

Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních
zdrojů**

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Bílkoviny vy výživě sportovců

Bakalářská práce

Autor práce: Klára Trunečková

Obor studia: Výživa a potraviny

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

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Bílkoviny va 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 28.4.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Borisovi Hučkovi, CSc. za pomoc, ochotu a odborné rady, které mi pomohly s vypracováním této práce.

Bílkoviny ve výživě sportovců

Souhrn

Bílkoviny jsou nenahraditelnou součástí výživy člověka a v těle zajišťují mnoho funkcí. Společně s dalšími makroživinami je člověk musí přijímat potravou. Bílkoviny hrají významnou roli nejen u sportovců. Pomáhají při regeneraci a podporují svalový růst. Proto mají sportovci zvýšené požadavky na příjem bílkovin, aby tělo udrželo adekvátní syntézu bílkovin a produkci energie. Intenzita cvičení, druh a zdroj bílkovin a jejich načasování příjmu hraje velkou roli v dalším zpracování a využití bílkovin.

Hlavní rozdělení bílkovin podle zdroje je na živočišné a rostlinné. Živočišné bílkoviny jsou považovány za plnohodnotné z důvodu jejich vyššího spektra esenciálních aminokyselin a vyšší biologické hodnoty. Na rozdíl od rostlinných, které jsou neplnohodnotné, protože mohou mít některé esenciální aminokyseliny v nedostatku. Nejvyšší kvalitnější živočišnou bílkovinou je vaječný bílek, který má biologickou hodnotu blízkou se 100, a nejbohatším rostlinným zdrojem bílkovin je sója, u které je biologická hodnota 68. Aby byla bílkovina plnohodnotná musí mít biologickou hodnotu vyšší než 0,7.

Pro běžnou populaci je denní doporučený příjem bílkovin 0,8 – 1 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti. Pro sportovce jsou doporučené denní dávky vyšší z důvodu větší potřeby pro svalovou syntézu a regeneraci opotřebovaných svalových bílkovin. Doporučený příjem bílkovin se liší na základě druhu sportu a jeho intenzity. U vytrvalostních sportovců je doporučováno 1,2 – 1,4 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti. Pro silově-vytrvalostní sportovce je doporučována dávka 1,2 – 1,7 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti a pro silové sportovce je doporučována dávka 1,4 – 2 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti, aby se tělo sportovce mohlo adaptovat na silový trénink. Maximální množství bílkovin, které je lidské tělo schopné zpracovat bylo stanoveno na 2 – 2,5 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti.

Atleti na profesionální úrovni dnes často trénují na hranici svých možností, a proto se snaží využít všech možných prostředků pro zvýšení a udržení výkonnosti. Jednou z možností jsou doplňky stravy, které jsou v dnešní době velmi rozšířené a mají významnou roli ve výživě sportovců. Nejčastěji se objevují zejména proteinové doplňky, jako jsou syrovátkové nebo sójové koncentráty, izoláty nebo hydrolyzáty. Tyto doplňky jsou využívány sportovci, protože je to přístupná a oblíbená cesta, jak dodat tělu potřebné bílkoviny bez dalších nevyhovujících látek.

Klíčová slova: Bílkoviny, výživa, sportovci, potřeba bílkovin, doplňky stravy

Proteins in the nutrition of athletes

Summary

Proteins are irreplaceable components of human nutrition and provide lots of functions in human body. They are, together with other macronutrients, necessary in our diet. Proteins play even more important role in the nutrition of athletes. They help with regeneration and they support muscle growth. That is why athletes have requirements for higher amount of proteins than general population, mainly because it is needed for the body to maintain adequate protein synthesis and energy production. Exercise intensity, type and source of protein and their timing of intake plays an important role in the further processing and use of protein.

The main two categories of protein sources are animal and plant based. Animal proteins are considered to be complete proteins due to their higher spectrum of amino acids and higher biological value. On the other hand, plant proteins are incomplete, because they can have incomplete amino acid spectrum. The richest animal proteins are egg whites, which have biological value close to 100 and the richest plant protein source is soy, which has biological value 68. For amino acid to be complete, it needs to have biological value higher than 0.7.

For general population, the recommended daily protein intake is 0.8 – 1 g of protein per 1 kg of body weight. These recommended daily allowances are higher for athletes due to higher energy expenditure and the need for protein for muscle synthesis. Recommended protein intakes vary based on the type of sport and intensity. The diet of endurance athletes should contain 1.2 – 1.4 g of protein per 1 kg of body weight. For strength-endurance athletes, a dose of 1.2 – 1.7 g of protein per 1 kg of body weight is recommended. For strength athletes a dose of 1.4 – 2 g of protein per 1 kg of body weight is recommended, so that the athlete's body can adapt to resistance training. The maximum amount of protein that the human body can process was set to 2 – 2.5 g of protein per 1 kg of body weight.

Today, professional athletes often train to the maximum of their limits and that is why they are trying to use all possible means to increase and maintain performance. One of the possibilities is using food supplements, which are very widespread today and they play an important role in the nutrition of athletes. For example, protein supplements, such as whey or soy concentrates, isolates or hydrolysates, are the most frequently used ones. These supplements are used by athletes because it is a natural way to supply the body with the necessary protein without other unsuitable substances.

Keywords: Proteins, nutrition, athletes, protein needs, food supplements

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce.....	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Bílkoviny	10
3.1.1	Struktura bílkovin	10
3.1.2	Funkce bílkovin	11
3.1.3	Reakce bílkovin	11
3.1.3.1	Metabolismus bílkovin.....	12
3.2	Aminokyseliny	14
3.2.1	Esenciální aminokyseliny	14
3.2.2	Aminokyselinový pool.....	15
3.2.3	Funkce aminokyselin	16
3.2.4	Metabolismu aminokyselin.....	18
3.2.5	Poruchy metabolismu aminokyselin.....	18
3.3	Peptidy.....	20
3.4	Mikrobiom	21
3.5	Kvalita bílkovin.....	22
3.6	Doporučené množství bílkovin pro sportovce dle typu sportovní aktivity	26
3.6.1	Načasování příjmu bílkovin.....	27
3.6.2	Vytrvalostní sportovci.....	28
3.6.3	Siloví sportovci a fitness.....	29
3.6.4	Silově-vytrvalostní sportovci.....	30
3.6.4.1	Nadměrný příjem.....	31
3.6.4.2	Důsledky nadměrného příjmu bílkovin.....	32
3.6.4.3	Nedostatečný příjem	33
3.7	Zdroje bílkovin pro sportovce.....	34
3.7.1	Živočišné zdroje bílkovin pro sportovce.....	34
3.7.2	Rostlinné zdroje bílkovin pro sportovce.....	36
3.8	Doplňky stravy pro sportovce.....	37
3.8.1	Syrovátkové proteinové přípravky.....	39
3.8.2	Kaseinové proteinové přípravky	41
3.8.3	Sójové produkty	42
3.8.4	Vícesložkové proteinové přípravky	42
3.8.5	Ergogenní výživové doplňky	42
3.9	Doping	47
4	Závěr.....	48

5	Seznam použité literatury.....	49
6	Seznam použitých zkratek a symbolů.....	57

1 Úvod

Výživa významně ovlivňuje sportovní výkon. Sportovci mohou mít genetický potenciál a důsledně trénovat, avšak není-li toto úsilí podpořeno nutričně, nelze dosahovat nejlepších výsledků. Každý sportovec by si měl určit nutriční potřeby, aby únava, nemoci a zranění neměly vliv na jeho sportovní výkon (Maughan 2009).

Lidský energetický systém svalů závisí na optimálním množství makroživin. Sacharidy a tuky jsou hlavními zdroji energie a protein, jako třetí makroživina, může být také využit jako zdroj energie, ale není to jeho primární funkce. Protein slouží především k syntéze svalové tkáně, která je pak základnou pro výrobu energie (Maughan 2000). Právě bílkovinám je věnováno mezi sportovci hodně pozornosti, protože jejich kvalita je důležitá pro získání a následovné udržení svalové hmoty (Devries & Phillips 2015). Obsah aminokyselin v bílkovině, koeficient stravitelnosti a relativní podíl aminokyselin jsou pak určující pro nutriční hodnoty pokrmu (Wu 2016).

Bílkoviny plní v těle plno významných funkcí, zahrnujících především podporu tvorby kosterních svalů, regeneraci a obnovu poškozených tkání. Jejich konzumace je v populačních skupinách odlišná. V části populace je konzumováno malé množství bílkovin, které jsou nahrazovány jinými makroživinami jako je tuk nebo sacharidy, a tak není dosaženo vyvážené stravy. Na druhé straně, zejména sportovci, suplemetují až nadměrné množství bílkovin (více jak 2,5 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti), které nejenom nemá kladný účinek na sportovní výkon, ale není ani prospěšné pro organismus, kdy může dojít k přetěžování ledvin nebo špatné rovnováze tekutin.

Bílkoviny z běžně dostupných zdrojů (maso, vejce, mléčné produkty) mohou být doprovázeny dalšími látkami jako je například tuk a cholesterol. To si mnoho lidí neuvědomuje a přijímají tak nadměrné množství tuku. Alternativní cestou je například odstranění tučné kůže z pečeného kuřete, nebo nahrazení vejce za sušené vaječné bílky, pro snížení obsahu tuku v pokrmu.

Je důležité, aby zejména sportovci měli dostatek informací v tomto oboru a věděli kdy a kolik bílkovin konzumovat pro podporu svého výkonu. V poslední době se ukazuje, že zvláště mezi sportovci i rekreačními je velký zájem o zdravou vyváženou stravu.

Doporučené množství bílkovin pro běžnou populaci je stanoveno v hodnotách 0,8 – 1 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti. U sportovců jsou nároky vyšší, kdy u vytrvalostních se doporučuje 1,2 – 1,4 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti a u silových je to 1,4 – 2 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti a u silově-vytrvalostních sportovců se doporučuje 1,2 – 1,7 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti.

Načasování a rozložení makroživin v celodenním kalorickém příjmu je úzce spjato se sportovními výkony. Proto by měl být jídelníček každého atleta vyvážený a uspořádaný podle jeho druhu sportovní aktivity. Velkými pomocníky mohou být bílkovinné doplňky stravy, které mohou zajistit dodání potřebných bílkovin.

2 Cíl práce

Tato práce se zabývala významem bílkovin ve výživě sportovců. Byly zpracovány informace o základních strukturách a funkcích bílkovin v organismu člověka. Také se věnovala kvalitě bílkovin, způsoby jejího měření a používanými ukazateli.

Hlavním záměrem práce bylo porovnat příjem bílkovin na základě druhu sportu, a to vytrvalostního, silově-vytrvalostního a silového, a dále pak potřeb daných sportovců. Tyto poznatky byly dále doplněny informacemi o významných bílkovinných doplňcích stravy, které jsou důležitou součástí výživy sportovců a jsou běžně používány.

3 Literární rešerše

3.1 Bílkoviny

Bílkoviny jsou základní biologické makromolekuly složené z polypeptidových řetězců skládajících se z mnoha aminokyselinových zbytků spojených peptidovou vazbou. Pro jejich funkci je zásadní řazení jednotlivých aminokyselin, ale také jejich sekundární, terciální a kvartérní uspořádání (Svačina et al. 2008).

Všechny organismy na Zemi jsou tvořeny bílkovinami jako základním prvkem, a tak se tedy bílkoviny vyskytují v mnoha formách ve všech lidských tkáních a zastupují mnoho rozličných funkcí. Slouží jako katalyzátory ve formě enzymů, podporují imunitní funkce, chovají se jako chemičtí poslové ve formě hormonů a zastupují strukturní úlohu v kontraktilních proteinech a kolagenu. Jsou také pomocníky v transportu živin celým tělem (Woodruff 2016). Po celý lidský život jsou také nezbytnou složkou výživy. Zaručující růst v kojeneckém věku, podpoře metabolismu svalů a kostí a také zajišťují údržbu a rozvoj nervového systému (Kärlund et al. 2019). V době nedostatku se mohou stát zdrojem energie, avšak nepatří k primárním zdrojům (Hoffman & Falvo 2004).

Bílkoviny se skládají z uhlíku, vodíku a kyslíku, a na rozdíl od tuků a sacharidů jsou také nositeli dusíku. Skládají se z krátkých nebo dlouhých řetězců aminokyselin, které určují funkci bílkoviny. V lidském těle nalezneme 21 různých specifických aminokyselin, ze kterých jsou tvořeny bílkoviny (Woodruff 2016).

K buňkám jsou potřebné aminokyseliny rozváděny krevní cestou a vstup do buněk jim je usnadňován díky inzulinu. V buňkách se poté bílkoviny využívají k tvorbě enzymů, bílkovinných hormonů a k výstavbě buněčných struktur (Merkurova et al. 2008).

3.1.1 Struktura bílkovin

Z hlediska potravinářské praxe a výživy člověka jsou pro zhodnocení dostačující informace o celkovém složení aminokyselin. V některých případech je nutná také znalost detailnějších struktur bílkovin. Rozlišujeme čtyři úrovně struktur: primární, sekundární, terciální a kvartérní (Velíšek a Hejšlová 2009).

Primární struktura

V primární struktuře se zabýváme přesným počtem aminokyselin a jejich pořadím v peptidovém řetězci, tedy kovalentní strukturou molekuly. Vyskytují se zde disulfidické vazby zajišťující stabilnější konformaci proteinů (Velíšek & Hajšlová 2009).

Sekundární struktura

U sekundární struktury se jedná o prostorové uspořádání primární struktury. Tato struktura je dána ne vazebnými interakcemi funkčních skupin aminokyselin, kde jsou uplatňovány vodíkové můstky. Nejvýznamnější konformace sekundární struktury jsou helikální, které vznikají stočením řetězce do šroubovice nebo helixu. Taková šroubovice může

být pravotočivá nebo levotočivá. V přírodních proteinech se vyskytují zejména pravotočivé helixy. Další sekundární strukturou může být β -struktura (tzv. skládaný list). Ta vzniká spojením dvou paralelně nebo antiparalelně orientovaných řetězců vodíkových můstků (Velíšek & Hajšlová 2009).

Terciální struktura

Terciální struktura poté určuje celkové finální uspořádání polypeptidového řetězce, tedy šroubovice nebo tzv. skládaného listu. Soudržnost celkové terciální struktury je uskutečňována nejen díky vodíkovým můstkům, ale také díky iontové vazbě, disulfidické vazbě, a také van der Waalsovým silám. Tuto strukturu můžeme rozdělit na fibriální a globulární (Velíšek & Hajšlová 2009).

Kvartérní struktura

Kvartérní struktura je komplexní struktura, která je tvořena spojením několika polypeptidovými řetězci. Tato struktura je výsledkem působení nekovalentních vazeb (Velíšek & Hajšlová 2009).

3.1.2 Funkce bílkovin

Anglické slovo protein pochází z řeckého „proteios“, které se překládá jako primární. Tento termín je ve výživě velmi vhodný, protože bílkoviny jsou nejzákladnější složkou tkání u zvířat i člověka. Protein přijímaný potravou nemá žádnou nutriční hodnotu, pokud není hydrolyzován proteázami na aminokyseliny, dipeptidy nebo tripeptidy v tenkém střevě. Proto je obsah, koeficient stravitelnosti a relativní podíl aminokyselin v bílkovině určující pro nutriční hodnotu bílkoviny (Wu 2016).

Bílkoviny tvoří strukturu živého organismu, mají vliv na buněčné reakce a také mají zásadní význam v transkripci genetické informace zahrnuté v genové DNA. Pro každého jedince je proto velmi důležité mít pravidelný přísun bílkovin, které jsou zdrojem esenciálních aminokyselin (Svačina et al. 2008).

Velíšek & Hajšlová (2009) ve své publikaci uvádějí, že jsou rozlišovány různé druhy bílkovin: strukturní, katalytické (enzymy, hormony), transportní, pohybové (aktin a myosin), obranné (imunoglobuliny), zásobní (ferritin), regulační (histony a hormony) a také výživové funkce.

3.1.3 Reakce bílkovin

K mnohým z reakcí bílkovin patří denaturace. Tu mohou způsobit různé chemické a fyzické vlivy, jako například působení kyseliny nebo zásady, vystavení vysoké teplotě nebo například ozáření. Kdy je narušena kvartérní struktura. Může být vratná nebo nevratná. V případě vratné denaturace dochází ke koagulaci bílkovin. Když chceme reakci vrátit zpátky, stačí přidat vodu a struktura bílkoviny se obnoví. Hlavní roli zde hraje izoelektrický bod, tj. pH hodnota roztoku, kdy má molekula nulový náboj, a tedy také nulovou pohyblivost v elektrickém poli. Tak ztrácí svou stabilitu a rozpustnost, sráží se, a může koagulovat.

Pokud však dojde ke změně struktury bílkoviny, jde o nevratnou denaturaci, která se týká většiny bílkovin. Takto denaturované bílkoviny jsou zpřístupněny proteolytickým enzymům, které stojí za trávením potravin. Důsledkem těchto procesů je pak ztráta biologické aktivity a původní funkce bílkovin (Velíšek & Hajšlová 2009).

Z výživového hlediska je možno denuraci brát jako žádoucí jev, jelikož porušením nativní struktury proteinů se zlepší jejich stravitelnost. Kromě toho může také dojít k rozložení některých antinutričních nebo toxických látek pro organismus. Denaturace však bývá doprovázena postupnými reakcemi, které snižují hodnotu bílkovin. Dochází k destrukci termolabilních aminokyselin a ke vzniku různých enzymorezistentních komplexů. Těmito reakcemi může dojít ke snížení využitelnosti proteinu (Pánek a kol 2002).

K dalším reakcím bílkovin patří Maillardova reakce. Obecně jde o neenzymatickou reakci hnědnutí, kdy probíhá chemická reakce mezi redukcujícími sacharidy spolu s aminosloučeninami. Maillardova reakce probíhá během skladování či tepelného zpracování potravin, tj. vaření, pečení, smažení, pražení, mikrovlnný ohřev nebo sušení. Během reakce vznikají důležité sensorické vlastnosti potravin (vůně, chuť, hnědá barva chleba, pražení brambůrek, barva piva aj.), ale také bohužel toxické látky karcinogenní a mutagenní povahy. K dalším negativním vlastnostem dochází například během sušení mléka, kdy je mléko ochuzováno o nutričně hodnotné bílkoviny, jako je například lysin (Velíšek & Hajšlová 2009).

