

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Proteinové doplňky stravy ve výživě osob se zvýšenou fyzickou aktivitou

Bakalářská práce

Autor práce: Aneta Poklopová

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Petra Hovorková, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 18. 4. 2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, paní Ing. Petře Hovorkové, Ph.D. za její odborné vedení, cenné rady, trpělivost, ochotu a za rychlé reakce na mé otázky.

Proteinové doplňky stravy ve výživě osob se zvýšenou fyzickou aktivitou

Souhrn

Množstvím bílkovin, které je vhodné pro sportovce se specifickým zatížením, se zabývalo mnoho vědců, avšak výsledná hodnota není stále jasná. Tento výsledek je také ovlivněn faktem, že se liší jednotlivá fyzická zatížení a typy sportů.

U vytrvalců se doporučuje konzumovat přibližně 1,2 – 1,4 g/kg bílkovin za den. Toto množství potřebují hlavně k regeneraci a udržení stávající svalové hmoty. Naopak u silových sportovců je žádaný růst svalové hmoty a rychlá regenerace. Nároky na příjem bílkovin jsou tedy ještě vyšší a většina autorů doporučuje konzumovat denně 1,6 – 1,8 g/kg, někteří až 2 g/kg kvalitní bílkoviny. Neplatí tu ale pravidlo: „Čím víc, tím líp,“ protože vyšší příjem bílkovin nad 2 g/kg už lidské tělo není schopno zpracovat do tělních bílkovin a jejich nadbytek je využit „pouze“ jako energie. Aktuálně není prokázáno, že nadměrný příjem bílkovin je zdravý škodlivý.

Doplňky stravy (suplementy) jsou látky perorálně užívané navíc s běžnou stravou. Pomáhají sportovcům pokrývat jejich zvýšené denní potřeby, a navíc se ukazuje, že např. kvalitní proteinový prášek je po tréninku vhodnější než ostatní zdroje bílkovin.

Nejvýhodnější doba pro příjem proteinového doplňku je v tzv. „anabolickém okně“ ideálně 30 minut po tréninku, kdy je schopnost těla přijmout bílkoviny po tréninku největší. Následná odezva organismu na silový trénink pak může přetrvávat až 48 h a z tohoto důvodu je důležité konzumovat bílkoviny po menších množstvích, ale neustále během dne, aby se anabolický potenciál využil v plné míře. Nejlepších výsledků je dosahováno při použití syrovátkového proteinu, který je finančně dostupný, nejrychleji se vstřebává, obsah jednotlivých aminokyselin je v ideálním poměru, a navíc obsahuje dostatek leucinu, který se ukazuje jako nejdůležitější faktor pro maximalizaci anabolické odezvy. Nejvyšší stimulaci leucin poskytuje v množství 2–3 g, popřípadě v množství 0,05 g/kg tělesné hmotnosti. Pokud je užíván kvalitní proteinový prášek, je toto množství již zahrnuto v jedné dávce cca 30–35 g proteinu.

Větvené aminokyseliny neboli BCAA (valin, leucin, izoleucin) jsou sportovci užívány, především pro svoje potenciální anabolické i antikatabolické účinky. Některé studie prokázaly pozitivní efekt suplementace, avšak je znám i dostatek studií, které žádný pozitivní efekt nenašly. Jejich účinek je tedy prozatím sporný.

Dalším často užívaným doplňkem je kreatin. Jako kreatin monohydrát se užívá v nasycovací fázi 20 g/den v prvním týdnu a následně už jen 2 g/den, nebo lze aplikovat pouze 3 g kreatinu každý den a výsledný efekt (koncentrace kreatinu v těle) bude po cca 28 dnech užívání stejná, jako s nasycovací fází. Při vyšších dávkách se u některých lidí mohou projevit vedlejší účinky jako otok, svalové křeče, gastrointestinální diskomfort a renální dysfunkce, kreatin ale při správném dávkování není zdraví škodlivý.

Posledním popsáním doplňkem je β -hydroxy- β -methylbutyrát neboli HMB, který je metabolitem leucinu. Stimuluje syntézu svalových bílkovin v podobném rozsahu jako samotný leucin. Dále zpomaluje rozpad svalových bílkovin, což naznačuje jeho anabolické a antikatabolické účinky.

Proteinové prášky a kreatin jsou tedy ověřené doplňky stravy s prokázaným účinkem. Pod podmínkou správného užívání jsou dobrým doplňkem běžné stravy podporující výkon aktivního jedince. BCAA a HMB mají podporující potenciál, nicméně pozitivní účinky nejsou prozatím prokázány.

Klíčová slova: bílkoviny, doplňky stravy, výživa sportovců, sportovní výkon

Protein supplements in nutrition of persons with increased physical activity

Summary

Suitable amount of proteins for people with increased physical activity currently represents a topic of many scientific papers. However, it is still difficult to recommend an optimal protein intake since there are differences in conclusions of those scientific researches. This is caused mainly by different research methods and wide spectrum of physical activity of tested sportsmen.

It is generally recommended for long-distance athletes to take around 1,2 – 1,4 g of protein per kg of bodyweight per day. Athletes need this amount primarily for regeneration and for maintaining their muscles. Power athletes need to gain muscle and regenerate as fast as possible and that demands even higher protein intake, 1,6 – 1,8 g of protein per kg of bodyweight; some studies even suggest up to 2 g per kg of high-quality protein daily. The rule the more the better doesn't apply in this case because protein intake over 2 g per kg can't be transformed into somatic proteins and excessive quantity is only used as energy. Currently, there is no proof that the excessive amount of protein is harmful for human body.

Supplements are substances which are used perorally together with normal food. They help athletes to cover their increased daily requirement of protein. There are also lots of studies that show that the protein powder is more suitable after workout or exercise than the other sources of protein. The best time for protein supplement intake is called the anabolic window which is 30 minutes after workout or exercise when the body has the biggest ability to use the protein. Body response to strength training can last 48 hours. Taking this into consideration, it is very important to take smaller amounts of protein during this time to fully use this anabolic potential. The best results are achieved using whey protein, which is one of the cheapest ones and also contains a lot of leucine, which is the most important factor for maximising the anabolic response. For the best results it is recommended to use 2-3 g of leucin or 0,05 g per kg of body weight. High quality protein powders should contain this amount in 30-35 g dose.

Branched-chain amino acids or BCAA (valine, leucine, isoleucine) are used by athletes mainly for their potential anabolic and anticatabolic effects. Some studies proved positive effect of BCAA, many others did not find any. So far is the effect of BCAA is

disputable.

The next well used supplement is creatine. The amount of creatine monohydrate used in so called loading phase is 20 g/day for the first week and then only 2 g/day, or alternatively, you can use 3 g/day from the very beginning without the loading phase and the final amount (concentration of creatine in the body) after 28 days will be the same. Using bigger amounts can cause side effects in some people, for example swelling, cramps, gastrointestinal discomfort or renal dysfunction. There are no side-effects when recommended amounts are used.

The last described supplement is β -hydroxy- β -methylbutyrate or HMB, which is a metabolite of leucine. It stimulates synthesis of muscle protein in a similar scale as leucine. It can also slow down the degradation of muscle proteins, which is an evidence of its anabolic and anticatabolic effects.

Protein powders and creatine are proven supplements with verified effect. When used properly, they are a good supplement of a healthy diet and they can increase the performance of an active individual. BCAA and HMB have some potential to support anabolic and anticatabolic processes but their positive effects are not confirmed.

Keywords: proteins, nutrition supplements, athlete's nutrition, sport performance

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod | 1 |
| 2 Cíl práce..... | 2 |
| 3 Literární rešerše..... | 3 |
| 3.1 Aminokyseliny | 3 |
| 3.1.1 Obecná charakteristika..... | 3 |
| 3.1.2 Struktura aminokyselin | 3 |
| 3.1.3 Rozdělení aminokyselin..... | 5 |
| 3.2 Peptidy | 6 |
| 3.2.1 Biologicky významné peptidy | 7 |
| 3.3 Bílkoviny..... | 8 |
| 3.3.1 Obecná charakteristika..... | 8 |
| 3.3.2 Struktura bílkovin | 8 |
| 3.3.3 Rozdělení bílkovin..... | 11 |
| 3.3.4 Funkce bílkovin | 12 |
| 3.3.5 Metabolismus bílkovin | 12 |
| 3.3.6 Kvalita bílkovin | 15 |
| 4 Výživa ve sportu se zaměřením na bílkoviny | 17 |
| 4.1 Svalový růst a sarkopenie | 19 |
| 4.2 Druhy hypertrofie..... | 20 |
| 4.3 Metabolismus bílkovin při silové zátěži | 21 |
| 4.4 Doporučený příjem bílkovin | 22 |
| 4.4.1 Doporučený příjem bílkovin u nesportující populace..... | 22 |
| 4.4.2 Doporučený příjem bílkovin u sportovců | 23 |
| 5 Doplnky stravy pro sportovce..... | 27 |
| 5.1 Kvalita doplňků stravy | 27 |
| 5.2 Rozdělení doplňků stravy..... | 29 |
| 5.3 Právní rámec doplňků stravy..... | 31 |
| 5.3.1 Právní předpisy EU | 31 |
| 5.3.2 Vnitrostátní právní předpisy | 33 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.4 | Doplňky stravy bílkovinného charakteru | 35 |
| 5.4.1 | Proteinové doplňky | 35 |
| 5.4.2 | Vliv příjmu proteinových doplňků po tréninku | 45 |
| 5.4.3 | Větvené aminokyseliny BCAA | 46 |
| 5.4.4 | Kreatin | 48 |
| 5.4.5 | HMB (β -hydroxy- β -methylbutyrát)..... | 52 |
| 5.5 | Doporučení pro konzumaci doplňků stravy | 54 |
| 6 | Závěr | 55 |
| 7 | Bibliografie | 56 |
| 8 | Seznam tabulek: | 73 |
| 9 | Seznam obrázků:..... | 73 |
| 10 | Seznam použitých zkratk a symbolů | 74 |

1 Úvod

Moderní doba s sebou nepřináší pouze technické vymoženosti, ale také snahu o to, vypadat a cítit se dobře. Nacházíme se v době, kdy je fitness styl a vlastně jakýkoliv způsob, který nám napomáhá k tomu, abychom se cítili a vypadali dobře, velice žádaný.

Každý den nás zaplavují různé reklamy týkající se speciálních redukčních či objemových diet a zázračných doplňků, které slibují neuvěřitelný výsledek během několika málo týdnů. Obyčejný člověk dokáže pak velmi těžko rozlišit, co je pravdou a co je naopak pouze reklamním tahákem.

A právě výživa a výživové doplňky se stávají v moderní době nedílnou součástí sportu a zdravého životního stylu jako takového. Vyvážená strava, která zahrnuje tuky, sacharidy a bílkoviny už není řešena pouze těmi, kteří se sportu věnují profesionálně, ale také sportovci na amatérské úrovni.

Obzvláště bílkoviny jsou oblíbenou makroživinou, jelikož se jedná o nenahraditelné vysokomolekulární látky obsahující dusík, který lze zakomponovat do nových tělních bílkovin, a tak umožnit opravu a růst svalové hmoty. S vyšší fyzickou aktivitou roste i energetický výdej a zároveň i potřeba vyššího příjmu těchto makroživin. Jejich kvalita, množství a poměr hrají ve výživě sportovce jednu z hlavních rolí, protože ovlivňují nejen výkon a regeneraci sportovce, ale i jeho psychiku.

V návaznosti na rostoucí fitness odvětví roste i trh s doplňky stravy. Existuje nepřehledné množství druhů doplňků stravy od vitamínů, minerálů až po doplňky sportovní výživy, jako je např. gainer, proteinový prášek „protein“, proteinové tyčinky, energetické tyčinky, stimulanty, spalovače, předtréninkové směsi, a ještě mnoho dalších.

Bohužel většina začátečníků podlehne marketingovým tahům výrobců, ať už se jedná o produkty propagované na internetu nebo přímo známými sportovci a pak konzumují doplňky stravy bezhlavě a často i v nadměrném množství s utkvělou myšlenkou, že to bez doplňků stravy nepůjde. Mnoho lidí se nechá takto zlákat a věří informacím, které jsou málo kdy podložené. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla shrnout a popsat problematiku konkrétně proteinových doplňků stravy, které patří mezi nejpoužívanější doplňky stravy jak už u běžné sportující populace, tak u profesionálních sportovců.

2 Cíl práce

Proteiny mají nenahraditelnou úlohu v lidské výživě. Strava osob vykazujících zvýšenou fyzickou aktivitu má svá specifika a je možno do ní zařadit též proteinové doplňky, které mohou ovlivnit podaný sportovní výkon. Cílem práce bude zpracování přehledu proteinových doplňků, popsání možností jejich příjmu a shrnutí závěrů plynoucích z již provedených studií na toto téma.

Na základě samostatného studia vědecké literatury bude v podobě kompilační práce shrnut aktuální stav problematiky na téma Proteinové doplňky ve výživě osob se zvýšenou fyzickou aktivitou. Zpracován bude též přehled používaných proteinových doplňků.

3 Literární rešerše

První část rešerše se zabývá popisem a charakteristikou aminokyselin, v návaznosti na ně jsou dále popsány a charakterizovány bílkoviny ve sportovní výživě a druhá část literární rešerše shrnuje doplňky stravy, jejich rozdělení, účinky a legislativu. Poslední část se blíže věnuje konkrétním vybraným proteinovým doplňkům.

3.1 Aminokyseliny

Jsou základním stavebním kamenem všech bílkovin. Díky vysoké variabilitě jejich kombinací může následně vznikat i velké množství bílkovin různého složení a funkce. Aminokyselinové složení bílkovin je společně s jejich stravitelností jedním z faktorů, který markantně ovlivňuje jejich nutriční hodnotu (Wu, 2016).

3.1.1 Obecná charakteristika

Aminokyseliny (zkráceně AK nebo AMK) jsou z chemického hlediska klasifikovány jako substituční deriváty karboxylových kyselin, které mají ve svém uhlíkovém řetězci alespoň jednu aminoskupinu s výjimkou prolinu. V některých případech mohou obsahovat i další funkční skupiny, lišící se svými vlastnostmi, díky nimž plní rozdílné fyziologické role v organismu. Vázány peptidovou vazbou tvoří základní stavební jednotky polypeptidových řetězců bílkovin. Díky svým funkčním skupinám se řadí mezi látky amfoterní (tzv. amfolity). To jsou látky, které obsahují zároveň bazickou ($-\text{NH}_2$) a kyselou ($-\text{COOH}$) skupinu. Náboj těchto skupin závisí na pH prostředí, ve kterém se nacházejí (Berg et al., 2011).

Organismus neustále usiluje o stálost pH pomocí nárazníkových systémů, které udržují koncentrace H^+ v nejmenších možných odchylkách, protože hranice pH slučitelné se životem jsou od 7,0 – 7,8. Proto se všechny vzorce AMK píšou v iontové formě ($-\text{COO}^-$) a ($-\text{NH}_3^+$) (Koolman et Röhm, 2012).

3.1.2 Struktura aminokyselin

Nejvýznamnější skupinou přirozeně se vyskytujících AMK jsou proteinogenní AMK, což jsou z chemického hlediska α -AMK. Písmeno α z řecké abecedy označuje polohu aminoskupiny v uhlíkatém řetězci ve vztahu k uhlíku karboxylové kyseliny. Jsou také nazývány jako kódované nebo standardní a do proteinů jsou zabudovány v procesu translace (Kodíček et al., 2015).

Výčet známých α -AMK společně s jejich třípísmennou zkratkou uvádí Tabulka 1. Pro přehlednost jsou AMK v dalších částech práce uváděny v těchto zkratkách (Vodrážka, 1998).

Tabulka 1. Přehled α -AMK a jejich třípísmenných zkratk (Vodrážka, 1998)

| | | | |
|---------------------|-----|--------------------|-----|
| Glycin | Gly | Asparagin | Asn |
| Alanin | Ala | Glutamová kyselina | Glu |
| Valin | Val | Glutamin | Gln |
| Leucin | Leu | Arginin | Arg |
| Isoleucin | Iso | Histidin | His |
| Serin | Ser | Fenylalanin | Phe |
| Threonin | Thr | Tryptofan | Trp |
| Tyrosin | Tyr | Prolin | Pro |
| Methionin | Met | Taurin | Tau |
| Cystein | Cys | Ornitin | Orn |
| Lysin | Lys | Citrulin | Cit |
| Asparagová kyselina | Asp | Hydroxyprolin | Hyp |

Všechny α -AMK s výjimkou glycinu, mohou vytvářet stereoizomerní konfigurace L a D formy lišící se prostorovou orientací skupiny připojené na chirální atom uhlíku. Převaha L- α -AMK nad D- α -AMK je v přírodě natolik zřejmá, že se označení konfigurace (L-) před názvem většinou neuvádí, ale automaticky se o nich mluví jako o α -AMK (Kodíček et al., 2015).

Existují i látky, které jsou velice podobné proteinogenním AMK. Nevznikají přímo při procesu translace, ale v průběhu metabolických přeměn nebo dodatečnými změnami jejich zbytků v proteinech a peptidech. Jsou to takzvané neproteinogenní AMK a biogenní aminy. Mezi neproteinogenní řadíme např. homocystein (meziprodukt odbourávání methioninu), dopa (vzniká hydroxylací tyrozinu, významný meziprodukt při syntéze katecholaminů a melaninu) atd. Z biogenních aminů je významný např. β -alanin (součást koenzymu A), γ -aminomáslená kyselina GABA (působící jako neurotransmiter), dopamin (prekurzor katecholaminů adrenalinu a noradrenalinu) a z tryptofanu vzniklý serotonin (signální molekula mnoha účinků) (Koolman et Röhm, 2012).

3.1.3 Rozdělení aminokyselin

Proteinogenní AMK jsou rozděleny podle určitých hledisek, přičemž jedním z nejpoužívanějších je podle chemické struktury postranních řetězců, které je vyobrazeno v Tabulce 2 (Murray et al., 2009).

Z nutričního hlediska je významnější rozdělení dle schopnosti lidského organismu si AMK vytvářet, toto rozdělení přehledně uvádí Tabulka 3 (Velíšek, 2002).

Tabulka 2. Rozdělení AMK podle chemické struktury postranních řetězců (Murray et al., 2009)

| | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| Alifatický postranní řetězec | Gly | Ala | Val | Leu | Ile |
| Postranní řetězec obsahující skupinu OH | Ser | Thr | | | |
| Postranní řetězec obsahující síru | Cys | Met | | | |
| Kyselé AMK a jejich amidy | Asp | Asn | Glu | Gln | |
| Aromatické AMK | Phe | Tyr | Trp | | |
| Bazické AMK | Arg | Lys | His | | |
| Iminokyselina | Pro | | | | |

Tabulka 3. Rozdělení podle schopnosti lidského organismu si dané AMK tvořit (Velíšek, 2002)

| | | | | | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Esenciální | Val | Leu | Ile | Met | Lys | Phe | Trp | | |
| Semiesenciální | Arg | His | | | | | | | |
| Neesenciální | Gly | Ala | Cys | Tyr | Pro | Ser | Asp | Glu | Gln |

Kódované AMK, které jsou v těle syntetizovány, se nazývají neesenciální. Ostatní AMK nazývané esenciální si tělo syntetizovat nedokáže, a proto musí být dodávány prostřednictvím potravy. U malých dětí se stávají esenciálními i některé neesenciální AMK, které mladý organismus není schopen v dostatečném množství vytvořit a takové AMK se nazývají semiesenciální (Velíšek, 2002).

Esenciální AMK se dále dělí na totálně esenciální a na AMK, které jsme schopni syntetizovat, pokud je poskytnut jejich uhlíkový skelet (Holeček, 2006).

U řad nemocí byl zjištěn nedostatek určitých AMK, který byl způsoben snížením syntézy nebo jejich nadměrnou utilizací (Kopple et Laidlaw, 1987). Holeček (2006) udává např. nedostatek glutaminu u sepsí.

Pro úspěšnou léčbu je proto nezbytné zabezpečit jejich zvýšený příjem. Toto zjištění vedlo k vyčlenění další skupiny označované jako podmíněně esenciální AMK (Kopple et Laidlaw, 1987).

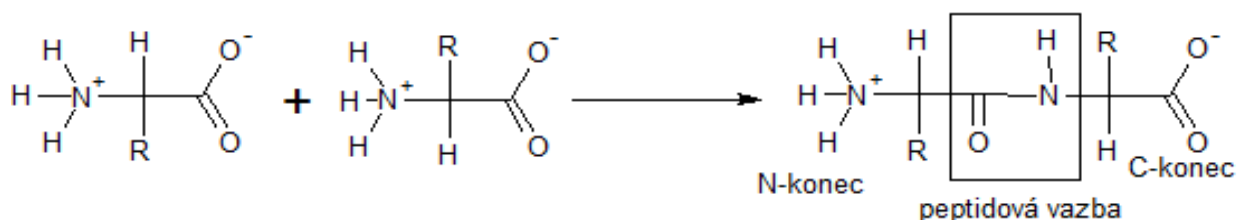
Do kterých jsou zahrnuty i AMK pro jejichž syntézu je nezbytná některá z esenciálních AMK, jak znázorňuje Tabulka 4 (Holeček, 2006).

Tabulka 4. Rozdělení AMK na esenciální, podmíněně esenciální a neesenciální (Holeček, 2006)

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| Totálně esenciální | Totálně esenciální | Lys | Thr | | | | | | | |
| | Esenciální uhlíkový skelet | Val | Leu | Ile | Trp | Phe | Met | Arg | His | |
| Esenciální | Vznikající z esenciálních AMK | Cys | Tyr | Tau | Orn | | | | | |
| | Deficit u některých zátěžových stavů | Cys | Tyr | Tau | Orn | Glu | Cit | | | |
| Neesenciální | Dostatečná syntéza u všech zátěžových stavů a nemocí | Ala | Gly | Gln | Asn | Ser | Pro | Hpr | | |

3.2 Peptidy

Peptidy jsou lineárně nevětvené látky vzniklé kondenzací dvou a více AMK. Mezi minimálně dvěma interagujícími AMK vzniká tzv. peptidová (amidová) vazba. Při reakci jednotlivých AMK reaguje karboxylová skupina jedné AMK s aminovou skupinou druhé AMK za současného odštěpení vody, viz Obrázek 1 (Koolman et Röhm, 2012).



Obrázek 1. Vznik peptidové vazby

(http://www.mojechemie.cz/images/Vznik_peptidove_vazby.png)

Peptidy vzniklé spojením dvou až deseti AMK označujeme jako oligopeptidy (dipeptid, tripeptid, tetrapeptid atd.) je-li v molekule deset a více aminokyselinových zbytků, hovoříme o polypeptidech. Nad 100 AMK zbytků mluvíme už o bílkovinách (Šicho et al., 1981).

Peptidové řetězce jsou budovány podle přísných pravidel, což souvisí se způsobem jejich biosyntézy. Na začátku peptidového řetězce je vždy volná α -aminoskupina, která označuje N-konec peptidu a na druhém konci řetězce zůstává volná α -karboxylová skupina poslední AMK nazývaná jako C-konec (Kodíček et al., 2015).

Rotace okolo C-N vazby je možná jen při vynaložení velkého množství energie, tzn. vazba není volně otáčivá a tím je určen směr syntézy a dva rozdílné konce (Koolman et Röhm, 2012).

3.2.1 Biologicky významné peptidy

Peptidy mají svojí nezastupitelnou roli v živé přírodě. Nachází se ve všech typech organismů, kde vznikají dvěma způsoby. Jako meziproducty odbourávání bílkovin, kdy jsou polypeptidové řetězce bílkovin enzymaticky štěpeny, nebo specifickou biosyntézou daného peptidu (Vodrážka et Krechl, 1991).

Řada peptidů působí jako antibiotika (např. β -laktamový dipeptid penicilin) nebo jako hormony (Kodíček et al., 2015).

V pankreatu, konkrétně v β -buňkách endoplasmatického retikula Langerhansových ostrůvků jsou produkovány čtyři peptidy s hormonální aktivitou. Všeobecně neznámější jsou insulin a jeho antagonistu glukagon. Dále je zde produkován somatostatin a pankreatický polypeptid. Insulin, jakožto hormon s anabolickou funkcí, řídí regulaci hladiny glukosy v krevní plasmě tím, že umožňuje její vstup do buněk. Úplný nebo částečný nedostatek inzulínu vyvolává onemocnění cukrovkou (*diabetes mellitus*) (Ganong, 2005).

Vzniká spojením 51 AMK a je produkován ve formě proinsulinu. Dalším hormonem vznikajícím v pankreatu je katabolický glukagon. Je tvořen 29 AMK a podílí se zejména na uvolňování glukosy ze zásobního glykogenu (Kodíček et al., 2015).

Vasopresin je antidiuretický neurohypofyzární hormon, který stimuluje zadržování vody ledvinami. Zároveň podporuje propustnost sběrných kanálků, díky kterým je voda schopna vstoupit do renálních pyramid, a tak zvýší koncentraci moče (Ganong, 2005).

Je to cyklický nonapeptid s jednou disulfidovou vazbou. Stejnou cyklickou strukturu má i další neurohypofyzární hormon zvaný oxytocin, který je zodpovědný za kontrakce některých hladkých svalů a působí také na CNS – je nazýván hormonem důvěry a lásky (Kodíček et al., 2015).

Endorfiny představují skupinu opioidních neurotransmiterů peptidové povahy. Jsou tvořeny obvykle 15 až 32 AMK zbytky. Vznikají štěpením prekursorové bílkoviny a váží se na opiátové receptory v plasmatické membráně buněk centrální nervové soustavy. Příznivě ovlivňují náladu, tlumí bolest a ovlivňují výdej některých hormonů. Vyplavují se při stresu a svalové zátěži (Vodrážka et Krechl, 1991).

Peptidovou strukturu mají i některé fyto- a zootoxiny. Ze zvířecích metabolitů jsou zajímavé především neurotoxiny hadů a štírů. Z rostlinné říše např. jedovaté peptidy muchomůrky zelené (Vodrážka et Krechl, 1991).

3.3 Bílkoviny

Bílkoviny spolu s tuky a sacharidy tvoří základní makroživiny ve výživě člověka a tvoří okolo 80 až 90 % sušiny z přijaté potravy (Pánek, 2002).

Slovo protein nalézá původ v řeckém slově *protos* neboli první. Český pojem bílkovina je odvozeno od slova bílek, konkrétně vaječný bílek, který slouží jako referenční bílkovina při srovnávání výživových hodnot ostatních bílkovin v potravinách. Slovo protein a bílkovina jsou synonyma (Kodíček et al., 2015).

3.3.1 Obecná charakteristika

Bílkoviny jsou důležitou skupinou makromolekul přítomných ve všech organismech. Z chemického hlediska jsou to biopolymery složené z jednoho nebo více polypeptidových řetězců (Kodíček et al., 2015).

3.3.2 Struktura bílkovin

Struktura bílkovin se dělí na čtyři základní úrovně: primární, sekundární (α -helix a β -skládaný list), terciární a kvartérní (Šicho et al., 1981).

3.3.2.1 Primární struktura

Primární struktura je v polypeptidovém řetězci určena pořadím AMK. Charakteristická sekvence AMK je nezaměnitelná a specifická pro každou bílkovinu (Pauling et al., 1951).

