerální látky, sacharidy a vitamíny. Vaječné bílkoviny působí kladně na syntézu kosterních svalů (Phillips a Williams, 2011).

Vaječný bílek je velmi dobrým zdrojem bílkovin, neobsahuje žádný cholesterol ani tuk. Obsahuje mnohem více esenciálních aminokyselin, než je obsaženo v mase. Esenciální aminokyseliny podporují tvorbu svalové tkáně. Nejdůležitějším proteinem bílku je ovalbumin, který je považován za jednu z nejhodnotnějších bílkovin. Dále obsahuje proteiny, jako například ovotransferrin, ovomucoid, ovomucin, lysozym a globulin (Hida a kol., 2012).

Vaječný žloutek na rozdíl od bílku obsahuje lipidy, a tím pádem i cholesterol. Pro lidi trpícím vysokým cholesterolem není tedy vaječný žloutek úplně ideálním zdrojem bílkovin, ale pro budování svalové hmoty sportovců ideální je. Hlavní aminokyselinou, která je obsažena ve vaječném žloutku a pozitivně přispívá k nárůstu svalové hmoty, je leucin (Fořt, 2002).

## **Maso**

V pragmatickém smyslu lze maso nazývat jako jedlou posmrtnou část pocházející ze živých zvířat, konkrétně z domestikovaných zvířat. V tabulce šest je uvedeno několik živočišných zdrojů s jejich obsahem bílkovin. Mezi maso řadíme i vnitřnosti, svalovou tkáň, živočišné tuky, krev a kůži. Libové maso obsahuje kolem 20 % bílkovin a méně než 5 % tuku. Dělíme ho na výsekové, určené k prodeji, a výrobní, určené na další zpracování. Skot chovaný pro masný užitek zahrnuje např. plemena Galoway, Aberdeen Angus, Belgické modro-bílé, Piemonteste nebo plemeno Limousine. Masná plemena prasat jsou např. Duroc nebo Bílé ušlechtilé. Nejen prasata a skot chováme pro masný užitek, ale i ovce, kozy, drůbež a ryby (Phillips a Williams, 2011).

Kolagen patří do skupiny nazývané glykoproteiny. Obsahuje na rozdíl od ostatních proteinů velké množství aminokyselin glycinu (30 %), prolinu (12 %) a hydroxyprolinu (10 %). Nerozpouští se ve studené vodě ani v roztocích solí nebo zředěných roztocích kyselin

a zásad. Při zahřívání se smršťuje a vytváří želatinu, která se využívá jako želírující prostředek při výrobě dortů nebo jogurtů.

Elastin je mechanicky i chemicky velmi odolný. Vyskytuje se ve vazech, kůži, cévách a šlachách. Elastin úplně chybí v rybím masu, proto je jeho tepelná úprava snadná (Murray a kol., 2012).

**Tab. 6 :** Obsah bílkovin v mase

| <b>Živočišné zdroje (1 kg jedlého podílu)</b> | <b>Bílkoviny (g)</b> |
|-----------------------------------------------|----------------------|
| Makrela uzená                                 | 207                  |
| Hovězí maso (kýta)                            | 206                  |
| Kuřecí maso                                   | 205                  |
| Syrový losos                                  | 204                  |
| Králičí maso                                  | 200                  |
| Vepřové maso (kýta)                           | 196                  |
| Jehněčí                                       | 194                  |
| Kapr obecný                                   | 175                  |
| Treska                                        | 165                  |
| Skopové maso                                  | 145                  |

Zdroj: <http://www.czfcdb.cz/potraviny> (Databáze složení potravin)

### **3.6.2 Rostlinné zdroje bílkovin**

Obiloviny, luštěniny i olejniný jsou velmi žádané a potřebné pro vegetariány právě pro svůj vysoký obsah bílkovin a zdroje esenciálních aminokyselin. Proteiny obsažené v rostlinných zdrojích se nachází v semeni, přesněji dělohách rostliny. Lépe se konzumují v syrové podobě než bílkoviny získané ze živočišných zdrojů a pozitivně působí při prevenci nádorových onemocnění. Mají nulový obsah cholesterolu a vysoký obsah pozitivně působících látek (vláknina, vitamíny, minerální látky, enzymy). Rostlinné zdroje bílkoviny jsou celkově levnější než živočišné. Na druhou stranu se u těchto potravin potýkáme s častým problémem alergie na lepkové bílkoviny. Mezi rizikové faktory patří možný výskyt těžkých kovů, toxických látek nebo plísní. V některých případech je obsaženo vyšší procento dusičnanů. Rostlinné zdroje obsahují nízký objem plnohodnotných bílkovin důležitých pro správnou funkci obranyschopnosti, mentální a vzrůstový vývoj dětí. Z tohoto důvodu bývá problém u dětí vegetariánů. (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, 2002).