3.1.3.1 Metabolismus bílkovin

Metabolismus bílkovin je odlišný od metabolismu tuků a sacharidů. Sacharidy a tuky jsou primárními zdroji energie, zato bílkoviny jsou důležitým zdrojem dusíku, který je potřebný pro správné fungování organismu.

V těle probíhá degradace a resyntéza bílkovin nepřetržitě. Tyto procesy lze společně označit jako proteinový obrat. U zdravých lidí s věkem rychlost obratu klesá. U novorozenců je rychlost obratu 17,4 g/kg, ve věku 1 rok 6,9 g/kg, u mladých dospělých 3 až 4 g/kg a starších dospělých 1,9 g/kg tělesné hmotnosti. Rovnováha mezi degradací a syntézou tělesného proteinu je ovlivňována celou řadou faktorů. Například anabolický hormon inzulin stimuluje syntézu proteinů ve skeletálním svalstvu a zpomaluje degradaci ve svalech i v játrech. Katabolický hormon glukagon zase stimuluje degradaci proteinů takovým způsobem, že reaguje na aktuální potřebu glukózy podporou glukogeneze ze svalových proteinů, mobilizovaných aminokyselin a laktátu. Podobný vliv má kortizol, avšak působí pomaleji (Svačina et al. 2008).

Po příjmu bílkovin stravou dochází k absorpci aminokyselin v tenkém střevě, navýší se jejich množství použitelné pro syntézu vlastních bílkovin a dojde ke zpomalení celotělové proteinové degradace. Stěžejní množství aminokyselin vychytávají játra, další z nich jako např. glutamin jsou použity pro oxidaci. Rozvětvené aminokyseliny, mezi které řadíme valin, leucin, izoleucin jsou naopak oxidovány v periferní svalové tkáni. Při nižším přísunu aminokyselin výživou se zvyšuje degradace vlastních, zejména svalových proteinů, a aminokyseliny jsou dále použity pro jaterní glukoneogenezi (Svačina et al. 2008).

Trávení bílkovin v lidském trávicím systému se dá nazvat jako enzymová hydrolýza. Každý stupeň hydrolýzy je lokalizován v jiné části trávicího systému a reakce katalyzují jiné

enzymy. Proteiny se v žaludku štěpí při pH 1,5 díky pepsinu na polypeptidy. Na polypeptidy pak v tenkém střevě působí trypsin a chymotrypsin a vznikají tak oligopeptidy, které při pH 7 v tenkém střevě rozkládají karboxypeptidázy, aminopeptidázy a dipeptidázy na aminokyseliny. Aminokyseliny jsou pak v tenkém střevě vstřebány do krevního oběhu a odtud putují do jater anebo do lymfatického oběhu. Následně pak zpět do krevního oběhu a zpět do jater. Aminokyseliny nebo peptidy, které se v tlustém střevě nevstřebají, jsou metabolizovány střevní mikroflórou (Pánek a kol. 2002).

3.2 Aminokyseliny

Aminokyseliny poskytují organismu dusík a síru, základní složky organismů, které nemohou být nahrazeny jinými živinami, protože v těle se dusík ani síra netvoří. Obecná struktura aminokyseliny je znázorněna na obrázku č.1. Aminokyseliny jsou základními prekurzory proteinů, peptidů a látek s nízkou molekulovou hmotností, které mají velký fyziologický význam (Wu 2016).

Každá aminokyselina má svůj genetický kód, díky němuž je zařazena na správné místo v polypeptidických řetězcích určených genetickou informací. Nazýváme je základní, primární, standardní nebo kódované (Velíšek & Hajšlová 2009).

3.2.1 Esenciální aminokyseliny

V těle se vyskytuje mnoho sloučenin, které lze chemicky definovat jako aminokyseliny, avšak zabýváme se převážně jen 20 aminokyselinami kódovanými v DNA a pěti dalšími – ornithinem, citrulinem, γ -aminobutyratem, β -alaninem a taurinem, které hrají v těle důležitou roli. (Watford & Wu 2018)

Dvacet aminokyselin je tedy potřebných pro metabolismus a růst člověka. Dvanáct z těchto aminokyselin (11 u dětí) bylo nazváno neesenciálními, to znamená, že tělo si je dokáže syntetizovat a nemusí být tělu dodávány stravou. Zbývajících 8 aminokyselin, valin, leucin, isoleucin, tryptofan, methionin, threonin, fenylalanin a lysin, se nazývá esenciální (EAA). Esenciální aminokyseliny organismus nedokáže syntetizovat a musí být konzumovány potravou. Nepřítomnost kterékoliv z těchto aminokyselin ovlivní schopnost tkáně růst nebo být opravována (Hoffman & Falvo 2004). U dětí k esenciálním aminokyselinám řadíme ještě histidin. Kromě toho jsou dvě další aminokyseliny syntetizovány z esenciálních jako nepostradatelných prekurzorů: cystein z methioninu a tyrosin z fenylalaninu.

Ostatní aminokyseliny, glutamát, glutamin, aspartát, asparagin, serin, glycin, prolin a alanin, lze syntetizovat z glukózy a vhodného zdroje dusíku. Za určitých podmínek lze glutamin, glutamát, glycin, prolin a arginin považovat za podmíněně esenciální, což znamená, že tělo není schopno je syntetizovat v dostatečném množství pro konkrétní fyziologický nebo patologický stav. Jakákoliv diskuse o přijímaných bílkovinách tedy musí brát v úvahu nejen jejich kvantitu, ale také kvalitu. (Watford & Wu 2018)

K zjištění, jestli je daná bílkovina plnohodnotná a dostatečně kvalitní se využívá poměr esenciálních a neesenciálních kyselin. Tento poměr by měl být vyšší než 0,7 (Velíšek & Hajšlová 2009). V tabulce č.1 můžeme vidět rozdělení aminokyselin podle esenciality. Některé aminokyseliny mohou být podmíněně esenciální. To znamená, že za určitých okolností, jako je např. nepřítomnost prekurzorů či nezralost enzymatických systémů, mohou být esenciální. Mohou to být aminokyseliny histidin, arginin, prolin, glycin (Svačina et al. 2008). U neplnohodnotných bílkovin pak můžeme najít minimálně jednu aminokyselinu s nedostatečným zastoupením, a to pak hovoříme o tzv. limitní aminokyselině. (Velíšek & Hajšlová 2009).

V souvislosti s limitními aminokyselinami je potřebné zmínit dva zákony. Prvním je Rubnerův zákon limitní aminokyseliny, který vysvětluje, že z konzumovaného zdroje bílkovin je k proteosyntéze využito jen takové množství aminokyselin, které odpovídá množství nejméně zastoupené esenciální aminokyseliny. Nad rámec tohoto množství nemohou tyto aminokyseliny vstoupit do procesu proteosyntézy a jsou tedy využity jako energetický zdroj. Druhý zákon, Wolfův zákon nadbytku esenciálních aminokyselin, na druhou stranu varuje o výrazném nadbytku konkrétní esenciální aminokyseliny v bílkovinném zdroji, která pak může limitovat metabolismus ostatních aminokyselin. To nám naznačuje, že některé suplemenety obsahující jen vybrané esenciální aminokyseliny mohou mít jisté limity. Jako například vysoké dávky leucinu nad fyziologickou potřebu, nemusí zákonitě znamenat vyšší syntézu proteinu ve svalech. Tyto zákony nám také naznačují, jak důležité je mít pestrou stravu, díky které můžeme eliminovat vlivy limitních a nadbytečných aminokyselin. Zejména u veganů je nutné dbát na pestrost zdrojů bílkovin (Stuparič 2019c).

Tabulka č. 1 - Přehled aminokyselin z hlediska potřeb organismu (Svačina et al. 2008)

Plně neesenciální AMK	Podmíněně esenciální AMK	Prekurzory podmíněně esenciálních AMK	Výhradně esenciální AMK
Alanin	Cystein	←methionin, serin	Valin
Serin	Tyrosin	←fenylalanin	Leucin
Kyselina asparagová	Arginin	←glutamin/kyselina glutamová, kyselina asparagová	Isoleucin
	Prolin	←kyseliny glutamová	Fenylalanin
	Histidin	←adenin, glutamin	Lysin
	Glycin	←serin, cholin	Methionin
	Kyselina glutamová Glutamin		Tryptofan
	Taurin		Threonin

3.2.2 Aminokyselinový pool

Aminokyselinový pool je zásobárnou aminokyselin pro metabolismus. V rámci krevní plazmy a stejně tak i intracelulárního a extracelulárního prostoru je skládán z volných aminokyselin. V podstatě ho můžeme označit jako aminokyselinovou „pohotovost“, která se nachází napříč organismem. Jedná se o aminokyseliny, které jsou přijímány potravou a poté jsou štěpeny při procesu trávení. Aminokyselinový pool má však velmi malou kapacitu, proto by každé přijaté jídlo mělo obsahovat bílkovinou složku. Z tohoto poolu se odebírají aminokyseliny, které jsou potřebné pro výstavbu tělesných proteinů (Pokorný & Pánek 1996).

Aminokyseliny jsou využívány nejen pro syntézu proteinů, ale také např. hormonů a nukleových kyselin. K syntéze dochází během několika hodin, a díky tomu není nutné dbát na dokonalou kombinaci bílkovin jednotlivých jídel, ale na pestrost bílkovinných zdrojů v rámci celého dne (Stuparič 2019b; Koolman et al. 2012).

3.2.3 Funkce aminokyselin

Aminokyseliny zastávají významnou funkci při základních pochodech v organismu. Aminokyseliny jako je valin, leucin nebo izoleucin, charakteristické svými rozvětvenými postranními řetězci, podporují anabolismus a mají stimulační účinek na proteosyntézu ve svalové tkáni (Mandelová & Hrnčířiková, 2007). Těmito třemi aminokyselinami se budu více zabývat v kapitole doplňků stravy. Dále jsou zmíněny esenciální aminokyseliny a některé neesenciální.

Methionin a Cystein

Methionin a cystein jsou hlavními zdroji síry v potravě a jsou tedy zásadní pro náš organismus při zásobě síry. Živočišné bílkoviny obsahují methionin v rozmezí 2–4 %, rostlinné pak 1–2 %. V průměru pak hovoříme o hodnotě 1,7 %. V luštěninách je pak methionin limitující aminokyselinou. Pokud dojde k nedostatku nebo naopak nadbytku methioninu, může dojít k poruše funkce jater (Velíšek & Hajšlová 2009).

Fenylalanin

Fenylalanin je esenciální aromatická aminokyselina. Hraje klíčovou roli v biosyntéze dalších aminokyselin a je také důležitý ve struktuře a funkci mnoha proteinů a enzymů. Fenylalanin je syntetizován na tyrosin, který je použit při biosyntéze neurotransmiterů dopaminu a norepinefrinu (NCBI 2021). Jsou z něj syntetizovány známé „hormony štěstí“, noradrenalin, endorfiny a ACTH (adrenokortikotropní hormon) a také adrenalin. U některých jedinců může způsobit jeho přítomnost fenylketonurii (Mandelová et Hrnčířiková, 2007; Velíšek & Hajšlová 2009). L-forma fenylalaninu je začleněna do proteinů, zatímco D-forma působí jako lék proti bolesti (NCBI 2021).

Tryptofan

Tryptofan je aminokyselina s aromatickým jádrem a v bílkovinách je obsažena v průměru v 1,1 %. V živočišných bílkovinách se pak vyskytuje 1,2 % tryptofanu, avšak nenajdeme ho v histonech a kolagenu a také v želatině a bílkovinných hydrolyzátech typu polévkového koření. V masných výrobcích může tryptofan fungovat jako indikátor kvalitního masa. V bílkovinách se na druhou stranu objevuje méně než 1 % tryptofanu ale poněkud vyšší obsah má gluteninová část lepku. V lidském těle je tryptofan využíván v biosyntéze nikotinové kyseliny a také je výchozí substancí pro melatonin a tryptofan (Velíšek & Hajšlová 2009; Konopka 2004).

Lysin

Tato aminokyselina je nejvíce obsažena v živočišných bílkovinách, kde se vyskytuje v průměru v 7% množství. V mléčných bílkovinách, vejcích a mase se pak dostává do hodnot 7–9 %. Bílkoviny z různých druhů korýšů a ryb obsahují 10–11 % lysinu. Naopak bílkoviny obilovin různých druhů a cereálních výrobků obsahují zanedbatelně malé množství lysinu (2 až 4 %) (Velíšek & Hajšlová 2009).

Threonin

Threonin je pro člověka esenciální aminokyselina, přijímána potravou. Je důležitým zbytkem mnoha bílkovin, jako je např. zubní sklovina, kolagen nebo elastin. Má také důležitou roli v metabolismu porfyrinů a tuků a zabraňuje hromadění tuků v játrech. Také bývá využíván při zažívacích potížích nebo také ke zmírnění úzkosti a mírné deprese. (NCBI 2021).

Histidin

Histidin je semi-esenciální aminokyselina potřebná pro správný růst a opravu tkání. U dětí je považována za esenciální. Je důležitý pro udržování myelinových obalů chránící nervové buňky a také je metabolizován na neurotransmitter histamin. Histaminy hrají významnou roli v imunitě, žaludeční sekreci a sexuálních funkcích. Histidin je také nezbytný pro výrobu krevních buněk a chrání tkáň před poškozením způsobeným radiací a těžkými kovy (NCBI 2021).

Kyselina Glutamová a glutamin

V bílkovinách je kyselina glutamová zastoupena v průměru v 6,2 % a glutamin v 3,9 %. V nervové tkáni je pak kyselina glutamová nejvíce zastoupenou složkou. V běžných bílkovinách jsou tyto aminokyseliny obsaženy ve vyšším množství, např. v obilovinách a luštěninách v množství 18–40 % (pšeničný gluten, resp. gliadin obsahuje asi 40 % glutamové kyseliny), v sójových výrobcích je okolo 18 % a v mléčných bílkovinách pak až 22 %. Příslušné fyziologické dávky napomáhají ke zlepšení nervové činnosti a obecně snížení únavy svalů (Mandelová a Hrnčířiková 2007; Velíšek & Hajšlová 2009).

Arginin

Arginin je obsažen ve všech bílkovinách v množství 3–6 %. Obzvláště velké množství mají protaminy, bílkoviny rybího mlčí. V běžných potravinách se zejména vyskytuje v arašidech a jiných olejninách (až 11 %). Arginin pak také plní funkci tvorby močoviny v malém Krebsově cyklu (Mandelová a Hrnčířiková 2007; Velíšek & Hajšlová 2009).

3.2.4 Metabolismu aminokyselin

Aminokyseliny přijímáme potravou ve formě bílkovin. Průměrně se obsah bílkovin ve stravě pohybuje v rozmezí 5–30 % hmotnosti potravy. Tudiž by neměl být problém s dosažením minimálního doporučeného příjmu bílkovin každým jedincem. Pro organismus je zásobárnou aminokyselin tzv. aminokyselinový pool. Z poolu jsou pak aminokyseliny odebírány pro potřebnou výstavbu plazmových a také tělesných proteinů. V těle se pak z aminokyselin syntetizují na jiné dusíkaté látky, např. porfyriny, puriny, pyrimidinové deriváty, kreatin a různé další biogenní aminy a další látky.

Aminokyseliny jsou pak také schopné se vzájemně transformovat, kdy po procesu odštěpení amoniaku lze získat tzv. uhlíkatý skelet molekuly. Tyto uhlíkaté skelety se mohou odbourávat v rámci Krebsova cyklu na vodu a oxid uhličitý. Odbouraný amoniak se pak v trávicím systému přemění na močovinu. Uhlíkatý zbytek aminokyselin je využit k syntéze lipidů a sacharidů. (Pánek et al. 2002) Některé zdroje také uvádějí, že zhruba 15 % aminokyselin se denně spálí jako zdroj energie (Merkunová & Orel 2008).

3.2.5 Poruchy metabolismu aminokyselin

Příčinou mnoha vážných chorob (cukrovka, nádor na močových cestách, zánět) může být bílkovina objevující se v moči. Může se také objevit u sportovců při zvýšené zátěži, kde je to jen dočasný problém. U některých jedinců se mohou vyskytnout dědičné vady, které brání normálnímu metabolismu aminokyselin. Nejčastěji se vyskytují fenylketonurie a homocystinurie. Fenylketonurie je způsobena nedostatkem fenylalaninhydroxylázy, což je enzym sloužící k odbourávání fenylalaninu. Fenylalanin se v těle hromadí a tlačí na nervovou soustavu. Pomoci může dieta s nízkým obsahem této aminokyseliny (Pánek et al. 2002). Homocystinurie se zvýšenými hladinami homocysteinu a methioninu v plazmě je zase výsledkem nedostatečné aktivity cystathionsyntetázy, což je enzym katalyzující konverzi homocysteinu na cystathion. Hlavní projevy jsou zvýšené hladiny homocysteinu v plazmě. To může mít za následek trombózu nebo může být narušen metabolismus vitamínu B₁₂ (Grieco 1977).

Byla provedena studie, kde byly identifikovány potravinové zdroje bílkovin a 18 aminokyselin v průměrné polské dietě. Bylo analyzováno 91 potravinářských výrobků z 13 kategorií potravin (např. maso a masné výrobky, obilné výrobky) sestávajících ze 42 skupin potravin (např. mléko, červené maso, sýr), aby se stanovil příjem bílkovin a aminokyselin z těchto výrobků. Tři kategorie dodaly 80,9 % celkového obsahu bílkovin (maso a masné výrobky: 38,9 %, obilné výrobky: 23,9 %, a mléko a mléčné výrobky: 18,1 %) (Górska-Warsewicz et al. 2018).

Aminokyseliny s rozvětveným řetězcem neboli BCAA byly získávány hlavně konzumací masa a masnými výrobky (leucin: 39,9 %, izoleucin: 41,3 % a valin 37,4 %). Maso a masné výrobky byly také důležitými zdroji dalších esenciálních aminokyselin (EAA: lysin 49,2 %, histidin 46,6 %, threonin 44,7 %, tryptofan 41,4 %, fenylalanin 35,3 % a methionin 44,2 %). Z hlediska podílu neesenciálních a podmíněně esenciálních aminokyselin byly v polské stravě nejdůležitější obilné výrobky (cystein: 41,2 %, kyselina glutamová: 33,8

%, prolin: 34,1 %) maso a masné výrobky (tyrosin: 38,3 %, arginin: 46,1 %, alanin: 48,7 %, kyselina asparagová: 41,7 %; glycin: 52,5 %; serin: 33,6 %) (Górska-Warsewicz et al. 2018).