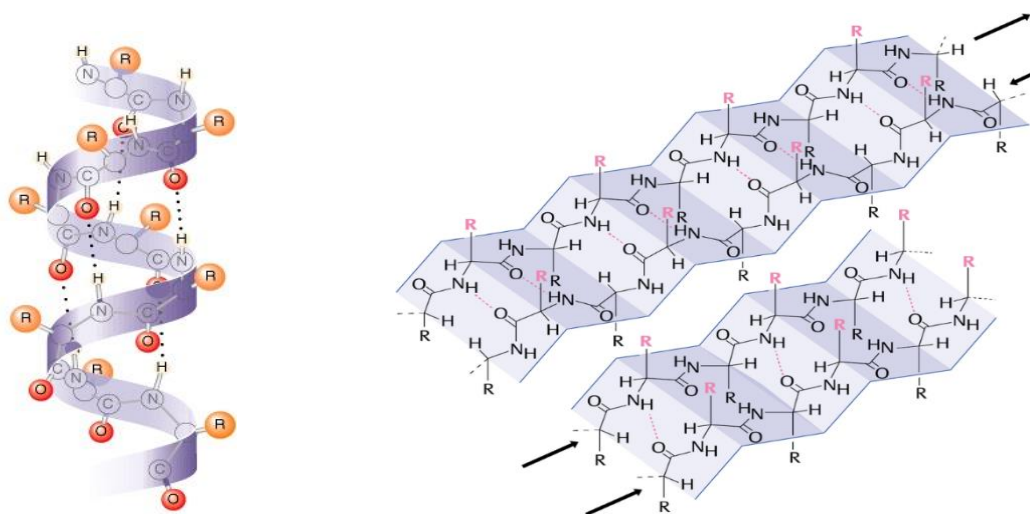
Ovšem u bílkovin se specifickou biologickou funkcí (dochází k typické odezvě organismu), se sekvence mohou lišit v závislosti na původním druhu organismu. Například insulin izolovaný ze skotu není identický s vepřovým insulinem, ale oba vykazují u člověka stejný účinek v metabolismu glukózy (Šicho et al., 1981).

Genetický kód určuje 20 L- α -AMK. Každá z nich má své specifické třípísmenné kodóny, které jsou využívány při proteosyntéze. Každá AMK může být kódována více kodóny, ale jen jeden určitý kodón definuje jednu specifickou AMK. Výjimka, která potvrzuje pravidlo, se nazývá selenocystein. Je označován jako 21. AMK, která se od ostatních odlišuje tím, že je inkorporována do struktury polypeptidu za specifických podmínek v průběhu translace (Murray et al., 2009).

Další výjimkou je hydroxyprolin, který se obdobně jako selenocystein zabudovává do struktury polypeptidu v průběhu translace a někteří autoři ho nazývají jako 22. AMK (Solomons et Fryhle, 2011).

3.3.2.2 Sekundární struktura

Sekundární struktura je prostorové uspořádání stabilizované pomocí vodíkových můstků, elektrostatických sil a van der Waalsových interakcí. Nejsou spojeny kovalentně a známé jsou dvě struktury: α -helix a β -skládaný list viz Obrázek 2 (Voet et Voet, 2004).



Obrázek 2. Pravotočivý α -helix (vlevo) (<https://www.mun.ca/biology/scarr/F09-05.jpg>) a paralelní a antiparalelní β -skládaný list (vpravo) (<https://viamedici.thieme.de/api/images>)

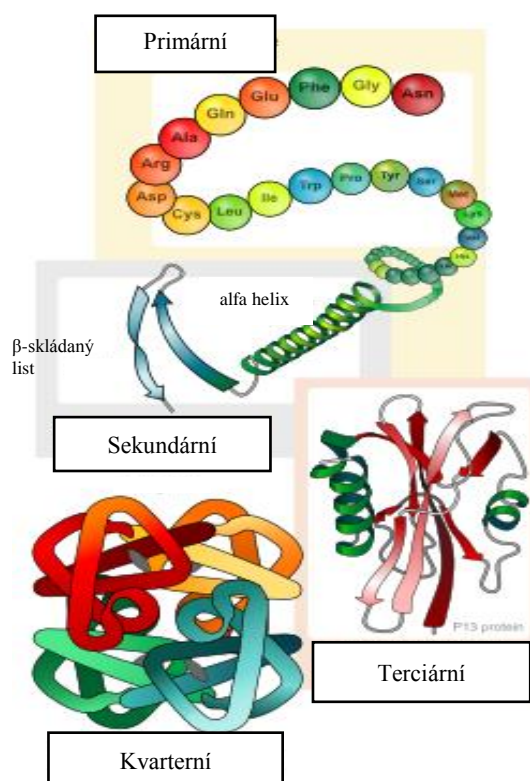
Struktura α -helix je pravotočivá či levotočivá dvoušroubovice spojená vodíkovými můstky, vzniklými mezi kyslíkem karboxylu jedné AMK a dusíkem aminoskupiny čtvrté následující AMK. Častější variantou je pravotočivá dvoušroubovice, která je stabilnější pro AMK s konfigurací L. Peptidové vazby leží v šroubovici rovnoběžně nad sebou a do prostoru pak vyčnívají zbytky AMK, kdy jedna otáčka α -helixu obsahuje přibližně 3,6 AMK (Voet et Voet, 2004).

Struktura β -skládaný list je druhá forma sekundárního uspořádání bílkovin. Peptidový řetězec je rozvinutý a z boku tvoří AMK zbytky klikatou strukturu. Polypeptidové řetězce jsou vedle sebe stabilizovány pomocí vodíkových můstků, mezi vodíkem amidu a kyslíkem karbonylu sousedních řetězců. Dle směru interagujících polypeptidových řetězců rozlišujeme β -strukturu skládaného listu na paralelní a antiparalelní. Paralelní uspořádání tvoří interagující řetězce stejného směru a antiparalelní uspořádání je tvořeno listy opačného směru (Murray et al., 2009).

3.3.2.3 Terciární a kvarterní struktura

Uspořádání v prostoru popisuje terciární struktura, která je tvořena interakcemi mezi jednotlivými úseky polypeptidového řetězce (Vodrážka et Krechl, 1991).

Kvarterní struktura je dána prostorovým uspořádáním monomerů do podoby oligomeru (Hudeček et Kalous, 1989). Přehled struktur ve všech čtyřech úrovních je vyobrazena níže viz Obrázek 3. Monomerem rozumíme jeden celý polypeptidový řetězec, kdy dimer obsahuje dva polypeptidové řetězce, tetramer čtyři, hexamer šest atd. (Murray et al., 2009).



Obrázek 3. Přehled struktur ve všech čtyřech úrovních – přeloženo (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Main_protein_structure_levels_en.svg)

3.3.3 Rozdělení bílkovin

Bílkoviny jakožto biopolymery s obrovskou variabilitou vlastností se dají dělit podle několika hledisek. Záleží na oboru, ve kterém se pohybujeme, a také na konkrétní problematice. Dají se dělit například podle konformace, chemického složení, rozpustnosti, výskytu, původu a biologické funkce. Základní dělení vyobrazuje Tabulka 5 (Hudeček et Kalous, 1989).

Tabulka 5. Rozdělení bílkovin (Hudeček et Kalous, 1989)

| | | |
|---------------------------------|--|--|
| Podle chemického složení | Jednoduché | Albuminy |
| | Složené | Globuliny |
| | | Glykoproteiny – imunoglobuliny |
| | | Lipoproteiny – chylomikrony, VLDL, IDL, LDL, HDL |
| | | Nukleoproteiny – histony |
| | | Chromoproteiny – hemoglobin |
| | Metaloproteiny – cytochrom, hemoglobin | |
| Podle konformace | Fibrilární | Keratiny, kolageny, myosin, elastin |
| | Globulární | Hemoglobin, ferritin |
| Podle původu | Živočišné | Vaječné, mléčné |
| | Rostlinné | Pšeničné |

3.3.3.1 Podle chemického složení

Základní dělení na jednoduché a složené bílkoviny se odvíjí od jejich složení. Mohou obsahovat pouze proteinovou složku, pak bílkoviny řadíme do kategorie jednoduchých. Pokud obsahují navíc i neproteinovou složku, jedná se o bílkoviny složité (Šicho et al., 1981).

3.3.3.2 Podle konformace

Podle konformace se dělí na globulární a fibrilární. Fibrilární bílkoviny jsou převážně molekuly, které mají protáhlý až vláknitý tvar. Díky jejich tvaru zastávají funkce převážně podpůrné, stavební a krycí. Většinou jsou nerozpustné. Často mají pravidelné pořadí AMK zbytků v polypeptidových řetězcích, které vytvářejí spletené superhelixy připomínající vlákna provazů. Nejvýznamnější jsou keratiny, kolageny, myozin a elastin (Vodrážka, 1992).

Hlavním poznávacím znakem globulárních bílkovin je jejich tvar, který je oblý až zakulacený. Někdy jsou známy i pod pojmem sféroproteiny, což je odvozenina od řeckého slova pro kouli (*sphaíra*). Molekula se chová jako micela rozpustná ve vodě, kdy má na povrchu polární charakter a uvnitř má nepolární jádro. Většina se vyskytuje v podobě oligomerů vyznačující se chemickou i strukturní variabilitou (Vodrážka, 1992).

3.3.3.3 Podle původu

Podle původu příslušné potraviny se dělí na živočišné a rostlinné. Z hlediska zastoupení esenciálních AMK jsou živočišné bílkoviny pro člověka výživově hodnotnější než rostlinné zdroje bílkovin. Nejplnohodnotnější jsou pak bílkoviny vaječné a mléčné. Z výše zmíněného hlediska nejsou rostlinné bílkoviny tolik pestré, jako ty živočišné. Často obsahují limitující AMK, jako např. lyzin u obilovin nebo methionin u luštěnin. (Pánek, 2002).

3.3.4 Funkce bílkovin

Různorodost struktury bílkovin se odráží i v jejich různorodých funkcích, které mohou být např. stavební, transportní, ochranné, pohybové a enzymatické (Mann et Truswell, 2002).

Stavební funkci mají převážně bílkoviny fibrilárního charakteru např. kolageny a elastiny. Uplatňují se ve výstavbě a obnově tkání. Svalové bílkoviny aktin, myozin, troponin a tropomyozin nachází uplatnění při kontrakci svalu, kde jsou schopny přeměnit chemickou energii na mechanickou práci a tím zastat funkci pohybovou. Mezi bílkoviny se řadí i enzymy a některé hormony, které řídí a regulují nejrůznější biochemické pochody v metabolismu jako např. již zmíněný insulin. Velmi důležitá je i funkce ochranná, která je řízena složitými systémy makromolekul, zajišťující obranu organismu před hrozbami. Typickými představiteli jsou imunoglobuliny a hemokoagulační systém (Petsko et Ringe, 2004).

3.3.5 Metabolismus bílkovin

Metabolismus označuje sled enzymatických reakcí, které zapříčiňují látkovou přeměnu. Konkrétně metabolismus bílkovin se skládá z několika drah. První se zabývá rozkladem a syntézou samotných makromolekul bílkovin a druhá řeší syntézu a degradaci jejich základních stavebních jednotek neboli AMK. Zahrnují reakce jako proteolýzu, proteosyntézu, transaminaci, cyklus močoviny a další (Koolman et Röhm, 2012).

3.3.5.1 Proteosyntéza

Proteosyntéza, jinak řečeno translace, je proces překladu genetické informace do podoby sekvence jednotlivých AMK, které tvoří nový bílkovinový řetězec. Probíhá v cytoplazmě buněk, konkrétně na ribozomech (Elliott et Elliott, 2009).

Samotné translaci předchází transkripce (přepis) genetické informace z jádra buňky (Rizzo, 2016).

Celý proces začíná iniciací, kdy dochází k aktivaci AMK. Následuje elongace neboli samotný přepis genetické informace a posledním krokem je terminace – ukončení samotné syntézy, díky terminačním stop-kodónům. Bílkoviny mohou být následně upraveny do finální podoby v průběhu posttranslačních úprav (Elliott et Elliott, 2009).

3.3.5.2 Proteolýza

Proteolýza je opak proteosyntézy, jedná se o katabolický děj rozkladu bílkovin na menší části. Enzymy, které umožňují zprostředkovat tento děj, se nachází v intracelulárním i extracelulárním prostoru. Extracelulární enzymy jsou trávicí enzymy nacházející se v gastrointestinální traktu a uplatňují se při trávení bílkovin, které byly přijaty potravou (Gropper et Smith, 2012).

Intracelulární proteolýza probíhá buď v lysozomech enzymem katepsinem, nebo v cytoplazmě, kde odbourávání probíhá pomocí proteazomů, které jsou regulovány ubiquitinem, jenž označuje protein určený k degradaci. Intracelulární proteolýza slouží např. k restrikci vadných proteinů (Koolman et Röhm, 2012).

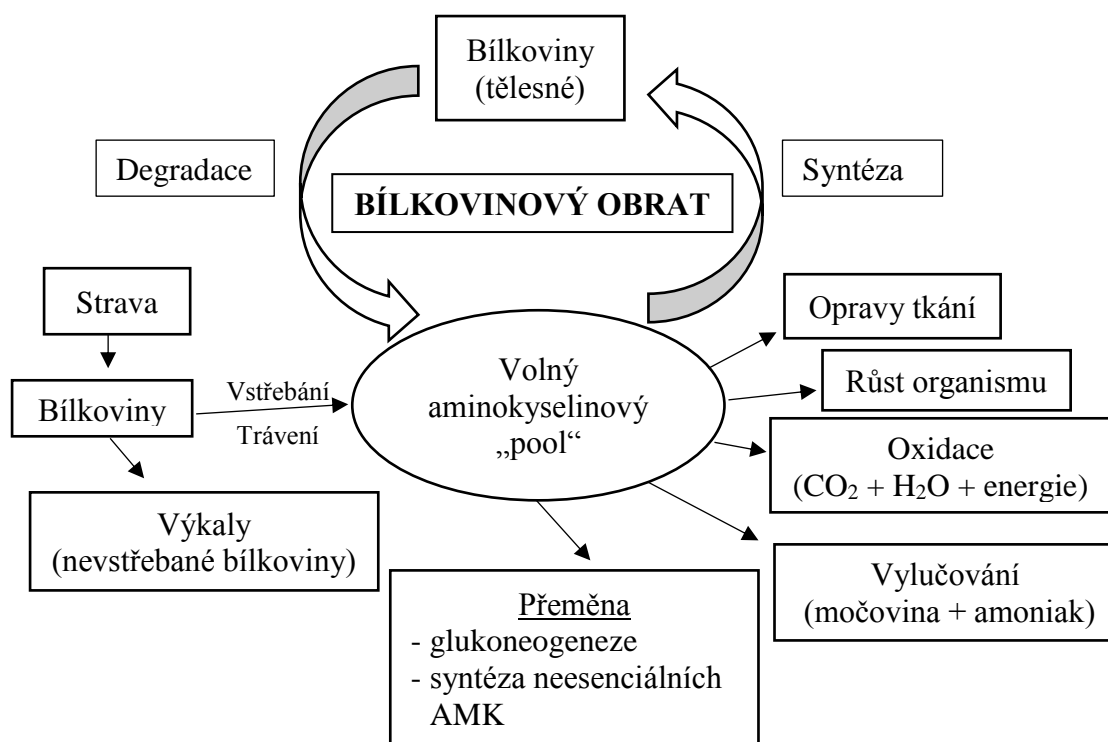
3.3.5.3 Proteinový obrat

Proteinový obrat je vztah mezi proteosyntézou a proteolýzou. V těle tento obrat neustále probíhá při degradaci a obnově tkání. Energetická náročnost se pohybuje okolo 10–25 % z klidové energie (Gropper et Smith, 2012).

V těle je konverze AMK na bílkoviny a zase zpět odhadována na 300–400 g denně (Koolman et Röhm, 2012).

Během růstu je obrat vychýlen pozitivně směrem k syntéze bílkovin a jedná se o anabolický děj. Při vychýlení směrem k rozkladu bílkovin se jedná o katabolický děj (Ganong, 1995).

Přeměnu AMK a bílkovin v těle zobrazuje Obrázek 4 (Schutz, 2011).



Obrázek 4. Schéma bílkovinového obratu - přeloženo (Schutz, 2011)

3.3.5.4 Trávení bílkovin

Po požití bílkovin ve stravě nastává v těle kaskáda dějů za účelem rozložit a vstřebat. Celý děj začíná míšením potravy se slinami v dutině ústní. Přes hltan a jícn se potrava dostane do žaludku, kde začíná samotný proces rozkladu bílkovin – proteolýza (Mandelová et Hrnčířková, 2007).

V žaludku se neaktivní prekursor pepsinogen vlivem kyseliny chlorovodíkové přemění na aktivní pepsin. Tento trávicí enzym hydrolyzuje vazby mezi jednotlivými AMK a dochází ke štěpení bílkovin na jednotlivé peptidové řetězce (Ganong, 1995).

Trávenina přechází do tenkého střeva, kde se smíchá s pankreatickou šťávou, která má oproti pH v žaludku alkalickou povahu. Zde pokračuje štěpení peptidových řetězců pomocí enzymů z pankreatické šťávy (Mann et Truswell, 2002), konkrétně se zde nachází endopeptidázy (trypsin, chymotrypsin a elastáza), které štěpí vnitřní peptidové vazby a exopeptidázy (karboxypeptidázy a aminopeptidázy) štěpící konce řetězců na jednotlivé AMK (Ganong, 1995).

Závěrečné štěpení probíhá na třech místech. Karboxypeptidázy z pankreatu štěpí ve střevním lumenu, aminopeptidázy a dipeptidázy v kartáčovém lemu enterocytů a dipeptidázy spolu s tripeptidázami v cytoplasmě slizničních buněk (Kittnar et al., 2011).

Výsledkem trávení jsou jednotlivé AMK, dipeptidy nebo tripeptidy, které jsou následně vstřebány (Mann et Truswell, 2002).

Bílkoviny se v těle neustále během dne hydrolyzují a zpětně resyntetizují z AMK. Stálé množství využitelných AMK zajišťuje aminokyselinový pool (Ganong, 1995).

Aminokyselinový pool je zásobárna využitelných volných AMK. V plazmě a mezibuněčném prostoru představuje okolo 2 % z celkových AMK v těle. Průměrně je to 200 g u 70 kg vážícího jedince, z toho polovina se nachází v mezibuněčných prostorech v kosterních svalech (Pitkäne et al., 2003).

Jednorázový příjem velkého množství čistých bílkovin obecně nad 40 g (vysoce individuální) je už zbytečné, protože naše tělo nedokáže najednou takové množství vstřebat, a navíc zbytečně zatěžuje organismus (Skolnik et Chernus, 2011; Clark, 2014).

Pokud se bílkoviny vstřebají a jejich příjem překračuje jejich potřebu, jsou přebytečné AMK deaminovány a dusík je následně jako odpadní látka ve formě močoviny vyloučen močí (Maughan et Burke, 2006).

3.3.5.5 Katabolismus aminokyselin

Odbourávání AMK je zprostředkováváno transaminačními a deaminačními reakcemi, jejichž hlavním úkolem je oddělit z AMK uhlíkovou kostru a α -aminoskupinu, která se nejčastěji odděluje ve formě amoniaku. Koncovými produkty degradace jsou 2-oxoglutarát, sukcinyl-CoA, fumarát, oxalacetát, pyruvát, acetacetát a acetyl-CoA. Z hlediska odbourávání AMK a následného využití jejich produktů se AMK dělí na glukogenní a ketogenní. Většina glukogenních produktů, které lze využít při glukoneogenezi, pochází z proteogenních AMK. Až na ketogenní lyzin a leucin, které se odbourávají na acetyl-CoA a acetacetát. Tyto látky není možné využít při glukoneogenezi, neboť se využívají při syntéze ketolátek, izoprenoidů a mastných kyselin (Koolman et Röhm, 2012).

3.3.6 Kvalita bílkovin

Z výživového hlediska je kvalita bílkovin určena zastoupením a množstvím esenciálních AMK. Aminokyseliny se dělí na komplexní a nekomplexní (Mach et Borkovec, 2013).

Většina bílkovinných zdrojů živočišného původu, jako červené maso, drůbež, ryby, mléčné produkty a vejce obsahují všechny esenciální AMK a označují se jako komplexní zdroje bílkovin. Nekomplexními zdroji jsou převážně bílkoviny rostlinného původu, kterým chybí jedna a více esenciálních AMK (Hoffman et Falvo, 2004). Avšak při vhodné kombinaci a množství je možné doplnit komplexní AMK spektrum i prostřednictvím rostlinných zdrojů. Tohoto můžeme dosáhnout např. vhodnou konzumací obilovin a luštěnin. Tento fakt je řešen především v komunitě vyznávající pouze veganskou stravu (Craig et Mangels, 2009).

Faktory ovlivňující kvalitu bílkovin jsou stravitelnost a vstřebatelnost. Pro charakteristiku a standardizaci kvality bílkovin, byly vědci vyvinuty metody PDCAAS, PER, BV (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010).

Aktuálně je v řešení i metoda DIAAS (Phillips, 2016).

3.3.6.1 Metody stanovení kvality bílkovin

Biologická hodnota (přeloženo z anglického) „biological value“ (BV) je poměr retinovaného dusíku vůči dusíku zabudovaného do těla, vyjádřeno v procentech (Mach et Borkovec, 2013).

BV nezohledňuje faktory ovlivňující trávení, např. kombinaci a poměr makroživin a je tedy pouze orientační hodnotou (Hoffman et Falvo, 2004).

Poměr účinnosti proteinu (přeloženo z anglického) „protein efficiency ratio“ (PER) hodnotí přírůstek hmotnosti vůči hmotnosti bílkoviny přijaté potravou. Stanovuje se na laboratorních myších. Avšak dnes tato metoda nenachází příliš velké uplatnění v lidské výživě, jelikož využívá testování na zvířatech (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010). Zároveň je následná aplikace u lidí poměrně problematická, jelikož hodnota PER nebere v úvahu doporučený příjem AMK pro člověka (FAO/WHO, 1991).

Zatím základní metodou uznanou roku 1991 mezinárodními organizacemi FAO (Food and Agriculture Organization) a WHO (World Health Organization) je metoda PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score). Jedná se o skóre stravitelnosti proteinu vztahované k obsahu aminokyselin po průchodu celým zažívacím traktem (Leser, 2013).

Vychází ze znalosti AAS (Amino Acid Score) aminokyselinového skóre, které se uvádí jako podíl množství dané AMK ve vzorku vůči množství AMK v ideální bílkovině, která byla stanovena dle FAO, WHO, UNU (United Nations University) v gramech AMK na 100 g čisté bílkoviny viz Tabulka 6 (WHO, 2007).

Tabulka 6. Množství AMK v ideální bílkovině (WHO, 2007)

| His | Ile | Leu | Lys | Met + Cys | Phe + Tyr | Thr | Trp | Val |
|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----|-----|-----|
| 1,5 | 3,0 | 5,9 | 4,5 | 2,2 | 3,8 | 2,3 | 0,6 | 3,9 |

Jinak řečeno PDCAAS se rovná hodnotě AAS vynásobené skutečnou stravitelností bílkoviny testovaného vzorku (Gropper et Smith, 2012).

Tato metoda je ve vědecké komunitě napadána argumenty, že nejsou přijímány hodnoty vyšší než 100 % a jsou zkráceny na 100 %, nepočítá s anti-nutričními faktory, bodovací vzorec nebere v úvahu vyšší nutriční hodnotu esenciálních AMK, a tak jsou znevýhodňovány vysoce kvalitní zdroje bílkovin (Schaafsma, 2000).

Ve zprávě z FAO Expert Consultation (2013) je doporučeno, aby dosavadní metoda PDCAAS byla kompletně nahrazena novou metodou DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Scores). Tato metoda se zaměřuje na trávení nepostradatelných AMK v terminálním ileu (konečná část tenkého střeva). Předpokládá se u ní vyšší přesnost měření a tím pádem i následné přesnější zhodnocení kvality bílkovin. Uznání metody v plném znění ještě není možné z důvodu nedostatku některých studií na dané téma. Proto bylo doporučeno věnovat těmto studiím v nacházejících letech zvýšenou pozornost (FAO, 2013).

4 Výživa ve sportu se zaměřením na bílkoviny

První polovina 20. století byla přelomová z hlediska vědeckých poznatků o výživě a jejím vlivu na sportovní výkon (Vilikus et al., 2012).

Největší vliv měly nové poznatky z oblasti biochemie, konkrétně poznatky o lidském metabolismu, který je základním pilířem vědy o výživě ve sportu. Vychází z potřeby krytí energetických výdajů zapříčiněných fyzickou aktivitou, protože lidské tělo dokáže přeměnit potenciální energii živin na použitelnou chemickou energii, která může být následně využita ke svalové kontrakci, dýchání, trávení, termoregulaci a ostatním procesům probíhajícím uvnitř lidského těla (Gropper et Smith, 2012).

Z toho vyplývá, že kvalitní a vyvážená strava je spolu s kvalitním a dostatečným množstvím tréninků majoritním předpokladem pro jakýkoli sportovní rozvoj (Vilikus et al., 2012).

Živiny se obecně dělí do dvou velkých skupin. První skupinou jsou makroživiny, k nimž řadíme sacharidy, tuky a bílkoviny. Jejich optimální poměr, načasování příjmu, adekvátní

množství, kvalita a forma tvoří nejdůležitější podmínky výživy obecně. Druhou skupinu tvoří mikroživiny (vitamíny a minerální látky). Jejich množství, kvalita, forma a načasování ve stravě je stejně důležitá, jako u makroživin (Mann et Truswell, 2002).

Dostatečný příjem bílkovin ve stravě snižuje svalové poškození, a naopak napomáhá syntéze nových bílkovin (Campbell, 2014), protože jako jediný makronutrient obsahuje dusík. Dostatek dusíku je nezbytný pro pozitivní dusíkovou bilanci (tělo zadržuje dusík ve formě bílkovin a AMK), která umožňuje růst (popsáno v předchozí kapitole) (Greenwood et al., 2008).

Převážná většina vědeckých studií zaměřená na příjem bílkovin a jejich vliv na cvičení se zaměřuje na doplňkový příjem. Z obecného hlediska jsou tyto studie rozděleny do dvou oblastí tréninku: vytrvalostního a odporového se zaměřením na svalovou hypertrofii (Jäger et al., 2017).

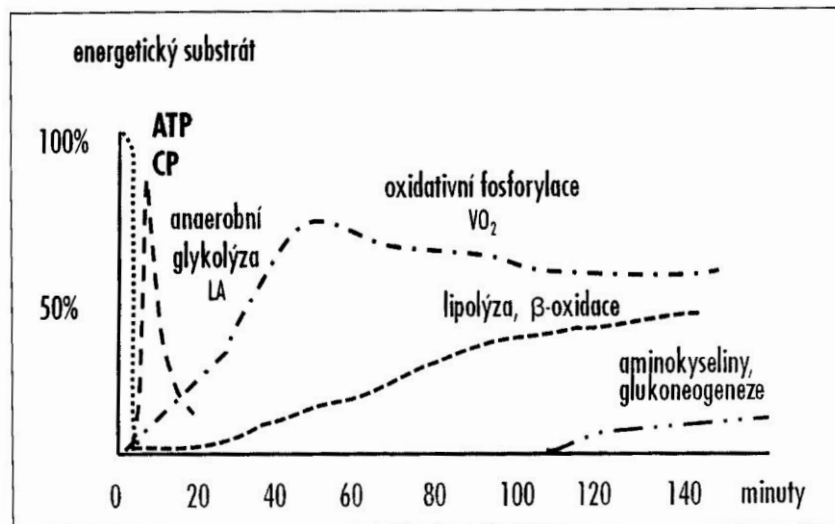
Během odporového i vytrvalostního tréninku dochází k přeměně látek na využitelnou energii, kdy primárním zdrojem energie v řádu několika sekund je ATP (adenosintrifosfát) a ADP (adenosindifosfát). Následně jsou využívány sacharidy, respektive glukóza z krve (Moore, 2015).

Po vyčerpání zásob glukózy nastává štěpení glykogenu (zásobní sacharid) a zhruba po 20-30 minutách se začíná uplatňovat i lipolýza, kdy je energetický výdej hrazen prostřednictvím triacylglycerolů za pomoci β -oxidace (Vilikus et al., 2012).