Nutno podotknout, že tyto aspekty pro a proti nejsou limitující ve vhodném výběru potravin. U bílkovin velmi záleží na jejich kvalitě, kvantitě s ohledem na náš věk, pohlaví, zdravotní stav a druh fyzické aktivity (Fořt, 1996). Tabulka sedm představuje základní obiloviny, luštěniny a olejniny s jejich obsahy bílkovin, udávaných v gramech.

## **Obiloviny**

Mezi nejvýznamnější obiloviny řadíme pšenici, oves, kukuřici, žito, ječmen a rýži. V České republice je nejvíce pěstována pšenice.

Základní bílkoviny obilovin jsou zastoupeny albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny. Albuminy spolu s globuliny nalezneme v aleuronové vrstvě obilky. Tyto dva proteiny obsahují vysoký podíl esenciálních aminokyselin. Prolamin a glutelin mají význam technologický. Limitující aminokyselinou obilovin je lysin (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Velký problém mohou představovat lepkové bílkoviny. Během hnětení mouky s vodou vzniká díky lepkovým bílkovinám elastický tažný gel, lepek. Rozlišujeme osoby s alergií na tyto proteiny a osoby s celiakií, autoimunitním onemocněním tenkého střeva, které je citlivé na gluten neboli lepek (Červenková, 2006).

Z technologického hlediska udává gluten kvalitu mouky a je pro nás při pečení velmi důležitý. Energetickou hodnotu zvyšuje škrob, který se nachází v parenchymatických buňkách endospermu obilky (Velíšek a Hajšlová, 2009).

## **Luštěniny**

Luštěniny obsahují vysoký podíl proteinů, především globulinu. Limitující podíl představují sirné aminokyseliny, hlavně methionin. Jako významný zdroj bílkovin slouží především pro JV Asii a J Ameriku, u nás se pro tyto účely pěstují pouze okrajově. Luštěniny obsahují i inhibitory trávicích enzymů, které tepelnou úpravou lze neutralizovat.

V České republice je nejvíce pěstován hrách, fazol a bob. Po světě je známo velké množství odrůd těchto rostlin. V Latinské Americe se pěstují černé fazole, želví fazole, v Nigerii holubí a červené, v Africe pěstují fazole nazývané kočičí pupen. Mezi luštěniny řadíme také sóju, která je některými autory pro svůj vysoký podíl tuku řazena spíše k olejinám. Semena sóji obsahují až 30 % bílkovin. Sója je surovinou, ze které se vyrábí náhražky masa, olej nebo mléko. (Heinrich, 2015).

## Olejniny

Semena olejnin obsahují zhruba 20-35 % bílkovin. U nás pěstujeme především řepku nebo slunečnici, ve světě pak mák nebo arašidy. Luštěniny pěstujeme především kvůli vysokému obsahu tuků, tedy pro výrobu olejů (Phillips a Williams, 2011).

**Tab. 7 :** Obsah bílkovin ve vybraných potravinách

| Rostlinné zdroje  | Bílkoviny (g) |
|-------------------|---------------|
| <b>Obiloviny:</b> |               |
| Oves nahý         | 153           |
| Pšenice ozimá     | 134           |
| Ječmen nahý       | 119           |
| Žito ozimé        | 89            |
| Rýže loupáná      | 72            |
| Kukuřice cukrová  | 33            |
| <b>Luštěniny:</b> |               |
| Sója              | 342           |
| Fazole bílé       | 217           |
| Hrách             | 195           |
| <b>Olejniny:</b>  |               |
| Arašidy           | 258           |
| Mák               | 218           |

Zdroj: <http://www.czfcd.db.cz/potraviny> (Databáze složení potravin)