3.3 Peptidy

Peptidy jsou sloučeniny aminokyselin, ve kterých je karboxylová skupina jedné aminokyseliny vázaná na aminovou skupinu druhé aminokyseliny amidovou vazbou. Takto vytvořená vazba se nazývá peptidová. Peptidy se obecně klasifikují podle velikosti molekuly neboli podle počtu vázaných aminokyselin. Oligopeptidy mají ve svém řetězci 2–10 molekul aminokyselin a polypeptidy pak obsahují 11–100 vzájemně propojených molekul aminokyselin. Nad 100 spojených aminokyselin se již tyto sloučeniny formálně nazývají bílkoviny (Velíšek a Hajšlová 2009).

Peptidy zajišťují v organismech mnoho různých funkcí a biologických účinků. Mezi peptidy například řadíme některé hormony, antibiotika, ale také toxiny některých rostlin a živočichů nebo jiných organismů. Peptidy se také vyskytují v potravinách, kde výrazně ovlivňují organoleptické vlastnosti potravin, zejména pak chuť. Některé peptidy mají hořkou, sladkou nebo slanou chuť, jako aminokyseliny. Nejčastěji se u většiny přírodních i syntetických oligopeptidů vyskytuje hořká chuť. Sladkou chuť mohou vykazovat některé dipeptidy odvozené od L-asparagové nebo L-aminomalonové kyseliny.

Dále se peptidy mohou vyskytovat jako produkt metabolismu živočišného nebo rostlinného organismu. V živých organismech vznikají ze základních aminokyselin buď jednoduchou biosyntézou nebo hydrolýzou. Během skladování a zpracování potravin peptidy také vznikají sekundárně enzymovou nebo neenzymovou hydrolýzou bílkovin (proteolýzou) nebo také v některých případech mohou vzniknout při záhřevu aminokyselin na vyšší teploty.

Studie zabývající se strukturou a aktivitou představují základ pro farmakologické a fyziologické výzkumy. Pomocí syntézy variant peptidů, kdy jeden nebo více aminokyselinových zbytků je nahrazen nepřírodním, je zkoumán účinek, fungování a změny biologické aktivity peptidů. Již existuje obrovské množství léčiv nebo doplňků stravy, které vznikly díky umělé syntézy peptidů (Velíšek a Hajšlová 2009).

3.4 Mikrobiom

Mikrobiom neboli střevní mikrobiota je souhrnné označení pro mikrobiální osídlení lidského těla. Skládá se hlavně ze symbiotických ale také patogenních bakterií. Celý gastrointestinální trakt je velmi rozmanitý, avšak nejhojnější je v oblasti tlustého střeva a konečníku (v porovnání s jícnem, žaludkem a tenkým střevem). Byla zjištěna vysoká variabilita struktury a funkce mikrobiálních struktur u různých subjektů, což vykazuje unikátní mikrobiom u každého jedince (Kårlund et al. 2019).

Proteolytická fermentace v tlustém střevě je ovlivněna ekologickými a dietními faktory. Mezi hlavní faktory, ovlivňující množství bílkovin vstupujících do tlustého střeva, se řadí celkové množství přijatého proteinu, stravitelnost, biologická dostupnost a absorpce bílkovin v tenkém střevě. Dále je množství proteinů v tlustém střevě ovlivněno zdrojem bílkoviny v potravě a také rychlostí zpracování. Bílkoviny z rostlinných zdrojů bývají méně stravitelné s porovnáním s bílkovinami živočišného původu, proto jsou snadněji dostupné pro fermentaci až ve vzdálenějších částech střeva. Avšak bylo zjištěno, že větší účinek na množství proteinu vstupujícího do tlustého střeva, fermentaci bílkovin a složení střevní mikrobioty má množství bílkovin ve stravě než jejich zdroj (Kårlund et al. 2019).

Malé studie zabývající se dopadem doplňků s vysokým obsahem bílkovin na mikrobiotu sportovců nezjistily žádné negativní změny v mikrobiologické rozmanitosti nebo metabolitech vzniklých fermentací aminokyselin. Jiná studie poukázala na souvislost mezi rozmanitostí mikrobiomu s příjmem bílkovin a sportovním výkonem. Avšak zatím je jen málo údajů o těchto souvislostech, a nestačí k obecnému závěru. Přestože jsou u sportovců požadavky na vyšší příjem bílkovin v potravě, vysokobílkovinné diety mohou ovlivnit střevní mikroflóru a fermentaci bílkovin, což může mít dopad i na zdraví jedince. Vysoký příjem bílkovin může mít za následek vstup více peptidů do systému cirkulace a také distálních částí zažívacího traktu a může způsobit poruchy imunitního systému a podpořit zánět a dysfunkci GI traktu. Navíc mohou být vyšší hladiny některých mikrobiálních metabolitů (amoniak, indol nebo p-kresol) spojeny s vývojem rakoviny a psychiatrickými chorobami (Kårlund et al. 2019).

3.5 Kvalita bílkovin

Složení přijímaných proteinů člověkem může být tak jedinečné, že jejich vliv na fyziologické funkce může být naprosto odlišný. Z pohledu nutričních výhod je kvalita proteinu zásadní. Stanovení kvality proteinu se udává hodnocením esenciálního složení aminokyselin, stravitelností a biologickou dostupností aminokyselin (FAO/WHO 2013). Existuje několik měřítek a technik k hodnocení kvality proteinu.

Jeden ze způsobů, kterými hodnotíme kvalitu bílkovin, je podle PER (Protein Efficiency Ratio), které určuje účinnost proteinu měřením přírůstkem zvířat. Tato technika je využívána na potkanech, ale neposkytuje takovou korelaci k lidskému růstu. Další ze způsobů může být podle NPU (Net Protein Utilization). Toto měření zahrnuje procentuální poměr mezi přírůstkem absolutního množství dusíku v organismu k celkově přijatému. Avšak měření NPU je velmi časově náročné a používá se tedy zejména při testování hospodářských zvířat, a tím pádem silně závisí na druhu organismu (Hoffman & Falvo 2004; Velíšek & Hajšlová 2009).

Aminokyselinové skóre

Víme, že lidský organismus si není schopný syntetizovat esenciální aminokyseliny, zatímco ostatní aminokyseliny je schopné si regulovat sám podle potřeby. Proto je v bílkovinách stanovováno složení esenciálních aminokyselin a výsledky se vztahují k obsahu esenciálních aminokyselin přítomných v referenčním proteinu.

K hodnocení se dnes běžně využívá Aminokyselinové skóre (ASS). Kdy je srovnáváno zastoupení konkrétní esenciální aminokyseliny s jejím zastoupením v referenčním proteinu. Jako referenční protein se považuje bílkovina, která obsahuje nejlépe vyhovující zastoupení esenciálních aminokyselin, což jsou např. bílkoviny odstředěného mléka nebo vaječná bílkovina (mají hodnotu ASS 100 %). V lidské stravě je zejména kontrolován příjem lysinu a také aminokyselin obsahujících síru, tedy methioninu a cysteinu.

Dále se ve zdroji může vyskytovat aminokyselina, která má ze všech aminokyselin nejnižší hodnotu kritéria ASS. Tato aminokyselina se nazývá limitující a určuje tedy nutriční hodnotu proteinu (může limitovat rozsah biosyntézy dalších aminokyselin) (Velíšek & Hajšlová 2009; Svačina et al. 2008).

Dusíková bilance

Pomocí dusíkové bilance se určuje potřeba bílkovin pro daného jedince. Stanovuje se příjem dusíku v bílkovinách ve stravě a výdej dusíku v podobě močovin do moči. Jestliže se tyto dvě položky rovnají, jedná se o dusíkovou rovnováhu, což je stav příznivý. Když však dojde k negativní dusíkové bilanci, znamená to, že množství dusíku v moči je vyšší než množství dusíku bílkovin z potravy. Jediněc tak odbourává aminokyseliny vlastních tělních bílkovin. Naopak u pozitivní dusíkové bilance dochází k menším ztrátám dusíku než příjmu bílkovinného dusíku, což nám dokazuje, že organismus využívá přijaté aminokyseliny k tvorbě vlastních bílkovin (Merkunová & Orel 2008).

V našem těle neustále dochází k simultánním procesům syntézy svalových bílkovin. Poměr mezi těmito procesy a rozklad svalových bílkovin určují, zda množství svalové hmoty bude růst (pozitivní rovnováha bílkovin), zda se bude snižovat (negativní rovnováha bílkovin) nebo zůstane konstantní. U zdravých jedinců ve věku 20–30 let jsou to děje většinou vyvážené a množství svalové hmoty se příliš nemění. V období silového tréninku však dochází ke zvyšování svalové hmoty a dochází k hypertrofii. Zatímco, když naopak převládá rozklad svalových bílkovin, jde o atrofii (tabulka č.2) (Devries & Phillips 2015).

Tabulka č.2 - Dusíková bilance (Skolnik & Chernus 2011)

Negativní dusíková bilance	Rozklad svalových proteinů je větší než syntéza svalových proteinů; dochází ke ztrátě svalové tkáně
Vyrovnaná dusíková bilance	Míra rozkladu svalových proteinů je stejná jako jejich syntéza; nedochází k nárůstu, ani ke ztrátě svalové tkáně.
Pozitivní dusíková bilance	Syntéza svalových proteinů převažuje nad jejich rozkladem; dochází k nárůstu svalové tkáně.

Biologická hodnota

Biologická hodnota měří kvalitu bílkovin pomocí výpočtu poměru dusíku použitého pro tvorbu tkáně a absorbovaným dusíkem z potravy. Neboli jak určitá potravinu přispívá k dusíkové bilanci (Skolnik & Chernus 2011). Tato hodnota poskytuje informace, jak efektivně je tělo schopné využít spotřebované bílkoviny ze stravy. Přijímané živočišné zdroje mají často vyšší biologickou hodnotu než rostlinné zdroje z důvodu nedostatku jedné nebo více esenciálních aminokyselin.

Při využití této metody ale může dojít k jistým nejasnostem, kdy biologická hodnota nemusí brát v úvahu některé klíčové faktory ovlivňující trávení bílkovin a interakci s jinými potravinami před vstřebáním (Hoffman & Falvo 2004).

Podle Konopky (2004) se nejčastěji kvalita proteinů určuje na základě množství esenciálních aminokyselin. Tento postup je obecně známý a je považován za standard pro posuzování kvality proteinových zdrojů, avšak lze jej jen těžko použít v praxi. Jednodušší cestou je využití biologické hodnoty bílkovin, která vypovídá o tom, kolik gramů tělesných bílkovin může být vytvořeno ze 100 g proteinů ve stravě. Čím je hodnota biologické hodnoty vyšší, tím lépe, jelikož tělo tak potřebuje méně proteinu k vyrovnání bilance bílkovin.

Z takového pohledu to vypadá, že živočišné zdroje jsou pro člověka biologicky hodnotnější než rostlinné. Důležité je však zmínit možnost kombinace zdrojů z různých potravin, a tím rozšířit spektrum aminokyselin. Díky takovému využití potravin lze docílit

dokonce vyšší biologické hodnoty, než mají samotné živočišné zdroje. Zatímco maso dosahuje biologické hodnoty 92 až 96, vhodnou kombinací brambor a vajec můžeme dosáhnout hodnoty až 137, což je vyšší než biologická hodnota vaječné bílkoviny (BH=100) (Konopka 2004).

Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score

V roce 1989 byla odbornou konzultací FAO/WHO o hodnocení kvality bílkovin doporučena metoda Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS). Tato metoda zohledňuje jak stravitelnost proteinu, tak i jeho nepostradatelný obsah aminokyselin v testovaném proteinu (Tavano et al. 2016). Nejlépe je podle tohoto ukazatele hodnocena bílkovina kravského mléka a vaječná bílkovina, následuje bílkovina hovězího masa a sóji (Skolnik & Chernus 2011). Nyní je to nejpoužívanější ukazatel, který navíc zohledňuje také vstřebatelnost konkrétního zdroje aminokyselin. Hodnoty nejčastějších bílkovinných zdrojů jsou uvedeny v tabulce č.3. (Stuparič 2019a).

Podle Hoffman & Falvo (2004) byla metoda PDCAAS přijata jako preferovaná pro hodnocení kvality bílkovin ve výživě člověka.

Tabulka č. 3 - Hodnoty PDCAAS u základních potravin (Stuparič 2019a)

Zdroj	PDCAAS
Mléčný protein	1,0
Syrovátkový protein	1,0
Kuřecí prsa	1,0
Vejce na tvrdo	1,0
Tofu	0,56
Vařený hrách	0,60

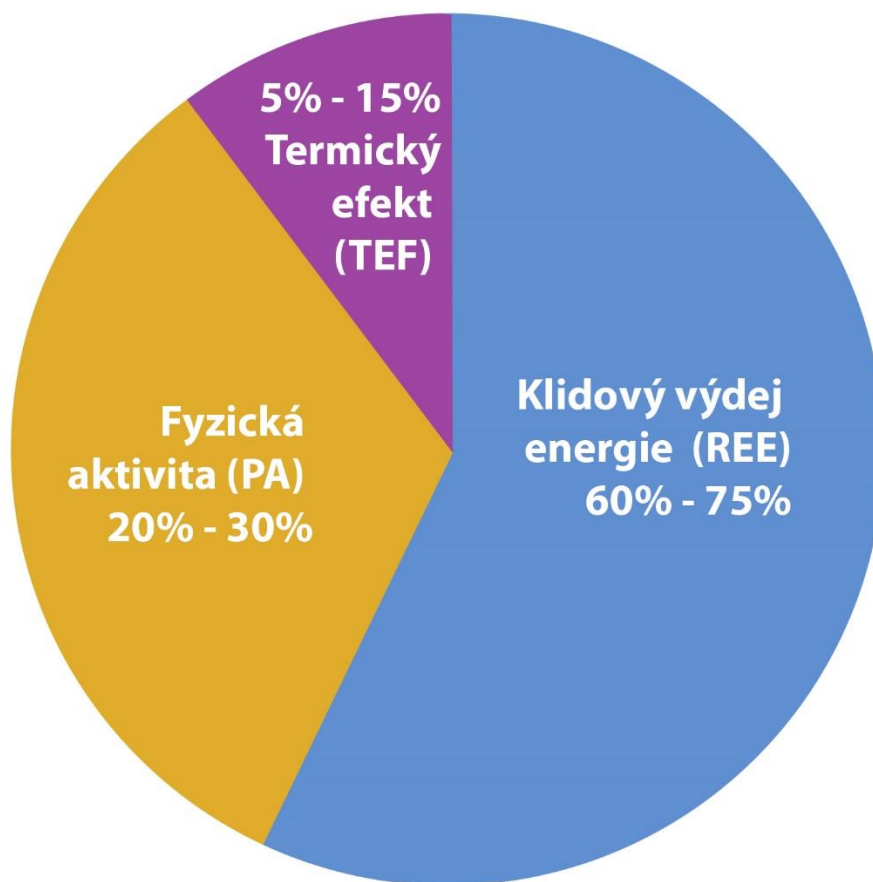
Termický efekt potravin

Termický efekt potravy je popisován jako nárůst energetického výdeje postprandiálně za 90 minut po příjmu potravy a poté návratem k preprandiálním hodnotám do 4 hodin. Tento efekt je způsoben metabolickými nároky organismu na zpracování potravy a je uváděn v procentech přijaté energie. Například při příjmu potravy s energetickou hodnotou 1000 kJ dochází k nárůstu klidového výdeje energie (REE) o 100 kJ a termický efekt je vyčíslen na 10 %. Sacharidy mají termický efekt 5-10 %, tuky 0-3 % a bílkoviny 20-30 %. Tyto hodnoty nám ukazují, že tělo má největší práci se zpracováním bílkovin, trochu méně se sacharidy, a

nejméně s tuky. Je to jeden z důvodů, proč vysoko-bílkovinné diety mají vysoký sytící efekt a dopomáhají ke snížení tělesné hmotnosti (Svačina et al. 2008).

S termickým efektem se samozřejmě počítá při energetických potřebách organismu. Celkový energetický výdej organismu neboli TEE se skládá ze 3 komponent: termický efekt (TEF), klidový výdej energie (REE) a fyzická aktivita člověka (PA). (graf č.1) Klidový energetický výdej (REE) je energie nutná k základním funkcím člověka v bdělosti, což zahrnuje dýchání, cirkulaci krve, regulaci tělesné teploty, anebo také fungování centrálního nervového systému. Fyzická aktivita zase zohledňuje energii využitou na základní úkoly každodenního života. Tato hodnota je nejvíce variabilní, jelikož závisí na návycích životního stylu a také na aktivitě (Woodruff 2016).

Graf č. 1 - Komponenty TEE (Woodruff 2016)



3.6 Doporučené množství bílkovin pro sportovce dle typu sportovní aktivity

Výživa nepatří mezi hlavní faktory určující úspěch ve sportu. A jen vyvážená strava nepomůže průměrnému sportovci, kterému chybí talent a motivace k dosažení úspěchu. Naopak talentovaný sportovec, kterému nechybí nadání ani motivace k zvládnutí náročných tréninků, nenaplní svůj potenciál bez správně nastavené výživy. Každý sportovec se musí zamyslet nad svou stravovací strategií, aby dosáhl požadovaných výsledků. Důležité je, aby strava dodávala sportovci dostatečné množství energie, podporovala požadavky tréninku a také aby byly pokryty všechny makroživiny (Maughan 2009).

Například pro vytrvalostní sportovce může být obzvláště náročné konzumat dostatečné množství kalorií při jejich velkém výdeji energie při každém tréninku. Na rozdíl od sportovců, kteří zase naopak kladou důraz na udržení nízkého procenta tuku a jejich celkový energetický výdej je malý. Proto mohou u vytrvalostních sportovců nastat problémy se splněním potřeb mikroživin.

Sportovci by také měli dbát na adekvátní příjem bílkovin, které jsou nezbytné k prevenci úbytku svalové hmoty a k udržení syntézy svalových bílkovin. Právě díky syntéze nových proteinů dochází k adaptivním změnám ve svalech (Maughan 2009). Atleti by si obzvláště měli hlídat příjem bílkovin v podmínkách, kdy jsou vystaveni vysokému stresu při častých a intenzivních nebo dlouhodobých výkonech. Protože intenzita cvičení, druh a zdroj bílkovin a jejich načasování příjmu hraje velkou roli a ovlivňuje činnost a metabolismus svalů (Kårlund et al. 2019).