Poměr mezi využitím sacharidů a tuků je závislý na intenzitě tréninku, délce trvání zátěže, tepové frekvenci a na zásobení kyslíku v těle v průběhu zátěže. Při nízké intenzitě okolo 50 % z VO_2max převyšuje využití tuků. Střednědobá intenzita 60-65 % z VO_2max využívá tuky i sacharidy v přibližně stejném poměru. S rostoucí zátěží nad 70 % VO_2max roste i využití sacharidů a klesá využití tuků (Maughan et Burke, 2006). Vytrvalostní trénink je charakterizován dlouhou dobou trvání s konstantním zatížením. Jedná se o aerobní cvičení zvyšující spotřebu kyslíku, která stimuluje mitochondriální biogenezi (Moore, 2015).

Hlavním zdrojem energie v průběhu cvičení jsou sacharidy a tuky. Převážně záleží na již zmíněných faktorech (intenzita, délka trvání zátěže, tepová frekvence...). V krajních případech se na energii přeměňují i bílkoviny, u nichž jakožto základních stavebních látek je tento způsob hrazení energie nežádoucí (Vilikus et al., 2012).

Při dlouhodobé vytrvalostní aktivitě narůstá spolu s časem i degradace bílkovin, tato skutečnost je však z velké míry závislá na dispozicích a jídelníčku konkrétního cvičence (Maughan et Burke, 2006). Přehled zdrojů energetického krytí v závislosti na čase znázorňuje Obrázek 5 (Vilikus et al., 2012).



Obrázek 5. Zdroje energie v závislosti na čase (Vilikus et al., 2012)

4.1 Svalový růst a sarkopenie

Hypertrofie svalů (nárůst svalové hmoty), je pozitivní adaptace těla vůči zatížení. Jejím opakem je atrofie neboli úbytek svalové hmoty, která je u člověka vždy nežádoucí. U většiny dospělých osob je poměr hypertrofie a atrofie konstantní, nicméně po 50 roku života atrofie svalů začíná převládat nad hypertrofií (Phillips, 2011). Atrofii svalů vlivem stáří se říká sarkopenie, která markantně ovlivňuje následný život ve stáří, jelikož úbytek svalové hmoty vede k pohybovým omezením, jež snižují kvalitu života. Zvyšuje se také riziko zranění po případném pádu, protože úbytkem svalových vláken II. typu se snižuje síla a také velmi důležitá obratnost (Janssen et al., 2004).

Sval obsahuje celkově 3 typy vláken. Typ I jsou vlákna velmi tenká a bohatě kapitalizovaná (pomalu unavitelná – dlouhodobý výkon), vlákna typu IIa středně silná (rychlý a silový pohyb), vlákna typu IIb jsou velmi silná, málo kapitalizovaná a slouží pro maximální silový výkon. Poměry vláken různých typů jsou do jisté míry dány geneticky a do jisté míry se poměr mění v závislosti na typu pravidelné aktivity (vrcholoví maratonci mají ve svaích převahu vláken I typu) (Maughan et Burke, 2006; Silbernagl et Despopoulos, 2004).

Prevenčí sarkopenie je dostatek pohybu a odporového cvičení v kombinaci s dostatečným příjmem bílkovin ve stravě (Janssen et al., 2004).

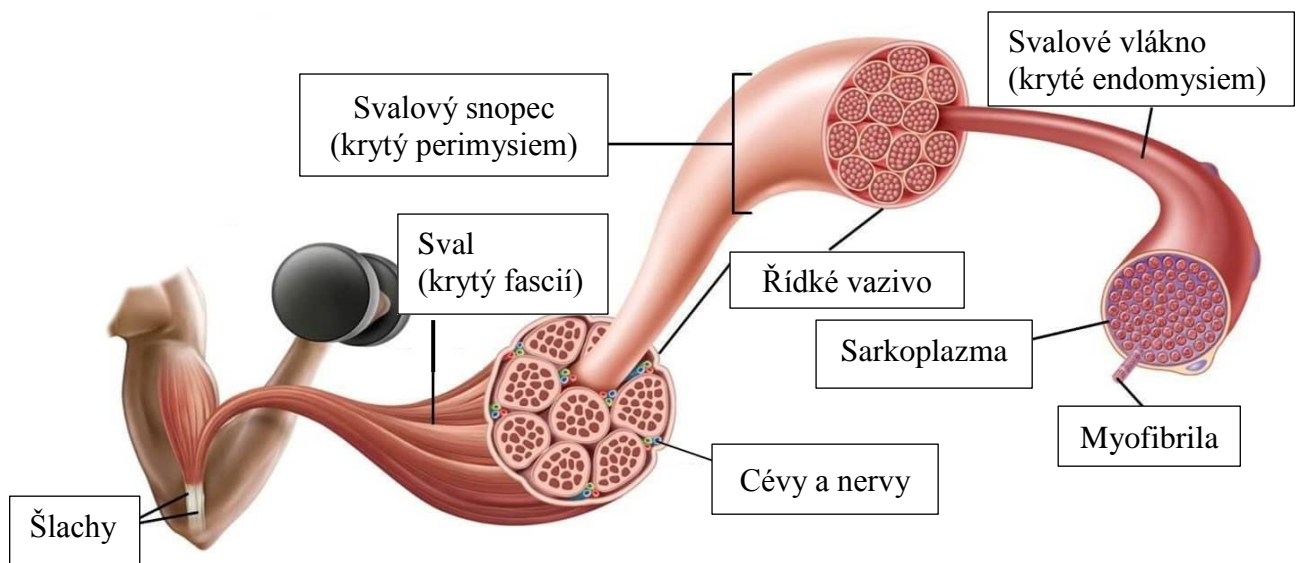
Toto zjištění potvrzuje i meta-analýza, která zkoumala vliv bílkovinné suplementace a odporového tréninku u osob ve věku 61–79 let. Z celkových 540 recenzovaných článků mohlo být do studie zahrnuto pouze 9 z nich. Dokázaly totiž splnit kritéria pro hodnocení, jako např.

délku tréninkového plánu, který musel být dlouhý minimálně 6 týdnů. Výsledkem bylo zjištění, že u seniorů došlo k pozitivnímu výsledku ve skladbě těla ve prospěch tukuprosté hmoty, ovšem k nárůstu síly či nové svalové hmoty nedošlo. Čili posilování v pokročilém věku už nepřináší výsledky v podobě větších a silnějších svalů, ale udržuje již vybudovanou svalovou hmotu a tím napomáhá v prevenci vzniku sarkopenie (Finger et al., 2015).

4.2 Druhy hypertrofie

Mechanický stres vyvolaný odporovým cvičením se při splnění všech podmínek (délka tréninkové jednotky, míra zatížení, počet opakování atd.) projevuje jako nejučinnější stimul pro anaboličnou reakci kosterního svalstva – hypertrofii (Greenwood et al., 2008), dohromady s kvalitní stravou bohatou na dostatečné množství bílkovin a s dostatečnou regenerací vytváří ideální synergistický účinek podmiňující růst svalů (Jäger et al., 2017).

Základní anatomii svalu nastiňuje Obrázek 6. Kosterní sval je složen ze svalových snopců, jenž představují shluk příčně pruhovaných svalových vláken, které jsou pro tento druh svalu typický. Svalové vlákno představuje funkční jednotku svalu, která je složena z jednotlivých myofibril, prostor mezi myofibrilami vyplňuje sarkoplazma. Svalové vlákno je kryto endomysiem, snopce svalových vláken jsou kryta perimysiem (slouží k přenosu tahu), svalové vlákno je kryto epimysiem (řidší vrstva) na kterou ještě přiléhá fascie (tuhé vazivo) (Hudák et Kachlík, 2013; Cassan, 2005; Vigué, 2015).

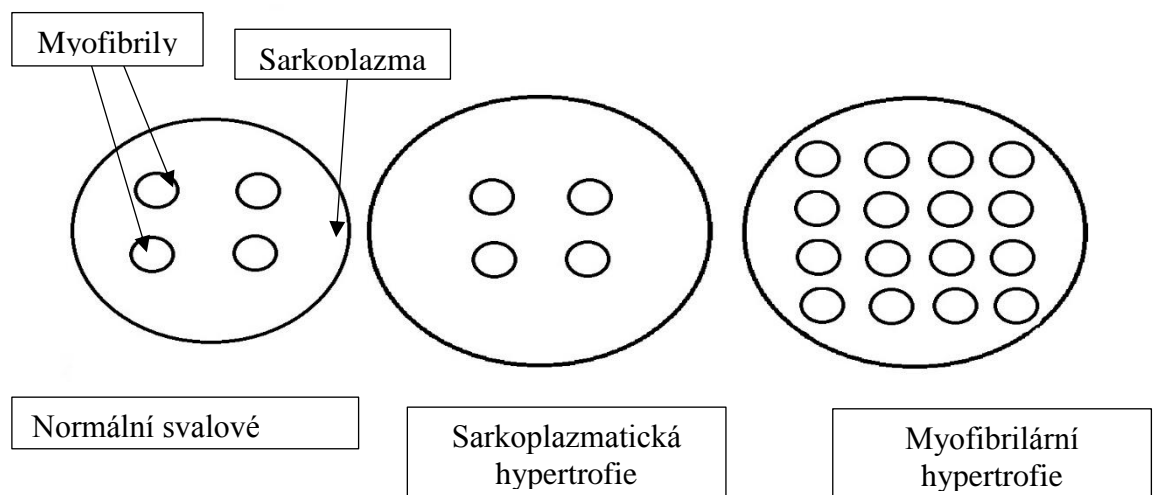


Obrázek 6. Anatomie svalu – přeloženo

(<http://musclewanted.com/wp-content/uploads/muscle-anatomy.jpg>)

Svalový růst probíhá dvěma způsoby. Konkrétně může vést k myofibrilární hypertrofii anebo k sarkoplazmatické hypertrofii. Sarkoplazmatická hypertrofie je někdy též nazývána nefunkční, a to z toho důvodu, že dochází ke zvětšování kolagenu a sarkoplazmy (nekontraktilních proteinů). Objem svalu se na příčném řezu zvětšuje, neovlivňuje však jeho funkčnost, tedy produkci svalové síly, nejčastěji se vyskytuje u kulturistů. Naopak myofibrilární hypertrofie vede k větší hustotě myofibril ve svalových vláknech, která taktéž způsobí větší objem svalu na příčném řezu. Ovšem, zvyšuje se tak i počet kontraktilních bílkovin (aktinu a myozinu), které zapříčiňují vyšší funkčnost svalu neboli vyšší nárůst síly využívané především u silových trojbojařů a vzpěračů (Zatsiorsky et Kraemer, 2006; Thibaudeau et Photos, 20006).

Z toho plyne, že síla jednotlivce je pouze částečně závislá na množství svalové hmoty (Close et al., 2016). Základní rozdíl vzhledu hypertrofované tkáně je znázorněn v Obrázku 7.



Obrázek 7. Sarkoplazmatická a myofibrilární hypertrofie svalu – přeloženo (Zatsiorsky et Kraemer, 2006)

4.3 Metabolismus bílkovin při silové zátěži

Pravidelná a těžká fyzická zátěž při sportu či náročné práci (dřevorubec, zedník nebo horník) ovlivňují celkový energetický metabolismus a zároveň i metabolismus bílkovin. Náhlá a vysoká zátěž vyvolává ve svaích podobně jako infekce či zranění řadu změn. Intenzivním silovým tréninkem dochází k mikroskopickým defektům svalových buněk, které jsou z části podobné změnám ve svaích při mikrotraumatech (Maughan et Burke, 2006).

Tento stav je signál pro tělo, aby zahájilo kaskádu metabolických drah vedoucí k opravě a výstavbě odolnější tkáně neboli k regeneraci, a tak se strukturální i kontraktilní bílkoviny obnovují na vyšší úroveň než před tréninkem. Pokud se tento proces opakuje s dostatečnou frekvencí, intenzitou a trváním tréninku, sval nabývá na objemu, popřípadě i na síle (Vilikus et al., 2012).

Na tento proces se spotřebuje až 20 % z bazálního metabolismu. Jak bylo vysvětleno na začátku páté kapitoly této práce, energetické krytí je nejvíce zprostředkováváno pomocí tuků a sacharidů. Při dostatečném množství makroživin se bílkoviny podílejí na energetickém krytí pouze z malé části (3–6 %), ovšem při nedostatku sacharidů a tuků úměrně stoupá i využití bílkovin, jako energetického substrátu, což je nežádoucí, protože bílkoviny jsou důležité při regeneraci namáhané tkáně (Maughan et Burke, 2006). U vytrvalostních sportovců se využití bílkovin při zátěži pohybuje dokonce v rozmezí 5–10 % z celkové potřebné energie (Clark, 2009).

4.4 Doporučený příjem bílkovin

Doporučený denní příjem makronutrientů stanovují zdravotnické orgány v jednotlivých zemích samy. Doporučení jsou založena na průměrných potřebách průměrného jedince. Uvádí se buď v procentuálním zastoupení jednotlivých makroživin, nebo v g živiny/kg tělesné váhy na jeden den (Mach et Borkovec, 2013).

V České republice Společnost pro výživu (SPV) převzala výživová doporučení pro střední Evropu z takzvaných referenčních dávek DACH. Zkratka DACH představuje německy mluvící země (Německo, Rakousko a Švýcarsko) (Společnost pro výživu, 2011).

4.4.1 Doporučený příjem bílkovin u nesportující populace

Dle výživových doporučení DACH je experimentálně zjištěná potřeba bílkovin pro dospělého člověka 0,6 g/kg vysoce kvalitní bílkoviny se stravitelností nejméně 95 %. S ohledem na stravitelnost smíšené stravy a na různé kvality bílkovin je doporučený příjem lehce nadhodnocen a je stanoven na 0,8 g/kg. Horní hranice, při které se ještě neočekávají nežádoucí účinky je stanovena na 2 g/kg (Společnost pro výživu, 2011).

EFSA uvádí, že potřeba vysoce kvalitních bílkovin je 0,66 g/kg a optimální příjem v běžné stravě u normálního člověka je 0,83 g/kg (EFSA, 2012).

4.4.2 Doporučený příjem bílkovin u sportovců

V referenčních hodnotách DACH se uvádí, že při zvýšené pohybové aktivitě nebyla zjištěna zvýšená potřeba bílkovin a že nedochází ke změnám v celkovém tělesném složení při vyšším příjmu bílkovin (Společnost pro výživu, 2011). Avšak tato informace je již velmi zastaralá a jak uvádějí aktuální studie (bude popsáno v následujícím textu,) při zvýšené pohybové aktivitě se zvyšují také nároky na příjem bílkovin.

SPV na svých webových stránkách uvádí, že se připravuje nové vydání Referenčních hodnot pro příjem živin (DACH) (Společnost pro výživu, 2018), lze tedy předpokládat, že v novějším vydání bude příjem bílkovin pro sportovce speciálně upraven.

Již v roce 1992 vyšla v časopise *Journal of Applied Physiology* studie, která porovnávala příjem bílkovin u silových sportovců za pomoci dusíkové bilance. Vědci zkoumali nízký příjem 0,86 g/kg, střední příjem 1,4 g/kg a vysoký příjem bílkovin 2,4 g/kg. Výsledkem bylo zjištění, že nízký příjem (doporučovaný příjem pro běžnou populaci) neodpovídá potřebám sportovců a jejich potřeba bílkovin je mnohem vyšší (Tarnopolsky et al., 1992).

Ve 21. století řada výzkumů pokračovala a konkrétně Rodriguez et al. (2009) uvádí, že adekvátní množství pro vytrvalostního sportovce je 1,2–1,4 g/kg a pro silové sportovce 1,2–1,7 g/kg. Stejně hodnoty uvádí i Whitney et Rolfes (2016).

O něco málo užší rozsah uvádí Lemon (2000) 1,2–1,4 g/kg pro vytrvalostní sportovce a pro silové sportovce 1,6–1,8 g/kg. Ve své práci popisuje studie, jenž uvádí, že měření dusíkové bilance po vytrvalostním výkonu navýšila potřebu bílkovin u vytrvalostního sportu o 50–70 % a u silových sportů až o 100 %, což tedy odpovídá dvojnásobku příjmu pro běžnou populaci.

V nejnovější meta-analýze (Morton et al., 2018) porovnávali 49 studií zahrnující celkově 1863 respondentů. Výsledek potvrdil, že proteinová suplementace má pozitivní vliv na rozvoj svalstva a síly, navíc dle poznatků uvádí, že příjem nad 1,62 g/kg již nezvyšuje pozitivní vliv.

V české literatuře se autoři shodují v tom, že denní potřeba bílkovin u sportovců je zvýšená oproti běžné populaci a pro lepší výkonost je nutné tuto potřebu adekvátně uspokojit. U kondičních či výkonnostních sportovců (Vilikus et al., 2012) doporučuje 1,2 g/kg a u vrcholových sportovců 1,8–2 g/kg. Stejně rozmezí hodnot uvádí i (Maughan et Burke, 2006).

Autoři Skolnik et Chernus (2011) uvádějí využitelnou hodnotu pro sportovce mezi 1,6–1,8 g/kg a dále poukazují na to, že tělo již nedokáže efektivně využít vyšší příjem, než je 2–2,5 g/kg (Skolnik et Chernus, 2011).

V knize Fitness výživa (Power Eating program) autoři Kleiner et Greenwood-Robinson (2010) doporučují příjem 2 g/kg pro budování svalové hmoty a až 2,2 g/kg, pokud žijete v místě s vyšší nadmořskou výškou, začínáte cvičit, nebo jste vegetarián.

Ivan Mach (2012) ve své knize Doplnky stravy uvádí hodnoty 1,6–1,8 g/kg pro vrcholové sportovce, ale všeobecně ve sportu udává, že se využívá 1,5 g/kg.

Ve druhé knize Výživa pro fitness a kulturistiku spolu s profesionálním kulturistou Jiřím Borkovcem doporučují hodnoty, které uvádí Tabulka 7 (Mach et Borkovec, 2013).

Tabulka 7. Doporučený příjem bílkovin ve fitness a kulturistice (Mach et Borkovec, 2013)

| | Mírný silový trénink | Převážně aerobní aktivita |
|-------------------|---------------------------|----------------------------|
| Průměr | 2,4 – 2,8 g/kg | 1 – 1,2 g/kg |
| Dospělí závodníci | 2,4 – 3,6 g/kg | 1 – 1,6 g/kg |
| Závodící mládež | 3,6 – 4 g/kg | 1,6 – 1,8 g/kg |
| | Intenzivní silový trénink | Intenzivní aerobní trénink |
| Průměr | 3,2 – 3,6 g/kg | 1,4 – 1,6 g/kg |

Ve své nejnovější publikaci Sportovní výživa do kapsy nejen pro fitness a kulturistiku Mach (2017) uvádí tabulku pravidel pro optimální stanovení dávky bílkovin na den. Výchozí hodnotou je 1,5 g/kg a podle odpovědí na otázky ano/ne se přičítá či odečítá určitá hodnota, např. „Cvičíte-li s nadprůměrnou intenzitou, přidejte 0,2. Cvičíte-li komplexní cviky, přičtěte 0,1. Sníte-li celodenní dávku bílkovin nejméně v 5 jídlech, uberte 0,1...“ výsledná hodnota by pak měla být optimální konkrétně pro každého cvičence.

4.4.2.1 Nadměrný příjem bílkovin

Řada sportovců se řídí pravidlem čím více, tím lépe a svůj příjem bílkovin zvyšují až několikanásobně. Je všeobecně známo, že nedostatečný příjem bílkovin způsobuje řadu zdravotních komplikací. Přirozeně tedy vyvstává otázka, zdali je i nadměrný příjem škodlivý? A kde je ta určitá hranice, kdy tělo dokáže ještě dané množství vstřebat a následně využít? Tyto hypotézy si začali pokládat i vědci a postupně se výzkum v oboru příjmu bílkovin začal zaměřovat i na jejich nadměrný příjem.

Nadměrný příjem bílkovin až 4 g/kg denně se nedokáže zcela zakomponovat do svalových buněk a přebytečné bílkoviny se následně využijí pouze jako energetický substrát, anebo se při celkovém nadměrném příjmu energie přemění na tělesný tuk (Vilikus et al., 2012).

Toto tvrzení je shodné s vědeckou studií, která porovnávala 30 silově trénovaných osob po dobu 8 týdnů. Respondenti byli rozděleni na dvě skupiny. Vysokoproteinová skupina přijímala 4,4 g/kg bílkovin (celkově i větší příjem energie) a kontrolní skupina přijímala 1,8 g/kg. Výsledkem bylo zjištění, že vysokoproteinový příjem u silových sportovců nad 4,4 g/kg neměl žádný větší pozitivní vliv v porovnání s kontrolní skupinou (Antonio et al., 2014).

Stejný vědec o rok později provedl další výzkum porovnávající příjem 2,3 g/kg a 3,4 g/kg. Ve výsledcích zdůraznil, že příjem 3,4 g/kg již nenavýšil proteinovou syntézu a výsledky byly shodné pro obě skupiny. Dále uvádí, že momentálně není prokázán škodlivý vliv nadměrného příjmu bílkovin ve stravě (Antonio et al., 2015).

O rok později se na danou hypotézu pokoušel najít odpověď a došel k závěru, že vyšší konzumace bílkovin (2,6 – 3,3 g/kg) nezpůsobila u zdravých respondentů vedlejší škodlivé účinky (Antonio et al., 2016).

Ten samý rok publikoval další studii, která je unikátní svou délkou trvání. Celý jeden rok pozoroval Antonio et al. (2016) trénované silové sportovce s vyšším příjmem proteinů a jeho cílem bylo objevit vedlejší účinky v závislosti na dlouhodobém příjmu bílkovin. Studii úspěšně dokončilo 14 mužů (26,3 ± 3,9 let), kteří konzumovali 2,51 – 3,32 g/kg. U žádného z nich nedošlo k projevu jakýkoliv vedlejších účinků, sledovány byly markery krevních lipidů, funkce ledvin, jater a dalších (Antonio et al., 2016).

V předchozích letech došli ke stejnému názoru i Poortmans et Dellalieux (2000), kteří se zaměřili na testování kulturistů a dobře trénovaných jedinců v sedmidenní analýze moči a krve. Došli k závěru, že navzdory vyšší koncentraci kyseliny močové a vápníků v plazmě měla skupina kulturistů renální kreatinin, močovinu i albumin v normálním rozmezí. Dusíková bilance u obou skupin byla pozitivní, pokud příjem bílkovin byl vyšší než 1,26 g/kg, avšak nebyly zjištěny korelace mezi příjmem bílkovin a renální funkcí (Poortmans et Dellalieux, 2000).

S tím nesouhlasí Fuhrman et Ferreri (2010), kteří upozorňují na možné škodlivé účinky vysokého příjmu bílkovin převážně na ledviny, zásoby vápníku a na kardiovaskulární systém (Fuhrman et Ferreri, 2010).

Dokonce i Fank et al. (2009) zjistil, že u krátkodobé sedmidenní stravy s příjmem 2,4 g/kg signifikantně vzrostl dusík v krvi, sérová kyselina močová, močový albumin a vylučování močoviny oproti kontrolní skupině přijímající 1,2 g/kg (Frank et al., 2009).

Celou problematiku shrnuje Martin et al. (2005), který tvrdí, že zatím není prokázán škodlivý účinek nadměrného příjmu bílkovin na ledviny zdravých lidí. Ukazuje se totiž, že zdravá ledvina se dokáže přirozeně pomocí adaptačních mechanismů v rámci funkčního limitu vyššímu příjmu bílkovin přizpůsobit (Martin et al., 2005).

4.4.2.2 Výhody vysokoproteinových diet

Vliv proteinové suplementace samotné nebo v kombinaci se sacharidy na odporový trénink a následnou hypertrofii a svalový růst porovnávala finská skupina vědců. Hulmi et al. (2015) zahrnul 4týdenní přípravné období respondentů (tréninkové, stravovací návyky, školení...), následně byli respondenti (78 mužů, průměrně 35 let) rozděleni do tří skupin: I. skupina užívala pouze 37,5 g syrovátkového koncentrátu, II. skupina užívala 34,5 g maltodextrinu a III. skupina užívala kombinaci 37,5 g koncentrátu s 34,5 g maltodextrinu. Studie probíhala 12 týdnů a zahrnovala 2-3 tréninkové jednotky v každém týdnu z celkového počtu 28 tréninkových dnů. Strava byla z části harmonizovaná, všichni respondenti přijímali přibližně 20 % bílkovin a 40 % sacharidů z celkového příjmu energie. Výsledky ukázaly srovnatelné pokroky u všech skupin, avšak suplementace čistě syrovátkovými bílkovinami vykazovala výrazné snížení abdominálního tuku oproti skupině II a III. Čistě proteinová suplementace po tréninku se tedy jeví, jako pozitivní faktor při redukci tuku.

V návaznosti na předchozí studii vědci z univerzity v Illinois porovnávali (VP) vysokoproteinovou (<1,5 g/kg sacharidů a 1,6 g/kg bílkovin) a (VS) vysokosacharidovou (3,5 g/kg sacharidů a 0,8 g/kg bílkovin) redukční dietu u 48 žen ve věku 40–56 let. Studie probíhala 4 měsíce a zahrnovala celkově 4 skupiny. Skupina VP, která cvičila (2x do týdně silově + 5x týdně 30 minut chůze) a skupina VP bez cvičení, a to samé rozdělení i u VS se cvičením a VS bez cvičení. Největší úbytek tuku byl zaznamenán u skupiny VP + cvičení, která si zároveň dokázala zachovat největší množství svalové hmoty. U ostatních skupin byl úbytek tukové hmoty nižší, a navíc u VS skupiny byl úbytek svalové hmoty mnohem větší. Ze závěru vyplývá, že vysokoproteinová dieta spolu se cvičením je nejúčinnějším řešením při redukci tukové hmoty (Layman et al., 2005).

Ke stejným výsledkům došel i Longland et al. (2016), kdy vysokoproteinová dieta konkrétně 2,4 g/kg, vykazovala vyšší úbytek tuku a menší úbytek svalové hmoty oproti nízkoproteinové v tomto případě s příjmem 1,2 g/kg. Oproti předchozí studii je doporučený příjem ještě vyšší, důležité je ovšem zmínit, že účastníci této studie trénovali 6 x týdně silově

v kombinaci s vysokointervalovým tréninkem. Tato vysoká zátěž pravděpodobně zvýšila a pozitivně ovlivnila již zvýšenou potřebu během redukce.

Pro trénované sportovce s nízkým procentem tuku (muži ≤ 23 % a ženy ≤ 35 %) Helms et al. (2014) doporučuje při redukci navýšit příjem bílkovin až na 2,3–3,1 g/kg pro největší zachování svalové hmoty doporučuje horní hranici a pro zachování síly doporučuje nižší hranici.

Vyšší úbytek tukové hmoty při vysokoproteinové stravě je pravděpodobně zapříčiněn i vyšším specificko-dynamickým efektem. Tento efekt vyjadřuje ztráty energie vynaložené při trávení jednotlivých živin. Ztráta u bílkovin je okolo 20–30 %, tuků 3 % a u sacharidů 6–10 % z přijaté potravy (Chappell et al., 2018).

Určitou nevýhodou vysokoproteinové stravy je její vyšší ekonomická náročnost, protože bílkovinné potraviny patří k těm nejdražším položkám z nákupního seznamu.

5 Doplnky stravy pro sportovce

S rostoucím sportovním zatížením rostou zároveň i nároky na potřebu živin, které není jedinec v některých případech schopen pokrýt běžnou stravou. Z toho důvodu mají doplňky stravy pokrývat zvýšenou potřebu živin, popřípadě pozitivně ovlivňovat sportovní výkon. Doplnky stravy nejsou náhradou pestré stravy (Vilikus et al., 2012).

Doplňky stravy (suplementy) jsou látky perorálně užívané navíc k běžné stravě. Jsou dostupné ve formě kapslí, tablet, tobolek, v tekuté či sypké formě (Skolnik et Chernus, 2011).