## 3.7 Potravinové doplňky stravy

Nadměrný prodej potravinových doplňků vytvořil z tohoto odvětví multi–miliardový globální trh. Úspěch poptávky spočívá v podpoře organismu při bránění se nemocem nebo při fyzické a psychické zátěži. Sportovní suplementy napomáhají tělu k rychlejší regeneraci, účinnější proteosyntéze, slouží jako prevence pro poškození a přetížení organismu a zvyšují biologickou hodnotu stravy. Potravinové doplňky nejsou určeny jako náhrada stravy, slouží pouze k jejímu doplnění, což je u vrcholových sportovců, u mládeže a sportovců seniorů nutností chránící před zraněním. Sportovci by si měli však uvědomit, že žádný potravinový suplement nemůže plně nahradit vyváženou stravu a tvrdý trénink. U rekreačních sportovců,

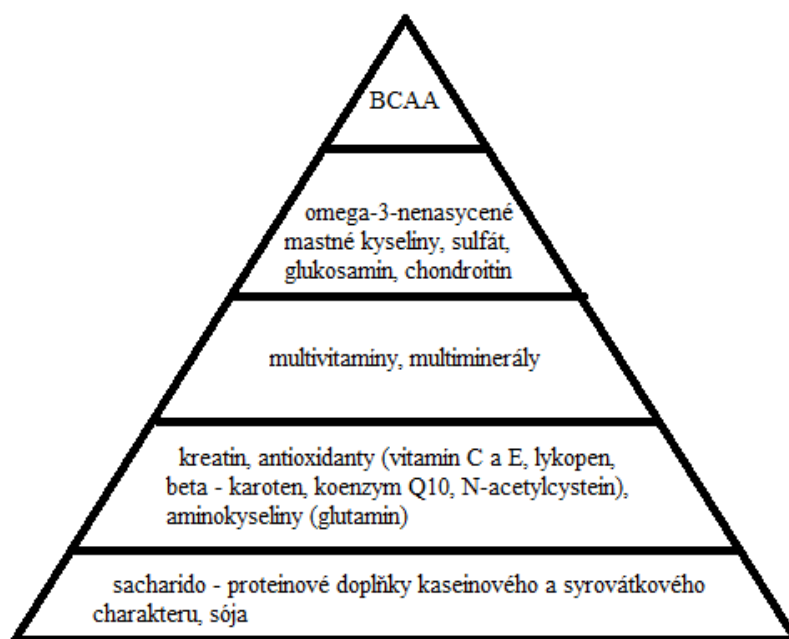


kterým nebyly prokázány patologické nedostatky, se nedoporučuje příjem těchto sportovních doplňků (Parr a spol., 2017).

Nejčastěji využívaná forma suplementů je prášková. Sušené doplňky rozpouštíme ve vodě nebo v mléce v určitém poměru. Tekutou formu náš organismus zpracovává lépe a rychleji než tuhou (Mach, 2004).

### 3.7.1 Rozdělení doplňků sportovní výživy

Mach (2004) ve své publikaci uvádí potravinovou pyramidu složenou z doplňků sportovní výživy představující jejich důležitost v jídelníčku, obrázek 25. Úplný základ tvoří sacharido-proteinové doplňky kaseinového a syrovátkového charakteru, naopak na vrchol pyramidy umísťuje BCAA aminokyseliny, kterým přiřazuje nejmenší váhu.



**Obr. 25:** Pyramida složená z doplňků sportovní stravy

Zdroj: Mach, 2004

Podle Mandelové a Hrnčířkové (2007) není kategorizace doplňků sportovní výživy dosud jednotná. Na základě jejich publikace rozděluje suplementy na **proteinové prášky** a **pyruváty**, které syntetizují svalové bílkoviny a předcházejí odbourávání bílkovin tělu vlastních, **hydrolyzáty bílkovin** a **peptidy** zvyšující hladinu IGF-1 (inzulínový faktor), **HMB** ( $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrát), **BCAA** aminokyseliny (valin, leucin, izoleucin) a **GHB** ( $\gamma$ -hydroxymáselná kyselina), které podporují obnovu svalových vláken a lepší regeneraci

těla. Dále sem patří **aminokyseliny** a **kreatin**. Funkcí kreatinu je zvyšování intracelulárního poolu fosfokreatinu představující důležitou složku při čerpání zásob ATP během náročného fyzického výkonu. Kreatin je spojován s nárůstem svalové hmoty a zadržováním vody v těle (velké svaly neznamenaají velkou sílu). Aminokyseliny lze využívat k prevenci různých onemocnění nebo pro zlepšování sportovního výkonu. Tato skupina má velké množství zástupců, jejichž účinky jsou velmi intenzivní.