Pro dospělého jedince s minimální fyzickou aktivitou byl na základě krátkodobých studií bilance dusíku stanoven minimální denní příjem na 0,8 – 1 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti (Wu 2016). Pro rekreačního sportovce byla stanovena hodnota 1 – 1,5 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti za den. Byla také určena horní hranice příjmu bílkovin, kterou je lidské tělo schopné zpracovat bez problémů, která činí až 2,5 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti (Pánek et al. 2002). Podle jiného zdroje byla horní hranice stanovena ve výši 3,5 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti pro zdravého dospělého jedince. Také bylo zjištěno, že dlouhodobá konzumace 2 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti, je pro zdravého dospělého jedince přípustná (Wu 2016).

Experimentálně byla zjištěna také nejnižší prahová dávka bílkovin, která je potřebná pro pokrytí nutných ztrát dusíku. Pokud jsou dodrženy podmínky dostatečného energetického příjmu, minimální dávka bílkovin činí 0,45 g na kg tělesné hmotnosti. Pro dospělou zdravou populaci byla proto stanovena hodnota 0,75 -0,8 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti jako doporučená denní dávka (Svačina et al. 2008).

Podle studie využívající izotopy bylo zjištěno, že celotělová syntéza proteinů u zdravého člověka dosahuje svého maxima při příjmu 1,5 – 1,7 g/kg/den při odpovídajícím příjmu energie ze stravy. Vyšší příjem bílkovin pouze zvýší katabolismus bílkovin spojený s vyšším vylučováním urey (Svačina et al. 2008). Tedy z hlediska celkových denních energetických potřeb by měli být bílkoviny zastoupeny z 15–20 %. K tomu je také vhodné kombinovat rostlinné a živočišné zdroje v poměru 1:1 (Merkunová & Orel 2008).

V USA byl stanoven doporučený denní příjem (RDA) bílkovin 0,8 gramu na kilogram tělesné hmotnosti za den. Ale Mezinárodní společnost pro sportovní výživu (ISSN)

doporučila příjem 1,4 – 2,0 g bílkovin/kg/den. Zatímco Kanadská dietetická asociace obvykle doporučuje nižší rozmezí od 1,2 do 1,7 g/kg/den (Antonio 2019).

U sportovců je to podle Antonio (2019) ale trochu jinak. Sportovcům se doporučuje konzumovat až dvakrát větší množství RDA, což může dosahovat až na 2,2 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti. Je to takto stanoveno, z důvodů potřeb bílkovin na regeneraci a podporu prospěšných změn složení těla. Takto vysoký příjem může podpořit ztrátu tukové hmoty a zlepšit regeneraci. Této výhody hojně využívají sportovci, kteří ve své přípravě potřebují redukovat a poté udržet jistou hmotnost (např. sporty s hmotnostními třídami – box, vzpírání, judo). Vysoký příjem bílkovin je pro tyto sportovce důležitý k vyrovnání omezeného příjmu sacharidů a tuků, ale také ke splnění potřeb organismu.

Podle stejného zdroje by tyto vyšší příjmy bílkovin neměly vykazovat negativní účinek na výkon nebo zdraví trénovaných jedinců. Proto by se nemoci jako je např. onemocnění ledvin, které se vyskytují v běžné populaci neměli spojovat se sportovci a vyšším příjmem bílkovin (Antonio 2019).

3.6.1 Načasování příjmu bílkovin

Doporučení jsou taková, že před tréninkem by měly být konzumovány bílkoviny společně se sacharidy. Po výkonu jsou svaly vyčerpané a tím i zásoby glykogenu nízké. S tím jsou sdruženy vysoké koncentrace kortizolu a dalších hormonů. Po výkonu se také objevují drobná svalová poškození, ke kterým došlo během tréninku. Optimální je tedy dodat svalům výživu do 45 minut po skončení tréninku. Svaly se tím posílí a opraví, a my tak můžeme zastavit svalový rozklad (Clark 2014).

Kosterní svalová tkáň tvoří okolo 40 % celkové tělesné hmotnosti, obsahuje 50–75 % všech tělesných bílkovin a 30–50 % celotělového obratu bílkovin lidí. Složení kosterního svalstva je zejména voda (75 %); bílkoviny (20 %) a další produkty, jako jsou minerály, lipidy a sacharidy (5 %). (Cholewa et al. 2019) Proto je adekvátní konzumace vysoce kvalitních bílkovinných produktů (např. libového masa, vejce nebo mléka) nezbytná pro optimální růst, vývoj a zdraví lidí (Wu 2016).

Jedno ze základních východisek pro správné načasování příjmu bílkovin, tedy aby došlo k aktivaci proteinové syntézy ve svalech, je nutnost, aby proběhly fosforylační procesy, které jsou řízeny proteinem mTOR (Mammalian target rapamycin). Tento buněčný signalizační komplex je jeden z nejdůležitějších komplexů pro růst svalové hmoty, a je aktivován jak silovým tréninkem, tak esenciálními aminokyselinami, zejména leucinem. To je důvod, proč se udává, že by v každé dávce bílkovin mělo být přijmuto alespoň 10 g EAA nebo 2,5-3 g leucinu (Roubík 2018).

Potřeba bílkovin je samozřejmě také spojena s intenzitou a délkou tréninku. Čím intenzivnější a delší trénink, tím je potřeba bílkovin zvyšována. Bílkoviny by měly být zahrnuty v dietě před i po výkonu a také pravidelně (každých 3 až 5 hodin) během dne. Dalším důležitým faktorem je přísun adekvátní energie stravou, aby docházelo k syntéze aminokyselin na bílkoviny, a naopak aby nedocházelo k jejich oxidaci. Proběhla studie, která dokazuje, že požití 20–30 g bílkovin nebo 10 g EAA během cvičení nebo po něm vede ke zvýšení syntézy svalových bílkovin (MPS) a ke zlepšení bilance dusíku. Nebylo však

dokázáno, že by vyšší dávka proteinu syntézu svalových bílkovin dále zvyšovala (Kårlund et al. 2019).

Za ideální čas příjmu bílkovinného doplňku pro podporu svalové hypertrofie a nárůstu síly je považováno takzvané „anabolické okno“ (méně jak 1 hodina před nebo po tréninku) (Volek 2004). Tomuto tvrzení však na druhou stranu odporuje Schoenfeld et al. (2013), který uvádí, že i když bílkoviny konzumované během takzvaného „anabolického okna“ vedly ke svalovému růstu a k tomu došlo k úpravě celkového denního příjmu bílkovin, účinek načasování příjmu bílkovin zmizel. Proto se zdá, že největší vliv na svalovou hypertrofii má absolutní příjem bílkovin během dne, nikoliv načasování jejich příjmu.

Četné studie také dokazují, že konzumace bílkovin po silovém tréninku podporují syntézu svalových bílkovin, jako samotný trénink (Devries & Phillips 2015). Avšak po fyzické zátěži je nutné kromě bílkovin doplnit také sacharidy, které stimulují uvolňování inzulínu, který pomáhá chránit svalovou hmotu před rozkladem. Proteiny stupňují účinek inzulínu, dodáváním aminokyselin do svalové tkáně, kde jsou potřeba. Díky studii bylo opakovaně dokázáno, že již malé množství bílkovin zkonsumovaných těsně po tréninku společně se sacharidy stimulovalo nárůst svalové hmoty a zabránilo nadměrnému katabolismu proteinů (Skolnik & Chernus 2011).

3.6.2 Vytrvalostní sportovci

Mezi vytrvalostní sportovce řadíme běžce na dlouhé tratě, cyklisty, plavce, veslaře a triatlonisty, zkrátka sportovce, kteří provozují aerobní aktivitu po delší dobu. Tito vytrvalostní sportovci jsou citliví na změny ve stavbě jídelníčku, jelikož je pro ně důležité, co snědí a také kdy to snědí. To vše ovlivňuje jejich výkon, hlavně v případě, kdy ze sebe potřebují vydat to nejlepší (Skolnik & Chernus 2011).

Pro sportovce jakéhokoliv sportovního odvětví je potřeba si hlídat příjem bílkovin. Doporučené množství bílkovin se liší právě druhem sportu. Pro rekreační sportovce se doporučuje 1 – 1,2 g bílkovin na 1 kg tělesné hmotnosti. Pro vytrvalostní sportovce je tato dávka navýšena na 1,2 – 1,4 g bílkovin na kg hmotnosti (Svačina et al. 2008).

Během vytrvalostního výkonu svaly spotřebovávají aminokyseliny z krevního řečiště a ty se pak dostávají do svalové tkáně. Bylo zjištěno, že pokud je nízká úroveň sacharidových zásob, svalová tkáň začne spalovat jako zdroj energie větvené aminokyseliny (BCAA). Díky tomuto objevu byl zvýšen zájem o větvené aminokyseliny neboli BCAA, které mohou sloužit jako energetický zdroj pro pracující svaly. Má-li tělo nízké sacharidové zásoby, svaly začnou spoléhat na jiné alternativní zdroje energie, což můžou být tuky a bílkoviny (Skolnik & Chernus 2011).

K vytrvalostním sportovcům patří běžci na dlouhé tratě. Tito sportovci mají velký výdej energie jak při tréninku, tak během závodu. Pro takové sportovce může být občas náročné přijmout dostatečné množství energie ke splnění kalorických požadavků. Pokud vytrvalostní sportovec nenačtyší příjem energie, může dojít ke snížení tréninkové kapacity a snížení výkonu. Proto mohou mít vrcholoví sportovci procházející náročným tréninkem dva až třikrát větší energetické požadavky než stejně vážící netrénovaný jedinec. (Maughan 2000)

Mezi vytrvalostní sportovce řadíme také plavce. Závodní plavání zahrnuje nejenom vytrvalost, ale také odporový trénink, což znamená, že jejich potřeba bílkovin je vyšší než u běžných vytrvalců (např. běžců). Hodnoty přijímaných bílkovin se mohou pohybovat od 1,5 až 2 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti. Jako příklad můžeme uvést typickou mladou závodní plavkyni z Holandska, která konzumuje přibližně 50–60 g bílkovin za den, což vychází na 0,9 až 1,2 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti. U mužského závodníka byla zjištěna konzumace 80 až 100 g bílkovin za den (1,1 – 1,3 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti). Když plavci dodrží vyšší příjem proteinů a vyšší příjem sacharidů a budou konzumovat dostatečné množství kalorií, je možné že se vyhnou situacím jako je ztráta svalové síly uprostřed sezony, chronická bolest svalů nebo přetrénování (Maughan 2000).

Dalšími vytrvalostními sportovci jsou cyklisté, ti se během závodu často vyskytují nad individuálním prahem laktátu. Sacharidy se tak stávají substrátem primární energie. Jejich energetický výdej je velký, a proto mohou mít kalorický nedostatek. Vzhledem k tomu, že jsou omezené příležitosti k výživě během závodu, mělo by být cílem období před závodem přijmout optimální množství vody a živin pro zásobení organismu na závod. Je doporučeno, aby sportovci, kteří se připravují na výkony s vysokou intenzitou (více jak 90 minut), přijímali 7 až 12 g /kg/ den sacharidů po dobu 24 hodin před soutěží. Ideální pokrm před soutěží by se měl konzumovat 3–4 hodiny před výkonem. Měly by převažovat sacharidy (1 až 4 g/kg) a množství tuků a vlákniny by mělo být malé (Bure et al. 2011). Také pro maximální syntézu svalových bílkovin se doporučuje, aby cyklisté po závodě okamžitě konzumovali ~ 20 g bílkovin společně se sacharidy a také 25–40 g kaseinu před spaním (Richard & Koehle 2019).

Po ukončení tréninku by měla nastat regenerace. Po vytrvalostním tréninku regenerace zahrnuje obnovu vyčerpaných zdrojů energie, redukci svalových ztrát a poškozených svalů a také obranu před snížením funkce imunitního systému. Většina sportovců využívajících protein v regenerační fázi, podle studií cítila menší bolestivost i únavu. Podávání proteinu po výkonu může zabránit svalovému poškození a také prospět běžeckým výkonům na dlouhých tratích (Skolnik & Chernus 2011).

3.6.3 Siloví sportovci a fitness

Silové sporty a fitness jsou specifické, protože cílem těchto sportovců je zvýšení objemu svalové hmoty a svalové síly. Na druhou stranu je ale také potřeba tuto svalovou hmotu zregenerovat. To znamená, že sportovci potřebují zvyšovat množství bílkovin ve svalových myofibrilách, které postupně zvětšují objem a sílu (Roubík 2018). V porovnání s vytrvalostními sportovci, u kterých se výzkum a doporučení výživy zaměřují na adekvátní příjem sacharidů, u silových sportovců se výživa zaměřuje hlavně na příjem bílkovin (Cholewa et al. 2019). Pro silové sportovce je doporučováno přijmout 1,4 – 1,7 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti (Svačina et al. 2008; Maughan 2000). Podle studií dusíkové bilance by měl být příjem bílkovin pro silově zaměřené sportovce 1,5 – 2,0 g bílkovin/kg/den (Kårlund et al. 2019).

Sportovci v estetických sportech jsou hodnoceni na základě prezentace jejich estetického vzhledu, který je definován vhodnou úrovní svalnatosti, bilaterální symetrií, estetickou rovnováhou mezi různými svalovými skupinami a nízkým tělesným tukem. Avšak

neznamená to, že sportovec s nižším naměřeným procentem tuku musí vyhrát. Během přípravy tito kulturisté musí projít dramatickým snižováním tělesného tuku a zároveň musí minimalizovat redukci svalové hmoty. Jejich cíl je snížit podkožní extracelulární vodu a zvýšit intracelulární vodu se snahou docílit „tvrdého“ vzhledu (Cholewa et al. 2019).

Na druhé straně jsou závodníci ve sprintu, pro které je klíčová výbušná síla svalů, optimalizace síly k hmotnosti a také zlepšení generování anaerobní energie. Tyto vlastnosti se odráží například na postavě sprinterů, kteří jsou charakterizováni jako ekto-mezomorfové, bývají těžší a svalnatější než běžci na dlouhé tratě. Podle Maughan (2000) by sprinteři měli konzumovat 1,4 – 1,7 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti a bílkoviny by měli tvořit 12-15 % celkového denního příjmu. Vzhledem k energetickým nárokům těchto sportovců ve vztahu k tělesné hmotnosti, příjem sacharidů by měl být 3-6 g/kg/den k zajištění jejich dostupnosti během tréninku. Potřeba bílkovin však může být až dvojnásobná na rozdíl od doporučení pro běžnou populaci. Sprinteři by měli konzumovat každých 3-5 hodin jídla obsahující minimálně 0,4 g/ kg bílkovin s vysokou biologickou hodnotou.

Příjem energie a makronutrientů potravou je u sprinterů v porovnání s běžci na střední nebo dlouhé tratě nižší. Avšak překročení horní hranice doporučení pro příjem bílkovin s velkou pravděpodobností neposkytuje žádnou výhodu (Slater et al. 2019). Dále studie silového tréninku ukázaly, že předspánkové požití pomalu metabolizovaného proteinu může podporovat opravu svalů (Res et al. 2012).

3.6.4 Silově-vytrvalostní sportovci

V dnešní době existuje široký výběr silově-vytrvalostních sportů, jako např. americký fotbal, volejbal, plavání, atletika nebo wrestling. Jakkoliv jsou tyto sporty různorodé, sportovci musí rozvíjet nejen sílu, ale také rychlost a vytrvalost pro zlepšování svých výsledků. Na vyšších úrovních se pak sportovci mohou soustředit na zdokonalení dalších vlastností, jako je např. pohyblivost, hbitost, explozivní síla, přesnost, rychlost nebo výdrž. Rozvíjení a vyladování těchto vlastností během tréninku vyžaduje správný zdroj energie ve správný čas.

Jedním ze společných znaků silově-vytrvalostních sportovců je využívání rychle se stahujících vláken, která jsou důležitá pro rychlost a výbušnost. Tato vlákna využívají zejména sacharidy, a ty, pokud jsou vyčerpány, dostaví se únava. Proto je pro sportovce nesmírně důležité doplňovat sacharidy, aby zůstali silní a vytrvalí. Ačkoliv tito sportovci soutěží ve velice rozmanitých disciplínách, mají společný jeden znak a to, že spotřebují více energie při tréninku než při samotné soutěži. Jako příklad můžeme uvést plavce, kteří tráví hodiny tréninků v bazénu, ale jejich závod může trvat jen pár minut nebo sekund. Proto je důležité mít správně nastavený příjem živin, díky kterému mohou pokrýt energetické požadavky těla a zároveň dosáhnout svých cílů. Odlišnost v rámci silově-vytrvalostních sportovců je velká, a proto bývá pro atlety výzva dodržení příjmu živin a také správné hydratace. Energetické požadavky jsou závislé na části sezóny a také na druhu sportu a pozice sportovce (Skolnik & Chernus 2011).

Podle Americké dietetické asociace, kanadských dietologů a American College of Sports Medicine by měl být doporučený příjem bílkovin pro vytrvalostně a silově trénované sportovce 1,2-1,7g/kg/den. (Kårlund et al. 2019).

Mezi silově-vytrvalostní sporty můžeme také zařadit dnes stále populárnější formu tréninku nazývanou CrossFit. CrossFit je vysoce intenzivní, funkční pohybový trénink. Cvičení se nejčastěji provádí při vysoké intenzitě s malým nebo žádným odpočinkem mezi sériemi. Při provádění se kombinuje silové a vytrvalostní cvičení (běh, jízda na kole, veslování), olympijské vzpírání, silové vzpírání a gymnastika. Značný počet atletů se pak zapojuje na vysoké úrovni a nejvyšší soutěž je oficiálně nazývána CrossFit Games (Dos Santos Quaresma et al. 2021).

Banaszek et al. (2019) ve své studii srovnávali účinky konzumace syrovátkového a hrachového proteinu na stavbu těla a výkonnost po 8 týdnech praktikování CrossFitu. Účastníky byl konzumován syrovátkový protein (24 g) nebo hrachový protein (24 g) před a po cvičení v den tréninku a mezi jídly v netréninkové dny. Byly zjištěny významné změny v rámci složení těla v rámci skupin a také byly zpozorovány vykonnostní a silové změny. Díky zjištěným změnám autoři naznačili, že syrovátkový a hrachový protein podporují sílu, výkon a svalovou adaptaci v podobném měřítku. Bohužel v této studii nebyla zahrnuta skupina s placebem. Výsledky této studie jsou tedy kontroverzní.