5.1 Kvalita doplňků stravy

Existuje nepřeberné množství kvalitních výrobců doplňků, ale bohužel existuje i velké množství těch nekvalitních. Někteří výrobci postrádají dostatečnou kontrolu kvality, používají nekvalitní suroviny, popřípadě zanedbávají hygienu, a tak může dojít k nežádoucí kontaminaci. Kontrola kvality je v dnešní době nedostatečná, protože před uvedením doplňku na trh se kontroluje pouze jeho etiketa, nikoli však jeho složení. Následná kontrola nezávislými laboratořemi pak u řady doplňků nachází kontaminované doplňky anebo nižší podíl látky, než je na etiketě výrobku deklarováno (Skolnik et Chernus, 2011).

V České republice existuje informační systém záchytů nevyhovujících potravin, který bohužel obsahuje i velké množství doplňků stravy. V kategorii falšované potraviny se nacházejí doplňky stravy, které nejčastěji obsahovaly méně vitamínů, než výrobce deklaroval např. nižší

obsah vitamínu D, C, A, koenzymu Q10 a dokonce i nižší obsah bílkovin (Potraviny na pranýři, 2017).

Další kategorií jsou záchyty doplňků obsahující zakázané látky. Většinou se jednalo o látky povahy hormonální nebo psychotropní, konkrétně THC (tetrahydrocannabinol) v doplňcích na bázi výtažků z rostliny *Tribulus terrestris*, která přirozeně podporuje zvýšení hladiny testosteronu. Bohužel se v této kategorii nacházely i velice často také doplňky stravy známých a uznávaných firem zaměřující se na výživu sportovců (Potraviny na pranýři, 2017).

Veškeré záchyty se nacházejí na webových stránce www.potravinynapranryri.cz, kterou spravuje Státní zemědělská a potravinářská inspekce. Na tyto webové stránky pravidelně umisťují záchyty potravin, které lze následně dohledat v archivu. Dále zveřejňují informace o tematických kontrolách, uzavřených provozovnách, výrobcích či rizikových webových stránkách (Potraviny na pranýři, 2017).

Problematika kontaminovaných či úmyslně vyrobených suplementů, které nevyhovují zákonům je celosvětový problém. Tuto skutečnost dokládá i mezinárodní studie vydaná akreditovanou laboratoří v Německu, pod záštitou Mezinárodního olympijského výboru (MOV). Pro výzkum bylo shromážděno 634 nehormonálních doplňků stravy pro sportovce od 215 dodavatelů z 13 zemí. Významné procento (14,8 %) obsahovalo látky, které by vedly k pozitivním antidopingovým testům (Geyer et al., 2004).

Užívání suplementů u sportovců bylo hlavním tématem i během lékařského a vědeckého kongresu, který byl pořádán MOV. Vědci a lékaři diskutovali např. o komerčním trendu prodeje, který neustále rozšiřuje neodborné a nepravdivé informace o daných doplňcích, které pocházejí z tvrzení světově známých osobností, kteří mají mnohonásobně větší vliv na neobeznámené spotřebitele než vědci a jejich podložená fakta. Ve většině případů se však jedná pouze o součást marketingu firmy, která spoléhá na využití známého jména k propagaci výrobce či konkrétního výrobku. Dále bylo na výše zmíněném kongresu upozorněno na potřebu harmonizování sportovně specifických výzkumů, jelikož často nejsou použity vhodné experimentální modely. Zdůrazňuje primární důležitost optimalizace tréninku, výživy, regenerace „ušité na míru“ u konkrétního sportovce před samotným zahájením užívání ověřených doplňků, jako jsou sacharidy, proteiny, kofein, kreatin a další (IOC, 2017).

Z výše zmíněných důvodů je nutné se při výběru doplňků stravy zajímat o deklarovaný obsah, a i o výrobce samotného. Bohužel, sportovec nemá naprostou jistotu, že to, co je v doplňku stravy obsaženo, vždy zcela odpovídá tomu, co je výrobcem na etiketě deklarováno.

Jelikož u některých výrobců se prohřešky vyskytovaly s větší četností, je klíčem ke správnému výběru potravního doplňku dobrá informovanost konečného spotřebitele nejen o výrobku samotném, ale rovněž o vybraném výrobcí (např. negativní reference).

Není sporu o tom, že možnost pochybení výrobce (ať už úmyslné či nikoliv) znamená pro sportovce užívající doplňky stravy určité riziko. Nemusí se však jednat pouze o zhoršení kvalitativních vlastností výrobku, následky užívání takového doplňku mohou být pro sportovce mnohem závažnější. Jak totiž doslovně uvádí Antidopingový výbor ČR (ADV ČR), při užívání doplňků stravy platí „princip vlastní přísné zodpovědnosti“, což znamená, že „každý sportovec je zodpovědný za látky nalezené při dopingové kontrole v jeho vzorku tělesných tekutin. Nezáleží na tom, jak se do jeho těla látka nebo její metabolity či indikátory dostaly, zda záměrně, nezáměrně či dokonce nevědomě, zodpovědnost za pozitivní dopingový test nese sám sportovec“ (Antidopingový výbor ČR, 2011–2018).

V návaznosti na toto téma AVD ČR vydala informační leták s názvem: I PLAY FAIR SAY NO! TO DOPING: Doplnky stravy pod drobnohledem, kde poukazuje na výše zmíněnou problematiku. Popisuje zde možné způsoby kontaminace, zpochybňuje jakékoliv certifikace o nezávadnosti, protože oficiální certifikace o nezávadnosti neexistují. Upřesňuje právní odpovědnost užívání, avšak velice agresivně používá argumenty proti užívání: „Potřebuješ suplementy ke zvyšování své výkonnosti? NE, NEPOTŘEBUJEŠ! Na trh se dokonce dostávají suplementy, které jsou dováženy bez jakéhokoli povolení a kontroly. Jsou prodávány s úmyslně matoucími přeplekami. Jejich účinky jsou velice často přeceňovány...“ (Polák, 2016).

Na svých internetových stránkách ADV ČR dále uvádí, že „Antidopingový výbor ČR ani WADA (Světová antidopingová agentura) se do testování doplňků stravy nepouští ani neposkytuje záruku jejich dopingové nezávadnosti“.

A právě v tom tkví úskalí užívání potravních doplňků – ověřit informace deklarované výrobcem na etiketě samotným sportovcem takřka nelze kvůli mnohdy složitým metodickým a instrumentálním podmínkám takových analýz. Tato služba však není poskytována ani ADV ČR či WADA (Antidopingový výbor ČR, 2011–2018)

Tato skutečnost je pro sportovce, kteří chtějí zlepšit výkon pomocí legálních doplňků stravy velice nepříznivá. Názory, že vyvážená strava, trénink a dostatečný odpočinek stačí ke zvýšené výkonnosti, je spekulativní, což dokazují i výsledky výše zmíněných studií.

5.2 Rozdělení doplňků stravy

Dělní doplňků stravy není zcela harmonizované, ale běžně se rozděluje na skupiny dle původu a chemického charakteru nebo podle jejich typického účinku. Umístění doplňků do

jednotlivých skupin, není zcela striktní, je tedy možné, že jeden doplněk stravy může existovat v několika skupinách (Vilikus et al., 2012).

Chemickým charakterem se v této souvislosti myslí základní chemická podobnost látek, vykazující podobné chemické složení. Nejznámější jsou kategorie vitamínů, minerálů, enzymů, mastných kyselin, hormonů, extraktů a dalších aktivních látek, které nejsou jednoznačně specifické, jako např. kvazivitamíny, popřípadě polovitamíny. Rozdělení i s vybranými zástupci je znázorněno v Tabulce 8 (Mach, 2012).

Tabulka 8. Rozdělení dle původu a chemického charakteru (Mach, 2012)

| Skupina | Vybraní zástupci |
|-----------------------|---|
| Vitamíny | Vitamin A, C, D, E, B-komplex |
| Minerální látky | Železo, Chrom, Jód, Selen, Hořčík, Vápník |
| S mastnými kyselinami | CLA, GLA |
| Enzymy | Wobenzym, Phlogenzym |
| Hormony | Melatonin |
| Extrakty z rostlin | Ženšen, CLA, GLA, laktáza |
| Další aktivní látky | Koenzym Q10 |

Dělení do skupin podle účinku bývá pro většinu lidí přehlednější a jasnější. Při vyhledávání doplňku se zaměří na konkrétní skupinu např. doplňky stravy s povzbuzujícím účinkem a v této kategorii se dále rozhodují, nejčastěji podle doporučení a ceny.

Do tohoto rozdělení lze zařadit i doplňky stravy určené pro sportovce, jak znázorňuje Tabulka 9 (Mach, 2012).

Tabulka 9. Rozdělení dle účinku s vybranými zástupci (Mach, 2012)

| Účinek | Vybraní zástupci | |
|--------------------------|---|--------------------------------------|
| Antioxidační | Ginko biloba, Selen, Lykopen | |
| Probiotický | Kultury mléčného kvašení | |
| Podporující hubnutí | L-karnitin, Kofein, CLA, Synefrin | |
| Povzbuzující | Koenzym Q10, Vitamín B6, Bikarbonát sodný, Citrulin malát | |
| Na problémy s klouby | Chondroitin sulfát, Glukosamin, Kyselina hyaluronová | |
| Doplňky sportovní výživy | Sacharidovo-proteinové | Koktejly, Sypké směsi |
| | Proteinové přípravky | Koktejly, Tyčinky |
| | Na podporu síly | Kreatin, HMB |
| | Spalovače a stimulanty | Synefrin, Kofein |
| | Prekurzory hormonů | Výtažek z <i>Tribulus Terrestris</i> |
| | Rehydratační a regenerační | Izotonické a Hypotonické nápoje |

5.3 Právní rámec doplňků stravy

Právní předpisy řešící problematiku doplňků stravy podléhají zákonům platných na území České republiky a zároveň podléhají právním předpisům Evropské unie. Členským státem Evropské unie se Česká republika stala 1. května 2004 a od té doby se zavázala k plnění evropského práva (EUROSKOP, 2005-2018).

Právní předpisy definují různé pojmy, způsob označování, složení, výrobu, manipulaci a uvádění doplňků stravy na trh (EUROSKOP, 2005-2018), ale legislativa spravující problematiku doplňků stravy není v rámci EU zcela harmonizovaná (Státní zemědělská a potravinářská inspekce, 2018).

Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL) uvádí, že regulaci doplňků stravy spravuje v České republice Ministerstvo zemědělství (MZe) (SÚKL, 2010).

5.3.1 Právní předpisy EU

Hlavní roli v Evropské unii mají tři instituce: Evropská komise, Evropská rada a Evropský parlament (Blahušiak, 2005-2018).

Spravují sekundárně právní legislativu (normy), které by měly odbourat legislativní překážky mezi členskými státy a vytvořit tak společný a zároveň komplexní trh (Krutílek et Frízlové, 2005-2018).

Legislativa vnitřního trhu je závazná pro každou členskou zemi, která musí přijmout, zavést a respektovat evropské právo, jeho směrnice a nařízení (Urban, 2005-2018).

5.3.1.1 Právní předpisy pro doplňky stravy

Právní předpisy vypsane níže jsou uvedeny na oficiálních webových stránkách Státní zemědělské a potravinářské inspekce (SZPI) pod správou MZe. Jedná se o základní přehled k 9.1.2018.

- „Směrnice Evropského parlamentu a Rady **2002/46/ES** o sblížení právních předpisů členských států týkajících se doplňků stravy
- Nařízení Komise č. **1170/2009**, kterým se mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/46/ES a nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1925/2006, pokud jde o seznamy vitaminů a minerálních látek a jejich forem, které lze přidávat do potravin, včetně doplňků stravy
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. **178/2002**, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. **1924/2006** o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. **1169/2011** o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnice Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004
- Nařízení Komise (EU) č. **432/2012**, kterým se zřizuje seznam schválených zdravotních tvrzení při označování potravin jiných než tvrzení o snížení rizika onemocnění a o vývoji a zdraví dětí

- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. **2015/2283** o nových potravinách o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 a o zrušení nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97 a nařízení Komise (ES) č. 1852/2001“

„Podle směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/46/ES jsou **doplňky stravy** potraviny, jejichž účelem je doplňovat běžnou stravu a které jsou koncentrovanými zdroji živin nebo jiných látek s výživovým nebo fyziologickým účinkem, samostatně nebo v kombinaci, jsou uváděny na trh ve formě dávek, a to ve formě tobolek, pastilek, tablet, pilulek a v jiných podobných formách, dále ve formě sypké, jako kapalina v ampulích, v lahvičkách s kapátkem a v jiných podobných formách kapalných nebo sypkých výrobků určených k příjmu v malých odměřených množstvích.“ (Státní zemědělská a potravinářská inspekce, 2018).

5.3.2 Vnitrostátní právní předpisy

V České republice doplňky stravy zastřešuje zákon č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. Tento zákon obsahuje i zpracované předpisy EU.

Zákon definuje doplňky stravy jako: „potravinu, jejímž účelem je doplňovat běžnou stravu a která je koncentrovaným zdrojem vitaminů a minerálních látek nebo dalších látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem, obsažených v potravine samostatně nebo v kombinaci, určená k přímé spotřebě v malých odměřených množstvích.“

V paragrafu 3 povinnosti provozovatelů a potravinářského podniku zákon nařizuje např.:

- jde-li o potravinu uváděnou na trh na území České republiky, uvádět povinné informace o potravinách stanovené v právních předpisech v českém jazyce
- potraviny určené pro zvláštní výživu a doplňky stravy uvádět na trh pouze balené
- před uvedením doplňku stravy na trh, zaslat MZe jeho označení včetně povinných informací, které budou uvedeny na etiketě (kontrola skutečného složení nebo účinnosti se neprovádí, uvádí SZPI) (ČESKO, 2010-2018).

Legislativa je dále upravena vyhláškou č.225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. Paragraf 2 definuje požadavky na složení. Doplňky stravy mohou obsahovat vitamíny, minerály, další látky a jejich formy, které jsou uvedeny v přílohách vyhlášky. Je zakázáno přidávat omamné, psychotropní látky, prekursory zakázaných látek, které jsou taktéž uváděny v příloze. V paragrafu 3 jsou uváděny požadavky

na označování doplňků stravy, které musí zároveň splňovat požadavky uvedené v zákoně a ve zvláštním právním předpise (Vyhláška č. 113/2005 Sb., o způsobu označování potravin a tabákových výrobků, ve znění pozdějších předpisů). Takové předpisy zahrnují např.:

- v názvu potraviny slovo „doplňek stravy“
- název vitaminů, minerálních látek nebo dalších látek charakterizujících výrobek
- číselný údaj o množství vitaminů, minerálních látek nebo dalších látek vztažený na doporučenou denní dávku v definovaných jednotkách
- obsah vitaminů a minerálních látek i v procentech doporučené denní dávky
- doporučené denní dávkování a popřípadě další podmínky použití
- varování před překročením doporučeného denního dávkování
- upozornění, aby byly výrobky uloženy mimo dosah dětí
- upozornění, že doplňky stravy nejsou náhradou pestré stravy
- upozornění „Nevhodné pro těhotné ženy“ u doplňků stravy obsahujících více než 800 µg vitamínu A v denní dávce (ČESKO, 2010-2018).

Obsažené složky, které nejsou evidovány pro využití v doplňcích stravy před 15. 5. 1997, kdy nastala platnost nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 258/1997 o potravinách nového typu a složek potravin nového typu, podléhají schválení EU. Pokud se daná složka běžně vyskytovala na trhu před rokem 1997 v některé z členských zemích, je možné uvádět, že se jedná o doplňek stravy. Při nesplnění podmínek se takový výrobek řadí do kategorie potraviny nového typu, která podléhá jiným právním předpisům (Winklerová, 2008).

S novým rokem 2018 vyšla v platnost novela tohoto zákona: Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU 2015/2283 o nových potravinách. V České republice posuzování potravin nového typu řídí MZe. Do této kategorie spadá např. šťáva „noni“, lykopen produkovaný plísní nebo izomaltulóza (Kršková, 2015).

Označování doplňků stravy se taktéž řídí legislativou. Nejdůležitějšími podmínkami jsou:

- zákaz prisuzování vlastností léčebného nebo preventivního charakteru
- zákaz tvrzení uvádějící, že běžná vyvážená strava neposkytuje dostatek vitaminů a minerálních látek
- jakákoliv zdravotní a léčebná tvrzení se smí uvádět pod podmínkami, které nařizuje EU

Doplňky stravy se běžně prodávají v lékárnách a některá tvrzení a doporučení na obalech mohou být zavádějící. Z toho důvodu Státní ústav pro kontrolu léčiv řeší některé případy doplňků stravy, které se nachází na hranici ve vztahu k léčebným přípravkům (Státní zemědělská a potravinářská inspekce, 2018).

5.4 Doplňky stravy bílkovinného charakteru

Doplňky stravy bílkovinného charakteru zahrnují několik rozdílných přípravků z různých kategorií účinku. V této kapitole jsou popsány jen některé vybrané, a to zpravidla ty nejpoužívanější, jako např. proteinové doplňky, větvené AMK (BCAA), kreatin a HMB (β -hydroxy- β -methylbutyrát).

5.4.1 Proteinové doplňky

Jak bylo zmíněno v předešlých kapitolách, množství přijatých bílkovin je pro sportovce jednou ze základních podmínek svalového a silového rozvoje. Zvýšené nároky na jejich příjem mohou být kryty pouze bílkovinnou stravou (maso, vejce, mléko, mléčné výrobky, sója...), ale ve sportovní výživě se i často doporučuje také použití proteinového doplňku, který je pro sportovce časově méně náročný než příprava samotného jídla, navíc obsahuje všeobecně významně menší množství tuků a sacharidů, které se odvíjí od složení konkrétního přípravku (Mach, 2012).

Proteinové doplňky výživy též bílkovinné koncentráty či ve zkratce pouze „proteiny“ se začaly používat v druhé polovině 20. století, kdy se postupem času vědci začali zaměřovat na jednotlivé AMK a jejich potencionální anabolické účinky (Vilikus et al., 2012).

V dnešní době jsou nejoblíbenější a nejrozšířenější formou proteinové prášky, které lze rozdělit podle obsahu bílkovin na kategorie, jež jsou znázorněny v Tabulce 10 (Mach, 2017).

Tabulka 10. Rozdělení proteinových doplňků podle obsahu bílkovin (Mach, 2017)

| Kategorie | Obsah bílkovin |
|---------------------------------|----------------|
| Gainery | 10–30 % |
| Sacharidovo – proteinové nápoje | 30–50 % |
| Proteiny výkonnostní | 50–65 % |
| Proteinový koncentrát | 65–90 % |
| Proteinový izolát | 90–99 % |

Phillips (2011) uvádí, že druh proteinu, jeho kvalitativní hodnota, zejména pak z hlediska zastoupení AMK, konkrétně leucinu a doba jejich trávení má po tréninku zásadní vliv na míru stimulace proteosyntézy. Nejvhodnější jsou tedy vysoce kvalitní, rychle stravitelné bílkoviny s vysokým obsahem leucinu např. syrovátkový protein.

V randomizované, dvojitě zaslepené a placebem kontrolované studii podle Herda et al. (2013) došlo u 5 skupin z celkového počtu 100 respondentů ke stejným svalovým a silovým zlepšením. Porovnávala se intenzita silového zatížení s různým použitím proteinových přípravků před i po tréninku. Vzhledem k tomu, že nebyl harmonizován celkový příjem bílkovin, nedošlo k plnému využití teoretického potenciálu suplementace (Herda et al., 2013)

V zajímavé studii podle Negro et al. (2014) by mohla mít konzumace hovězího masa po tréninku srovnatelný účinek na svalovou hypertrofii, jako proteinový doplněk. Z tohoto důvodu zvolili po tréninku u 12 respondentů jídlo v podobě 135 g libového konzervovaného hovězího masa, které obsahovalo 20 g bílkovin a 1,7 g tuku. Kontrolní skupina skládající se z 14 respondentů nekonzumovala nic. Tréninkový program trval 8 týdnů s tréninky 2x týdně a celkovým příjmem bílkovin 1 g/kg. Výsledky studie neprokázaly významné rozdíly mezi skupinou konzumující hovězí maso a mezi skupinou, která po tréninku nekonzumovala nic. Z toho plyne, že se suplementace proteinovými doplňky po tréninku zdá být výhodnější oproti konzumaci hovězího masa. Avšak, jak sami autoři uvádí, hlavní příčinou negativních výsledků studie se zdá být nedostatečný celkový příjem bílkovin a nedostatečný počet tréninkových jednotek spolu s problematikou mnohonásobně delšího trávení hovězího masa (Negro et al., 2014).

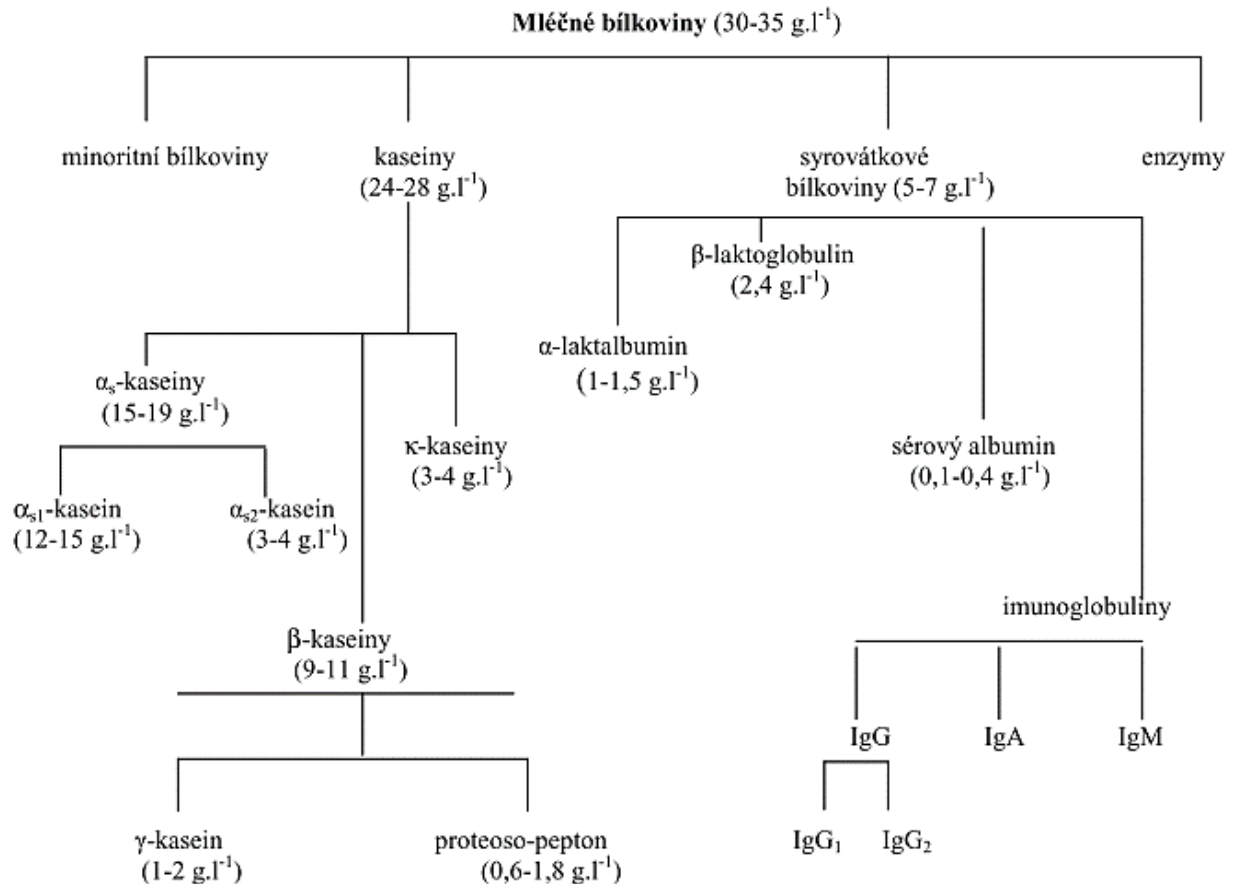
5.4.1.1 Významné živočišné zdroje bílkovin pro výrobu proteinových přípravků

Bílkoviny živočišného původu jsou všeobecně uznávány jako kompletní či plnohodnotné v důsledku většího a úplnějšího aminokyselinového spektra. Základními zdroji jak v potravě, tak pro výrobu proteinových doplňků jsou vejce, mléko (syrovátka a kasein) a maso (červené, drůbeží a rybí) (Hoffman et Falvo, 2004).

5.4.1.1.1 Mléko

Mléko je výměšek mléčné žlázy a je základem ve výživě savců. Po porodu je prvotním zdrojem jak potravy samotné, tak je i významným zdrojem bílkovin. Hlavní složkou mléka je voda a sušina, která obsahuje laktózu, enzymy, hormony, vitamíny, minerální látky a v neposlední řadě i bílkoviny (Navrátilová et al., 2012).

Obsahuje širokou škálu různých druhů bílkovin. Pokud se nejedná o lidské mateřské mléko, na jednotlivém množství zastoupených látek se z velké části podílí zejména druh zvířat (kravské, kozí, buvolí, ovčí ...). Pro lidskou spotřebu je hlavním zdrojem kravské mléko, kde jsou majoritními bílkovinami syrovátkové bílkoviny a kasein (Walstra et al., 2006). Základní dělení mléčných bílkovin je vyobrazeno v Obrázku 8 (Navrátilová et al., 2012).



Obrázek 8. Rozdělení mléčných bílkovin (Navrátilová et al., 2012)

5.4.1.1.1 Kasein

Kasein tvoří v mléce asi 80 % z celkového obsahu bílkovin a vyskytuje se ve formě micel (Hoffman et Falvo, 2004).

Kaseinová micela se skládá ze čtyř druhů kaseinů: α_{S1} -, α_{S2} -, β - (složen z γ -kaseinu a proteoso-peptonu) a κ -kasein. Frakce κ -kaseinu je významná z toho důvodu, protože se nesráží v přítomnosti vápenatých iontů. Vytváří tak odolné pouzdro pro ostatní kaseiny vůči srážení. Jako jediný obsahuje sacharidovou složku a sirmé AMK (Walstra et al., 2006)

Vazba κ -kaseinu se rozpadá působením syřidla (chymozinu) a ostatní kaseiny jsou uvolněny do roztoku, kde se vlivem vápenatých iontů srazí a vytvoří nerozpustnou sraženinu, která je potřebná při výrobě sýrů, tzv. sladké srážení. Dalším typem je kyselé srážení, kdy k narušení κ -kaseinu dochází vlivem změny pH pod izoelektrický bod 4,6 (výroba jogurtů). U obou případů dochází ke koagulaci a oddělení syrovátky, avšak sladké srážení je pro získávání syrovátky významnější, jelikož odlučování syrovátky od sýřeniny během synereze je podstatně větší (Navrátilová et al., 2012).

Micelární kasein ve formě proteinového prášku je oblíben u sportovců především díky jeho vlastnosti, kterou je pomalé vstřebávání. V žaludku je vlivem nízkého pH chlorovodíkové kyseliny kasein vysrážen ve formě pevného gelu (sraženiny), která je schopna zajistit trvalé a pomalé uvolňování AMK do krevního oběhu. Trávení kaseinu a následné vstřebávání AMK může trvat až několik hodin a v důsledku toho zlepšuje zadržování a využití dusíku tělem (Hoffman et Falvo, 2004).

5.4.1.1.1.2 Syrovátka

Syrovátka je tekutina zeleno-žluté barvy, někdy dokonce i namodralé. Barva je závislá na typu a kvalitě mléka použitého pro výrobu (Yasmin et al., 2013).

Při procesu sladkého srážení mléka se od sebe oddělují dvě složky. Vlivem synereze vyvstává na povrch sýřenina (základní gel pro výrobu sýra) a zároveň se odděluje kapalina – syrovátka a její bílkoviny, které tvoří 20 % z celkového množství v mléce (Hoffman et Falvo, 2004).