Je nutné brát na vědomí absenci důkazů o účinnosti některých doplňků stravy, které mohou mít dokonce negativní dopad na organismus jedince a snižovat jeho výkon. Bohužel je známo mnoho případů, kdy sportovci neprošli dopingovým testem na základě doplňování stravy určitými suplementy, v horších případech byla zaznamenána i smrt. Konzumaci a dávkování by měl každý atlet konzultovat s odborníkem (Maughan, 2013).

### **3.7.2 Aminokyselinové suplementy**

#### **Arginin**

Arginin se hojně vyskytuje ve všech bílkovinách (3-6 %). Živočiškové spolu s lidmi mají vysoké nároky na jeho příjem. Arginin je významným stimulantem pro vyplavování růstového hormonu a hraje důležitou roli při výstavbě kosterního svalstva. Podporuje spalování podkožního tuku, a díky tomu je vyhledáván především kulturisty (Mandelová a Hrnčířiková, 2007). Podle výzkumu, který byl proveden na krysách, vykazuje L-arginin pozitivní vliv na aktivaci biochemického cyklu močoviny v játrech a na zvýšenou tvorbu bílkovin pro výstavbu svalového vlákna. Dále aktivuje oxidaci mastných kyselin, které se rozkládají na vodu a CO<sub>2</sub>. Díky těmto procesům dochází k vyšším energetickým výdajům, lepší využitelnosti proteinů a ke snižování ukládání podkožního tuku (Yang a kol., 2015). Doporučená denní dávka argininu se pohybuje mezi 5-15 g (Slíva a Minárik, 2009).

#### **Glutamin**

Glutamin má výrazně pozitivní vliv na obranyschopnost organismu, napomáhá k rychlé obnově svalové hmoty, snižuje chuť na sladké a alkohol. Glutamin je neesenciální antikatabolická aminokyselina, která je pro sportovce velmi důležitá (Fořt, 1996). Výzkumy dokazují, že suplementace glutaminem u silových sportovců je zbytečná. Glutamin v krvi klesá při zátěži trvající déle než dvě hodiny (Candow a kol., 2001).

## **Alanin**

Alanin bývá častým doplňkem sportovních nápojů pro běžce a provozovatele extrémních sportů (skateboarding, surfing, sjezd na horské kole, BMX). Má velmi intenzivní vliv na fyzickou zdatnost trvající od jedné do čtyř minut. Při vysoké intenzitě cvičení dochází k poklesu pH ve svazech, což má za následek sníženou funkci svalů a rychlejší nástup únavy. Doplněním stravy 6,4 g  $\beta$ -alaninu za den po dobu čtyř týdnů, byl u sportovců prokázán nárůst karnosinu, který udržuje pH ve správné hodnotě (Feletti, 2017).

## **Fenylalanin, lysin, cystein**

Fenylalanin podporuje duševní výkon, odolnost proti stresu a tlumí chuť k jídlu. Jeho optický izomer, D-fenylalanin, je látka pomáhající při léčbě schizofrenie. Kombinace těchto dvou aminokyselin se označuje jako DLPA. Fenylalanin je vhodný pro silové sportovce, lidi s nadváhou a studenty.

Lysin je esenciální aminokyselina zabraňující oparům, únavě, chrání cévy proti usazování cholesterolu a podporuje budování svalů.

Cystein vykazuje silné antioxidační účinky, které působí proti volným radikálům tvořících se při dlouhodobé fyzické zátěži. Snižuje riziko aterosklerózy a hypoglykemie (Fořt, 1996).

## **BCAA**

Tři větvené esenciální aminokyseliny – valin, leucin a izoleucin tvoří BCAA aminokyseliny. Zkratka je odvozena z anglického slova “branched chain amino acids”.

Hlavní funkcí BCAA aminokyselin je snižování fyzické únavy u začínajících sportovců a během dlouhotrvajících výkonů. Větvené aminokyseliny hrají důležitou roli při svalové proteosyntéze, regeneraci a předcházejí kritickému poklesu krevního cukru. Během cvičení jsou BCAA využívány jako zdroj energie, a tím zamezují spalování bílkovin tělu vlastních (Vilikus a kol., 2012). Byl proveden výzkum, jehož základem bylo zjistit zda BCAA aminokyseliny opravdu oddalují únavu a napomáhají rychlejší regeneraci po tréninku. Tato teorie byla testována na 12 netrénovaných ženách, kdy polovině z nich byl před silovým tréninkem podán nápoj se 100 g/kg BCAA aminokyselin a druhé polovině pouze ochucená voda. Skupina, která před tréninkem vypila aminokyselinový suplement, vykazovala dva dny po tréninku nižší bolestivost svalů ve srovnání s kontrolní skupinou (Shimomura a kol., 2004).