3.6.4.1 Nadměrný příjem

Jak již bylo řečeno, u sportovců je běžný vyšší příjem bílkovin než u populace se sedavým způsobem života. Pro některé závodníky může být zejména v rýsovací fázi před soutěží výhodné konzumovat vyšší množství bílkovin (1,6 – 2,2 g/kg). Takové množství bílkovin pravděpodobně nemá vliv na navýšení proteosyntézy ve svalech, avšak může pomoci v dosažení optimální formy a shození tuků, společně s vhodným dávkováním ostatních živin a pohybových aktivit (Roubík 2018).

Pokud je však ve stravě zvolen nesprávný poměr makronutrientů a vysoké množství bílkovin dosahující až 80 % z celkového příjmu, může dojít k zatížení ledvin a zhoršení rovnováhy vápníku v těle. Tento vzácný syndrom se označuje jako „rabbit starvation“ a vzniká když dochází k obrovské převaze bílkovin nad tuky a sacharidy ve stravě (Roubík 2018).

Antonio et al. (2015) zjišťovali jaké účinky má konzumace vysokých dávek bílkovin na složení, výkon a zdraví těla. Stanovovali účinky u skupiny s velmi vysokým příjmem bílkovin (4,4 g/kg/den) s kombinací těžkého silového tréninku. V porovnání s kontrolní skupinou nedošlo v průběhu času k významným změnám tělesné hmotnosti, svalové hmoty nebo procenta tělesného tuku.

Další studie zkoumala 48 zdravých mužů a žen silově trénujících, kdy jedna skupina (NP) měla normální příjem bílkovin (2 g/kg/den) a druhá (HP) vysoký příjem bílkovin (více jak 3 g/kg/den). Výsledky byly takové, že skupina HP ztratila v průměru 1,6 kg tukové hmoty na rozdíl od NP skupiny, která ztratila jen 0,3 kg tukové hmoty. Kromě toho byl procentuální pokles tělesného tuku 2,4 % u HP skupiny a 0,6 % u NP skupiny. Obě skupiny nabraly beztukou hmotu (LBM = Lean Body Mass) a rovněž se jim zvýšila síla při provádění cviků dřep a bench press, vertikální výskok a shyb. A kromě toho nedošlo k žádným změnám v žádném z krevních parametrů. Konzumace stravy s vysokým obsahem bílkovin (3,4 g/kg/den) ve spojení se silovým tréninkem může přinést výhody, co se týče složení těla (tj. ztráta

tuku) bez nežádoucích účinků na funkci jater nebo ledvin a taktéž na krevní lipidy (Antonio et al. 2015).

Také Kim et al. (2014) zkoumali účinek diety s vysokým obsahem bílkovin na složení těla. Průzkum trval 12 týdnů a zahrnoval silový trénink u 18 zdravých mužů. Subjekty byly rozděleny do dvou skupin s vysokým (2,7 g/kg/den) a nízkým obsahem bílkovin (1,3 g/kg/den). Skupina s vysokým obsahem bílkovin vykazovala nárůst 2,4 kg svalové hmoty a zároveň se u nich snížilo procento tělesného tuku o 2,4 %. Na druhé straně skupina s nižším množstvím bílkovin nezaznamenala žádnou změnu svalové hmoty, ale pokles tělesného tuku o 0,9 %. Nedostatek změn u druhé skupiny je záhadný, a výsledek této studie naznačuje, že ke snížení tělesného tuku by stačilo přidat do diety více proteinu.

Další studie se zabývala účinkem manipulace s příjmem bílkovin ve stravě během energetického deficitu, a zdali intenzivní trénink ovlivní změny ve složení těla. Studie trvala 4 týdny a subjekty byli mladí muži, kteří konzumovali hypoenergetickou stravu, došlo k 40% snížení energetického příjmu. Muži konzumovali 1,2 g bílkovin na kg nebo 2,4 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti a zároveň se věnovali 6krát týdně vysoce intenzivnímu intervalovému tréninku. U skupiny s vyšším množstvím bílkovin došlo ke zvýšení tělesné tkáně (+1,2 kg versus 0,1 kg) a také ztratila více tukové hmoty než druhá skupina (- 4,8 kg versus 3,5 kg). Výstupem této studie je zjištění, že pokud jsou dodrženy podmínky kalorického deficitu, konzumace stravy s vyšším obsahem bílkovin může zlepšit složení těla (Longland et al. 2016; Antonio 2019).

3.6.4.2 Důsledky nadměrného příjmu bílkovin

Diety s vysokým podílem bílkovin a nízkým obsahem sacharidů nebo diety s vysokým obsahem tuku mohou u některých rizikových populací vyvolat negativní účinky na celkový metabolismus nebo metabolismus bílkovin a aminokyselin. U vysokoproteinových diet nestrávené složky bílkovin končí v tlustém střevě. Tím dochází ke kvašení bakteriálních aminokyselin v tlustém střevě a může to ovlivnit metabolické nebo systematické změny na konečné produkty hostitele. Vysokoproteinové diety mohou pomoci ke snížení hmotnosti, ale není dostatek informací o dlouhodobých účincích vysokého příjmu bílkovin (Kårlund et al. 2019).

S vysokobílkovinnou stravou je také spjata hydratace. Kdy s vyšším příjmem bílkovin roste ztráta dusíku ledvinami a tím dochází k dalšímu vylučování vody. Tento stav by mohl být obzvláště nebezpečný pro vytrvalostní sportovce, kteří už tak ztrácí mnoho tekutin pocením. Proto je při konzumaci nadměrného množství bílkovin nutné dodržovat přísun tekutin, aby bílkoviny mohly být rozštěpeny na aminokyseliny a dusík mohl být odstraněn z těla. Dehydratace by mohla negativně ovlivnit výkon sportovce. Jsou-li bílkoviny dodávány do těla v až přílišné blízkosti před fyzickou námahou, může to negativně ovlivnit trénink, jelikož svaly a orgány, které potřebují zpracovat bílkoviny, mají zvýšené nároky na kyslík. Této situaci se dá předejít pravidelným monitorováním tělesných změn (Skolnik & Chernus 2011; Maughan 2000).

3.6.4.3 Nedostatečný příjem

Minimální potřeba proteinů u dospělého člověka je asi 0,5 – 0,6 g plnohodnotného proteinu na 1 kg tělesné hmotnosti. Tato hodnota odpovídá průměrnému rozsahu katabolismu aminokyselin. Pokud příjem klesne pod tuto hodnotu, mohou nastat různé zdravotní poruchy. Proto je doporučeno přijímat minimálně 0,6 - 0,8 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti, aby byla zajištěna i jistá rezerva (Pánek et al. 2002).

Sportovci mohou mít nedostatečný příjem bílkovin. Mohou to způsobit podmínky, které jsou spojené s účinkem fyzické aktivity, díky které se tak zvyšují požadavky organismu na příjem bílkovin. Může k tomu dojít také například při rychlém tělesném růstu u dospívajících nebo u těhotných žen, v situacích nedostatečného energetického příjmu nebo u jedinců na jistých dietách nebo směrech stravování, kdy není konzumována široká škála potravin. U některých sportovců dochází k nedostatečného energetickému příjmu, což je doprovázeno nedostatečným příjmem bílkovin. Kvůli potřebám velkého množství jídla a tekutin potřebných k udržení energetické rovnováhy, může k těmto situacím dojít. V takových stavech může být výhodné využívat tekuté doplňky stravy (Maughan 2000).

O veganech, kteří konzumují jen rostlinnou stravu, se říká, že mohou mít nedostatek bílkovin. Při špatně nastavené dietě může nastat nedostatek makroživin (bílkoviny a omega-3 mastné kyseliny) nebo mikroživin (vitamin B₁₂, vitamin B₃, železo, zinek nebo hořčík). Toto je zvláště důležité, pokud jsou z výživy vyloučeny živočišné produkty. Při optimalizaci příjmu bílkovin je důležité dbát na kvalitu a kvantitu konzumovaných proteinů (Rogerson 2017; Clark 2014). Vegetariáni a vegani podle Knisker & Johnston (2011) potřebují více bílkovin než konzumenti masa, aby vykompenzovali horší stravitelnost a nižší biologickou hodnotu rostlinných zdrojů. Vegani mohou také například navýšit příjem bílkovin využitím sójového proteinu, který má podobné složení jako syrovátkový protein (Svačina et al. 2008).

Dále se také může vyskytovat nedostatek bílkovin u žen, které drží drastické hubnoucí diety, kdy přijímají minimální množství bílkovin. Může u nich dojít ke změně pravidelnosti nebo úplné ztrátě menstruačního cyklu neboli amenoree. Nebo se také může objevit nízká minerální hustota kostí (Clark 2014; Rogerson 2017).

3.7 Zdroje bílkovin pro sportovce

V lidské stravě nezáleží na tom, jak jsou bílkoviny „zabalené“, zda jde o sušenou syrovátku, bílek, kuře nebo sóju. Každý typ bílkoviny může podpořit růst svalů (Clark 2014). Bílkoviny se liší hlavně svojí kvalitou, kterou určuje obsah aminokyselin, stravitelnost a zejména pak jejich biologická dostupnost (Devries & Phillips 2015).

V ekonomicky vyspělých zemích jsou hlavními zdroji bílkovin maso, mléko, mléčné výrobky, vejce, luštěniny, obiloviny a zelenina. U populace konzumující smíšenou stravu kryje živočišná strava zhruba 65 % celkového příjmu bílkovin, z rostlinných zdrojů poté největší část kryjí obiloviny – 20 % (Svačina et al. 2008).

3.7.1 Živočišné zdroje bílkovin pro sportovce

Živočišné bílkoviny jako je např. libové maso, ryby nebo mléčné výrobky jsou zdrojem bohatého spektra aminokyselin, které je velmi těžko nahraditelné. V dnešní populaci se často vyskytují obavy před konzumací bílkovin živočišného původu. Avšak tyto obavy jsou spojovány zejména s živočišným tukem, ne s bílkovinami jako takovými (Merkunová & Orel 2008). U silových sportovců, kteří konzumují vysoké množství bílkovin, proto může nastat riziko, že konzumované zdroje bílkovin opravdu obsahují vysoké procento nasycených tuků a cholesterolu. Z důvodu vysoké biologické hodnoty jsou do diet sportovců často zařazovány zdroje jako je maso, mléčné produkty a vejce, které tuk obsahují. Nicméně sportovci se dnes snaží v tomto odvětví vzdělávat, a proto například odstraňují kůži z kuřecích prsou nebo konzumují ryby a libové hovězí maso a vejce nahrazují vaječnými bílky. Velkou výhodou dnešní doby je také velký výběr doplňků stravy obsahující málo nebo žádný tuk (Hoffman & Falvo 2004).

Maso

Maso je uznáváno jako důležitý zdroj vysokého množství velmi kvalitních bílkovin, a proto se jedná o jednu z nejžádanějších potravin nejenom u sportovců (Bohrer 2017). Maso obsahuje vysoké množství esenciálních aminokyselin. Také je zdrojem vitamínu B₁₂, zinku, fosforu, železa a má také nízký obsah sacharidů (Anzani et al. 2020).

Velmi však záleží na druhu konzumovaného masa, jelikož každý druh má jiné spektrum aminokyselin nebo také různé množství tuku. Často používané maso je kuřecí nebo krůtí. Za nejkvalitnější se však považuje hovězí zadní a svíčková (Roubík 2018). Ty obsahují minimum tuku a velké množství bílkovin. Dále jsou v jídelníčku sportovců hojně využívány ryby. Ty jsou nejen vynikajícím zdrojem bílkovin, ale také i omega-3 mastných kyselin (Clark 2014).

Maso je také důležitým zdrojem železa, kterého mohou mít např. vegetariáni a vegani nedostatek. Biologická dostupnost železa původem z masa je mnohem vyšší než z rostlinných zdrojů. Výživou můžeme přijímat dva druhy železa: hemové a nehemové železo. Hemové železo obsažené v mase, rybách a drůbežím mase je organismem absorbováno lépe než nehemové, které najdeme v obilovinách, ovoci a zelenině. Železo hraje důležitou roli v energetickém metabolismu, a proto by sportovci měli přijímat dostatek tohoto

mikronutrientu stravou. Proto je dobré, pokud sportovec nekonzumuje maso, získávat železo alespoň z mléčných výrobků nebo listové zeleniny. Důležité je hlídat hladinu železa hlavně u sportovkyň. Ženy mají celkově vyšší potřebu železa než muži a také u nich dochází k pravidelným ztrátám způsobených menstruačním krvácením. (Maughan 2000).

Vejde

Vejde hrají důležitou roli v základní výživě člověka. Jsou zdrojem bílkovin, tuků a mikroživin. Jsou však často spojována s negativními účinky na lidské zdraví z důvodů obsahu cholesterolu. Dnes je již známo, že ukládání cholesterolu závisí na mnoha faktorech jako je genetika, etnická příslušnost nebo nutriční stav spotřebitele. A proto vejce nejsou již brána tak kriticky a konzumace vajec je povolena v malém množství i lidem s hypercholesterolémií.

Vejde jsou považována za skvělou funkci potraviny, jelikož vaječná bílkovina má vysokou biologickou hodnotu. Nabízejí také mírný zdroj kalorií a díky jejich ceně, jsou dostupné pro většinu populace. Dále poskytují 18 vitamínů a minerálů a jsou důležitým zdrojem lecitinu a cholinu (Miranda et al. 2015). Vaječná bílkovina je také bohatým zdrojem rozvětvených aminokyselin (BCAA) (Hida et al. 2012).

Dalšími složkami vajec jsou karotenoidy, přírodní pigmenty ve žlutcích vajec, které určují jeho barvu. Při skutečnosti, že vejce obsahuje mnoho významných složek, ho lze považovat za výživné a vhodné pro kohokoliv. Pro sportovce obzvláště může mít vaječná bílkovina významný vliv na syntézu svalů (Miranda et al. 2015).

Mléčné výrobky

Mléčné výrobky jsou snadno dostupným zdrojem bílkovin. Obsahují velké množství vápníku, který je důležitý pro správný rozvoj lidského organismu. Dále jsou významným zdrojem vitamínu D, který je potřebný pro pevné kosti. Mléko je také výborným zdrojem vitamínu riboflavinu, který má antioxidační účinky a přispívá k normálnímu energetickému metabolismu (Clark 2014).

V mléce se vyskytují 2 bílkoviny, bílkovina kaseinu (80 %) a bílkovina syrovátky (20 %). Sirovátkovou bílkovinu lze získat jako vedlejší produkt při výrobě sýra. Její bílkovina je ve výživě sportovců využívána jako jedna z nejčastějších. Pomáhá ke zlepšení složení těla a při podpoře hypertrofie svalů (Devries & Phillips 2015). Kasein je obsažen v kravském mléce ze 70–80 %, na rozdíl od syrovátky je však pomaleji stravitelný (Hoffman & Falvo 2004).

Díky dvěma nedávným metaanalýzám randomizovaných studií bylo zjištěno, že vyšší spotřeba mléčných produktů vedla k většímu úbytku tělesného tuku a udržení beztuké tkáně (lean body mass) během krátkodobého omezení energie (Chen et al. 2012; Aborgouei et al. 2012). V další studii bylo prokázáno, že v případě, kdy polovina přijímaných bílkovin je z mléčných produktů, a také je dodržován kalorický deficit a pravidelné cvičení, dochází ke ztrátě tukové tkáně a svalová tkáň může být navýšena. Avšak tato studie byla provedena u žen s nadváhou nebo obezitou před menopauzou (Josse et al. 2011).

3.7.2 Rostlinné zdroje bílkovin pro sportovce

Rostlinné zdroje také obsahují podstatné množství bílkovin, avšak z velké části jsou tyto bílkoviny považovány za neplnohodnotné pro lidskou výživu. Mohou mít neúplné aminokyselinové spektrum, nebo jsou přítomny antinutriční látky (např. kyselina fytová, inhibitory trypsinu), které snižují využitelnost organismem. Nejbohatším rostlinným zdrojem bílkovin je sója, jejíž fermentací se dají získat suroviny jako je natto, tempeh a miso.

V případě užívání jen rostlinných zdrojů bílkovin je dobré dbát na optimální hodnoty leucinového prahu. To znamená kombinovat rostlinné zdroje, a tím se přiblížit k ideálnímu aminokyselinovému spektru a zvýšit využitelnost bílkovin (například kombinací hrachového a rýžového proteinu). Důležité je mít hlavně pestrou stravu a tím i bohaté spektrum zdrojů bílkovin. Dojde tak k doplnění i těch méně využitelných aminokyselin (Stuparič 2019b).

Mezi oblíbené rostlinné zdroje patří luštěniny, ořechy a sója. Kromě těchto běžných zdrojů lze rostlinný protein najít také ve vláknité formě, ve formě tzv. texturovaného rostlinného proteinu (TVP). TVP je vyráběn izolováním bílkovin ze sójové mouky. Nejčastěji se využívá jako masová alternativa do vegetariánských párků nebo hamburgerů. Navíc je tento zdroj nízkokalorický a nízkotučný (Hoffman & Falvo 2004).

Rostlinné bílkoviny mají z ekonomické hlediska zvláštní význam, jelikož mají nižší výrobní náklady a tím pádem jsou snadněji dostupné i v rozvojových zemích. Také existuje široká škála zdrojů, ze kterých se bílkoviny dají čerpat, jako jsou obiloviny, luštěniny, olejnatá semena a houby. Jejich další výhodou je vhodnost využití pro košer a halal trhy. V dnešní době jsou ale velkým problémem alergie na sójové bílkoviny, obiloviny a další potencionální přísady (Anzani et al. 2020).