Je tedy vedlejší produktem výroby sýrů, tvarohů a kaseinu. Dnes je jako vedlejší produkt vysoce ceněná, díky obsahu vysoce nutričně kvalitních složek, ale v dřívějších dobách se považovala za odpadní produkt a využívala se např. jako hnojivo, popřípadě byla likvidována jako odpad (Onwulata et Huth, 2008).

Syrovátkové bílkoviny jsou hydrofilní koloidy a mají globulární charakter. Konkrétně se jedná o β -laktoglobulin, α -laktalbumin, imunoglobuliny, bovinní sérový albumin, laktoferin, laktoperoxidasu a glykomakropeptidy (Zadrazil, 2002). Jejich vyšší nutriční hodnota je dána především vysokým obsahem cysteinu (Navrátilová et al., 2012).

Syrovátka je tedy ideální surovinou pro výrobu proteinových doplňků. Existují tři hlavní formy dle různých způsobů zpracování. Rozdělují se na sušenou syrovátku, syrovátkový koncentrát a syrovátkový izolát. Samotná sušená syrovátka obsahuje vysoké procento laktózy

a celkový obsah bílkovin v porovnání s ostatními není tak velký a své využití nachází především jako aditivum v potravinářských výrobcích (Hoffman et Falvo, 2004).

Přehled jednotlivých druhů syrovátkových proteinů uvádí Tabulka 11. V tabulce by mohl být zahrnut i syrovátkový hydrolyzát (Whey Protein Hydrolysate – WPH) jedná se o enzymaticky naštěpený protein, avšak jeho celkový obsah bílkovin, laktózy a tuku se odvíjí od konkrétního typu (Mach, 2017).

Tabulka 11. Rozdělení syrovátkových proteinů (Mach, 2017; Geiser, 2003)

| Zkratka | Anglický a český název | Bílkovina | Laktóza | Tuk |
|---------|---|-----------|---------|---------|
| WP | Whey Powder (Sušená syrovátka) | 11–14,5 % | 63–75 % | 1–1,5 % |
| WPC | (Whey Protein Concentrate) Syrvátkový koncentrát | 25–89 % | 10–55 % | 2–10 % |
| WPI | (Whey Protein Isolate) Syrvátkový izolát | 90 % + | 0,5 % | 0,5 % |

Syrvátkový koncentrát je charakteristický obsahem bílkovin od 25–89 %, komerčně prodávány se nejčastěji vyskytuje v rozmezí 60–80 %. Pokud přípravek obsahuje nad 90 % bílkovin, nazývá se syrovátkový izolát (Hayes et Cribb, 2008).

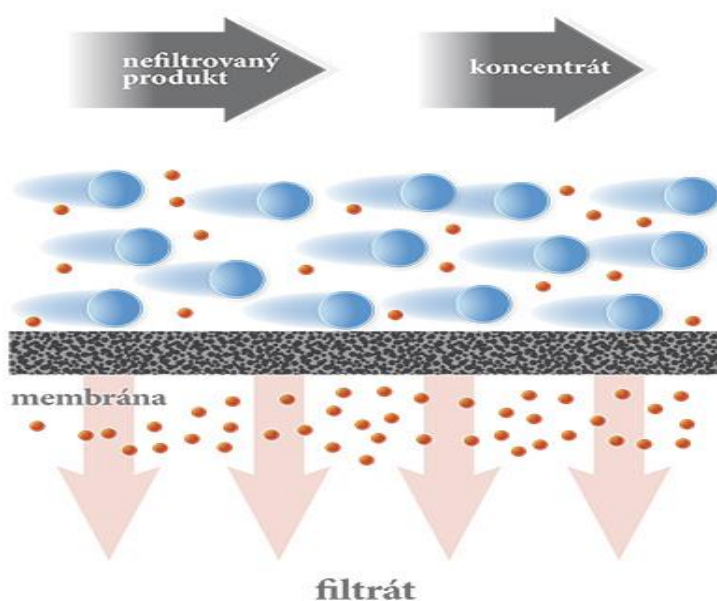
Na obalech proteinových prášků se někdy vyskytují i další zkratky, které označují proces zpracování syrovátky. Nejčastěji se využívá tzv. membránová filtrace, která se dále rozděluje na mikrofiltraci, ultrafiltraci, nanofiltraci, reverzní osmózu a elektrodialýzu. Filtrace probíhá přes membrány, které se od sebe odlišují velikostí pórů. Daná velikost pórů určuje, které částice budou zachyceny (retentát) a které membránou projdou (permeát = filtrát) (Onwulata et Huth, 2008).

Pro výrobu WPC a WPI je nejdůležitější ultrafiltrace a průtoková mikrofiltrace. Nejpoužívanější je mikrofiltrace se zkříženým průtokem přes keramické filtry (Cross-flow microfiltration; CFM) znázorněna v Obrázku 9 (Vilikus et al., 2012).

Je to účinný a energeticky úsporný proces, který dokáže separovat kaseinové micely a syrovátkové bílkoviny se zanedbatelným množstvím laktózy a tuku. Mikrofiltrace je první fází a jde o předběžnou úpravu syrovátky, po které následuje již samotná ultrafiltrace (Rezaei et al., 2011).

Řadí se mezi nejkvalitnější a probíhá za nízkého tlaku a teploty, při které se oddělují proteinové frakce ve stejném poměru, jako se nachází v originální surovině. Takto upravená syrovátka je tedy tělu přirozená (Vilikus et al., 2012).

Méně používaná je čistě průtoková mikrofiltrace, při které je syrovátka nastříkována na membránu pouze jedním směrem a z tohoto důvodu postupem času dochází k mírnému ulpívání některých frakcí bílkovin na membráně, které vytvoří určitou vrstvu nazývanou jako „mrtvý konec“ (dead end) o kterou je výsledný filtrát ochuzen (Česká membránová platforma o.s., 2015).



Obrázek 9. Cross – flow mikrofiltrace neboli filtrace se zkříženým tokem (https://filtrace.com/obrazky/princip_crossflow_filtrace.jpg)

Hydrolyzát někdy též nazývané „hydro“ je proteinový prášek, který je již z části rozštěpen na peptidy (Mach et Borkovec, 2013). Štěpení probíhá nejčastěji enzymatickou hydrolyzou, která způsobí „předtrávení“ proteinového prášku. Tento proces napomáhá následnému trávení v organismu a urychluje tak jeho vstřebávání. Proces hydrolyzy však u těchto přípravků způsobuje typicky hořkou chuť, která může být pro některé konzumenty nepřijatelná (Manninen, 2006). Na míru hořkosti mohou mít vliv i výrobní podmínky. V dnešní době je však snaha tuto vlastnost eliminovat pomocí nových inovací v biotechnologiích výroby (FitzGerald et O'Cuinn, 2006).

5.4.1.1.2 Maso

Maso jako jedna ze základních potravin tvoří důležitou součást stravy sportovce vyjma vegetariánů a veganů. Libové jehněčí, hovězí, drůbeží a rybí maso jsou přirozenými zdroji vysoce vstřebatelných bílkovin podporující svalový růst (Mach et Borkovec, 2013).

Hovězí maso je vysoce kvalitní zdroj plnohodnotných bílkovin, přitom poměr jednotlivých AMK je podobný poměru AMK v lidském kosterním svalu (Negro et al., 2014).

Maso je nejen skvělým zdrojem bílkovin, ale zároveň je i skvělým zdrojem mikroživin, konkrétně železa, zinku a vitamínu B12 a B6 (Krebs, 2007).

Všeobecně je u silových sportovců kladen důraz na dostatečný příjem bílkovin ve formě masa a tato skutečnost vedla výrobce sportovních doplňků k nápadu vyrobit proteinový prášek právě z něj. Vysoce uznávané hovězí maso se stalo „tahákem“ na zákazníky, protože řada doplňků používala slogany jako: „Hovězí steak v prášku. Vysoce kvalitní hovězí protein. Vysoké procento bílkovin hovězího masa“. Nastal však problém s jeho kvalitou. Jelikož výrobci uváděli na etiketě hovězí bílkovina, ale převážnou část doplňku stravy tvořil kolagen, což je hovězí bílkovina, která se v mase vyskytuje přirozeně, ale v mnohem menším množství (Caha, 2014; Cecetka, 2015; Nalewanyj, 2015; SZPI, 2014).

Zajímavé je, že hodnota PDCAAS kolagenu je nulová, protože v kolagenu zcela chybí tryptofan a pokud by bílkovinné směsi obsahovaly přidaný tryptofan, tak by se hodnota kolagenu zvedla jen na pouhých 0,39 (Phillips, 2016).

Jedná se relativně o nový druh proteinového prášku, který nebyl ještě zcela prozkoumán a o jeho užívání a účinku se vedou sporné diskuze.

5.4.1.1.3 Vejce

Vejce jako potravina měla v předešlých letech špatnou pověst díky vyššímu obsahu celkového cholesterolu na jedno vejce. Jedno vejce totiž obsahuje přibližně 210 mg celkového cholesterolu a doporučená denní dávka je 300 mg cholesterolu. Tento mýtus byl však již pomocí vědeckých studií vyvrácen a je potvrzeno, že u většiny lidí má vaječný cholesterol velice malý vliv na výslednou hodnotu krevního cholesterolu (Clark, 2009).

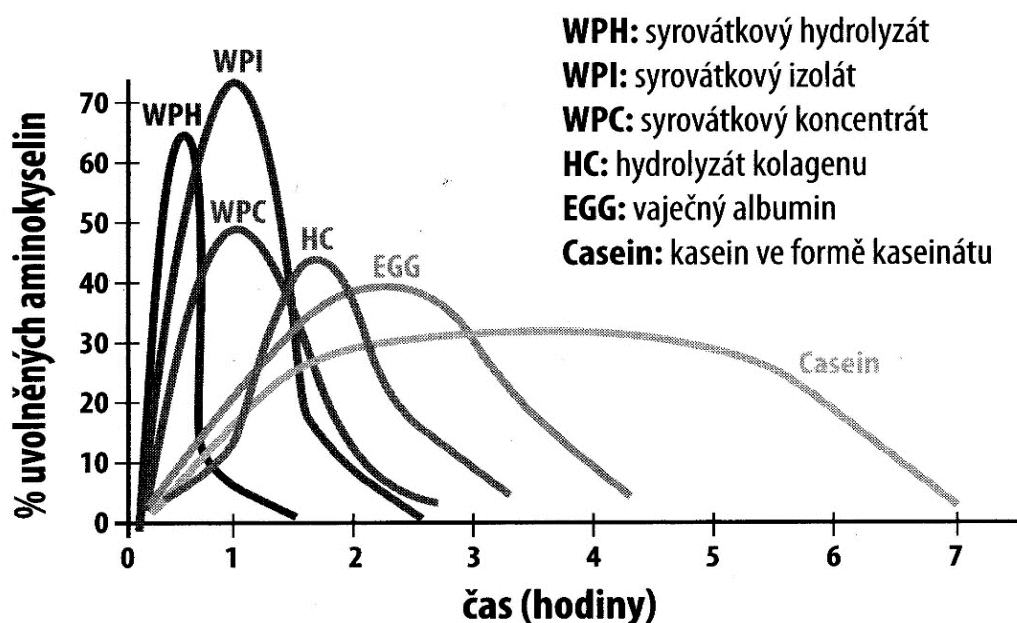
Bílkoviny ve vejci tvoří zhruba 13 % z celkového objemu vejce. Rozdělují se na bílkoviny žloutku a bílku. Ve vaječném bílku se nachází převážně ovoalbumin, ovotransferin, ovomucoid, ovoglobuliny, lysozym a další (Jahan-Mihan et al., 2011). Z toho je nejkvalitnější albumin, který zároveň patří k nejstravitelnějším bílkovinám (Skolnik et Chernus, 2011).

Ve žloutku se nacházejí bílkoviny ve formě lipoproteinů, fosfoproteinů a glykoproteinů (ovoviteliny, ovolivetiny a fosvitiny) (Jahan-Mihan et al., 2011).

Navíc jsou vejce bohatá na větvenou aminokyselinu leucin (Skolnik et Chernus, 2011), dále obsahují cholin, antioxidanty na bázi luteinu a zeaxanthinu. Díky jejich skvělé nutriční hodnotě jsou ve stravě sportovců oblíbenou potravinou, a také existuje velké množství kulinárních úprav, což oblíbenost vajec ještě zvyšuje (Jäger et al., 2017).

Vaječný protein je ve formě doplňku považován za nejkvalitnější zdroj bílkovin, ale v porovnání s ostatními je poměrně drahý a méně dostupný. Z tohoto důvodu jeho popularita částečně klesla (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010).

V porovnání s ostatními je jeho rychlost vstřebávání nižší, není však nejpomalejší, toto místo zaujímá kasein. Přehled rychlostí vstřebávání jednotlivých proteinových doplňků je znázorněn v Obrázku 10. Na výši stimulace proteosyntézy po tréninku má vliv množství a kvalita proteinu. Z toho pohledu je syrovátka na prvním místě. Nejrychleji uvolňuje jednotlivé AMK do krve, a tak nejsilněji stimuluje proteosyntézu. Záleží však na konkrétních cílech cvičence a na tom, co od konkrétního proteinového přípravku očekává. Pokud bude chtít doplnit bílkoviny pozvolna např. na večer, bude vhodnější použít micelární kasein (Pennings et al., 2011)



Obrázek 10. Rychlost vstřebání jednotlivých proteinových přípravků (Mach, 2017)

5.4.1.2 Významné rostlinné zdroje bílkovin pro výrobu proteinových přípravků

Rostlinné zdroje bílkovin mohou poskytovat pestré a nezbytné aminokyselinové spektrum, pod podmínkou vhodné kombinace dvou a více zdrojů rostlinného původu. Mezi oblíbené zdroje patří luštěniny, ořechy a sója, která našla široké uplatnění ve formě rostlinných analogů masa např. tofu. Ve formě potraviny jsou to zdroje nízkotučné a nízkokalorické a poskytují řadu dalších živin (fotochemikálie a vláknina), avšak zastoupení bílkovin v rostlinných zdrojích na 100 g potraviny je oproti živočišným zdrojům podstatně nižší. Proto je potřeba konzumovat větší objem těchto potravin na pokrytí bílkovinných potřeb (Hoffman et Falvo, 2004).

Rostlinné proteinové izoláty jsou však dobrým zdrojem bílkovin u sportujících vegetariánů či veganů, u kterých je znám celkový nižší příjem bílkovin, jenž se u sportovců tohoto životního stylu ještě víc prohlubuje (Fuhrman et Ferreri, 2010). Dále jsou vhodnou variantou pro lidi s alergií na mléko (Minevich et al., 2015).

Sójový protein je komplexní protein extrahovaný ze sójových bobů, který je dostatečným zdrojem esenciálních AMK (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010).

Sójové doplňky lze jako u syrovátky rozdělit do tří kategorií. Sójová mouka je vyrobena z pražených sójových bobů namletím. Existují plnotučné, odtučněné či lecitinové varianty s 50% obsahem bílkovin. Sójový koncentrát je vyroben z odtučněných sójových vloček a obsahuje okolo 70 % bílkovin (Hasler, 2002) a kolem 23 % vlákniny, která může být příčinou žaludečního diskomfortu při konzumaci před tréninkem (Skolnik et Chernus, 2011).

Sójový izolát obsahuje nejvíce rafinovanou a nejvíce stravitelnou formu sóji, která obsahuje 90 % bílkovin (Hasler, 2002).

V porovnání se syrovátkovým proteinem studie prokázaly, že oba mohou přispět k nárůstu tukuprosté hmoty, ale v porovnání sója a mléko, popřípadě kombinace syrovátky a kaseinu ve formě doplňku se zdá být účinnější pro stimulaci proteosyntézy právě syrovátka v kombinaci s kaseinem. Je tomu pravděpodobně proto, protože kasein chrání svaly proti odbourávání svalových bílkovin, a tak je výsledný efekt účinnější (Skolnik et Chernus, 2011).

Konopný protein se získává ze semene konopí, které celkově obsahuje 33–35 % oleje (House et al., 2010) a okolo 25 % bílkovin (Wang et al., 2008). Zpracovává se na konopnou mouku, popřípadě na konopný koncentrát či izolát. Stravitelnost konopného proteinu i ostatních rostlinných proteinů může být ovlivněna přítomností antinutričních látek, či vysokotepelným

zpracováním. Je dobrým zdrojem argininu a po odstranění antinutričních látek a vlákniny je jeho stravitelnost vyšší (House et al., 2010).

Hrách obsahuje celkově okolo 24–25 % bílkovin (Owusu-Ansah et McCurdy, 2009) s celkovou převahou globulinů (legumin a vicilin) a albuminů (Lam et al., 2016). Výsledný obsah dusíku v hrachu je ovlivněn jeho množstvím v půdě i množstvím a druhem použitého hnojení. Stejně jako u ostatních proteinů, lze i hrachový zpracovat na hrachovou mouku, hrachový koncentrát a hrachový izolát (Owusu-Ansah et McCurdy, 2009). Má vysoký obsah lysinu, ale naopak methionin a tryptofan bývají limitujícími AMK. Celkové aminokyselinové spektrum lze u koncentrátu/izolátu z luštěnin vylepšit kombinací s obilovinami (Lam et al., 2016).

V porovnání s ostatními rostlinnými zdroji obsahuje rýže v zrna nejméně bílkovin okolo 7–9 % (Shih et Daigle, 2000). Celkové bílkoviny se skládají ze 4 frakcí (glutelin 80 %, globulin 12 %, albumin 5 % a prolamin 3 %) (Ju et al., 2001).

Získané množství bílkovin alkalickou extrakcí se odvíjí od rýžového kultivaru a od stupně vymletí rýžového zrna. Z rýžové mouky lze získat proteinový koncentrát i izolát, kde je limitující AMK lyzin. Vhodná kombinace je se sójovým izolátem, kde je naopak limitující AMK methionin (Shih et Daigle, 2000).

Ve studii porovnáující 8týdenní suplementaci rýžového a syrovátkového proteinu došel Joy et al. (2013) k závěru, že mají úplně stejné výsledky ve vztahu ke stimulaci proteosyntézy. Pro tuto studii však použili dávkování 48 g proteinového prášku, kdy syrovátkový obsahoval 5,5 g leucinu a rýžový 3,8 g leucinu. Nejvyšší stimul pro nastartování proteosyntézy se pohybuje v rozmezí 2–3 g leucinu nebo 0,05 g/kg (bude více popsáno v kapitole níže). Z toho vyplývá, že dávka 48 g je silně nadhodnocena a z toho důvodu se rýžový protein vyrovnal syrovátkovému, ovšem při aplikaci standardní dávky 20–30 g proteinového prášku by byl rýžový protein v nevýhodě. Závěr tudíž ukazuje, že aby se rostlinné proteinové izoláty nebo koncentráty vyrovnaly mírou stimulace syrovátkovému proteinu, je potřeba konzumovat jejich vyšší množství (Joy et al., 2013)

Dalším řešením je i možnost vhodné kombinace rostlinných koncentrátů či izolátů v takovém poměru, aby se optimalizoval celkový poměr AMK spektra, a především množství leucinu (Phillips, 2016).

5.4.2 Vliv příjmu proteinových doplňků po tréninku

Po fyzickém výkonu je pro účinnou regeneraci nejdůležitější doplnění aminokyselinového poolu s následnou obnovou bílkovin. Důležité je i načasování jejich příjmu. Při silovém tréninku nedochází k velké redistribuci krve, jako u tréninku vytrvalostního, je tedy možné využít jejich suplementaci již prvních 30 minut po zátěži nebo dokonce již během tréninku (Vilikus et al., 2012).

Ve své práci Tipton et Phillips (2013) souhlasí, že tzv. „anabolické okno“ je největší několik hodin po tréninku, ale upozorňuje na skutečnost, že odpověď na odporový trénink může přetrvávat až 48 h po tréninku. Z toho důvodu je důležité se zaměřit na stravu celkově. Proteinový prášek okamžitě po tréninku slibuje největší účinek, ale pokud sportovec dokáže využít celé „anabolické okno“ sumační účinek za 48 h bude ve výsledku mnohem větší.

Byla provedena studie zabývající se vlivem proteinové suplementace na složení těla u basketbalových hráček, ve které bylo první skupině podáváno 24 g syrovátkového proteinu a kontrolní skupině 24 g maltodextrinu. Po dobu 8 týdnů hráčky absolvovaly 4x týdně anaerobní silový trénink. Výsledky ukázaly, že skupina užívající syrovátkový protein za tuto dobu nabrala 1,4 kg svalové hmoty, ztratila 1 kg tuku a zlepšila sílu v bench pressu a leg pressu na jedno opakování o 4,9 kg. Kontrolní skupina užívající maltodextrin nabrala 0,4 kg svalové hmoty, ztratila 0,5 kg tuku a zvýšila sílu o 2,3 kg. Celkové zhodnocení tedy hovoří jednoznačně ve prospěch proteinové suplementace, je však potřeba doplnit, že studie byla provedena pouze na 16 respondentkách. Jednalo se však o randomizovanou dvojité zaslepenou studii (Taylor et al., 2016).

Byla rovněž provedena meta-analýza z 22 placebem kontrolovaných klinických studií od roku 1995 do roku 2010, které zahrnovaly celkem 680 respondentů. Studie musely trvat minimálně 6 týdnů a zahrnovat informace jako množství tukuprosté hmoty, tuku, sílu na jedno maximální opakování apod. Zahrnuti byli mladí (<50 let) i starší jedinci (> 50 let), kteří konzumovali minimálně 1,2 g/kg bílkovin denně a trénovali minimálně 2 x týdně. U obou skupin byl pozorován pozitivní účinek suplementace bílkovin na svalový růst i zvýšení síly u dlouhodobého silového tréninku (Cermak et al., 2012).

Shodný výsledek potvrzuje i další meta-analýza, která vyhodnotila 32 anglicky psaných studií zveřejněných do roku 2013, které zahrnovaly sportovce ve věku od 18 do 50 let, kteří konzumovali bílkoviny nad 0,8 g/kg (Pasiakos et al., 2015).

Další meta-analýza zkoumala 23 studií, které obsahovaly 478 respondentů pro silové hodnocení a 525 respondentů pro hodnocení hypertrofie. Výsledkem byla pozitivní odezva

u obou případů a dále vědci zdůraznili, že celkový příjem bílkovin má mnohem větší prioritu, než přesné časové rozložení bílkovin před a po tréninku (Schoenfeld et al., 2013).

5.4.3 Větvené aminokyseliny BCAA

Větvené AMK tvoří okolo 1/3 proteinů obsažených ve svalech (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010)

Jako doplňky stravy se dají koupit jednotlivé AMK zvláště v různých formách tablet, prášků, sportovních nápojů atd. (Maughan et Burke, 2006).

Nejprodávanější a nejoblíbenější je kombinace rozvětvených esenciálních AMK, ke kterým se řadí valin, leucin a izoleucin neboli BCAA (branched-chain amino acids) (Jäger et al., 2017). BCAA jsou uznávány pro svoje anabolické a antikatabolické účinky a z tohoto důvodu se staly tak oblíbenými mezi sportovci (Vilikus et al., 2012).

Je to právě valin, leucin a izoleucin, které tělo využívá jako zdroj energie u dlouhotrvajícího tréninku při nedostatečném sacharidovém zásobení. Zpravidla převažuje rozklad leucinu (Skolnik et Chernus, 2011). Po aerobním tréninku, klesá hladina leucinu v plazmě o 11–33 %, po silovém tréninku o 30 % (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010).

Je známo, že vyvážené množství AMK stimuluje svalový anabolismus a studie navíc prokázaly, že klíčovou roli zastávají pouze esenciální AMK (Tipton, 1999; Børsheim et al., 2002; Volpi et al., 2003).

Výzkum se dále zaměřil konkrétně na BCAA, které jsou výjimečné, protože se nerozkládají v játrech, jako ostatní AMK (Greenwood et al., 2008).

Pozitivní vliv suplementace pouze směsí BCAA na svalový anabolismus byl v některých studiích prokázán, ale u dalších suplementace nevykazovala žádný účinek. Jejich účinek je tedy prozatím sporný (Greenwood et al., 2008). Avšak bylo dokázáno, že kombinace esenciálních AMK, konkrétně BCAA a proteinového přípravku, zvyšuje anabolický účinek víc, než samotná suplementace esenciálními aminokyselinami (Børsheim et al., 2004). Záleží však i na jejich množství v celkovém obsahu proteinového přípravku (Katsanos et al., 2008).

Průměrné hodnoty esenciálních AMK komerčně dostupných proteinových doplňků v g/100 g proteinu jsou uvedeny v Tabulce 12. Jednotlivé hodnoty se mohou lišit v závislosti na výrobci, a proto je potřeba si před koupí doplňku aminokyselinové spektrum zkontrolovat (Hulmi et al., 2015).

Tabulka 12. Průměrný obsah esenciálních AMK v různých typech proteinových doplňků – přeloženo (Hulmi et al., 2015).

| Esenciální AMK | Mléčný izolát | Syrovátkový izolát | Syrovátkový hydrolyzát | Kasein | Sójový izolát | Vaječný protein |
|--------------------|---------------|--------------------|------------------------|-------------|---------------|-----------------|
| Isoleucin | 4,4 | 6,1 | 5,5 | 4,7 | 4,9 | 5,7 |
| Leucin | 10,3 | 12,2 | 14,2 | 8,9 | 8,2 | 8,4 |
| Lysin | 8,1 | 1,2 | 10,2 | 7,6 | 6,3 | 6,8 |
| Methionin | 3,3 | 3,3 | 2,4 | 3,0 | 1,3 | 3,4 |
| Phenylalanin | 5,0 | 3,0 | 3,8 | 5,1 | 5,2 | 5,8 |
| Threonin | 4,5 | 6,8 | 5,5 | 4,4 | 3,8 | 4,6 |
| Tryptofan | 1,4 | 1,8 | 2,3 | 1,2 | 1,3 | 1,2 |
| Valin | 5,7 | 5,9 | 5,9 | 5,9 | 5,0 | 6,4 |
| Celkem | 42,7 | 49,2 | 49,8 | 40,7 | 36,0 | 42,3 |
| z toho BCAA | 20,4 | 24,2 | 25,6 | 19,5 | 18,1 | 20,4 |

5.4.3.1 Leucin

V pokročilém výzkumu BCAA se začíná ukazovat vyšší význam leucinu, protože se účastní hned v několika metabolických procesech a je mimo jiné, regulátor iniciující translaci v procesu proteosyntézy, a také slouží jako donor dusíku pro produkci alaninu a glutaminu (Norton et Layman, 2006).

Sportovci nejuznávanějším významem je jeho vliv při stimulaci proteosyntézy, a proto by měl být kladen důraz na jeho obsah v případě kolísavé stimulace proteosyntézy po tréninku, dokonce více než na celkový obsah esenciálních AMK (Phillipsa, 2016; Glynn et al., 2010; Dreyer et al., 2008; Anthony et al. 2001).

Nejvyšší stimulaci leucin poskytuje v množství od 2–3 g, popřípadě v množství 0,05 g/kg tělesné hmotnosti (Joy et al., 2013).