BCAA nejsou metabolizovány v játrech, ale účinkují přímo ve svalech. K jejich oxidaci dochází během fyzické aktivity, a proto by se měli konzumovat před tréninkem. Jejich konzumace po tréninku je stejně důležitá. V této chvíli slouží jako primární zdroj, který tělo využije pro opravu poškozených svalových vláken. Větvené aminokyseliny také napomáhají ke správné tvorbě keto kyselin chránící játra (Vilikus a kol., 2012).

Odborníci doporučují konzumovat BCAA aminokyseliny v poměru 2:1:1 ve prospěch leucinu, doporučená denní dávka pak představuje 20 g. Pro lidi s vyváženou stravou a dostatečným množstvím bílkovin ve stravě tedy není suplementace nutná. Dávka pro vrcholové sportovce se pohybuje někde nad 50 g za den (Fořt, 2002).

### **Tryptofan**

Tryptofan patří mezi esenciální aminokyseliny, což znamená, že ho musíme přijímat v potravě. Je pro nás nepostradatelný, ale jeho nadměrný přísun (> 1000 mg) má opravdu nepříjemné následky v podobě hniloby tlustého střeva a následné rakoviny. Výrobci některých sportovních doplňků dokonce označují své etikety nápisem “tryptofan free“. Pozitivní účinky tryptofanu byly prokázány v kombinaci s glukózou (Pollack a kol., 1986).

### **Taurin**

Lidé často doplňují energii pomocí energetických nápojů, tabletek, gelů nebo energetických žvýkaček. Hlavní složkou těchto suplementů je derivát aminokyselin – taurin spolu s kofeinem. Tyto látky posilují psychickou a fyzickou výkonnost, ale také působí negativně na kardiovaskulární systém a mohou být příčinou vážných ischemických chorob. Energetické doplňky by z těchto důvodů vůbec neměli konzumovat děti a je na pováženou zda sportovci (Seifert a kol., 2016).

### **3.7.3 Syrovátkový protein**

Syrovátkový protein je jedním z nejoblíbenějších suplementů mezi sportovci. Představuje ideální zdroj bílkovin, má nejvyšší biologickou hodnotu a ze všech bílkovinných zdrojů se vstřebává nejrychleji. Obsahuje všechny esenciální aminokyseliny spolu s velkým množstvím BCAA aminokyselin. Syrovátková bílkovina se velmi rychle rozpouští v žaludku, aminokyseliny prostupují přes stěny orgánů do krevního řečiště a odsud jdou pomocí krve přímo ke svalům (Phillips a Williams, 2011). Syrovátkový protein napomáhá k obnově svalových vláken spolu s regenerací. Tyto účinky jsou ovlivněny především vysokým obsahem větvených aminokyselin. Doporučené množství je 0,3 g/kg tělesné hmotnosti po

tréninku. Syrovátkové bílkoviny působí pozitivně na celkové složení lidského těla. Díky tomuto aspektu jsou hojně využívány při redukčních dietách nebo při udržení hmotnosti po dietě u obézních lidí (Devries et Stuart, 2015).

### **3.7.4 Sójový protein**

Protein ze sóje využívají především vegetariáni, kteří odmítají přísun bílkovin ze živočišných zdrojů. Má přibližně stejnou skladbu, ale obsah leucinu je výrazně nižší. Hodnoty leucinu výrazně ovlivňují svalovou proteosyntézu, která je v tomto případě tedy nižší než při podpoře ze syrovátky nebo mléka (Phillips a Williams, 2011).

### **3.7.5 Kasein**

Kasein se mezi sportovci označuje jako noční protein. Během spánku dochází v lidském těle ke katabolickým reakcím, kdy je využíváno svalové hmoty k celkové regeneraci poškozených tkání. Pokud před spaním tělu dodáme vhodnou dávku suplementu, obsahujícím kasein, bude čerpat proteiny právě z kaseinového doplňku, a ne z vlastní svalové hmoty. Tato funkce je spojena s pomalým rozkladem kaseinu v žaludku (Fořt, 2002).