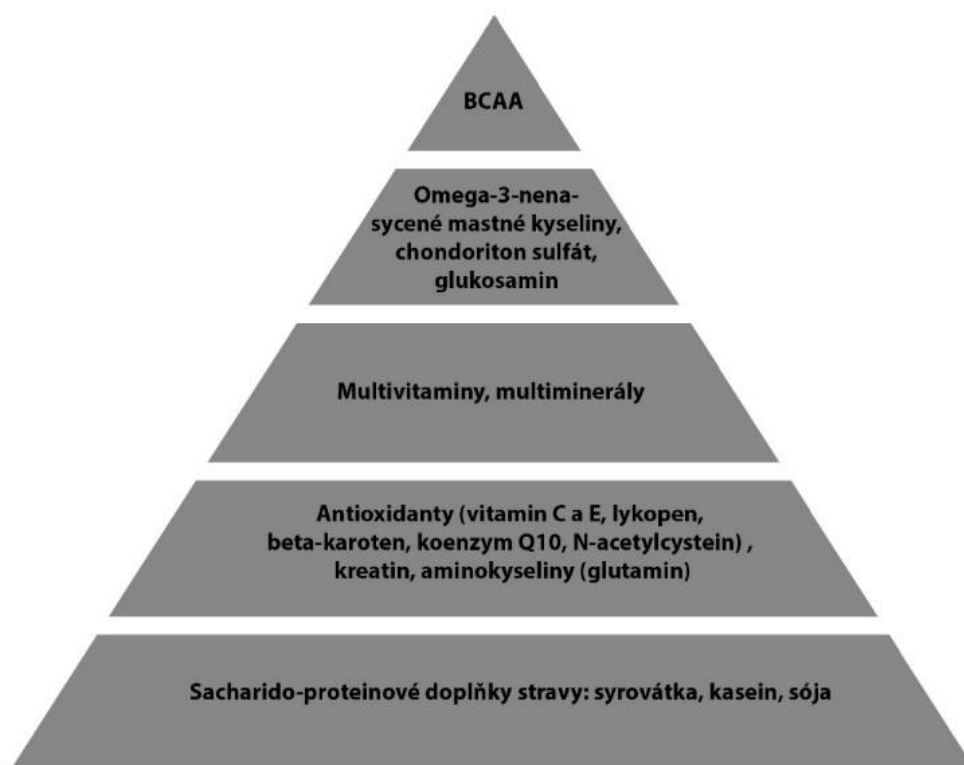
3.8 Doplnky stravy pro sportovce

Atleti na profesionální úrovni často trénují na hranici svých možností, a proto se snaží využít různých prostředků pro udržení nebo i zvýšení výkonnosti nad konkurenty. Proto využívají doplňky stravy, které působí na zvýšení výkonu, ovlivňují energetický metabolismus nebo mohou zlepšit syntézu svalové hmoty (Maughan 2009).

Doplňky stravy jsou v dnešní době velmi rozšířené a je jim věnována až nepřiměřené množství pozornosti. Díky tomu mnoho sportovců využívá doplňky stravy ve své výživě, avšak ne všechny vykazují uspokojivé účinky. Různá literatura naznačuje, že doplňky stravy jsou častěji využívány sportovci (46 %) narozdíl od běžné populace (35–40 %). U elitních sportovců uvádí 59 % využívání doplňků (Sobal & Marquart 1994).

Doplňky stravy jsou v Evropské unii definovány jako „potraviny, jejichž účelem je doplňovat běžnou stravu, a které jsou koncentrovanými zdroji živin nebo jiných látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem. Celkově se zvyšuje povědomí o zdravém životním stylu a potřeba vyvážené stravy. Spotřebitelé začínají využívat doplňky stravy. Růst v tomto odvětví je také poháněn rostoucím zájmem o rostlinné proteinové doplňky, nové trendy v oblasti fitness nebo také neustále se zvyšujícím zájmem o péči o sebe (Kårlund et al. 2019).

Mach (2012) ve své publikaci uvádí, že základem naší stravy by měly být bílkoviny, tak jako tvoří základ pomyslné pyramidy (obrázek č.2). Avšak příjem bílkovin ze stravy je doprovázen dalšími makroživinami jako je např. tuk. Proto je pro mnoho sportovců přijímání bílkovin s pomocí proteinových doplňků přijatelnější a jednodušší. Ty mohou být původu syrovátkového, kaseinového či sojového.



Obrázek č.2 - Pyramida doporučení pro doplňky stravy (Mach 2012)

S konzumací těchto suplementů a doplňků stravy souvisejí jistá rizika. Ve výrobcích mohou být přítomny alergeny, mikrobiologické kontaminanty nebo cizí předměty. Společnost FDA dokonce v roce 2010 z nařízení amerického okresního soudu požadovala, aby dvě americké společnosti zastavily veškerou výrobu a distribuci potravinářských doplňků (Maughan 2013).

V roce 2012 společnost Consumer Lab uvedla výsledky testů 24 komerčně dostupných proteinových doplňků stravy a 31 % testovaných produktů neprošlo testem kvality. Jeden z produktů neobsahoval stanovenou část bílkovin deklarovanou na obalu, a jiný produkt obsahoval nadměrné množství olova, které by mohlo ohrozit spotřebitele (Maughan 2013).

Další organizace Consumer-Reports.org zkoumala kontaminaci bílkovinných produktů. Uvedla výsledky analýzy 15 proteinových prášků a nápojů zakoupených převážně v oblasti New York nebo online. Testovaly se na přítomnost arzenu, kadmia, olova a rtuti a u 3 produktů bylo zjištěno nadměrné množství kovů nad rámec bezpečnosti pro konzumenta (Maughan 2013).

Bohužel se v dnešní době vyskytuje mnoho případů atletů, kteří kvůli užívání doplňků stravy, neprošli dopingovým testem. Vždy existuje malé riziko při užívání proteinových prášků od velkých výrobců, avšak pro eliminaci tohoto rizika je dobré užívat přípravky, které prošly testováním bezpečnosti jakosti produktů (Maughan 2013). Na druhou stranu, jak tvrdí Clark (2004) konzumování bílkovin z přírodních zdrojů má více výhod. Bílkoviny se

v přírodních zdrojích nachází v původním stavu společně s dalšími bioaktivními látkami, které tak mohou pozitivně působit na svalový růst.

Na trhu se nyní objevuje velké množství různě kvalitních proteinových doplňků a zdaleka nejsou všechny stejné. Mach (2012) proto doporučuje řídit se tabulkou č.4, která rozděluje bílkoviny podle dvou vědecky odůvodněných stupnic, aby bílkoviny byly komplexní. Jedním ukazatelem je účinný poměr bílkovin (PER), který nám udává poměr mezi množstvím zkonsumované bílkoviny a reálným svalovým přírůstkem (měřené na laboratorních myších) a druhým ukazatelem je vstřebatelnost bílkovin podle aminokyselinového složení (PDCAAS), u které je ideální hodnota 1.

Tabulka č.4 - Zdroje bílkovin a jejich hodnoty PER a PDCAAS (Mach 2012)

Zdroj bílkovin	PER	PDCAAS
Pšenice	1,50	0,42
Sójová bílkovina (izolát)	2,10	1,00
Sójové boby	2,10	0,92
Kasein (bílkovina tvarohu)	2,80	1,00
Hovězí maso	2,90	0,91
Syrovátka	3,00	1,00
Kravske mléko	3,10	1,00
Ryby	3,60	1,00
Vejce	3,80	1,00

3.8.1 Syrovátkové proteinové přípravky

Syrovátkové bílkoviny jsou z důvodů rychlého trávení a vstřebávání oblíbeným zdrojem bílkovin pro sportovce. Poskytují vysoké dávky bílkovin s výborným spektrem aminokyselin (Kårlund et al. 2019).

Syrovátková bílkovina je jedním z dvou fragmentů mléčného proteinu. Kasein je v mléčném proteinu zastoupen z 70–80 %, syrovátkový protein tvoří zbývajících 20–30 %. Tyto dvě frakce můžeme získat srážením mléka nebo při výrobě sýrů. Tyto procesy dají vzniknout známým syrovátkovým a kaseinovým proteinům, které jsou mezi sportovci hojně využívány jako doplňky stravy.

Syrovátkové proteiny se prodávají s různými úrovněmi zpracování, což ovlivňuje, jak je zdroj koncentrovaný a jak rychle se budou bílkoviny vstřebávat v organismu. Můžeme je rozdělit na koncentráty, izoláty a hydrolyzáty (Examine.com 2014).

Pro svalovou syntézu je klíčové, že syrovátkový protein je kompletní a obsahuje všechny esenciální aminokyseliny a vysoký podíl leucinu. Sojová a kaseinová bílkovina jsou také kompletní proteiny, ale syrovátková má na rozdíl od nich větší obsah EAA a leucinu. Jinak řečeno, biologická dostupnost aminokyselin ze sójového proteinu je pro podporu syntézy horší (Devries & Phillips 2015). Pro podporu tohoto tvrzení Volek et al. (2013) zjistili

vyšší přírůstek štíhlé hmoty při konzumaci 22 g syrovátkového proteinu ve srovnání se sójovým proteinem (také 22 g).

V jiné studii byl porovnáván účinek syrovátkové bílkoviny a kaseinu, z nichž bylo sestaveno jedno denní jídlo. Byla sledována hladina aminokyselin v krvi 7 hodin po konzumaci proteinového koktejlu. U „syrvátkové“ skupiny došlo k rychlému nárůstu hladiny aminokyselin v krvi a následoval postupný pokles. U skupiny s kaseinem byl nárůst koncentrace aminokyselin pomalý a v průběhu 7 hodin zůstala konstantní. Po užití kaseinového doplňku se tělesné bílkoviny obnovily z 31 %, zatímco u syrovátkové skupiny z 68 %. Z čehož vyplývá, že kasein stimuluje syntézu svalových bílkovin slaběji než syrovátka, ale na druhou stranu zase silněji blokuje odbourávání bílkovin (Mach 2012).

Když porovnáme syrovátkový protein s rostlinnými variantami, stále mají ty rostlinné prokazatelně nižší celkový obsah aminokyselin, BCAA, a tedy i leucinu. Právě leucin je klíčovou aminokyselinou pro svalovou proteosyntézu, které se každý sportovec snaží docílit. Avšak k zahájení proteosyntézy je potřeba dosáhnout tzv. leucinového prahu (cca 2,5 – 3 g v dávce). Leucin tak hraje nepostradatelnou roli při budování svalové hmoty, u seniorů nebo i vážně nemocných jedinců (Stuparič 2019b).

Syrvátkový koncentrát

Syrvátkové koncentráty jsou nejméně zpracované formy proteinů a představují 35–80 g bílkovin na 100 g přípravku (Carunchia et al. 2005).

Koncentráty obsahují vyšší množství energie, a proto jsou nejpomaleji stravitelné ze tří druhů proteinů založených na syrovátce. Na druhou stranu ale díky tomu mají lepší chuť a obsahují větší množství tělu prospěšných látek. Celkově se koncentráty spotřebují rychleji, jelikož na jednu odpovídající dávku bílkovin a leucinu je potřeba větší množství produktu (na rozdíl od izolátu, kde je koncentrace bílkovin vyšší). Syrovátkové koncentráty se nejvíce využívají při objemových obdobích, kdy není potřeba dbát tolik na příjem sacharidů a tuků, jako třeba v před soutěžní přípravě (Roubík 2018).

Syrvátkový izolát

Syrvátkové izoláty mají na rozdíl od koncentrátů 80–90 % bílkovin na 100 g výrobku. Podíl bílkovin je tedy vysoký, díky tomu jsou izoláty lépe stravitelné a mají snížené nároky na trávení. Mají však jednu nevýhodu, že neobsahují takové množství vitamínů a dalších tělu prospěšných látek. K tomu se přidává vyšší cena, a ne tak lahodná chuť, v porovnání s koncentráty. Naopak ale díky vysoké koncentraci bílkovin není potřeba používat tak velké množství doplňku pro příjem nezbytného množství bílkovin a leucinu. Proto je izolát ideální do redukčních diet, díky jeho menší energetické hodnotě na porci bílkovin narozdíl od koncentrátu (Roubík 2018).

Během zpracování syrovátky na izolát je odstraněno významné množství tuku a laktózy, a proto mohou být tyto výrobky vhodné i pro jedince, kteří trpí intolerancí na laktózu (Hoffman & Falvo 2004).

Syrovátkový hydrolyzát

Syrovátkové proteinové hydrolyzáty jsou v těle tráveny nejrychleji ze všech tří forem. Vyrábí se hydrolyzou syrovátkového izolátu a jejich kvalita je určena stupněm hydrolyzy. Čím vyšší stupeň hydrolyzy, tím více jsou enzymaticky štěpěny peptidové vazby na menší peptidy a volné aminokyseliny.

Rozlišujeme dvě základní hydrolyzy podle stupně – stupeň hydrolyzy 32 a stupeň hydrolyzy 12. Stupeň 32 je nejvyšší stupeň hydrolyzy a v konečném hydrolyzátu se objevují velmi krátké peptidy, což zajišťuje velmi rychlou absorpci. Z procesu hydrolyzy stupně 12 získáme hydrolyzát s delšími řetězci peptidů. Obsahuje stejné frakce jako stupeň 32, ale ve větším procentuálním podílu se objevují β -laktoglobuliny, α -laktalbuminy a imunoglobuliny. Z důvodů výskytu volných aminokyselin mohou mít hydrolyzáty nahořklou chuť (Roubík 2018). Podle Sindayikengera & Xia (2006) proces hydrolyzace může snížit alergický potenciál syrovátky a mléčných bílkovin v důsledku odstranění epitopů¹. Výsledky této studie ukázaly, že enzymatická hydrolyza zlepšila stravitelnost proteinů in vitro jejich hydrolyzátů. Zlepšení bylo způsobeno zvýšením rozpustnosti a denurací proteinových molekul, což je učinilo dostupnější pro proteolytické enzymy.

Ve studii, kde byl srovnáván hydrolyzát syrovátkového proteinu s hydrolyzátem kaseinu vedla syrovátka k vyšší syntéze svalových bílkovin po užití 20 g u starších jedinců v klidu (cca 74 let). Syrovátkový hydrolyzát měl vyšší rychlost frakční syntézy bílkovin (cca 0,15 %) na rozdíl od hydrolyzátu kaseinu (cca 0,10 %) (Pennings et al. 2011).

Další studie se věnovala testování výkonu na začátku a po uplynutí 6 hodin po konzumaci syrovátkového izolátu nebo koncentrátu. Došla k výsledku, že pouze skupina s hydrolyzátem obnovila energii v tak krátkém časovém rámci (Buckley et al. 2010).

3.8.2 Kaseinové proteinové přípravky

Kasein je hlavní složkou bílkovin obsažených v kravském mléce (70–80 %). Podobně jako syrovátka je kasein kompletní bílkovinou a obsahuje minerály jako je vápník a fosfor, avšak je pomaleji stravitelný. Podle PDCAAS je hodnocen 1,23 (Hoffman & Falvo 2004).

Kaseinové proteinové přípravky obsahují vysoký obsah vápníku a mají kvalitní aminokyselinové spektrum, avšak na rozdíl od syrovátky mají opožděný začátek uvolňování aminokyseliny a také nižší obsah leucinu. Přípravky můžeme dělit na kaseinát vápenatý, izolát mléčné bílkoviny, micelární kasein a hydrolyzovaný kasein. Tyto druhy se liší hlavně postupem výroby.

Kaseinové přípravky je nejlepší konzumovat během dne, kdy dochází k postupnému dodávání aminokyselin do svalů, nebo před spaním, kdy jsou vyživovány svaly v průběhu spánku. Samozřejmě tyto přípravky lze konzumovat kdykoliv během dne, avšak stále jsou hodnoceny hůře z pohledu stimulace svalové proteosyntézy v porovnání se syrovátkovými přípravky (Roubík 2018).

¹ Místo, kam se na antigenu vážou protilátky Zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Epitop>

3.8.3 Sójové produkty

Sójové produkty můžeme rozdělit na tři různé kategorie: mouku, koncentráty a izoláty. Sójová mouka pak lze rozdělit na přírodní, plnotučnou (jsou v ní obsaženy přírodní oleje), odtučněnou a lecitinovanou (je přidán lecitin). Ze tří různých kategorií produktů je sójová mouka nejméně rafinovaná a běžně se vyskytuje v pečivu.

Sójové přípravky jsou získávány izolací bílkovinných frakcí ze sójových bobů a tím může vzniknout sójový proteinový koncentrát nebo izolát. Sójový koncentrát byl vyvinut na konci 60. a na začátku 70. let. Vzniká po procesu odtučnění, obsahuje nejméně 65 % bílkovin, bez příměsi sacharidů a je dobře stravitelný a chutný. Zato sójový proteinový izolát obsahuje 90 % a více bílkovin, jelikož je vyráběn z již odtučněných sójových bobů a většina nežádoucích látek je odstraněna. Jeho stravitelnost by měla být bezproblémová pro každého. Stejně jako u syrovátkových proteinů jsou izoláty nejvíce rafinované, a na rozdíl od mouky a koncentrátů neobsahují žádnou vlákninu. Sójové proteiny lze využívat v dietě v kombinaci se syrovátkovým proteinem k dosažení vyššího spektra aminokyselin (Roubík 2018; Hoffman & Falvo 2004).

Podle studie Dwyer et al. (1994) se ukázalo, že některé fytoestrogeny ze sóji po konzumaci snižují hladinu testosteronu a zvyšují hladinu estrogenu, ženského pohlavního hormonu, čím je snižována rychlost budování svalové hmoty. Na druhou stranu se ale také objevují studie, které tato tvrzení vyvracejí a tvrdí, že suplementace sójovým proteinem nemusí vykazovat negativní účinky. Dále pak Carr & Descheemaeker (2001) uvádí že zvýšená konzumace sójových produktů poskytuje velké množství bílkovin s vysokou kvalitou aminokyselin a je také spojována s nízkým výskytem kardiovaskulárních nemocí.

Alespoň jedna studie poznamenala, že v případě vyšší konzumace bílkovin (1,2 g/kg) mohou být rozdíly mezi konzumací syrovátky a sóji bezvýznamné, přičemž obě překonají placebo (Candow et al. 2006).

3.8.4 Vícesložkové proteinové přípravky

Kombinací různých druhů proteinů mohou vzniknout vícesložkové proteinové přípravky. Tyto přípravky mají výhodu, že obsahují část aminokyselinového spektra z každého druhu proteinu a tím je možné přijmout vyvážený profil všech aminokyselin, které se uvolňují do organismu postupně podle jejich původu proteinu. Nevýhodou může být kvalita jednotlivých surovin (Roubík 2018).

3.8.5 Ergogenní výživové doplňky

Lidský energetický systém svalů závisí na optimálním množství makroživin. Sacharidy a tuky jsou hlavními zdroji energie a protein, jako třetí makroživina, může být také využit jako zdroj energie, ale není to jeho primární funkce. Protein slouží především k syntéze svalové tkáně a regeneraci. Bílkoviny jsou také využity k syntéze hormonů, enzymů a dalších fyziologických látek, které společně s vitamíny a mikroživinami pomáhají regulovat nesčetné množství nervových, hormonálních a metabolických látek. To vše je spojené s uvolňováním energie z přijímaných živin pro využití při sportu (Maughan 2000).