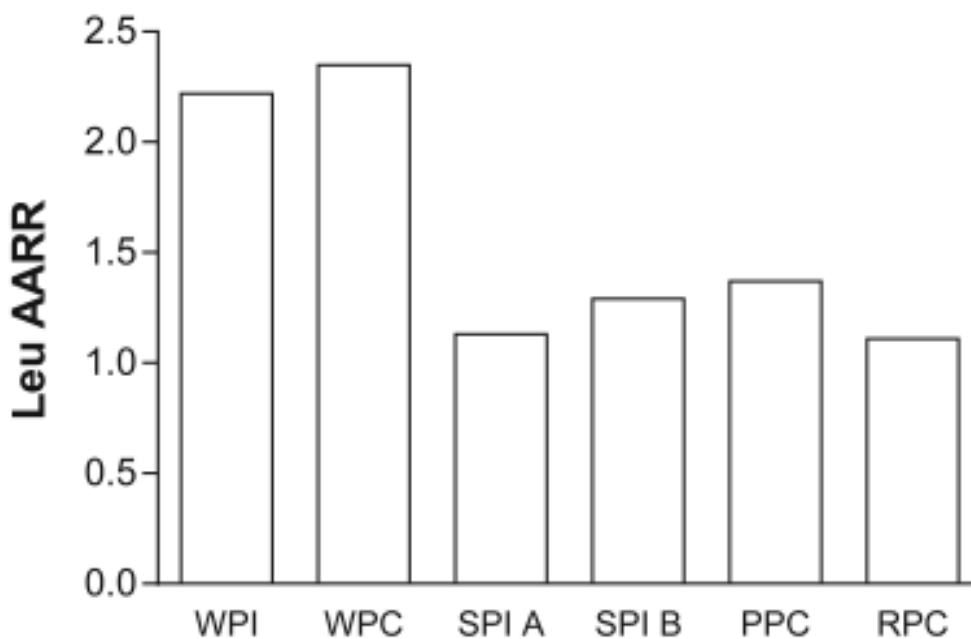
Vliv leucinu na stimulaci proteosyntézy po tréninku zkoumal i Churchward-Venne et al. (2014), kdy byl 40 mužům po tréninku podávány různé mixy proteinového nápoje a leucinu. Výsledek studie ukázal, že nízký příjem proteinového doplňku (6,25 g) byl stejně účinný, jako 25 g syrovátky, pod podmínkou, že celkový obsah leucinu v proteinovém doplňku byl 5 g. Je však nutné zdůraznit, že pouze syrovátka dokázala proteosyntézu udržet po delší dobu.

Suplementace samotným leucinem není tedy nutná, pokud sportovec používá dostatek kvalitního proteinového prášku s odpovídajícím množstvím leucinu (Churchward-Venne et al., 2012).

Obsah v jednotlivých přípravcích je do značné míry individuální, ale lze obecně říci, že živočišné doplňky obsahují na stejnou hmotnost v průměru vyšší obsah leucinu, konkrétně 8–11 %, oproti rostlinným zdrojům 6–8 %. Z toho plyne, že navýšením dávky rostlinných

doplňků, lze dosáhnout stejné hladiny leucinu jako u živočišných doplňků, ale je potřeba si uvědomit, že se zvýšenou dávkou rostlinného doplňku se zvyšuje celkový příjem bílkovin a roste i kalorická hodnota (Joy et al., 2013), což by např. ve výživě seniorů při doplňování leucinu nemuselo být optimální (Rieu et al., 2006).

Pro porovnání obsahu v komerčně dostupných zdrojích proteinu je v Obrázku 11 vyobrazen poměr obsahu leucinu mezi hodnotou ideálního proteinu pro člověka a obsahem leucinu v různých proteinových přípravcích. Zkratka AARR (amino acid reference ratio) značí již zmíněný poměr leucinu, WPI – whey protein isolate (syrovátkový izolát), WPC – whey protein concentrate (syrovátkový koncentrát), SPI – soy protein isolate (sójový proteinový izolát), PPC – pea protein concentrate (hrachový koncentrát), RPC – rice protein concentrate (rýžový koncentrát) (Phillips, 2016).



Obrázek 11. Obrázek 11. Leucinový poměr AARR mezi jednotlivými komerčně dostupnými proteinovými doplňky (Phillips, 2016)

5.4.4 Kreatin

Z chemického hlediska se jedná o N-methylguanidinoctovou kyselinu, která je známější pod triviálním názvem jako kreatin (Maughan et Burke, 2006).

Slovo kreatin nachází svůj původ v řeckém slově „kreas“ neboli maso (Vilikus et al., 2012) a to z toho důvodu, protože maso je jeho největším zdrojem (1 kg masa obsahuje přibližně 5 g kreatinu) (Maughan et Burke, 2006).

Denní potřeba pro člověka je přibližně 2 g z čehož se polovina přeměňuje z AMK získaných potravou a druhá se syntetizuje z AMK zejména v ledvinách (Vilikus et al., 2012). Okrajově se syntetizuje i v játrech, slinivce břišní a v dalších tkáních (Maughan et Burke, 2006). Endogenní kreatin se tvoří převážně z argininu, glycinu a methioninu (Vilikus et al., 2012) a při nadměrném příjmu stravou je jeho syntéza v těle utlumena (Maughan et Burke, 2006).

Objevitelem kreatinu byl roku 1832 francouzský vědec Michael Eugene Chevreul, avšak jeho funkce v těle byla popsána dalším vědcem až o 15 let později (Grande et Graves, 2005).

První vědecká studie zaměřující se na kreatinovou suplementaci vyšla už v roce 1992 (Harris et al., 1992). Téhož roku po Olympijských hrách v Barceloně se kreatin stal velice populárním doplňkem a roku 1997 se jen v USA prodalo nad 300 000 kg této látky (Maughan et Burke, 2006; Close et al., 2016).

Uplatnění nachází především v silově-rychlostních sportech, jako je vzpírání, posilování, veslování, a dokonce i při sprintech (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010).

Přibližně 95 % kreatinu z celkového množství v těle koluje v krevním řečišti, aby byl následně uložen ve svalech, srdeční svalovině a v dalších tělesných buňkách (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010).

Během vzpírání, zvedání zátěže a dalších anaerobních aktivit se k produkci energie využívá ATP-CP systém (adenosintrifosfát–kreatinfosfát), který napomáhá kontrakci svalů a generuje sílu pro vzpírání a zvedání břemen. ATP-CP systém je důležitý pro produkci rychlé (explozivní) energie uvnitř svalu. Kreatin jako výživový doplněk poskytuje více této látky využívané při generování právě tohoto typu energie (Skolnik et Chernus, 2011), je tak jedním z nejdůležitějších přírodních doplňků pro silové sportovce. Byl dlouhodobě sledován a měřen v mnoha studiích a jedná se tak o nejprozkoumanější doplněk stravy (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010; Mach et Borkovec, 2013).

Kreatin podporuje hlavně růst svalové hmoty, dále zvyšuje svalovou vytrvalost a sílu. Působí buď přímo na proteosyntézu, zvyšuje glykogen a fosfokreatin, urychluje expresi endokrinních a růstových faktorů, anebo působí nepřímo tím, že umožňuje delší a větší objem tréninku (Rawson et Persky, 2007; Kreider, 2003).

Nejčastěji se užívá čistý práškový kreatin monohydrát, popřípadě je součástí různých mixů či tyčinek (Buford et al., 2007). Vhodná je kombinace se sacharidy, kdy se účinek kreatinu maximalizuje (Kleiner et Greenwood-Robinson, 2010).

Ve svalech je množství CP přibližně 3–4 x větší, než množství ATP (okamžitý zdroj energie pro svalovou kontrakci). Při spotřebě ATP (kontrakci svalu) dochází k hydrolýze a vniká ADP (adenosindifosfát), uvolňuje se fosfát a energie. V tuto chvíli se zapojuje CP

a zpětně regeneruje (refosforyluje) ADP na ATP + se uvolňuje kreatin. Celý děj je katalyzován za účasti enzymu kreatinkinázy (Maughan et Burke, 2006).

U 32 trénovaných mužů se výzkum zaměřil na izometrickou sílu v bench-pressu. Jednalo se o dvojitě zaslepenou placebem kontrolovanou studii. Kreatinová skupina užívala 20 g kreatinu + 180 g dextrózy a placebo skupina užívala pouze 200 g dextrózy po dobu 5 dní. Z kreatinové skupiny byli následně vyřazeni 4 muži, u kterých nebyl zaznamenán nárůst kreatinu ve svalech, ostatních 17 respondentů úspěšně test dokončilo a závěr studie potvrdil výrazně větší nárůst svalové hmotnosti a zvýšení maximální síly u skupiny užívající kreatin (Kilduff et al., 2002).

Kreatinovou suplementací a její vliv na sílu horních končetin prověřila meta-analýza zkoumající celkem 53 studií (563 respondentů s kreatinem a 575 respondentů v kontrolní skupině). Výsledek byl pozitivní pro kreatinovou suplementaci u silových cviků v horních končetinách s dobou pod napětím méně než 3 minuty (Lanhers et al., 2017).

Vliv na sílu dolních končetin u profesionálních fotbalových hráčů zkoumala ve dvojitě zaslepené, placebem kontrolované studii skupina vědců z Brazílie. Celkem 14 hráčů se podrobilo 7týdennímu testu, kdy kontrolou byla síla odrazu a výška skoku po tréninku. Intenzivní silový trénink v přípravné sezóně působil na výšku a sílu skoku u skupiny užívající placebo dokonce mírně negativně a u skupiny užívající 20 g kreatinu na den byla síla a výška skoku o trochu vyšší. Doplnování kreatinu monohydrátu může tedy sloužit jako prevence proti snížení síly odrazu dolních končetin u fotbalových hráčů v předpřípravné sezóně (Claudino et al., 2014).

Krátkodobá suplementace (5–7 dní) dávkou 20 g/den vedla ke zvýšení celkového obsahu kreatinu o 10–30 % a zásoby CP se zvýšily o 10–40 % (Kreider, 2003).

Krátkodobé užívání a jeho vliv na maximální izokineticickou sílu potvrdila další dvojitě zaslepená studie, kdy byl zaznamenán pozitivní efekt při užívání 9 g/den po dobu 5–6 dní u 8 dobře trénovaných silových trojbojařů oproti 5 trojbojařům užívající pouze placebo (Rossouw et al., 2000).

Vliv krátkodobé suplementace kreatinem na zvýšení anaerobní kapacity byl testován i u žen, kdy se po dobu 5 dní podávalo 20 g kreatinu ve 4 dávkách denně s 18 g dextrózy, druhá skupina užívala placebo. Suplementace vedla u žen ke zvýšení o 22,1 % (Eckerson et al., 2004).

Další studie zaměřená pouze na ženy, také zaznamenala zlepšení u kreatinové skupiny oproti placebo v anaerobní kapacitě, konkrétně horních končetin (Hamilton et al., 2000).

Většina studií používala dávku 20 g na den, ale dle některých autorů, je tato dávka silně nadhodnocena. Ve starší studii Hultman et al. (1996) uvádí, že užívání 20 g kreatinu na den

v délce jeden týden a pak následně udržovací fáze 2 g/den, která trvá dalších 30 dním zvýšila celkovou koncentraci kreatinu v těle o 20 %. Avšak další metoda, kdy se užívá po celou dobu 3 g kreatinu na den v delším časovém období, může být stejně účinná.

S tímto tvrzením souhlasí i vědci z American College of Sports Medicine kteří udávají, že dávka 20 g/den je nadměrná a stejné výsledky sportovec dosáhne i při konzumaci 3 g/den a zároveň ještě vyššího účinku kreatinu lze dosáhnout současnou konzumací dostatečného množství sacharidů (Terjung et al., 2000).

Negativní vliv na zdraví u dlouhodobého užívání kreatinu zkoumali vědci z USA na celkově 99 hráčích amerického fotbalu, kdy v závěru po 21 měsících bylo 44 hráčů rozřazeno do skupiny neužívající kreatin a do skupin užívající kreatin 15,75 g po dobu 5 dní a následně 5–10 g denně ($4,4 \pm 1,8$ měsíce, $n = 12$; $9,3 \pm 2,0$ měsíce, $n = 25$; $19,3 \pm 2,4$ měsíce, $n = 17$). Ve všech skupinách nebyly pozorovány rozdíly a zároveň nebyly zjištěny žádné negativní markery v krvi a moči sportovců. Dlouhodobé užívání kreatinu je tedy bezpečné (Kreider et al., 2003). To ve svém review potvrzuje i Gualano et al. (2012), který shrnul studie zabývající se negativním vlivem kreatinu na ledviny.

Neprokázaný negativní vliv řadou studií potvrzuje i Persky et Raeson (2007). Jsou pouze známy vedlejší účinky u některých lidí při vysokých dávkách kreatinu, jako jsou svalové křeče, gastrointestinální diskomfort a renální dysfunkce (Persky et Raeson, 2007; Tarnopolsky, 2010).

Suplementace kreatinem je diskutována i ve zdravotnictví, protože se ukazuje, že má možný pozitivní vliv na neuromuskulární a neurometabolické poruchy (Tarnopolsky, 2007) a má dokonce i neuroprotektivní vliv (Klein et Ferrante, 2007).

Ve své publikaci Mach (2012) upozorňuje na možný negativní vliv kofeinu na účinky suplementovaného kreatinu. Neúčinnost kreatinu při současném užívání kofeinu prokázal Vandenberghe et al (1996). Naopak při aplikaci kofeinu před tréninkem po pětidenní nasycovací fázi kreatinem došlo ke zvýšení vysokointenzivního cyklistického tréninku (Lee et al., 2011). Dále je možný antagonistický vliv kofeinu (působí diuretický) a kreatinu, který zavodňuje. Avšak většina různých autorů se nemůže shodnout na sporném vlivu a citují pouze tyto dvě studie. Zatím však nejsou známy další studie zabývající se tímto tématem. Jedna studie nemůže být považována za průkazný důkaz, a proto je tento vliv neprůkazný a je potřeba si kombinaci a následně její vliv osobně vyzkoušet a následně zhodnotit. Je však přínosné mít povědomí o možném antagonismu těchto dvou látek.

5.4.5 HMB (β -hydroxy- β -methylbutyrát)

Další významnou látkou je β -hydroxy- β -methylbutyrát neboli HMB. Jedná se o metabolit esenciální AMK z řady BCAA, konkrétně metabolit leucinu (Campbell et al., 2011).

HMB stimuluje syntézu svalových bílkovin v podobném rozsahu, jako samotný leucin. Dále zpomaluje rozpad svalových bílkovin, což naznačuje jeho anabolické a antikatabolické účinky, které jsou žádané ve sportovní výživě (Wilkinson et al., 2010; Gropper et Smith, 2012).

Dodávání leucinu za účelem získávání HMB není možná. V lidském těle se totiž leucin přeměňuje na HMB pouze z 5 % a pokud bychom chtěli dodat 3 g HMB (optimální množství), museli bychom zkonzumovat 60 g leucinu popřípadě 600 g kvalitní bílkoviny (Wilson et al., 2008).

Antikatabolický účinek HMB potvrdili i vědci z Velké Británie, kdy u netrénovaných mužů došlo po 14 dnech po podávání 1x denně 3 g HMB + 0,3 g α -ketoisokapronové kyseliny ke snížení svalového poškození (Someren et al., 2005). Účinnost byla prokázána i u intenzivního vytrvalostního běhu. Studie zahrnovala celkem 13 běžců, jedna skupina užívala 3 g HMB denně druhá skupina placebo. Nižší svalové poškození bylo zaznamenáno u skupiny užívající HMB (Knitter et al., 2000).

Vědci z USA, Kanady a Velké Británie se spojili a porovnávali mezi sebou akutní účinky leucinu a HMB na metabolismus bílkovin. Studie zahrnovala dvě skupiny, které 72 h před testem provedli silné silové cvičení a následně noc před testem mohli pít pouze vodu. V laboratoři jim v 8:30 zavedli do žíly kanyly a prováděli měření s tím, že první skupina 8 mužů pila roztok obsahující 3,42 g volné HMB kyseliny z toho bylo 2,42 g samotného HMB a druhá skupina 7 mužů užívala roztok čistého leucinu v množství 3,42 g následně byla u skupin provedena biopsie. Leucin i HMB podpořili syntézu svalových bílkovin (leucin více) a HMB navíc potlačilo rozpad svalových bílkovin (Wilkinson et al., 2013).

V meta-analýze z roku 2002 vědci porovnávali účinky doplňků stravy na tukuprostou hmotu a nárůst síly v souvislosti s odporovým tréninkem. Kritériím celkem vyhovělo 48 studií z toho HMB (n = 9), kreatin (n = 18) a zbytek tvořily další doplňky. Výsledky ukázaly, že pouze doplňování kreatinu a HMB v dávce 3 g/kg je přínosné (Nissen et Sharp, 2003).

Vliv suplementace HMB u trénovaných jedinců (n = 20) zkoumala třífázová dvojitě zaslepená randomizovaná intervenční studie kontrolovaná placebem, která trvala 12 týdnů a zároveň byla zařazena i kontrola stravy. HMB bylo podáváno ve formě volné kyseliny 3x denně 1 g. Ve výsledcích byly zaznamenány úžasné zisky v tukuprosté hmotě ($7,4 \pm 4,2$ kg) oproti placebo ($-1,7 \pm 2,7$ kg), vertikální skok se zlepšil o 19 % u placebo o 12 % a zároveň úbytek

tuku a větší nárůst síly. Závěr studie tedy prokazuje vyšší hypertrofii, vyšší sílu a menší ztráty svalových bílkovin (Wilson et al., 2014).

Naopak u 17 profesionálních hráčů vodního póla a 10 profesionálních veslařů se podrobilo 6týdennímu programu. Jedna skupina užívala kapslovaný HMB 1x denně 3 g, druhá skupina užívala 1x denně 3 g kapslovaného HMB s postupným uvolňováním a třetí byla kontrolní placebo skupina. Nebyly pozorovány žádné velké rozdíly mezi skupinami (Slater et al., 2001).

Další dlouhodobá 12týdenní randomizovaná, dvojitě zaslepená placebem kontrolovaná studie se zaměřením na bojové sporty pozorovala 42 trénovaných zápasníků. Kontrolní skupina užívala 3x denně 1,250 g HMB ve formě vápenaté soli z toho bylo 1 g čistého HMB a placebo skupina užívala kapsle s maltodextrinem. Výsledky studie prokázaly lepší výsledky u skupiny užívající HMB oproti skupiny s placebem, konkrétně v úbytku tuku, zvýšení tukuprosté hmoty, vyšší anaerobní výkon, vyšší doba dosažení ventilačního prahu, avšak rozdíly mezi skupinami v hladinách krevních markerů pozorovány nebyly (Durkalec-Michalski et al., 2017).

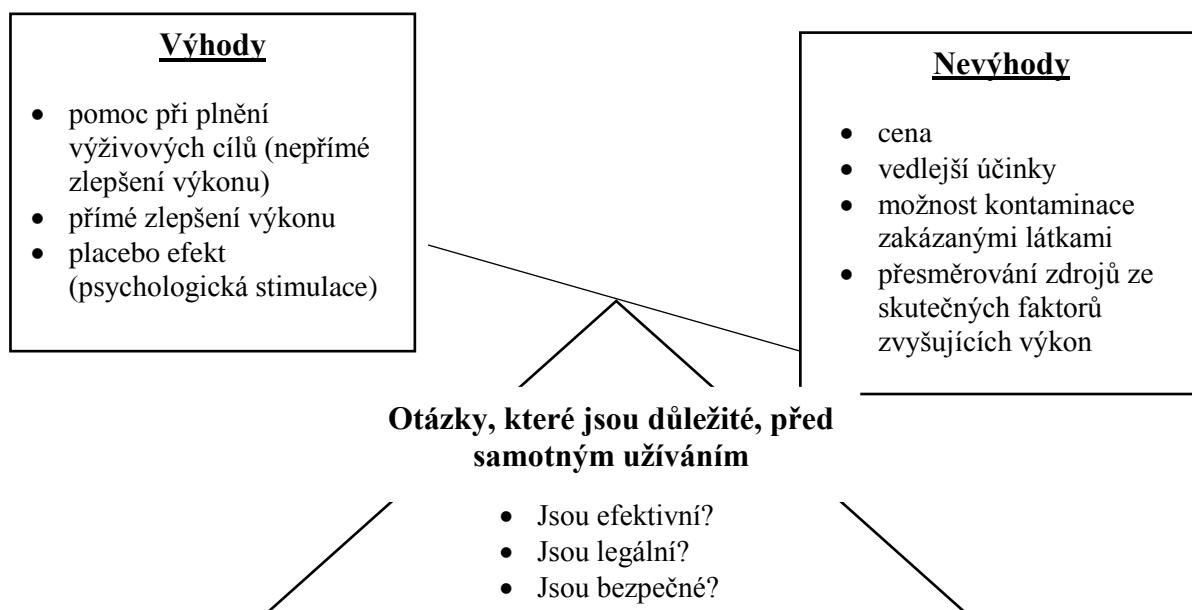
Vliv HMB zaujal i české vědce, kteří provedli rozsáhlé přezkoumání světové literatury mezi roky 1990–2016. Vybrány byly pouze dvojitě zaslepené studie s kontrolní skupinou a placebem, celkově tedy 112 článků a 5 meta-analýz. Převážná většina studií došla k pozitivním výsledkům a potvrdila význam HMB ve výživě sportovců, pouze pár studií tyto tvrzení nepotvrdily, ale zde mohlo hrát roli (jak uvádějí autoři ve své práci) krátké doba studie (4–10 dní), použití stejné dávky u netrénovaných i u trénovaných jedinců, u kterých je větší energetický výdej a vyšší prahová hodnota účinnosti silového tréninku. Pokud studie u trénovaných jedinců trvala 12 týdnů, pak se výsledný pozitivní efekt dostavil i u velmi trénovaných jedinců. Navíc suplementace HMB není nebezpečná, dokonce ani v extrémních dávkách na zvířatech nebyly pozorovány škodlivé účinky (Vilikus et al., 2017).

Při porovnávání účinnosti kreatinu a HMB na zisk tukuprosté hmoty a na nárůst síly došli vědci USA k závěru, že kreatin a HMB působí různými mechanismy a je možný sumační účinek, protože u skupiny užívající 3 týdny HMB vzrostla síla o 37 kg, u skupiny užívající kreatin o 39 kg a u skupiny užívající kreatin + HMB vzrostla síla až o 52 kg oproti kontrolám (Jówko et al., 2001). Avšak existují i studie, kde se tento účinek nepotvrdil (O'Connor et Crowe, 2003) Stejní autoři o 4 roky později provedli podobnou 6týdenní studii a došli ke stejným výsledkům (O'Connor et Crowe, 2007). Tato problematika není stále ještě dostatečně propracovaná a nelze tedy určit, jestli je kombinace HMB + kreatin benefiční.

5.5 Doporučení pro konzumaci doplňků stravy

Názory na doplňky stravy pro sportovce se mezi sportovními lékaři a trenéry odlišují. Jako u všech rozporuplných otázek, i zde se najdou zastánci a odpůrci doplňků stravy. Odpůrci argumentují názorem, že pestrá a vyvážená strava v dnešní době dokáže pokrýt i zvýšené nároky sportovců na potřebu živin. V tomto hledu je ale nutné zhodnotit znalosti a schopnosti sportovců nebo jejich trenérů v oblasti výživy. Na druhé straně, někteří zastánci doplňků stravy jim často prisuzují až moc velký význam. V dnešní době jsou doplňky stravy módním trendem a velice často se stává, že jsou převážně laikové v oblasti výživy a samotného cvičení klamáni marketingovými strategiemi výrobců. Tito lidé pak konzumují doplňky stravy (někdy i v nadměrném množství), aniž by měli vyřešenou problematiku krytí základních živin. Z toho důvodu je žádoucí objektivně zhodnotit kvalitu a přínos daného doplňku pro konkrétního sportovce s konkrétními cíli (Vilikus et al., 2012). Jestli brát či nebrat doplňky stravy, je otázkou, na kterou si musí každý sportovec odpovědět sám, ale snad by jim mohl v rozhodování pomoci

Obrázek 12.



Obrázek 12. Klady a zápory užívání doplňků stravy (Burke et Deakin, 2010)

6 Závěr

Tvrzení, že vyvážená strava a optimální trénink jsou dostačující prvky pro zlepšení výkonnosti sportovců, je v dnešní době nereálné, a to obzvlášť u výkonnostních sportovců, kteří kromě toho, že věnují velké úsilí svému sportu ještě běžně chodí do práce/školy a někteří se i starají se o rodinu. Optimalizace tréninku a jídelníčku s následným nákupem potravin, přípravou jídel a pravidelným příjmem živin, k tomu dostatek spánku pro regeneraci, nízká hladina stresu v kombinaci s běžným fungováním během dne je časově náročná a většina osob toto není schopna nikdy dodržovat na 100 %. Navíc je neustále kladen větší tlak na rychlejší a větší pokroky ve výkonu a na překonávání nových rekordů. Toto jsou jedny z hlavních důvodů, proč se sportovci uchylují tak často k doplňkům stravy s jejichž pomocí se snaží „dohnat“ některé nedostatky a překročit určitá úskalí.

Po splnění zásad vhodné stravy a tréninkového zatížení by jim i konkrétně proteinové doplňky mohly pomoci zlepšit výkonost legální cestou. Pokud sportovec zvýší svůj příjem bílkovin v závislosti na druhu sportu a zařadí do svého jídla po tréninku kvalitní proteinový prášek, maximalizuje tak svůj tréninkový potenciál. Další prokázaný účinek na zlepšení silového výkonu a tukuprosté hmoty má kreatin. Potenciální antikatabolický a anabolický pozitivní vliv má i suplementace větvenými aminokyselinami (BCAA) a látka zvaná HMB neboli β -hydroxy- β -methylbutyrát.

Druh doplňků, jejich kvalita a správné užívání hraje zásadní roli v tom, zda bude doplněk fungovat tak, jak by správně měl. Pokud se sportovec rozhodne využít výhod suplementace, je třeba předem zvážit vhodnost doplňku stravy, dohledat si informace o výrobcu, ale také zvážit možná rizika plynoucí z nevhodného užívání, a především si ověřit informace o daném doplňku z několika zdrojů a nepodléhat tak marketingovým tahům.

7 Bibliografie

- Anthony, J., Anthony, T., Kimball, S., Jefferson, L. 2001. Signaling Pathways Involved in Translational Control of Protein Synthesis in Skeletal Muscle by Leucine. *The Journal of Nutrition* [online]. 131 (3). 856-860. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1093/jn/131.3.856S. ISSN: 0022-3166. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/jn/article/131/3/856S/4687151>>
- Antidopingový výbor ČR, . 2011–2018. Antidopingový výbor ČR: Czech Anti-Doping Committee. Antidopingový výbor ČR: Czech Anti-Doping Committee [online]. Antidopingový výbor ČR. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.antidoping.cz/vzdelavani_faqs.php>
- Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Orris, S., Scheiner, M., Gonzalez, A., Peacock, C. 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* [online]. 12 (1). -. [cit. 2018-03-16]. DOI: 10.1186/s12970-015-0100-0. ISSN: 1550-2783. Dostupné z: <<http://www.jissn.com/content/12/1/39>>
- Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Vargas, L., Peacock, C. 2016. The effects of a high protein diet on indices of health and body composition – a crossover trial in resistance-trained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 13 (1). -. [cit. 2018-03-16]. DOI: 10.1186/s12970-016-0114-2. ISSN: 1550-2783. Dostupné z: <<http://www.jissn.com/content/13/1/3>>
- Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Vargas, L., Tamayo, A., Buehn, R., Peacock, C. 2016. A High Protein Diet Has No Harmful Effects: A One-Year Crossover Study in Resistance-Trained Males. *Journal of Nutrition and Metabolism* [online]. 2016. 1-5. [cit. 2018-03-17]. DOI: 10.1155/2016/9104792. ISSN: 2090-0724. Dostupné z: <<https://www.hindawi.com/journals/jnme/2016/9104792/>>
- Antonio, J., Peacock, C., Ellerbroek, A., Fromhoff, B., Silver, T. 2014. The effects of consuming a high protein diet (4.4 g/kg/d) on body composition in resistance-trained individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 11 (1). 19-. [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.1186/1550-2783-11-19. ISSN: 1550-2783. Dostupné z: <<http://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/1550-2783-11-19>>
- Berg, J., Tymoczko, J., Stryer, L. 2011. *Biochemistry*. 7th ed., International ed. Palgrave Macmillan. Basingstoke. ISBN: 9781429276351.
- Blahušiak, I. 2005-2018. *Institute EU. EUROSOP.CZ* [online]. Vláda České republiky. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<https://www.euroskop.cz/76/sekce/institute-eu/>>
- Børsheim, E., Aarland, A., Wolfe, R. 2004. Effect of an Amino Acid, Protein, and Carbohydrate Mixture on Net Muscle Protein Balance after Resistance Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. 14 (3). 255-271. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1123/ijsnem.14.3.255. ISSN: 1526-484X. Dostupné z: <<http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijsnem.14.3.255>>
- Børsheim, E., Tipton, K., Wolf, S., Wolfe, R. 2002. Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and*

Metabolism [online]. 283 (4). 648-657. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1152/ajpendo.00466.2001. ISSN: 0193-1849. Dostupné z: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpendo.00466.2001>>

Buford, T., Kreider, R., Stout, J., Greenwood, M., Campbell, B., Spano, M., Ziegenfuss, T., Lopez, H., Landis, J., Antonio, J. 2007. International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition [online]. 4 (1). 6-. [cit. 2018-04-01]. DOI: 10.1186/1550-2783-4-6. ISSN: 15502783. Dostupné z: <<http://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/1550-2783-4-6>>

Caha, J. 2014. Co do PROTEINU nepatří!. In: Aktin.cz [online]. Selltime s.r.o. 2018. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <<https://aktin.cz/3003-co-do-proteinu-nepatri>>

Campbell, B., La Bounty, P., Wilborn, C. 2011. Dietary Supplements Used in Combat Sports. Strength and Conditioning Journal [online]. 33 (6). 50-59. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1519/SSC.0b013e31823a4e90. ISSN: 1524-1602. Dostupné z: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00126548-201112000-00007>>

Campbell, B. 2014. Sports nutrition: enhancing athletic performance. Taylor and Francis. Hoboken. ISBN: 9781466513594.