Kasein sice obsahuje velké množství větvených aminokyselin, ale jejich uvolňování do krve je celkem pomalé. Důležitější roli hraje ve funkci zabraňování rozpadu bílkovin než při jejich syntéze (Devries a Stuart, 2015).

### **3.7.6 Gainer**

Gainer je vhodný především pro silové sportovce a ty, kteří chtějí budovat svalovou hmotu. Jeho užívání není vhodné při tzv. rýsovacích dietách kvůli možnému nárůstu tuku spolu se svalovinou.

Gainer obsahuje směs sacharidů, bílkovin, tuků, minerálů a vitamínů. Množství sacharidů by nemělo překročit dávku 30 g z důvodu nadměrného uvolňování inzulínu a následného ukládání tuku. Gainer znamená v anglickém překladu objem (Fořt, 2002).

## **3.8 Doping**

Doping sice zlepšuje výkon sportovce, ale je látkou silně návykovou a nebezpečnou pro zdraví. Z těchto důvodů Světová antidopingová agentura zakázala její užívání při sportovních soutěžích. Dopingové látky působí cíleně na mozek, čímž tiší množství bolesti způsobené nemocí nebo zraněním. Dále snižují únavu, urychlují proteosyntézu svalových bílkovin nebo spalování tuků. Neexistuje žádný dopingový přípravek bez vedlejších vlivů.

Mezi nežádoucí účinky patří např. neplodnost, deprese, plešatění či zvýšená hladina testosteronu u žen. Zakázané látky odhalujeme u sportovců odebráním moči ihned po sportovním výkonu (Mottram, 2003).

Jednu z mnoha skupin dopingu zastupují anabolicko-androgenní steroidy. Jedná se o růstové hormony zvyšující rychlost proteosyntézy a rychlost tvorby červených krvinek v těle (erythropoetin). I přes to, že jejich užívání často končí infarktem, jsou nejčastěji konzumovanými zakázanými látkami ve sportu (Vilikus a kol., 2012).

## 4 Závěr

Díky psaní bakalářské práce jsem měla možnost přečíst mnoho českých i cizojazyčných odborných studií na téma, které mě opravdu zajímá a baví. Po prostudování materiálu, jsem došla k těmto závěrům.

Bílkoviny jsou všestranné makromolekuly, složené z velkého počtu aminokyselin, zajišťující řadu důležitých dějů v organismu.

Množství bílkovin obsažené ve výživě sportovců záleží na druhu sportu, který daný atlet vykonává, a nejen na tom. Doporučená denní dávka pro vytrvalostní sportovce se pohybuje mezi 1,2-1,4 g bílkovin/kg tělesné hmotnosti a pro silového sportovce představuje dávku 1,4-1,8 g bílkovin/kg tělesné hmotnosti. U silově-vytrvalostních sportovců záleží na tom, ve které tréninkové fázi se zrovna nacházejí. Člověk denně přijme ve stravě dostatečné až nadměrné množství bílkovin, proto není nutná proteinová suplementace u lidí, kteří nejsou vrcholovými sportovci. Při nadměrné spotřebě proteinů dochází k jejich degradaci, přeměnám na tuk a v horších případech i k vážným zdravotním problémům.

Proteiny přijaté ze živočišných zdrojů mají mnoho odlišností než bílkoviny ze stravy rostlinné. Liší se především nutriční hodnotou založenou na aminokyselinovém spektru a stravitelnosti. Bílkoviny, které jsou přijímány ze živočišné stravy, jsou na rozdíl od bílkovin, které jsou získané ze zdrojů rostlinných, plnohodnotné. Sportovcům se doporučuje vyšší konzumace proteinů ze zdrojů živočišných.

Musíme si uvědomit, že na sestavování jídelníčku a určování množství jednotlivých živin neexistuje žádný přesný vzorec. Bylo provedeno mnoho výzkumů, na jejichž základě stavíme obecné předpoklady, jaký podíl bílkovin má sportovec přijmout, ale každý jsme jedinečný a každý se v určitých věcech lišíme. Přesné dávkování bílkovin ve stravě by měl každý sportovec konzultovat s odborníkem, který mu provede potřebná vyšetření, díky kterým bude schopen určit správnou dávku proteinu ve výživě atleta.

Základem nejlepších sportovních výkonů je odhodlání, tvrdý trénink a vyvážená strava.