Ergogenní výživové doplňky jsou používány pro zvýšení sportovního výkonu různými způsoby a tím docílení ergogenního účinku². Jeden ze způsobů je zvýšení přísunu energie do svalů (např. kreatin), zvýšení metabolických procesů uvolňujících energii do svalů (např. L-karnitin), zvýšení využití kyslíku ve svalech (např. doplňky koenzymu Q10) a další. Protože všechny živiny se mohou nějakým způsobem zapojit do syntézy a kontroly energie, každá živina může být pro sportovní výkon potenciálně ergogenní. Ale podávání doplňků stravy by mělo být vždy spojováno s vyváženou stravou (Maughan 2000).

Mezi sportovci jsou nejvíce využívány vysoké dávky základních živin (např. vitamín C, arginin, lysin) nebo využívání metabolických vedlejších produktů základních živin (např. β -hydroxy- β -methylbutyrate z leucinu), nutraceutika nebo fytochemikálie, látky nacházející se v rostlinách, u kterých se předpokládá jejich efekt na metabolismus (např. ženšen). Dále jsou také využívány neesenciální živiny, jako je například kreatin, nebo také látky přirozeně se vyskytující v potravinách nebo nápojích (např. kofein) (Maughan 2000).

BCAA

Aminokyseliny s rozvětveným řetězcem neboli BCAA (Branched Chained Amino Acids) byly navrženy ke zlepšení tréninkového výkonu a snížení bolesti svalů po intenzivním tréninku. Jsou jedním z nejpoužívanějších doplňků výživy. Jde o 3 esenciální aminokyseliny valin, leucin a izoleucin. (Kårlund et al. 2019).

Valin udržuje svalovou koordinaci a emoční klid. Je možné ho získat ze sóji, ryb, masa a zeleniny. Leucin je zase důležitý pro syntézu bílkovin a pro mnoho metabolických funkcí. Přispívá k regulaci hladiny cukru v krvi, k růstu a opravě svalové a kostní tkáně a hojení ran. Leucin také zabraňuje rozpadu svalových bílkovin po traumatu nebo silném stresu. Jeho nedostatek je vzácný. Třetí aminokyselina isoleucin se zapojuje do fyziologických funkcí jako je hojení ran, detoxikace dusíkatých odpadů a stimulace imunitní funkce. Je také nezbytný pro tvorbu hemoglobinu a pro regulaci hladiny cukru v krvi a energetické hladiny. Isoleucin se nachází zejména v mase, rybách, sýrech, vejcích a většině semen a ořechů. (NCBI 2021).

Suplementace BCAA může hrát roli v regulaci produkce neurotransmiterů v mozku a také vývoji únavy po cvičení. Suplementace aminokyselinami může mít pozitivní účinky na signalizaci nasycení, příjem energie a na svalový metabolismus podporující kontrolu glukózy v krvi. Tyto potenciální příznivé vlivy na zdraví velmi přispěli k popularitě těchto produktů (Kårlund et al. 2019).

Arginin

Tato aminokyselina se společně s ornithinem zejména mezi silovými sportovci využívá často jako doplněk stravy. Arginin a ornithin poskytují bezpečný anabolický efekt a podporují růst svalů (Maughan 2000).

² Zvýšení účinku duševní nebo fyzické činnosti Zdroj:
<https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92276.aspx>

Arginin je podmíněně esenciální aminokyselina, která se podílí na syntéze bílkovin, detoxikaci amoniaku a také může být přeměněna na glukózu, nebo může být katabolizována na zdroj energie. Kromě těchto fyziologických funkcí má arginin údajný ergogenní potenciál. Sportovci je užíván ze tří důvodů: 1) hraje roli v sekreci endogenního růstového hormonu, 2) je zapojen do syntézy kreatinu, 3) hraje roli při zvyšování oxidu dusnatého (Cambell et al. 2004).

Byla provedena studie maratonských běžců, kdy sportovcům bylo suplementováno 15 g aspartátu argininu po dobu 14 dnů před maratonským během. V den maratону byly odebrány vzorky krve krátce před během, další po 31 km, po konci běhu a po dvouhodinové rekonvalesneci. Vědci touto studií zjistili, že koncentrace růstového hormonu byla během maratonského běhu zvýšena ve větší míře, než by vyvolalo samotné cvičení. (Colombian et al. 1999) Další studie však nezaznamenali žádné změny na složení těla nebo síle u zkušených vzpěračů po suplementaci argininu nebo směsi aminokyselin (Maughan 2000).

V současné době existuje jen málo vědeckých důkazů na podporu propagace suplementace argininem. Než bude možné vyvodit závěry, je zapotřebí dalšího výzkumu k vyhodnocení role suplementace argininem na výkonnost a adaptaci tréninku u zdravé a nemocné populace (Cambell et al. 2004).

L-aurin

L-aurin je neesenciální aminokyselina s obsahem síry, která se vyskytuje v organismu přirozeně. Má antioxidační účinky a současně pomáhá se vstřebáváním vápníku, jelikož podporuje jeho průchod střevní stěnou do krevního oběhu. Aurin je zároveň součástí žluči, která je důležitá pro vstřebávání tuků, vitamínů rozpustných v tucích a pro kontrolu správné hladiny cholesterolu v krvi. V těle vzniká účinkem vitamínu B6 z cysteinu a shromažďuje se nejvíce ve tkáních, jako jsou mozek, srdce a svaly, které jsou nervově stimulovány.

Jelikož se aurin v rostlinných produktech téměř nevyskytuje, vegetariáni nebo vegani mohou mít zákonitě jeho nedostatek. Bylo také zjištěno, že L-aurin tlumí projevy epilepsie, zmírňuje nervové záchvaty, pocity úzkosti a stres. Současně s podáváním glycinu a histidinu. Také přispívá k rychlému přenosu elektrických vzruchů v mozku a celé nervové soustavě a podporuje koordinační funkce a koncentraci při výkonu. Využitím L-aurinu je možné oddálit nástup duševní únavy, osvěžení mentálních funkcí a trénink tak působí sportovcům větší potěšení (Mach 2012).

Citrulin

Citrulin je aminokyselina, která se po doplnění v ledvinách účinně mění na arginin, což z něj činí dobrou volbu pro zvýšení syntézy oxidu dusnatého. L-citrulin je společně s L-argininem a L-ornithinem jednou ze tří aminokyselin močovinného cyklu. Tím pádem užívání citrulinu zvyšuje plazmatické hladiny argininu a ornithinu a zlepšuje proces recyklace amoniaku a metabolismus oxidu dusnatého. Proto je běžně používán v situacích, kdy je důležitý oxid dusnatý, při sportovních výkonech nebo při pečování o zdraví cév. Citrulin se vyskytuje například v melounu.

Ve sportovním odvětví je například využíván pro zlepšení energetického výkonu, snížení únavy a zlepšení vytrvalosti pro aerobní a anaerobní cvičení. Citrulin se v těle váže na malát, organickou sůl kyseliny jablečné. Jedná se o nejvíce zkoumanou formu citrulinu a mluví se o nezávislém vlivu na výkonnost, avšak není dostatek výzkumu k porovnání citrulinu malátu s L-citrulinem (Examine.com 2014).

Glutamin

Glutamin je důležitým stimulantem imunitního systému a účinnou antikatabolickou látkou, pro sportovce nepostradatelnou. Je neesenciální aminokyselinou přispívající k zachování objemu buněk kosterního svalstva a také nejzastoupenější a nejrozšířenější aminokyselinou v krevní plazmě a svalech. Obecně je známo, že dehydratované svalové buňky se rozpadají snadněji na rozdíl od vodou naplněných buněk, které lépe regenerují a také rychleji rostou. Glutamin má také kladný účinek na imunitu. Vytrvalostním běžcům byl po maratónském závodě podán glutamin a riziko infekce kleslo o 60 %. Také v silových sportech glutamin přispívá k svalovému růstu a posiluje obranyschopnost při denní dávce 10 g. (Mach 2012) Vyskytuje se v mase, vejcích, a také se nachází ve vysokých dávkách v syrovátkové a v kaseinové bílkovině. Doporučuje se jako doplněk stravy vegetariánům a veganům, kteří konzumují nedostatek mléčných výrobků (Examine.com 2015).

Kreatin

Kreatin je přirozeně se vyskytující sloučenina guanidinu. Je obsažen v rybách a mase v koncentracích 3–7 g/kg. Doplnky mohou být ve formách monohydrát kreatinu nebo různé kreatinové soli (kreatin citrát, kreatin pyruvát) (Hespel et al. 2006).

Kreatin je mezi sportovci hojně využíván (zejména atleti a běžci). Poprvé se jeho použití stalo populární v roce 1992 po olympijských hrách v Barcelóně. Kreatin je odlišný od ostatních ergogenních látek svým efektem na zlepšení výkonu. Velmi důležitou podmínkou je také to, že není zakázaný řídicími orgány. To znamená, že po požití nedochází k žádným negativním vedlejším účinkům, při podávání dávek potřebných k dosažení ergogenního účinku (Maughan 1999).

Předpokládá se, že kreatin zvyšuje svalovou sílu a rychlost a také podporuje tvorbu tukuprosté tkáně. Kreatin sám o sobě není aminokyselina, je to amid, tedy biologicky významná sloučenina obsahující dusík. Při vzpírání a jiných anaerobních zátěžích je k produkci energie využíván ATP – CP systém (adenosintrifosfát-kreatinfosfát), díky němuž dochází ke kontrakci svalů a generuje se síla pro zvedání břemen. Kreatin je potřebný pro produkci explozivní energie uvnitř svalu, což je právě případ vzpírání. Na druhou stranu kreatin nepomáhá vytrvalostním sportovcům pro zlepšení kodniční vytrvalosti (Skolnik & Chernus 2011).

Jak kreatin zlepšuje výkonnost není zcela jisté, avšak zdá se, že tento účinek souvisí se zvýšeným obsahem svalového kreatin fosfátu. Rychlost resyntézy kreatin fosfátu může být zvýšena vysokými dávkami kreatinu (Greenhaff et al. 1994). Tak je umožněno rychlejší zotavení po vytrvalostním tréninku a umožňuje větší efektivitu v tréninku s vysokou intenzitou. Tato skutečnost může být důležitá hlavně z důvodů, že svalový kreatin zůstává

vysoký ještě dlouhou dobu po doplňkovém příjmu (Maughan 1999). Podle van Loon et al. (2004) je vyhovující společné využití kreatinu s dietou bohatou na sacharidy, poté dochází k replikaci glykogenu po cvičení.

β-hydroxy-β-methylbutyrate (HMB)

β-hydroxy-β-methylbutyrate je metabolit esenciální aminokyseliny leucinu a v současné době je využíván jako doplněk stravy. Ačkoliv je jeho metabolická role v lidském organismu nejistá, je využíván sportovci, aby pomohl maximalizovat svalové zisky během odporového tréninku. HMB působí proti katabolickým účinkům stresu na metabolismus proteinů, který je vyvolán právě cvičením (Maughan 2000).

Byly provedeny studie na zvířatech, kdy se předpokládalo, že tato sloučenina může přispět ke snížení nadměrného odbourávání svalové tkáně (Gallagher et al. 2000). Bohužel publikované výsledky dalších studií jsou nejednoznačné. Z výsledků vyplývá, že příjem HMB v dávce 1,5 – 3 g /den může vést k většímu nárůstu hmotnosti bez tuku a svalové síly zároveň při provádění silového tréninku. Tohoto účinku může být dosaženo díky zpomalení kontrakcí vyvolané proteolýzy. Také se zdá že, krátkodobý příjem, trvající 1 až 8 týdnů, nevyvolává žádné škodlivé vedlejší účinky. Avšak není dostatek údajů o jeho dlouhodobých účincích a vedlejších účincích. HMB se nevyskytuje na seznamu zakázaných dopingových látek a je potřeba více údajů a zkoumání o jeho účincích (Nissen et al. 1996).

Dnes nejsou známy žádné nepříznivé účinky HMB, je-li užíván ve stanovené dávce 1 g denně, avšak není ani potvrzena žádná záruka nezávadnosti. Tento produkt má velice krátký poločas rozpadu, takže je rychle odstraňován z krve a jeho účinnost trvá jen pár hodin. Touto vlastností mohou být ovlivněny i výsledky některých studií (Skolnik & Chernus 2011).

Kofein

Kofein je oblíbený stimulant využíván nejen sportovci. Je oficiálně považován za drogu, avšak dnes je díky svému rozšířenému užívání považována za společensky přijatelnou. Kofein se přirozeně vyskytuje v různých složkách potravin, jako je káva, čaj, čokoláda a Coca-Cola. Pro některé jedince je kofein součástí každodenní stravy a tím se z něj stala nejrozšířenější stimulační droga na světě. Mechanismy působení kofeinu jsou známy jen částečně, avšak ukázalo se, že kofein stimuluje využití tuků, což způsobuje snížení rychlosti rozpadu svalových glykogenů, ale nevysvětluje to změny ve výkonu. Pravděpodobnější vysvětlení je že má kofein příznivé účinky na vnímání únavy a posiluje centrální pohon (Graham 2001; Magkos & Stavros 2004).

Jeho používání není zakázáno, avšak pro sportovce existují jistá omezení, kdy obsah kofeinu v moči sportovce nesmí přesáhnout 12 mg/l. Pokud bude hodnota vyšší, atlet je vinněn dopingovým přestupkem a může být vyloučen. Kofein může ovlivňovat nervový systém, tukovou tkáň ale také kosterní svalstvo, což může vést k myšlence, že zlepšuje výkon (Maughan 1999; Hespel et al. 2006).

3.9 Doping

Doping ve sportu je rozsáhlým problémem vyskytujícím se nejen mezi elitními sportovci, ale také u rekreačních sportovců. Ve vědecké literatuře je kladen velký důraz na detekci dopingu, ale zřídka kdy mluví o škodlivých účincích dopingových látek na zdraví sportovců. Androgenní anabolické steroidy jsou známé pro své pozitivní účinky na nárůst svalové hmoty a síly. Lidský růstový hormon také zvyšuje svalovou hmotu, ačkoli většina z toho je nárůst extracelulární tekutiny, nikoliv funkční svalové hmoty. Využívání růstového hormonu u rekreačních sportovců nemá zásadní vliv na svalovou sílu. Stimuluje hlavně anaerobní cvičební kapacitu. Existují tedy určité látky, které mohou zlepšit fyzický výkon sportovce. Avšak u většiny dopingových látek je jejich konzumace spojována se závažnými vedlejšími účinky, zejména v kombinaci použití vysokých dávek po dlouhou dobu. Rozsah dlouhodobých zdravotních následků je obtížné předvídat (Birzniece 2015).

Využívání androgenních anabolických steroidů ve velmi vysokých dávkách je spojováno s kardiovaskulárními komplikacemi. Může dojít k náhlé srdeční příhodě a smrti i u mladých zdravých jedinců, kteří již několik let tyto látky využívají. Tito uživatelé také mohou mít sníženou velikost varlat, počet spermií nebo sexuální dysfunkci. Mezi další vedlejší účinky související s androgeny patří akné nebo plešatění u muže, nebo zvýšená hladina testosteronu u žen. Vedle androgenních anabolických steroidů jsou využívány další látky jako je insulin, IGF-1 nebo erythropoetin. K novějším praktikám dopingu patří genový doping.

Doping u zdravých jedinců je spojován s vážnými zdravotními riziky. Znalosti dopingových látek však mohou být jen špičkou ledovce ve srovnání s tím, jaké jsou skutečné škody. Sportovci často užívají látky v mnohem vyšších dávkách než v dostupných placebem kontrolovaných studiích a často látky kombinují (Birzniece 2015).

4 Závěr

Díky této práci jsem měla možnost přečíst velké množství odborných článků a studií, které mě obohatily o mnoho užitečných informací a díky kterým jsem došla k těmto závěrům.

Bílkoviny jsou nepostradatelnou součástí výživy běžné populace ale i sportovců. U sportovců hrají významnou roli při regeneraci, obnově tkání a růstu svalové hmoty. Liší se hlavně svojí kvalitou, kterou určuje obsah esenciálních aminokyselin, stravitelnost a zejména pak jejich biologická dostupnost.

Bílkoviny můžeme přijímat z rostlinných nebo živočišných zdrojů. U běžné populace je doporučována kombinace půl rostlinných a půl živočišných zdrojů. Naopak u sportovců je spíše doporučována větší konzumace živočišných zdrojů bílkovin. Živočišné bílkoviny jsou zdrojem bohatého spektra aminokyselin, které je velmi těžké nahradit, a proto jsou nazývány jako plnohodnotné. Rostlinné zdroje také obsahují podstatné množství esenciálních aminokyselin, avšak některé z těchto aminokyselin nejsou v dostatku, proto jsou považovány za neplnohodnotné pro lidskou výživu a je potřeba využívat jejich správnou kombinaci. Nejbohatším a nejkvalitnějším rostlinným zdrojem bílkovin je sója. Za nejkvalitnější využívané živočišné zdroje jsou považovány vejce, mléčné výrobky a maso.

Potřeba přijímaných bílkovin u sportovců závisí na druhu vykonávaného sportu. Doporučená denní dávka bílkovin pro vytrvalostního sportovce se pohybuje v rozmezí 1,2 až 1,4 g bílkovin/ kg tělesné hmotnosti, u silových sportovců byla stanovena hodnota 1,4 – 2 g bílkovin/ kg tělesné hmotnosti. U silově-vytrvalostních sportovců je doporučena hodnota v rozmezí 1,2 – 1,7 g bílkovin/ kg tělesné hmotnosti. U této poslední kategorie sportovců hodnota závisí na části sezóny nebo přípravě, ve které se momentálně vyskytují.

Mezi sportovci se mohou objevovat velké rozdíly v jídelníčku, například vytrvalostní sportovci mají velký výdej energie, potřebují zdroj energie jako jsou sacharidy a tuky, naproti tomu siloví sportovci potřebují přijímat menší množství energie, ale vyšší množství bílkovin pro podporu svalového růstu.

Velkou výhodou dnešní doby jsou doplňky stravy, kterých je na trhu velké množství. Doplňky stravy mohou působit na zvýšení výkonu, ovlivňovat energetický metabolismus nebo mohou zlepšovat syntézu svalové hmoty. Výhodné to může být hlavně pro sportovce na profesionální úrovni, kteří často trénují na hranici svých možností. Bohužel se v dnešní době vyskytují i případy sportovců, kteří užívají látky, které nejsou povolené, a proto neprojdou dopingovým testem.