Cassan, A. (ed.). 2005. Anatomie člověka. 1. vyd. přeložil Kateřina ORLOVÁ. Fragment. Havlíčkův Brod. ISBN: 8025300803.

Cecetka, O. 2015. Na rovinu o hovězím proteinu. AMIX NUTRITION. Amix News Magazine [online]. owered by WordPress. 2017. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <<http://www.amixnews.cz/na-rovinu-o-hovezim-proteinu/>>

Cermak, N., Res, P., de Groot, L., Saris, W., van Loon, L. 2012. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 96 (6). 1454-1464. [cit. 2018-03-06]. DOI: 10.3945/ajcn.112.037556. ISSN: 0002-9165. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/96/6/1454/4571495>>

Clark, N. 2009. Sportovní výživa: [obsahuje 71 receptů pro dobrou kondici a sportovní trénink]. 1. vyd. Grada. Praha. Fitness, síla, kondice. ISBN: 978-80-247-2783-7.

Clark, N. 2014. Sportovní výživa. 3., dopl. vyd. Grada. Praha. Fitness, síla, kondice. ISBN: 978-80-247-4655-5.

Claudino, J., Mezêncio, B., Amaral, S., Zanetti, V., Benatti, F., Roschel, H., Gualano, B., Amadio, A., Serrão, J. 2014. Creatine monohydrate supplementation on lower-limb muscle power in Brazilian elite soccer players. Journal of the International Society of Sports Nutrition [online]. 11 (1). 32-. [cit. 2018-04-02]. DOI: 10.1186/1550-2783-11-32. ISSN: 1550-2783. Dostupné z: <<http://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/1550-2783-11-32>>

Close, G., Hamilton, D., Philp, A., Burke, L., Morton, J. 2016. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. Free Radical Biology and Medicine [online]. 98. 144-158. [cit. 2018-01-30]. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016. ISSN: 08915849.

Craig, W., Mangels, A. 2009. Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets. Journal of the American Dietetic Association [online]. 109 (7). 1266-1282. [cit. 2018-

01-29]. DOI: 10.1016/j.jada.2009.05.027. ISSN: 00028223. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0002822309007007?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb&ccp=y>

Česká membránová platforma o.s., . 2015. Membránové procesy v potravinářství: seminář: Membránové inovační centrum, Stráž pod Ralskem [online]. Česká membránová platforma o.s. Česká Lípa. [cit. 2018-03-22]. ISBN: 978-80-904517-5-9. Česká membránová platforma o.s. Dostupné z: <http://www.ctpp.cz/data/files/Sbornik_Membranove%20procesy.pdf>

ČESKO, . 2010-2018. Zákon č. 110/1997 Sb.: Zákon o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. Zákony pro lidi.cz [online]. AION CS, s.r.o. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-110>>

ČESKO, . 2010-2018. Vyhláška č. 225/2008 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. Zákony pro lidi.cz [online]. AION CS, s.r.o. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-225#p5>>

Dreyer, H., Drummond, M., Pennings, B., Fujita, S., Glynn, E., Chinkes, D., Dhanani, S., Volpi, E., Rasmussen, B. 2008. Leucine-enriched essential amino acid and carbohydrate ingestion following resistance exercise enhances mTOR signaling and protein synthesis in human muscle. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* [online]. 294 (2). 392-400. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1152/ajpendo.00582.2007. ISSN: 0193-1849. Dostupné z: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpendo.00582.2007>>

Durkalec-Michalski, K., Jeszka, J., Podgórski, T. 2017. The Effect of a 12-Week Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) Supplementation on Highly-Trained Combat Sports Athletes: A Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Crossover Study. *Nutrients* [online]. 9 (7). 753-. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.3390/nu9070753. ISSN: 2072-6643. Dostupné z: <<http://www.mdpi.com/2072-6643/9/7/753>>

Eckerson, J., Stout, J., Moore, G., Stone, N., Nishimura, K., Tamura, K. 2004. Eckerson, J. M., et al. "Effect of two and five days of creatine loading on anaerobic working capacity in women. *Journal of strength and conditioning research* [online]. National Strength & Conditioning Association. 18 (1). 168-173. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/43844968/Effect_of_creatine_phosphate_supplementa20160317-31773-2cia5p.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1522755205&Signature=66OtVDHqveLmHdjYkt31ZnIWmsI%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEFECT_OF_CREATINE_PHOSPHATE_SUPPLEMENTA.pdf>

EFSA, . 2012. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. *EFSA Journal* [online]. 10 (2). 2557-. [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.2903/j.efsa.2012.2557. ISSN: 18314732. Dostupné z: <<http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2012.2557>>

Elliott, W., Elliott, D. 2009. *Biochemistry and molecular biology*. 4th ed. Oxford University Press. New York. ISBN: 9780199226719.

- EUROSKOP, . 2005-2018. Česká republika. EUROSKOP.CZ: Věcně o Evropě [online]. Vláda České republiky. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<https://www.euroskop.cz/566/sekce/ceska-republika/>>
- FAO, . 2013. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: report of an FAO expert consultation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. FAO food and nutrition paper, 92. ISBN: 978-92-5-107417-6.
- FAO/WHO, . 1991. Protein quality evaluation: report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation, Bethesda, Md., USA 4-8 December 1989. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. ISBN: 92-5-103097-9.
- Finger, D., Goltz, F., Umpierre, D., Meyer, E., Rosa, L., Schneider, C. 2015. Effects of Protein Supplementation in Older Adults Undergoing Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* [online]. 45 (2). 245-255. [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.1007/s40279-014-0269-4. ISSN: 0112-1642. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s40279-014-0269-4>>
- FitzGerald, R., O'Cuinn, G. 2006. Enzymatic debittering of food protein hydrolysates. *Biotechnology Advances* [online]. 24 (2). 234-237. [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2005.11.002. ISSN: 07349750. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0734975005001436>>
- Frank, H., Graf, J., Amann-Gassner, U., Bratke, R., Daniel, H., Heemann, U., Hauner, H. 2009. Effect of short-term high-protein compared with normal-protein diets on renal hemodynamics and associated variables in healthy young men. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 90 (6). 1509-1516. [cit. 2018-04-09]. DOI: 10.3945/ajcn.2009.27601. ISSN: 0002-9165. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/90/6/1509/4598074>>
- Fuhrman, J., Ferreri, D. 2010. Fueling the Vegetarian (Vegan) Athlete. *Current Sports Medicine Reports* [online]. 9 (4). 233-241. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1249/JSR.0b013e3181e93a6f. ISSN: 1537-890X. Dostupné z: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00149619-201007000-00013>>
- Ganong, W. 1995. Přehled lékařské fyziologie. Vyd. v ČR 1. H & H. Jinočany. ISBN: 8085787369.
- Ganong, W. 2005. Přehled lékařské fyziologie. 20. vydání. Galén. Praha. ISBN: 80-7262-311-7.
- Geiser, M. 2003. The Wonders of Whey Protein. *NSCA's Performance Training Journal* [online]. 2 (5). 13-15. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <<http://www.wheyproteininstitute.org/sites/default/files/wonders-of-whey-protein.pdf>>
- Geyer, H., Parr, M., Mareck, U., Reinhart, U., Schrader, Y., Schänzer, W. 2004. Analysis of Non-Hormonal Nutritional Supplements for Anabolic-Androgenic Steroids - Results of an International Study. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 25 (2). 124-129. [cit. 2018-02-27]. DOI: 10.1055/s-2004-819955. ISSN: 0172-4622. Dostupné z: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2004-819955>>

- Glynn, E., Fry, C., Drummond, M., Timmerman, K., Dhanani, S., Volpi, E., Rasmussen, B. 2010. Excess Leucine Intake Enhances Muscle Anabolic Signaling but Not Net Protein Anabolism in Young Men and Women. *The Journal of Nutrition* [online]. 140 (11). 1970-1976. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.3945/jn.110.127647. ISSN: 1541-6100. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/jn/article/140/11/1970/4630508>>
- Grande, B., Graves, B. 2005. Creatine Supplementation: Forms, Function, and Effects. *Strength and Conditioning Journal* [online]. 27 (1). 62-68. [cit. 2018-04-01]. DOI: 10.1519/00126548-200502000-00012. ISSN: 1524-1602. Dostupné z: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00126548-200502000-00012>>
- Greenwood, M., Kalman, D., Antonio, J. 2008. *Nutritional supplements in sports and exercise*. 1 st ed. Humana Press. Totowa, N.J. ISBN: 9781588299000.
- Gropper, S., Smith, J. 2012. *Advanced nutrition and human metabolism*. 6th Ed. Cengage Learning. Belmont, OH. ISBN: 978-1-133-10405-6.
- Gualano, B., Roschel, H., Lancha, A., Brightbill, C., Rawson, E. 2012. In sickness and in health: the widespread application of creatine supplementation. *Amino Acids* [online]. 43 (2). 519-529. [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1007/s00726-011-1132-7. ISSN: 0939-4451. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s00726-011-1132-7>>
- Hamilton, K., Meyers, M., Skelly, W., Marley, R. 2000. Oral Creatine Supplementation and Upper Extremity Anaerobic Response in Females. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. 10 (3). 277-289. [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1123/ijsnem.10.3.277. ISSN: 1526-484X. Dostupné z: <<http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijsnem.10.3.277>>
- Harris, R., Söderlund, K., Hultman, E. 1992. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science* [online]. 83 (3). 367-374. [cit. 2018-04-01]. DOI: 10.1042/cs0830367. ISSN: 0143-5221. Dostupné z: <<http://ppclinsci.highwire.org/lookup/doi/10.1042/cs0830367>>
- Hasler, C. 2002. The Cardiovascular Effects of Soy Products. *Journal of Cardiovascular Nursing* [online]. 16 (4). 50-63. [cit. 2018-01-30]. ISSN: 08894655.
- Hayes, A., Cribb, P. 2008. Effect of whey protein isolate on strength, body composition and muscle hypertrophy during resistance training. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* [online]. 11 (1). 40-44. [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.1097/MCO.0b013e3282f2a57d. ISSN: 1363-1950. Dostupné z: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00075197-200801000-00009>>
- Heffernan, C. 2015. Muscle and nutrition: When Paul Bragg met Bob Hoffman [online]. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <<https://physicalculturestudy.com/2015/06/27/muscle-and-nutrition-when-paul-bragg-met-bob-hoffman/>>
- Helms, E., Zinn, C., Rowlands, D., Brown, S. 2014. A Systematic Review of Dietary Protein during Caloric Restriction in Resistance Trained Lean Athletes: A Case for Higher Intakes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. 24 (2). 127-138. [cit. 2018-03-16]. DOI: 10.1123/ijsnem.2013-0054. ISSN: 1526-484X. Dostupné z: <<http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijsnem.2013-0054>>

Herda, A., Herda, T., Costa, P., Ryan, E., Stout, J., Cramer, J. 2013. Muscle Performance, Size, and Safety Responses After Eight Weeks of Resistance Training and Protein Supplementation. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 27 (11). 3091-3100. [cit. 2018-03-14]. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31828c289f. ISSN: 1064-8011. Dostupné z: <<http://Insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201311000-00023>>

Hoffman, J., Falvo, M. 2004. PROTEIN - WHICH IS BEST?. *Journal of Sports Science and Medicine*, Vol 3, Iss 3, Pp 118-130 (2004) [online]. 3 (3). 118-130. [cit. 2018-01-29]. ISSN: 13032968. Dostupné z: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3905294/>>

Holeček, M. 2006. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. 1. vyd. Grada. Praha. ISBN: 8024715627.

House, J., Neufeld, J., Leson, G. 2010. Evaluating the Quality of Protein from Hemp Seed (*Cannabis sativa L.*) Products Through the use of the Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 58 (22). 11801-11807. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1021/jf102636b. ISSN: 0021-8561. Dostupné z: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf102636b>>

Hudák, R., Kachlík, D. 2013. *Memorix anatomie*. 1. vyd. Triton. Praha. ISBN: 9788073876746.

Hudeček, J., Kalous, V. 1989. *Fyzikálně chemická podmíněnost struktury bílkovin: metody popisu a predikce struktury*. Vyd. 1. Academia. Praha. ISBN: 80-200-0223-5.

Hulmi, J., Laakso, M., Mero, A., Häkkinen, K., Ahtiainen, J., Peltonen, H. 2015. The effects of whey protein with or without carbohydrates on resistance training adaptations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 12 (1). -. [cit. 2018-03-16]. DOI: 10.1186/s12970-015-0109-4. ISSN: 1550-2783. Dostupné z: <<http://www.jissn.com/content/12/1/48>>

Hultman, E., Soderlund, K., Timmons, J., Cederblad, G., Greenhaff, P. 1996. Muscle creatine loading in men. *Journal of Applied Physiology* [online]. 81 (1). 232-237. [cit. 2018-04-03]. DOI: 10.1152/jap.1996.81.1.232. ISSN: 8750-7587. Dostupné z: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/jap.1996.81.1.232>>

Chappell, A., Simper, T., Barker, M. 2018. Nutritional strategies of high level natural bodybuilders during competition preparation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 15 (1). -. [cit. 2018-04-09]. DOI: 10.1186/s12970-018-0209-z. ISSN: 1550-2783. Dostupné z: <<https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-018-0209-z>>

Churchward-Venne, T., Breen, L., Di Donato, D., Hector, A., Mitchell, C., Moore, D., Stellingwerff, T., Breuille, D., Offord, E., Baker, S., Phillips, S. 2014. Leucine supplementation of a low-protein mixed macronutrient beverage enhances myofibrillar protein synthesis in young men: a double-blind, randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 99 (2). 276-286. [cit. 2018-03-29]. DOI: 10.3945/ajcn.113.068775. ISSN: 0002-9165. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/99/2/276/4571468>>

Churchward-Venne, T., Burd, N., Phillips, S. 2012. Nutritional regulation of muscle protein synthesis with resistance exercise: strategies to enhance anabolism. *Nutrition & Metabolism*

[online]. 9 (1). 40-. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1186/1743-7075-9-40. ISSN: 1743-7075. Dostupné z: <<http://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-7075-9-40>>

IOC, . 2017. IOC Medical and Scientific Consensus Meeting on Supplements. International Olympic Committee [online]. Lausanne, Switzerland. . 1-3. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://stillmed.olympic.org/media/Document%20Library/OlympicOrg/News/2017/05/2017-05-09-IOC-Expert-Group-Statement-on-Dietary-Supplements-and-Elite-Athletes-eng.pdf#_ga=2.214062935.1319728996.1519719961-2058142307.1519719961>

Jäger, R., Kerksick, C., Campbell, B., Cribb, P., Wells, S., Skwiat, T., Purpura, M., Ziegenfuss, T., Ferrando, A., Arent, S., Smith-Ryan, A., Stout, J., Arciero, P., Ormsbee, M., Taylor, L., Wilborn, C., Kalman, D., Kreider, R., Willoughby, D., Hoffman, J., Krzykowski, J., Antonio, J. 2017. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 14 (1). -. [cit. 2018-01-30]. DOI: 10.1186/s12970-017-0177-8. ISSN: 1550-2783. Dostupné z: <<http://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-017-0177-8>>

Jahan-Mihan, A., Luhovyy, B., El Khoury, D., Anderson, G. 2011. Dietary Proteins as Determinants of Metabolic and Physiologic Functions of the Gastrointestinal Tract. *Nutrients* [online]. 3 (5). 574-603. [cit. 2018-03-26]. DOI: 10.3390/nu3050574. ISSN: 2072-6643. Dostupné z: <<http://www.mdpi.com/2072-6643/3/5/574>>

Janssen, I., Shepard, D., Katzmarzyk, P., Roubenoff, R. 2004. The Healthcare Costs of Sarcopenia in the United States. *Journal of the American Geriatrics Society* [online]. 52 (1). 80-85. [cit. 2018-03-11]. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2004.52014.x. ISSN: 00028614. Dostupné z: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1532-5415.2004.52014.x>>

Jówko, E., Ostaszewski, P., Jank, M., Sacharuk, J., Zieniewicz, A., Wilczak, J., Nissen, S. 2001. Creatine and β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutrition* [online]. 17 (7-8). 558-566. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1016/S0899-9007(01)00540-8. ISSN: 08999007. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900701005408>>

Joy, J., Lowery, R., Wilson, J., Purpura, M., De Souza, E., Wilson, S., Kalman, D., Dudeck, J., Jäger, R. 2013. The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutrition Journal* [online]. 12 (1). -. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1186/1475-2891-12-86. ISSN: 1475-2891. Dostupné z: <<http://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-12-86>>

Ju, Z., Hettiarachchy, N., Rath, N. 2001. Extraction, denaturation and hydrophobic Properties of Rice Flour Proteins. *Journal of Food Science* [online]. 66 (2). 229-232. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2001.tb11322.x. ISSN: 0022-1147. Dostupné z: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2001.tb11322.x>>

Katsanos, C., Chinkes, D., Paddon-Jones, D., Zhang, X., Aarsland, A., Wolfe, R. 2008. Whey protein ingestion in elderly persons results in greater muscle protein accrual than ingestion of its constituent essential amino acid content. *Nutrition Research* [online]. 28 (10). 651-658. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1016/j.nutres.2008.06.007. ISSN: 02715317. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0271531708001553>>

Kilduff, L., Vidakovic, P., Cooney, G., Twycross-Lewis, R., Amuna, P., Parker, M., Paul, L., Pitsiladis, Y. 2002. Effects of creatine on isometric bench-press performance in resistance-trained humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 34 (7). 1176-1183. [cit. 2018-04-02]. DOI: 10.1097/00005768-200207000-00019. ISSN: 0195-9131. Dostupné z: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-200207000-00019>>

Kittnar, O., Jandová, K., Kuriščák, E., Langmeier, M., Marešová, D., Mysliveček, J., Pokorný, J., Riljak, V., Trojan, S. 2011. *Lékařská fyziologie*. 1. vyd. Grada. Praha. ISBN: 9788024730684.

Klein, A., Ferrante, R. 2007. The neuroprotective role of creatine. Salomons, Gajja S. a Markus Wyss. *Creatine and Creatine Kinase in Health and Disease: Subcellular Biochemistry*. Volume 46. Springer. Basel, Switzerland. s. 205-244. ISBN: 978-1-4020-6486-9.

Kleiner, S., Greenwood-Robinson, M. 2010. *Fitness výživa: Power Eating program*. 1. vyd. Grada. Praha. ISBN: 978-80-247-3253-4.

Knitter, A., Panton, L., Rathmacher, J., Petersen, A., Sharp, R. 2000. Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate on muscle damage after a prolonged run. *Journal of Applied Physiology* [online]. 89 (4). 1340-1344. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1152/jappl.2000.89.4.1340. ISSN: 8750-7587. Dostupné z: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.2000.89.4.1340>>

Kodíček, M., Valentová, O., Hynek, R. 2015. *Biochemie: chemický pohled na biologický svět*. Vydání první. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Praha. ISBN: 9788070809273.

Koolman, J., Röhm, K. 2012. *Barevný atlas biochemie*. 1. české vyd. Grada. Praha. ISBN: 9788024729770.

Kopple, J., Laidlaw, S. 1987. Newer concepts of the indispensable amino acids. *American journal of clinical nutrition* [online]. American Society for Nutrition. 46 (4). 593-605. [cit. 2017-11-02]. ISSN: 0002-9165. Dostupné z: <<http://ajcn.nutrition.org/content/46/4/593.short>>

Krebs, N. 2007. Meat as an Early Complementary Food for Infants: Implications for Macro- and Micronutrient Intakes. Agostoni, C. (ed.) a O. Brunser (ed.). *Issues in Complementary Feeding* [online]. KARGER. Basel. s. 221-233. [cit. 2018-03-24]. Nestlé Nutrition Workshop Series: Pediatric Program. DOI: 10.1159/000106371. ISBN: 3-8055-8283-8. Dostupné z: <<https://www.karger.com/Article/FullText/106371>>

Kreider, R. 2003. Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Molecular and Cellular Biochemistry* [online]. 244 (12). 89-94. [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1023/A:1022465203458. ISSN: 03008177. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1023/A:1022465203458>>

Kreider, R., Melton, C., Rasmussen, C., Greenwood, M., Lancaster, S., Cantler, E., Milnor, P., Almada, A. 2003. Long-term creatine supplementation does not significantly affect clinical markers of health in athletes. *Molecular and Cellular Biochemistry* [online]. 244 (12). 95-104. [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1023/A:1022469320296. ISSN: 03008177. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1023/A:1022469320296>>

- Kršková, S. 2015. Potraviny nového typu. Státní zemědělská a potravinářská inspekce [online]. Státní zemědělská a potravinářská inspekce. Květná 15, 603 00 Brno. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <<http://www.szpi.gov.cz/clanek/potraviny-noveho-typu.aspx>>
- Krutílek, O., Frízlové, I. 2005-2018. Vývoj rozhodování o legislativě. EUROSKOP.CZ [online]. Vláda České republiky. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<https://www.euroskop.cz/8896/sekce/vyvoj-rozhodovani-o-legislative/>>
- Lam, A., Can Karaca, A., Tyler, R., Nickerson, M. 2016. Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality. *Food Reviews International* [online]. 34 (2). 126-147. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1080/87559129.2016.1242135. ISSN: 8755-9129. Dostupné z: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/87559129.2016.1242135>>
- Lanhers, C., Pereira, B., Naughton, G., Trousselard, M., Lesage, F., Dutheil, F. 2017. Creatine Supplementation and Upper Limb Strength Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* [online]. 47 (1). 163-173. [cit. 2018-04-02]. DOI: 10.1007/s40279-016-0571-4. ISSN: 0112-1642. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s40279-016-0571-4>>
- Layman, D., Evans, E., Baum, J., Seyler, J., Erickson, D., Boileau, R. 2005. Dietary Protein and Exercise Have Additive Effects on Body Composition during Weight Loss in Adult Women. *The Journal of Nutrition* [online]. 135 (8). 1903-1910. [cit. 2018-03-16]. DOI: 10.1093/jn/135.8.1903. ISSN: 0022-3166. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/jn/article/135/8/1903/4663944>>
- Lee, C., Lin, J., Cheng, C. 2011. Effect of caffeine ingestion after creatine supplementation on intermittent high-intensity sprint performance. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 111 (8). 1669-1677. [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1007/s00421-010-1792-0. ISSN: 1439-6319. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-010-1792-0>>
- Lemon, P. 2000. Beyond the Zone: Protein Needs of Active Individuals. *Journal of the American College of Nutrition* [online]. 19 (5). 513-521. [cit. 2018-03-14]. DOI: 10.1080/07315724.2000.10718974. ISSN: 0731-5724. Dostupné z: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.2000.10718974>>
- Leser, S. 2013. The 2013 FAO report on dietary protein quality evaluation in human nutrition: Recommendations and implications. *Nutrition Bulletin* [online]. 38 (4). 421-428. [cit. 2018-01-29]. DOI: 10.1111/nbu.12063. ISSN: 14719827. Dostupné z: <<http://onlinelibrary.wiley.com/infodroje.czu.cz/doi/10.1111/nbu.12063/full>>
- Longland, T., Oikawa, S., Mitchell, C., Devries, M., Phillips, S. 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* [online]. 103 (3). 738-746. [cit. 2018-03-16]. DOI: 10.3945/ajcn.115.119339. ISSN: 0002-9165. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/103/3/738/4564609>>
- Mach, I. 2012. Doplnky stravy: jaké si vybrat při sportu i v každodenním životě. 1. vyd. Grada. Praha. Fitness, síla, kondice. ISBN: 9788024743530.
- Mach, I. 2017. Sportovní výživa do kapsy: nejen pro fitness a kulturistiku. Druhé vydání. Grada Publishing. Praha. ISBN: 9788027105113.

- Mach, I., Borkovec, J. 2013. *Výživa pro fitness a kulturistiku*. 1. vyd. Grada. Praha. ISBN: 978-80-247-4618-0.
- Mandelová, L., Hrnčířiková, I. 2007. *Základy výživy ve sportu*. 1. vyd. Masarykova univerzita. Brno. ISBN: 9788021042810.
- Manninen, A. 2006. Hyperinsulinaemia, hyperaminoacidaemia and post-exercise muscle anabolism: the search for the optimal recovery drink. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 40 (11). 900-905. [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.1136/bjism.2006.030031. ISSN: 0306-3674. Dostupné z: <<http://bjism.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjism.2006.030031>>
- Mann, J., Truswell, A. 2002. *Essentials of human nutrition*. 2nd ed. Oxford University Press. Oxford. ISBN: 0198508611.
- Martin, W., Armstrong, L., Rodriguez, N. 2005. Dietary protein intake and renal function. *Nutrition & Metabolism* [online]. 2 (1). 25. [cit. 2018-03-17]. DOI: 10.1186/1743-7075-2-25. ISSN: 17437075. Dostupné z: <<http://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-7075-2-25>>
- Maughan, R., Burke, L. 2006. *Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu*. 1. české vyd. Galén. Praha. ISBN: 8072623184.
- Minevich, J., Olson, M., Mannion, J., Boublik, J., McPherson, J., Lowery, R., Shields, K., Sharp, M., De Souza, E., Wilson, J., Purpura, M., Jäger, R. 2015. Digestive enzymes reduce quality differences between plant and animal proteins: a double-blind crossover study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 12 (1). -. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1186/1550-2783-12-S1-P26. ISSN: 1550-2783. Dostupné z: <<http://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/1550-2783-12-S1-P26>>
- Moore, D. 2015. Nutrition to Support Recovery from Endurance Exercise: Optimal Carbohydrate and Protein Replacement. *Current Sports Medicine Reports* (Lippincott Williams [online]. 14 (4). 294-300. [cit. 2018-01-30]. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000180. ISSN: 1537890X.
- Morton, R., Murphy, K., McKellar, S., Schoenfeld, B., Henselmans, M., Helms, E., Aragon, A., Devries, M., Banfield, L., Krieger, J., Phillips, S. 2018. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 52 (6). 376-384. [cit. 2018-03-16]. DOI: 10.1136/bjsports-2017-097608. ISSN: 0306-3674. Dostupné z: <<http://bjism.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2017-097608>>
- Murray, R., Bender, D., Botham, K., Rodwell, V., Weil, P. 2009. *Harper's illustrated biochemistry*. 28th ed. McGraw-Hill Medical. New York. ISBN: 9780071625913.
- Nalewanyj, S. 2015. THE TRUTH ABOUT BEEF PROTEIN ISOLATE POWDER. In: Sean Nalewanyj: No B.S., Science-based fitness advice [online]. 2017. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <<http://seannal.com/articles/supplementation/truth-about-beef-protein-isolate-powder.php>>
- Navrátilová, P., Králová (Dračková), M., Janštová, B., Přidalová, H., Cupáková, Š., Vorlová, L. 2012. *Hygiena produkce mléka*. 1. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Ústav hygieny a technologie mléka, Brno. ISBN: 978-80-7305-625-4.