## 5 Použitá literatura

Ali, D., El-Sayyad, H., Moftah, O., Chilibeck, P. 2016: Structural and functional abnormalities of hepatic tissues in male Wistar rats fed hyperwhey and super amino anabolic protein. Science Direct. 32(7-8). 840-848.

Atherton, P.J., Etheridge, T., Watt, P.W., Wilkinson, D., Selby, A., Rankin, D., Smith, K., Rennie, M.J. 2010: Muscle full effect after oral protein: time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mTORC1 signaling. Eas Academy. 92(5). 1080-1088.

Braun, H. 2016: Characteristics of Nutrition in Competitive Sports, Ranging from Leisure Activities to High-Performance Athletics. Aktuelle ernährungsmedizin. 41(1). 10-14.

Burd, N.A., Tang, J.E., Moore, D.R., Phillips, S.M. 2009: Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. Journal of Applied Physiology. 106(5). 1692-1701.

Candow, D.G., Chilibeck, P.D., Burke, D.G., Davison, K.S., Smith-Palmer, T. 200: Effect of glutamine supplementation combined with resistance training in young adults. NCBI. 86(2). 142-149.

Clark, N. 2003. Nancy Clark's sports nutrition guidebook. Human Kinetics. Champaign, IL. p. 520. ISBN: 073604602X.

Červenková, R. 2006. Celiakie. Galén. Praha. ISBN 8072624253.

Devries, M.C., Stuart M.P. 2015: Supplemental Protein in Support of Muscle Mass and Health: Advantage Whey. Journal of Food Science. 80(1). 8-15.

Doonan, S. 2002. Peptides and proteins. New York: Wiley-Interscience. New York. p. 187. ISBN: 0471552852.



Dostál, J., Paulová, H., Slanina, J., Táborská, E. 2003. Biochemie pro bakaláře. Brno: Masarykova univerzita v Brně. Brno. 174 s. ISBN: 8021032324.

Eastwood, M. 2003. Principles of human nutrition. Blackwell Publishing. Oxford. p. 680. ISBN: 0632058110.

Feletti, F. 2017. Extreme sports medicine. Springer international publishing switzerland. Italy. p. 460. ISBN: 9783319282633.

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. Washington D. C. p. 1332. ISBN: 030908525X.

Forť, P. 1996. Výživa (nejen) pro kulturisty. Svět kulturistiky. Pardubice. 241 s. ISBN: 8086462196.

Forť, P. 2002. Sport a správná výživa. Svět kulturistiky. Pardubice. 352 s. ISBN: 8024901242

Gibson, R. 2005. Principles of nutritional assessment. Oxford University Press. New York. p. 908. ISBN: 0195171691.

Hammond, B.G. 2008. Food safety of proteins in agricultural biotechnology. CRC Press (Taylor & Francis). Boca Raton. p. 320. ISBN: 0849339677.

Heinrich, K. 2015. Výživa v medicíně a dietetika. 11. Praha: Grada Publishing, a.s., 2015. 592 s. ISBN: 9788024745336.

Hida, A., Yuko, H., Yuko, M., Mika, U., Yasunobu, M., Hitoshi, K., Yukari, K. 2012: Effects of Egg White Protein Supplementation on Muscle Strength and Serum Free Amino Acid Concentrations. Nutrients. 4(12). 1504-1517.

Hoffman, J.R., Falvo, M.J. 2004: Protein – Which is Best. Journal of Sports Science and Medicine. 3(3). 118-130.

Holeček, M. 2006. Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin. Grada. Praha. 288 s. ISBN: 9788024715629.

Kato, H., Suzuki, K., Bannai, M. 2016: Protein Requirements Are Elevated in Endurance Athletes after Exercise as Determined by the Indicator Amino Acid Oxidation Method. PLOS ONE. 11, 6, DOI: 10.1371/journal.pone.0157406.

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

Lemmer, J.T., Ivey, F.M., Ryans, A.S., Martel, G.F., Hurlbut, D.E., Mette, J.E., Fozard, J.L., Fleg, J.L., Hurley, B.F. 2001: Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. Europe PMC. 33(4). 532-541.

Lun, V., Kelly, A.E., Raylene, A.R. 2009: Evaluation of Nutritional Intake in Canadian High-Performance Athletes. Clinical Journal of Sport Medicine. 19(5). 405-411.

Mach, I. 2004. Doplnky stravy. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis. 157 s. ISBN: 8086320340.