Nejdůležitější je proto mít stravu pestrou, a tím také dosáhnout bohatého spektra zdrojů bílkovin. Dojde tak k doplnění i těch méně využitelných aminokyselin. Základem vyváženého jídelníčku by měly být hlavně nezpracované potraviny a až v krajních případech koncentrovaný zdroj. Hlavně u sportovců, u kterých hraje výživa významnou roli a ovlivňuje jejich výkon. Nesmíme však zapomenout, že k docílení lepších výsledků, je třeba tvrdý trénink, píle, odhodlání a také trocha talentu.

5 Seznam použité literatury

1. Abargouei A.S., Janghorbani M., Salehi-Marzijarani M., Esmailzadeh A., 2012. Effect of dairy consumption on weight and body composition in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *International Journal of Obesity* **36**, 1485–1493. DOI:10.1038/ijo.2011.269.
2. Antonio J., 2019. High-protein diets in trained individuals. *Research in Sports Medicine* **27**, 195–203.. DOI:10.1080/15438627.2018.1523167.
3. Antonio J., Ellerbroek A., Silver T., Orris S., Scheiner M., Gonzalez A., Peacock C.A., 2015. A high protein diet (3.4 g/kg/d) combined with a heavy resistance training program improves body composition in healthy trained men and women – a follow-up investigation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **12**. DOI:10.1186/s12970-015-0100-0.
4. Anzani C., Boukid F., Drummond L., Mullen A.M., Álvarez C., 2020. Optimising the use of proteins from rich meat co-products and non-meat alternatives: Nutritional, technological and allergenicity challenges. *Food Research International* **137**, 109575. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109575.
5. Banaszek A., Townsend J.R., Bender D., Vantrease W.C., Marshall A.C., Johnson K.D., 2019. The Effects of Whey vs. Pea Protein on Physical Adaptations Following 8-Weeks of High-Intensity Functional Training (HIFT): A Pilot Study. *Sports* **7**, 12. DOI:10.3390/sports7010012.
6. Birzniece, V., 2015. Doping in sport: effects, harm and misconceptions. *Internal Medicine Journal* **45**: 239–248. DOI:10.1111/imj.12629.
7. Bohrer B.M. 2017. Review: Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. *Trends in Food Science & Technology* **65**, 103–112. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.04.016.
8. Buckley. J. D., Thomson. R. L., Coates. A. M., Howe. P. R., DeNichilo M. O., Rowney M. K. 2010. Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. *Journal of science and medicine in sport*, **13**(1), 178–181. DOI: 10.1016/j.jsams.2008.06.007.
9. Burke L.M., Hawley J.A., Wong S.H.S., Jeukendrup A.E., 2011. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences* **29**, S17–S27. DOI:10.1080/02640414.2011.585473.

10. Campbell, B.I., La Bounty, P.M., Roberts, M., 2004. The Ergogenic Potential of Arginine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 1, **35**.
DOI:10.1186/1550-2783-1-2-35.
11. Candow D.G., Burke N.C., Smith-Palmer T., Burke D.G., 2006. Effect of Whey and Soy Protein Supplementation Combined with Resistance Training in Young Adults. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **16**, 233–244..
DOI:10.1123/ijsnem.16.3.233.
12. Carr T. & Descheemaeker K. 2001. *Nutrition and Health*, John Wiley & Sons, Incorporated, Chichester. United Kingdom. ISBN 9780470680346.
13. Carunchia Whetstine M.E., Croissant A.E., Drake M.A., 2005. Characterization of Dried Whey Protein Concentrate and Isolate Flavor. *Journal of Dairy Science* **88**, 3826–3839. DOI: 10.3168/jds.s0022-0302(05)73068-x.
14. Clark N. 2014. *Sportovní výživa. 3., dopl. vyd.* Praha: Grada. ISBN: 9788024746555.
15. Colombani, P.C., Bitzi, R., Frey-Rindova, P., Frey, W., Arnold, M., Langhans, W., Wenk, C., 1999. Chronic arginine aspartate supplementation in runners reduces total plasma amino acid level at rest and during a marathon run. *European Journal of Nutrition* **38**, 263–270. DOI:10.1007/s003940050076.
16. Devries. M.C. & Phillips S.M. 2015. Supplemental Protein in Support of Muscle Mass and Health: Advantage Whey. *Journal of Food Science* **80**, A8–A15..
DOI:10.1111/1750-3841.12802.
17. Dos Santos Quaresma M.V.L., Guazzelli Marques C., Nakamoto F.P., 2021. Effects of diet interventions, dietary supplements, and performance-enhancing substances on the performance of CrossFit-trained individuals: A systematic review of clinical studies. *Nutrition* **82**, 110994.. DOI:10.1016/j.nut.2020.110994.
18. Dwyer J. T., Goldin B. R., Saul N., Gualtieri L., Barakat S., Adlercreutz H. 1994. Tofu and soy drink contain phytoestrogens. *Journal of the American Dietetic Association*. **94** (7). 739-743, DOI: 10.1016/0002-8223(94)91939-9.
19. Examine.com. Citrulline. 2014. Examine.com. Available from: <https://examine.com/supplements/citrulline/> (accessed February 2021).
20. Examine.com. Glutamine. 2015.Examine.com. Available from: <https://examine.com/supplements/glutamine/> (accessed February 2021).
21. Examine.com. Whey Protein., 2014. Examine.com. Available from: <https://examine.com/supplements/whey-protein/> (accessed February 2021).

22. Food and Agriculture Organization/World Health Organization. 2013. Protein quality evaluation; report of the joint FAO/WHO expert consultation. FAO Food and Nutrition Paper. ISSN 0254-4725. ISBN: 9789251074176.
23. Gallagher P. M., Carrithers J. A., Godard M. P., Schulze K. E., Trappe S. W. 2000. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate ingestion, Part I: effects on strength and fat free mass. *Medicine and science in sports and exercise*, **32(12)**, 2109–2115. DOI:10.1097/00005768-200012000-00022.
24. Górska-Warsewicz H., Laskowski W., Kulykovets O., Kudlińska-Chylak A., Czczotko M., Rejman K., 2018. Food Products as Sources of Protein and Amino Acids—The Case of Poland. *Nutrients* **10**: 1977. DOI:10.3390/nu10121977.
25. Graham T.E., 2001. Caffeine and Exercise. *Sports Medicine* **31**:785–807. DOI:10.2165/00007256-200131110-00002.
26. Greenhaff P.L., Bodin K., Soderlund, K., Hultman, E., 1994. Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* **266**: E725–E730. DOI:10.1152/ajpendo.1994.266.5.e725.
27. Grieco A. J. 1977. Homocystinuria: pathogenetic mechanisms Abstract. *The American journal of the medical sciences*, **273(2)**:120–132. PMID: 324277.
28. Hespel, P., Maughan, R.J., Greenhaff, P.L., 2006. Dietary supplements for football. *Journal of Sports Sciences* **24**:749–761. DOI:10.1080/02640410500482974.
29. Hida, A., Hasegawa, Y., Mekata, Y., Usuda, M., Masuda, Y., Kawano, H., Kawano, Y., 2012. Effects of Egg White Protein Supplementation on Muscle Strength and Serum Free Amino Acid Concentrations. *Nutrients* **4**:1504–1517. DOI:10.3390/nu4101504.
30. Hoffman, J. R., & Falvo, M. J. 2004. Protein - Which is Best?. *Journal of sports science & medicine*, **3(3)**:118–130, PMID: 24482589; PMCID: PMC3905294.
31. Chen, M., Pan, A., Malik, V.S., Hu, F.B., 2012. Effects of dairy intake on body weight and fat: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition* **96**: 735–747. DOI:10.3945/ajcn.112.037119.
32. Cholewa, J.M., Newmire, D.E., Zanchi, N.E., 2019. Carbohydrate restriction: Friend or foe of resistance-based exercise performance?. *Nutrition* **60**: 136–146. DOI:10.1016/j.nut.2018.09.026.
33. Jäger, R., Kerksick, C.M., Campbell, B.I., Cribb, P.J., Wells, S.D., Skwiat, T.M., Purpura, M., Ziegenfuss, T.N., Ferrando, A.A., Arent, S.M., Smith-Ryan, A.E., Stout,

- J.R., Arciero, P.J., Ormsbee, M.J., Taylor, L.W., Wilborn, C.D., Kalman, D.S., Kreider, R.B., Willoughby, D.S., Hoffman, J.R., Krzykowski, J.L., Antonio, J., 2017. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **14**. DOI:10.1186/s12970-017-0177-8.
34. Josse, A.R., Atkinson, S.A., Tarnopolsky, M.A., Phillips, S.M., 2011. Increased Consumption of Dairy Foods and Protein during Diet-and Exercise-Induced Weight Loss Promotes Fat Mass Loss and Lean Mass Gain in Overweight and Obese Premenopausal Women. *The Journal of Nutrition* **141**:1626–1634. DOI:10.3945/jn.111.141028.
35. Kårlund, A., Gómez-Gallego, C., Turpeinen, A.M., Palo-Oja, O.-M., El-Nezami, H., Kolehmainen, M., 2019. Protein Supplements and Their Relation with Nutrition, Microbiota Composition and Health: Is More Protein Always Better for Sportspeople?. *Nutrients* **11**:829. DOI:10.3390/nu11040829.
36. Kim, H.H., Kim, Y.J., Lee, S.Y., Jeong, D.W., Lee, J.G., Yi, Y.H., Cho, Y.H., Choi, E.J., Kim, H.J., 2014. Interactive effects of an isocaloric high-protein diet and resistance exercise on body composition, ghrelin, and metabolic and hormonal parameters in untrained young men: A randomized clinical trial. *Journal of Diabetes Investigation* **5**: 242–247. DOI:10.1111/jdi.12148.
37. Kniskern, M. A., & Johnston, C. S. 2011. Protein dietary reference intakes may be inadequate for vegetarians if low amounts of animal protein are consumed. *Nutrition* **27(6)**: 727–730. Burbank, Los Angeles County, Calif. DOI: 10.1016/j.nut.2010.08.024.
38. Konopka P. 2004. *Sportovní výživa*. České vyd., České Budějovice: Kopp. ISBN: 8072322281.
39. Koolman, J. & Röhm, K.-H., 2012. *Barevný atlas biochemie*, Praha: Grada. ISBN: 9788024729770.
40. Longland, T.M., Oikawa, S.Y., Mitchell, C.J., Devries, M.C., Phillips, S.M., 2016. Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: a randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* **103**: 738–746. DOI:10.3945/ajcn.115.119339.
41. Loon, L.J.C.V., Murphy, R., Oosterlaar, A.M., Cameron-Smith, D., Hargreaves, M., Wagenmakers, A.J.M., Snow, R., 2004. Creatine supplementation increases glycogen

- storage but not GLUT-4 expression in human skeletal muscle. *Clinical Science* **106**: 99–106. DOI:10.1042/cs20030116.
42. Magkos, F. & Kavouras, S.A., 2004. Caffeine and Ephedrine. *Sports Medicine* **34**: 871–889.. DOI:10.2165/00007256-200434130-00002.
43. Mach I. 2012. *Doplňky stravy: jaké si vybrat při sportu i v každodenním životě*. Grada. Praha, ISBN: 9788024743530.
44. Mandelová L. & Hrnčířiková I. 2007. *Základy výživy ve sportu*. Masarykova univerzita. Brno. 72 s. ISBN: 9788021042810.
45. Maughan R. J., 2000. Nutrition in Sport – Volume VII of encyclopedia of sport medicine. Blackwell Science Ltd. Osney Mead. ISBN 0-632-05094-2.
46. Maughan, R. J. 2009. *The Olympic Textbook of Science in Sport*. Journal of Sports Science & Medicine Blackwell Publishing. Chichester. ISBN: 9781405156387.
47. Maughan, R.J., 1999. Nutritional ergogenic aids and exercise performance. *Nutrition Research Reviews* **12**: 255–280. DOI:10.1079/095442299108728956.
48. Maughan, R.J., 2013. Quality Assurance Issues in the Use of Dietary Supplements, with Special Reference to Protein Supplements. *The Journal of Nutrition* **143**: 1843S–1847S. DOI:10.3945/jn.113.176651.
49. Merkunová A. & Orel M. 2008. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada, ISBN: 9788024715216.
50. Miranda, J., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J., Lamas, A., Franco, C., Cepeda, A., 2015. Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use as Functional Foods. *Nutrients* **7**: 706–729. DOI:10.3390/nu7010706.
51. National Center for Biotechnology Information 2021. PubChem Compound Summary for CID 6287, Valine. Available from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Valine> (accessed April 2021).
52. National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem Compound Summary for CID 6288, L-Threonine. Available from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/L-Threonine> (accessed April 2021).
53. National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem Compound Summary for CID 6140, Phenylalanine. Available from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Phenylalanine> (accessed April 2021).

54. National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem Compound Summary for CID 6306, l-Isoleucine. Available from
from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/l-Isoleucine> (accessed April 2021).
55. National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem Compound Summary for CID 6106, Leucine. Available from
from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Leucine> (accessed April 2021).
56. Nissen, S., Sharp, R., Ray, M., Rathmacher, J. A., Rice, D., Fuller, J. C., Jr, Connelly, A. S., & Abumrad, N. 1996. Effect of leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985), **81(5)**: 2095–2104. DOI: 10.1152/jappl.1996.81.5.2095.
57. Pánek J. 2002. *Základy výživy*. Praha: Svoboda Servis. ISBN: 8086320235.
58. Pennings, B., Boirie, Y., Senden, J.M., Gijsen, A.P., Kuipers, H., Van Loon, L.J., 2011. Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men. *The American Journal of Clinical Nutrition* **93**: 997–1005.. DOI:10.3945/ajcn.110.008102.
59. Pickering, C.& Grgic, J., 2019. Caffeine and Exercise: What Next?. *Sports Medicine* **49**: 1007–1030. DOI:10.1007/s40279-019-01101-0.
60. Pokorný J. & Pánek J. 1996. *Základy výživy a výživová politika*. Vysoká škola chemicko-technologická. Praha. ISBN: 807080260X.
61. Res, P.T., Groen, B., Pennings, B., Beelen, M., Wallis, G.A., Gijsen, A.P., Senden, J.M.G., Van Loon, L.J.C., 2012. Protein Ingestion before Sleep Improves Postexercise Overnight Recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **44**: 1560–1569.. DOI:10.1249/mss.0b013e31824cc363.
62. Richard, N.A., Koehle, M.S., 2019. Optimizing recovery to support multi-evening cycling competition performance. *European Journal of Sport Science* **19**: 811–823.. DOI:10.1080/17461391.2018.1560506.
63. Rogerson, D., 2017. Vegan diets: practical advice for athletes and exercisers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **14**. DOI:10.1186/s12970-017-0192-9.
64. Roubík L. 2018. *Moderní výživa ve fitness a silových sportech*, Praha: Erasport, s.r.o ISBN: 9788090568556.
65. Schoenfeld B.J., Aragon A.A., Krieger, J.W., 2013. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **10**: 53. DOI:10.1186/1550-2783-10-53.

66. Sindayikengera S. & Xia W. 2006. Nutritional evaluation of caseins and whey proteins and their hydrolysates from Protamex. *Journal of Zhejiang University-Science B*, **7**: 90-98. DOI:10.1631/jzus.2006.b0090.
67. Skolnik, H., Chernus, A. & Kociánová, Š., 2011. *Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček*, Praha: Grada. ISBN: 9788024738475.
68. Slater, G.J., Sygo, J., Jorgensen, M., 2019. SPRINTING. Dietary Approaches to Optimize Training Adaptation and Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **29**: 85–94.. DOI:10.1123/ijsem.2018-0273.
69. Sobal, J., Marquart, L.F., 1994. Vitamin/Mineral Supplement Use among Athletes: A Review of the Literature. *International Journal of Sport Nutrition* **4**: 320–334.. DOI:10.1123/ijsn.4.4.320.
70. Stuparič J. 2019a. Hodnocení kvality bílkovin. Institut Moderní výživy. Available from <https://www.institutmodernivyzyvy.cz/hodnoceni-kvality-bilkovin/> (accessed February 2021).
71. Stuparič J. 2019b. Syrovátka vs. Roslitnné proteiny. Institut Moderní výživy. Available from <https://www.institutmodernivyzyvy.cz/syrova-vs-rostlinne-proteiny/> (accessed February 2021).
72. Stuparič J. 2019c. Jak maximalizovat využitelnost bílkovin. Insitut Moderní výživy. Available from <https://www.institutmodernivyzyvy.cz/limitni-aminokyseliny/> (accessed February 2021).
73. Svačina Š. a kolektiv 2008. *Klinická dietologie*. Praha: Grada. ISBN: 9788024722566.
74. Tavano, O.L., Neves, V.A., Da Silva Júnior, S.I., 2016. In vitro versus in vivo protein digestibility techniques for calculating PDCAAS (protein digestibility-corrected amino acid score) applied to chickpea fractions. *Food Research International* **89**: 756–763. DOI:10.1016/j.foodres.2016.10.005.
75. Velíšek J. & Hajšlová J. 2009. *Chemie potravin. Rozš. a preprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS. ISBN: 9788086659152.
76. Volek, J.S., 2004. Influence of Nutrition on Responses to Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* **36**: 689–696.. DOI:10.1249/01.mss.0000121944.19275.c4.
77. Watford, M., Wu, G., 2018. Protein. *Advances in Nutrition* **9**: 651–653. DOI:10.1093/advances/nmy027.
78. Woodruf, K. 2016. *Sports Nutrition*. Momentum Press. New York, United states ,ISBN: 9781606507766.

79. Wu, G., 2016. Dietary protein intake and human health. *Food & Function* **7**: 1251–1265. DOI:10.1039/c5fo01530h.

6 Seznam použitých zkratk a symbolů

ACTH	adrenokortikotropní hormon
ASS	aminokyselinové skóre
ATP	adenosintrifosfát
BCAA	branched chained amino acids (aminokyseliny s rozvětveným řetězcem)
CP	kreatinfosfát
EAA	essential amino acids (asenciální aminokyseliny)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů)
FDA	Food and Drug Administration (Úřad pro kontrolu potravin a léčiv)
HMB	β -hydroxy- β -methylbutyrate
ISSN	Mezinárodní společnost pro sportovní výživu
LBM	lean body mass (beztuká hmota)
MPS	syntéza svalových bílkovin
NCBI	National Center for Biotechnology Information
NPU	net protein utilization
PA	fyzická aktivita
PDCAAS	protein digestibility-corrected amino acid score
PER	protein efficiency ratio
RDA	recommended daily allowance (doporučený denní příjem)
REE	klidový výdej energie
TEE	celkový energetický výdej organismu
TEF	termický efekt
WHO	World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)