- Negro, M., Vandoni, M., Ottobrini, S., Codrons, E., Correale, L., Buonocore, D., Marzatico, F. 2014. Protein Supplementation with Low Fat Meat after Resistance Training: Effects on Body Composition and Strength. *Nutrients* [online]. 6 (12). 3040-3049. [cit. 2018-03-16]. DOI: 10.3390/nu6083040. ISSN: 2072-6643. Dostupné z: <<http://www.mdpi.com/2072-6643/6/8/3040>>
- Nissen, S., Sharp, R. 2003. Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* [online]. 13 (4). 272-272. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1034/j.1600-0838.2003.00339.x. ISSN: 0905-7188. Dostupné z: <<http://doi.wiley.com/10.1034/j.1600-0838.2003.00339.x>>
- Norton, L., Layman, D. 2006. Leucine Regulates Translation Initiation of Protein Synthesis in Skeletal Muscle after Exercise. *The Journal of Nutrition* [online]. 136 (2). 533-537. [cit. 2018-03-29]. DOI: 10.1093/jn/136.2.533S. ISSN: 0022-3166. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/jn/article/136/2/533S/4664398>>
- O'Connor, D., Crowe, M. 2003. Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate and creatine monohydrate supplementation on the aerobic and anaerobic capacity of highly trained athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 43 (1). 64-68.
- O'Connor, D., Crowe, M. 2007. Effects of Six Weeks of β -Hydroxy- β -Methylbutyrate (HMB) and HMB/Creatine Supplementation on Strength, Power, and Anthropometry of Highly Trained Athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 21 (2). 419-. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1519/R-15974.1. ISSN: 1064-8011. Dostupné z: <<http://nsca.allenpress.com/nscaonline/?request=get-abstract&doi=10.1519%2FR-15974.1>>
- Onwulata, C., Huth, P. 2008. *Whey processing, functionality and health benefits*. 1st ed. Wiley-Blackwell. Ames, Iowa. ISBN: 978-0-8138-0903-8.
- Owusu-Ansah, Y., McCurdy, S. 2009. Pea proteins: A review of chemistry, technology of production, and utilization. *Food Reviews International* [online]. 7 (1). 103-134. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1080/87559129109540903. ISSN: 8755-9129. Dostupné z: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559129109540903>>
- Pánek, J. 2002. *Základy výživy*. Vyd. 1. Svoboda Servis. Praha. ISBN: 80-86320-23-5.
- Pasiakos, S., McLellan, T., Lieberman, H. 2015. The Effects of Protein Supplements on Muscle Mass, Strength, and Aerobic and Anaerobic Power in Healthy Adults: A Systematic Review. *Sports Medicine* [online]. 45 (1). 111-131. [cit. 2018-03-06]. DOI: 10.1007/s40279-014-0242-2. ISSN: 0112-1642. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s40279-014-0242-2>>
- Pauling, L., Corey, R., Branson, H. 1951. The Structure of Proteins: Two Hydrogen-Bonded Helical Configurations of the Polypeptide Chain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [online]. 37 (4). [cit. 2017-11-15]. ISSN: 00278424. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/88289?seq=1#page_scan_tab_contents>
- Pennings, B., Boirie, Y., Senden, J., Gijsen, A., Kuipers, H., van Loon, L. 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* [online]. 93 (5). 997-1005. [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.3945/ajcn.110.008102. ISSN: 0002-9165. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/93/5/997/4597987>>

Persky, A., Raeson, E. 2007. Safety of creatine supplementation. Salomons, Gajja S. a Markus Wyss. Creatine and Creatine Kinase in Health and Disease: Subcellular Biochemistry. Volume 46. Springer. Basel, Switzerland. s. 275-289. ISBN: 978-1-4020-6486-9.

Petsko, G., Ringe, D. 2004. Protein structure and function. Blackwell Pub. Oxford. ISBN: 9780878936632.

Phillips, S. 2016. The impact of protein quality on the promotion of resistance exercise-induced changes in muscle mass. *Nutrition & Metabolism* [online]. 13 (1). -. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1186/s12986-016-0124-8. ISSN: 1743-7075. Dostupné z: <<http://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12986-016-0124-8>>

Phillips, S. 2011. The science of muscle hypertrophy: making dietary protein count. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 70 (01). 100-103. [cit. 2018-03-11]. DOI: 10.1017/S002966511000399X. ISSN: 0029-6651. Dostupné z: <http://www.journals.cambridge.org/abstract_S002966511000399X>

Pitkäne, H., Nykänen, T., Knuutinen, J., Lahti, K., Keinänen, O., Alen, M., Komi, P., Mero, A. 2003. Free Amino Acid Pool and Muscle Protein Balance after Resistance Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 35 (5). 784-792. [cit. 2018-01-22]. DOI: 10.1249/01.MSS.0000064934.51751.F9. ISSN: 0195-9131. Dostupné z: <<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00005768-200305000-00011>>

Polák, M. 2016. I PLAY FAIR SAY NO! TO DOPING: Doplnky stravy pod drobnohledem. 2. vydání. Antidopingový výbor ČR. Dostupné také z: <http://www.antidoping.cz/documents/doplanky_stravy.pdf>

Poortmans, J., Dellalieux, O. 2000. Do Regular High Protein Diets Have Potential Health Risks on Kidney Function in Athletes?. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. 10 (1). 28-38. [cit. 2018-03-17]. DOI: 10.1123/ijsnem.10.1.28. ISSN: 1526-484X. Dostupné z: <<http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijsnem.10.1.28>>

Potraviný na pranýři, . 2017. Potraviny na pranýři: nejakostní, falšované a nebezpečné potraviny. Potraviny na pranýři: nejakostní, falšované a nebezpečné potraviny [online]. Státní zemědělská a potravinářská inspekce. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<http://www.potravinynapranryri.cz/Search.aspx?lang=cs&design=default&archive=actual&listtype=tiles>>

Rawson, E., Persky, A. 2007. Mechanisms of muscular adaptations to creatine supplementation : review article. *International SportMed Journal* [online]. International Federation of Sports Medicine. 8 (2). 43-53. [cit. 2018-04-04]. ISSN: 1528-3356.

Rezaei, H., Ashtiani, F., Fouladitajar, A. 2011. Effects of operating parameters on fouling mechanism and membrane flux in cross-flow microfiltration of whey. *Desalination* [online]. 274 (1-3). 262-271. [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.1016/j.desal.2011.02.015. ISSN: 00119164. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001191641100141X>>

Rieu, I., Balage, M., Sornet, C., Giraudet, C., Pujos, E., Grizard, J., Mosoni, L., Dardevet, D. 2006. Leucine supplementation improves muscle protein synthesis in elderly men independently of hyperaminoacidaemia. *The Journal of Physiology* [online]. 575 (1). 305-

315. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1113/jphysiol.2006.110742. ISSN: 00223751. Dostupné z: <<http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.2006.110742>>
- Richter, M. 2010. Suplementy: proteiny (I.). Erasport, s. r. o. [online]. Ronnie.cz. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <<http://kulturstika.ronnie.cz/c-8141-suplementy-proteiny-i.html>>
- Rizzo, D. 2016. Fundamentals of anatomy and physiology. Fourth edition. Cengage Learning. Boston, MA. ISBN: 978-1-285-17415-0.
- Rodriguez, N., DiMarco, N., Langley, S. 2009. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. 109 (3). 509-527. [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.1016/j.jada.2009.01.005. ISSN: 00028223. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822309000066>>
- Rossouw, F., Krüger, P., Rossouw, J. 2000. The effect of creatine monohydrate loading on maximal intermittent exercise and sport-specific strength in well trained power-lifters. *Nutrition Research* [online]. 20 (4). 505-514. [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1016/S0271-5317(00)00142-1. ISSN: 02715317. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0271531700001421>>
- Shih, F., Daigle, K. 2000. Preparation and characterization of rice protein isolates. *Journal of the American Oil Chemists' Society* [online]. 77 (8). 885-889. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1007/s11746-000-0141-2. ISSN: 0003021X. Dostupné z: <<http://doi.wiley.com/10.1007/s11746-000-0141-2>>
- Schaafsma, G. 2000. The protein digestibility-corrected amino acid score. *Journal of Nutrition* [online]. Wageningen (Netherlands). 130 (7). 1865. [cit. 2018-01-29]. ISSN: 00223166. Dostupné z: <<http://eds.a.ebscohost.com/infodroje.czu.cz/eds/detail/detail?vid=14&sid=4e031d5f-a996-430d-ac81-4699b68e22fb%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc210ZT11ZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsair.od.....370..522f42381f9ada849e8cf50882fb5755&db=edsair>>
- Schoenfeld, B., Aragon, A., Krieger, J. 2013. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 10 (1). 53. [cit. 2018-03-06]. DOI: 10.1186/1550-2783-10-53. ISSN: 1550-2783. Dostupné z: <<http://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/1550-2783-10-53>>
- Schutz, Y. 2011. Protein Turnover, Ureagenesis and Gluconeogenesis. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* [online]. 81 (23). 101-107. [cit. 2018-02-09]. DOI: 10.1024/0300-9831/a000064. ISSN: 0300-9831. Dostupné z: <<http://econtent.hogrefe.com/doi/abs/10.1024/0300-9831/a000064>>
- Silbernagl, S., Despopoulos, A. 2004. Atlas fyziologie člověka. 6. vyd., zcela přeprac. a rozš., Vyd. 3. české. Grada. Praha. ISBN: 802470630x.
- Skolnik, H., Chernus, A. 2011. Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček. 1. vyd. Grada. Praha. ISBN: 9788024738475.
- Slater, G., Jenkins, D., Logan, P., Lee, H., Vukovich, M., Rathmacher, J., Hahn, A. 2001. β -Hydroxy- β -Methylbutyrate (HMB) Supplementation Does Not Affect Changes in Strength or

Body Composition during Resistance Training in Trained Men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. 11 (3). 384-396. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1123/ijnsnem.11.3.384. ISSN: 1526-484X. Dostupné z: <<http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijnsnem.11.3.384>>

Solomons, T., Fryhle, C. 2011. *Organic chemistry*. 10th ed. / Wiley. Hoboken, NJ. ISBN: 978-0-470-40141-5.

Společnost pro výživu, . 2011. Referenční hodnoty pro příjem živin. V ČR 1. vyd. Společnost pro výživu. Praha. ISBN: 9788025469873.

Společnost pro výživu, . 2018. Společnost por výživu [online]. Společnost pro výživu. [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <<http://www.vyzivaspol.cz/publikace/objednavka-dach/>>

Státní zemědělská a potravinářská inspekce, . 2018. Právní předpisy vztahující se k doplňkům stravy o obecné informace o doplňcích stravy: Obecné informace o doplňcích stravy. Státní zemědělská a potravinářská inspekce 2018 [online]. Květná 15, 603 00 Brno. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<http://www.szpi.gov.cz/clanek/zakladni-prehled-pravnich-predpisu-pravni-predpisy-vztahujici-se-k-doplncum-stravy-o-obecne-informace-o-doplncich-stravy.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>>

SÚKL, . 2010. Kdo a jakým způsobem v ČR schvaluje doplňky stravy?. SÚKL: Státní ústav pro kontrolu léčiv [online]. SÚKL. Šrobárova 48, 100 41 Praha 10. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<http://www.sukl.cz/leciva/kdo-a-jakym-zpusobem-v-cr-schvaluje-doplunky-stravy>>

SZPI, . 2014. Potraviny na pranýři: nejakostní, falšované a nebezpečné potraviny. In: SZPI: Státní zemědělské a potravinářské inspekce [online]. Státní zemědělské a potravinářské inspekce. 2017. [cit. 2018-03-25]. Dostupné z: <<http://www.potravinynapranryri.cz/Detail.aspx?id=2345&lang=cs&design=default&archive=archive&listtype=tiles>>

Šicho, V., Vodrážka, Z., Králová, B. 1981. *Potravinářská biochemie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. SNTL - Nakladatelství technické literatury. Praha.

Tarnopolsky, M., Atkinson, S., MacDougall, J., Chesley, A., Phillips, S., Schwarcz, H. 1992. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *Journal of Applied Physiology* [online]. 73 (5). 1986-1995. [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.1152/jappl.1992.73.5.1986. ISSN: 8750-7587. Dostupné z: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1992.73.5.1986>>

Tarnopolsky, M. 2007. Clinical use of creatine in neuromuscular and neurometabolic disorders. In: *Creatine and Creatine Kinase in Health and Disease*. Salomons, Gajja S. a Markus Wyss. *Creatine and Creatine Kinase in Health and Disease: Subcellular Biochemistry*. Volume 46. Springer. Basel, Switzerland. 183-204. ISBN: 978-1-4020-6486-9.

Tarnopolsky, M. 2010. Caffeine and Creatine Use in Sport. *Annals of Nutrition and Metabolism* [online]. 57 (2). 1-8. [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1159/000322696. ISSN: 1421-9697. Dostupné z: <<https://www.karger.com/Article/FullText/322696>>

Taylor, L., Wilborn, C., Roberts, M., White, A., Dugan, K. 2016. Eight weeks of pre- and postexercise whey protein supplementation increases lean body mass and improves

performance in Division III collegiate female basketball players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [online]. 41 (3). 249-254. [cit. 2018-03-06]. DOI: 10.1139/apnm-2015-0463. ISSN: 1715-5312. Dostupné z: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/apnm-2015-0463>>

Terjung, R., Clarkson, P., Eichner, R., Greenhaff, P., Hespel, P., Israel, R., Kraemer, W., Mayer, R., Spriet, L., Tarnopolsky, M., Wagenmakers, A., Williams, M. 2000. Physiological and Health Effects of Oral Creatine Supplementation. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 32 (3). 706-717. [cit. 2018-04-02]. DOI: 10.1097/00005768-200003000-00024. ISSN: 0195-9131. Dostupné z: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-200003000-00024>>

Thibaudeau, C., photos, P. 2006. *The black book of training secrets*. Enhanced ed. F. Lepine Publishing. Saint-Raymond, Quebec, Canada. ISBN: 0978110560.

Tipton, K. 1999. Nonessential amino acids are not necessary to stimulate net muscle protein synthesis in healthy volunteers. *The Journal of Nutritional Biochemistry* [online]. 10 (2). 89-95. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1016/S0955-2863(98)00087-4. ISSN: 09552863. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0955286398000874>>

Tipton, K., Phillips, S. 2013. Dietary Protein for Muscle Hypertrophy. van Loon, L.J.C. (ed.) a R. Meeusen (ed.). *Limits of Human Endurance* [online]. S. KARGER. Basel. s. 73-84. [cit. 2018-03-24]. Nestlé Nutrition Institute Workshop Series. DOI: 10.1159/000350259. ISBN: 978-3-318-02408-1. Dostupné z: <<https://www.karger.com/Article/FullText/350259>>

Urban, L. 2005-2018. Základní informace o vnitřním trhu. EUROSKOP.CZ [online]. Vláda České republiky. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<https://www.euroskop.cz/8739/sekce/zakladni-informace-o-vnitrnim-trhu/>>

van Someren, K., Edwards, A., Howatson, G. 2005. Supplementation with β -Hydroxy- β -Methylbutyrate (HMB) and α -Ketoisocaproic Acid (KIC) Reduces Signs and Symptoms of Exercise-Induced Muscle Damage in Man. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. 15 (4). 413-424. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1123/ijsnem.15.4.413. ISSN: 1526-484X. Dostupné z: <<http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijsnem.15.4.413>>

Vandenbergh, K., Gillis, N., Van Leemputte, M., Van Hecke, P., Vanstapel, F., Hespel, P. 1996. Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. *Journal of Applied Physiology* [online]. 80 (2). 452-457. [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1152/jappl.1996.80.2.452. ISSN: 8750-7587. Dostupné z: <<http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1996.80.2.452>>

Velíšek, J. 2002. *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. OSSIS. Tábor. ISBN: 80-86659-00-3.

Vigué, J. 2015. *Atlas lidského těla*. 13. vydání. Rebo International CZ. Čestlice. 164 s. ISBN: 9788025509760.

Vilikus, Z., Daďová, K., Bulířová, K., Masopustová, J. 2017. Vliv beta-hydroxymethylbutyrátu na sportovní výkon. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*. 26 (4). 174-187.

Vilikus, Z., Mach, I., Brandejský, P. 2012. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. 1. vyd. Karolinum. Praha. ISBN: 9788024620640.

- Vodrážka, Z. 1992. *Biochemie*. 1. vyd. Academia. Praha. ISBN: 80-200-0438-6.
- Vodrážka, Z. 1998. *Biochemie pro studenty středních škol a všechny, které láká tajemství živé přírody*. 1. vyd. Scientia. Praha. ISBN: 80-7183-083-6.
- Vodrážka, Z., Krechl, J. 1991. *Bioorganická chemie*. 1. vyd. SNTL. Praha. Česká matice technická (SNTL). ISBN: 80-03-00547-7.
- Voet, D., Voet, J. 2004. *Biochemistry*. 3rd ed. John Wiley & Sons. Hoboken, N.J. ISBN: 9780471193500.
- Volpi, E., Kobayashi, H., Sheffield-Moore, M., Mittendorfer, B., Wolfe, R. 2003. Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 78 (2). 250-258. [cit. 2018-03-30]. DOI: 10.1093/ajcn/78.2.250. ISSN: 0002-9165. Dostupné z: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/78/2/250/4689932>>
- Walstra, P., Jan T.M. Wouters, ., Geurts, T. 2006. *Dairy science and technology*. 2nd ed. Taylor & Francis. Boca Raton. ISBN: 9781420028010.
- Wang, X., Tang, C., Yang, X., Gao, W. 2008. Characterization, amino acid composition and in vitro digestibility of hemp (*Cannabis sativa* L.) proteins. *Food Chemistry* [online]. 107 (1). 11-18. [cit. 2018-03-28]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.06.064. ISSN: 03088146. Dostupné z: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814607006358>>
- Whitney, E., Rolfes, S. 2016. *Understanding nutrition*. Fourteenth edition. Cengage Learning. Belmont, CA. ISBN: 978-1-285-87434-0.
- WHO, . 2007. *Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation*. World Health Organization. Geneva. ISBN: 9241209356.
- Wilkinson, D., Hossain, T., Hill, D., Phillips, B., Crossland, H., Williams, J., Loughna, P., Churchward-Venne, T., Breen, L., Phillips, S., Etheridge, T., Rathmacher, J., Smith, K., Szewczyk, N., Atherton, P. 2013. Effects of leucine and its metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism. *The Journal of Physiology* [online]. 591 (11). 2911-2923. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1113/jphysiol.2013.253203. ISSN: 00223751. Dostupné z: <<http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.2013.253203>>
- Wilson, G., Wilson, J., Manninen, A. 2008. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review. *Nutrition & Metabolism* [online]. 5 (1). 1-. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1186/1743-7075-5-1. ISSN: 1743-7075. Dostupné z: <<http://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-7075-5-1>>
- Wilson, J., Lowery, R., Joy, J., Andersen, J., Wilson, S., Stout, J., Duncan, N., Fuller, J., Baier, S., Naimo, M., Rathmacher, J. 2014. The effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 114 (6). 1217-1227. [cit. 2018-04-05]. DOI: 10.1007/s00421-014-2854-5. ISSN: 1439-6319. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-014-2854-5>>

Winklerová, D. 2008. Potraviny nového typu a doplňky stravy: Pokyny pro vydání odborného stanoviska SZÚ. Státní zdravotní ústav: Šrobárova 48 Praha 10, 100 42 [online]. CMS Marwel, QCM, s.r.o. Šrobárova 48 Praha 10, 100 42. [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <<http://www.szu.cz/tema/bezpecnost-potravin/potraviny-noveho-typu-a-doplanky-stravy>>

Wu, G. 2016. Dietary protein intake and human health. *Food & Function* [online]. 7 (3). 1251-1265. [cit. 2018-02-09]. DOI: 10.1039/C5FO01530H. ISSN: 2042-6496. Dostupné z: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=C5FO01530H>>

Yasmin, A., Butt, M., Sameen, A., Shahid, M. 2013. Physicochemical and Amino Acid Profiling of Cheese Whey. *Pakistan Journal of Nutrition* [online]. 12 (5). 455-459. [cit. 2018-03-24]. DOI: 10.3923/pjn.2013.455.459. ISSN: 16805194. Dostupné z: <<http://www.scialert.net/abstract/?doi=pjn.2013.455.459>>

Zdražil, K. 2002. Mlékařství: (přednášky). Vyd. 1. ISV. Praha. Živočišná výroba (Česká zemědělská univerzita). ISBN: 80-86642-15-1.

Zatsiorsky, V., Kraemer, W. 2006. Science and practice of strength training. 2nd ed. *Human Kinetics*. Champaign, IL. ISBN: 978-0736056281.

8 Seznam tabulek:

| | |
|--|----|
| Tabulka 1. Přehled α -AMK a jejich třípísmenných zkratk (Vodrážka, 1998) | 4 |
| Tabulka 2. Rozdělení AMK podle chemické struktury postranních řetězců (Murray et al., 2009) 5 | 5 |
| Tabulka 3. Rozdělení podle schopnosti lidského organismu si dané AMK tvořit (Velíšek, 2002) 5 | 5 |
| Tabulka 4. Rozdělení AMK na esenciální, podmíněně esenciální a neesenciální (Holeček, 2006) 6 | 6 |
| Tabulka 5. Rozdělení bílkovin (Hudeček et Kalous, 1989) | 11 |
| Tabulka 6. Množství AMK v ideální bílkovině (WHO, 2007) | 17 |
| Tabulka 7. Doporučený příjem bílkovin ve fitness a kulturistice (Mach et Borkovec, 2013) | 24 |
| Tabulka 8. Rozdělení dle původu a chemického charakteru (Mach, 2012) | 30 |
| Tabulka 9. Rozdělení dle účinku s vybranými zástupci (Mach, 2012) | 31 |
| Tabulka 10. Rozdělení proteinových doplňků podle obsahu bílkovin (Mach, 2017) | 35 |
| Tabulka 11. Rozdělení syrovátkových proteinů (Mach, 2017; Geiser, 2003) | 39 |
| Tabulka 12. Průměrný obsah esenciálních AMK v různých typech proteinových doplňků – přeloženo (Hulmi et al., 2015)..... | 47 |

9 Seznam obrázků:

| | |
|--|----|
| Obrázek 1. Vznik peptidové vazby (http://www.mojechemie.cz/images/Vznik_peptidove_vazby.png)..... | 6 |
| Obrázek 2. Pravotočivý α -helix (vlevo) (https://www.mun.ca/biology/scarr/F09-05.jpg) a paralelní a antiparalelní β -skládaný list (vpravo) (https://viamedici.thieme.de/api/images)..... | 9 |
| Obrázek 3. Přehled struktur ve všech čtyřech úrovních – přeloženo | 10 |
| Obrázek 4. Schéma bílkovinného obratu - přeloženo (Schutz, 2011)..... | 14 |
| Obrázek 5. Zdroje energie v závislosti na čase (Vilikus et al., 2012)..... | 19 |
| Obrázek 6. Anatomie svalu – přeloženo | 20 |
| Obrázek 7. Sarkoplazmatická a myofibrilární hypertrofie svalu – přeloženo (Zatsiorsky et Kraemer, 2006)..... | 21 |
| Obrázek 8. Rozdělení mléčných bílkovin (Navrátilová et al., 2012)..... | 37 |
| Obrázek 9. Cross – flow mikrofiltrace neboli filtrace se zkříženým tokem (https://filtrace.com/obrazky/princip_crossflow_filtrace.jpg) | 40 |
| Obrázek 10. Rychlost vstřebání jednotlivých proteinových přípravků (Mach, 2017) | 42 |
| Obrázek 11. Obrázek 11. Leucinový poměr AARR mezi jednotlivými komerčně dostupnými proteinovými doplňky (Phillips, 2016)..... | 48 |
| Obrázek 12. Klady a zápory užívání doplňků stravy (Burke et Deakin, 2010) | 54 |

10 Seznam použitých zkratk a symbolů

| | |
|--------------|--|
| AARR | referenční poměr aminokyselin (amino acid reference ratio) |
| AAS | aminkyselinové skóre (amino acid score) |
| ADP | adenosindifosfát |
| ADV | Antidopingový výbor |
| Ala | alanin |
| AMK | aminokyseliny/aminokyselina |
| Arg | arginin |
| Asn | asparagin |
| Asp | asparagová kyselina |
| ATP | adenosintrifosfát |
| BCAA | větvené aminokyseliny (branched chain amino acids) |
| BV | biologická hodnota (biological value) |
| CFM | mikrofiltrace se zkříženým tokem (cross-flow microfiltration) |
| Cit | citrulin |
| CLA | konjugovaná kyselina linolová |
| CP | kreatinfosfát |
| Cys | cystein |
| ČR | Česká republika |
| DACH | Německo (D), Rakousko (A) a Švýcarsko (CH) |
| DIAAS | Skóre stravitelnosti nepostradatelných aminokyselin (digestible indispensable amino acid scores) |
| EFSA | Evropský úřad pro bezpečnost potravin |
| ES | Evropské společenství |
| EU | Evropská unie |
| FAO | organizace pro výživu a zemědělství (Food and agriculture organization) |
| GABA | γ -aminomáslená kyselina |
| GLA | gama-linolenová kyselina |
| Gln | glutamin |
| Glu | glutamová kyselina |
| Gly | glycin |
| HDL | lipoproteiny s vysokou hustotou (high density lipoproteins) |
| His | histidin |
| HMB | β -hydroxy- β -methylbutyrát |
| Hyp | hydroxyprolin |
| IDL | lipoproteiny se střední hustotou (intermediate density lipoproteins) |

| | |
|--------------------------|--|
| Iso | isoleucin |
| LDL | lipoproteiny s nízkou hustotou (low density lipoproteins) |
| Leu | leucin |
| Lys | lysin |
| Met | methionin |
| MOV | Mezinárodní olympijský výbor |
| MZe | Ministerstvo zemědělství |
| Orn | ornitin |
| OSN | Organizace spojených národů |
| PDCAAS | skóre stravitelnosti proteinu (protein digestibility amino acid score) |
| PER | poměr účinnosti proteinu (protein efficiency ratio) |
| Phe | fenylalanin |
| PPC | hrachový koncentrát (pea protein concentrate) |
| Pro | prolin |
| RPC | rýžový koncentrát (rice protein concentrate) |
| Ser | serin |
| SPI | sójový proteinový izolát (soy protein isolate) |
| SPV | Společnost pro výživu |
| SÚKL | Státní ústav pro kontrolu léčiv |
| SZPI | Státní zemědělské a potravinářské inspekce |
| Tau | taurin |
| THC | tetrahydrocannabinol |
| Thr | threonin |
| Trp | tryptofan |
| Tyr | tyrosin |
| UNU | Univerzita OSN (United nations university) |
| USA | Spojené státy americké (United States of America) |
| Val | valin |
| VLDL | lipoproteiny s velmi nízkou hustotou (very low density lipoproteins) |
| VO₂max | maximální spotřeba kyslíku |
| VP | vysokoproteinová |
| VS | vysokosacharidová |
| WADA | Světová antidopingová agentura (World anti-doping agency) |
| WHO | Světová zdravotnická organizace (World health organization) |
| WP | sušená syrovátka (whey powder) |
| WPC | syrovátkový koncentrát (whey protein concentrate) |
| WPH | syrovátkový hydrolyzát (whey protein hydrolysate) |
| WPI | syrovátkový izolát (whey protein isolate) |
| α-AMK | alfaaminokyseliny |