Mandelová, L., Hrnčířiková, I. 2007. Základy výživy ve sportu. Masarykova univerzita. Brno. 72 s. ISBN: 9788021042810.

Maughan, R.J. 2009. The olympic textbook of science in sport. Blackwell Publishing. Chichester. p. 427. ISBN: 9781405156387.

Maughan, R.J. 2013: Quality Assurance Issues in the Use of Dietary Supplements, with Special Reference to Protein Supplements. Journal of Nutrition. 143(11). 1843-1847.

Merkurová A., Orel, M. 2008. Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory. Vyd. 1. Praha: Grada. Psyché (Grada). 304 s. ISBN: 9788024715216.

Moore, D.R., Areta, J., Coffey, V.G., et al. 2012: Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. Nutrition and Metabolism. 9(1). 9-91.

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.

Mottram, D. R. 2003. *Drugs in sport*. Routledge. New York. p. 432. ISBN: 0415248868

Murray, R.K., Bender, D.A., Botham, K.M., Kennelly, P.J., Rodwell, V.W., Weil, P.A. 2012. *Harper's illustrated biochemistry*. McGraw-Hill Medical. New York. p. 693. ISBN: 9780071792776.

O'Keefe, J.H., Patil, H.R., Lavie C.J., Magalski, A., Vogel, R.A., McCullough P.A. 2012: Potential Adverse Cardiovascular Effects From Excessive Endurance Exercise. *May Clinic Proceedings*. 87(6). 587-595.

Parr, M.K., Schmidtsdorff, S., Kollmeier, A.S. 2017: Nahrungsergänzungsmittel im Sport-Sinn, Unsinn oder Gefahr? *Springer Medizin*. 1(1). 1-9.

Pánek, J. 2002. *Základy výživy*. Svoboda Servis. Praha. 206 s. ISBN: 8086320235

Phillips, G.O., Williams, P.A. 2011. *Handbook of food proteins*. Woodhead Publishing. Philadelphia. p. 222. ISBN: 0857093630.

Pollack, R.L., Hunt, G., Rosen, M. 1986. *The pain-free tryptophan diet*. Warner Books. New York. p. 246. ISBN: 0446513172.

Seifert, S.M., Schaechter, J.L., Hershorin, E.R., Lipshultz, S.E. 2016: Health Effects of Energy Drinks on Children, Adolescents, and Young Adults. *NCBI*. 137(5). 511-528.

Shimomura, Y., Murakami, T., Nakai, N., Nagasaki, M., Harris, R.A. 2004: Exercise Promotes BCAA Catabolism: Effects of BCAA Supplementation on Skeletal Muscle during Exercise. *The Journal of Nutrition*. 134(6). 1583-1587.

Skolnik, H., Chernus, A. 2011. *Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček*. Grada. Praha. 240 s. ISBN: 9788024738475.

Slíva, J., Minárik, J. 2009. Doplnky stravy. Triton. Praha. 124 s. ISBN: 9788073871697.

Smith, M.A., Taneda, S., Richey, P.L., Miyata, S., Yan, S.D., Stern, D., Sayre, L.M., Monnier, V.M., Perry, G. 1994: Advanced Maillard reaction end products associated with Alzheimer disease pathology. PNAS. 91(12). 5710-5714.

Staszková, L., Horák, V. 2002. Biochemie. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 180 s. ISBN: 9788021309807.

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

Van Loon, L.J.C. 2014: Is There a Need for Protein Ingestion During Exercise? Sports Medicine. 44(1). 105-111.

Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009. Chemie potravin. OSSIS. Tábor. 580 s. ISBN: 9788086659152.

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

WHO/FAO/UNU expert consultation. 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition. World Health Organization. Geneva. p. 265. ISBN: 9241209356.

Wildman, R.E.C., Mederos, D. 2012. Advanced human nutrition. Jones & Bartlett Publishers. Burlington. p. 391. ISBN: 9780763780395.

Wildman, R.E.C., Miller, B.S. 2004. Sports and fitness nutrition. Thomson-Wardsworth. Belmont. p. 509. ISBN: 0534575641.

Wu, G. 2009: Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. Pubmed journals. 37(1). 1- 17

Yang, Y., Wu, Z., Jia, S., Dahanayaka, S., Feng, S., Meininger, C.J., McNeal, C.J., Wu, G. 2015: Safety of long-term dietary supplementation with L-arginine in rats. NCBI. 47(9). 1909-1920.