

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Bílkoviny ve výživě sportovců

Bakalářská práce

Autor práce: Kristýna Horváthová

Obor studia: Výživa a potraviny (ATZD)

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

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 20. 4. 2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Borisovi Hučkovi, CSc. za pomoc, odborné vedení, věnovaný čas při konzultacích a poskytnutí cenných rad a připomínek, které mi pomohly práci zdárně dokončit.

Bílkoviny ve výživě sportovců

Souhrn

Bílkoviny jsou nenahraditelné živiny, které v lidském těle plní mnoho důležitých funkcí a lze je označit jako základní stavební prvek všech organismů. Především u sportovců hrají důležitý faktor při regeneraci, obnově tkání a nárůstu svalové hmoty. Průměrně lidé přijímají bílkoviny v hodnotách 0,8 – 1,2 g.kg⁻¹ tělesné hmotnosti a u sportovců je hodnota o něco vyšší. Velice často se setkáváme s jevem, kdy lidé mají větší příjem bílkovin a nevhodně užívají potravinové suplementy s vizí větší svalové hmoty. Při nedostatečném příjmu bílkovin dochází k poklesu detoxikační schopnosti jater, degeneraci kosterní svaloviny, zhoršuje se hojivost ran a dochází k narušení správného pochodu spermatogeneze nebo jiných metabolických pochodů.

Bílkoviny jsou získávány z živočišných i rostlinných zdrojů. Podle původu vzniku jsou odlišné především nutriční hodnotou tedy obsahem esenciálních látek a jejich stravitelností. Mezi kvalitní vydatné bílkoviny z hlediska výživové hodnoty řadíme bílkoviny vaječné a mléčné. Základní stavební jednotkou bílkovin jsou aminokyseliny, které jsou zastoupeny v hojném množství a navzájem se pojí pomocí peptidových vazeb.

Musíme si uvědomit, že na sestavování jídelníčku a určování množství jednotlivých živin, neexistuje přesný vzorec. Každý sportovec by měl přesné dávkování bílkovin řešit s odborníkem, který mu provede různá vyšetření, díky nimž určí správnou dávku bílkovin. Přijímané množství bílkovin u sportovců je odlišné zejména podle toho, zda se jedná o vytrvalostního či silového jedince. Velice oblíbené u sportovců jsou suplementy, které při sportovní aktivitě pomáhají tělu k účinnější proteolýze, podporují rychlejší regeneraci a fungují jako prevence pro poškození a přetížení organismu. Základem nejlepších sportovních výkonů je odhodlání, vyvážená strava a tvrdý trénink.

Klíčová slova: Bílkoviny, aminokyseliny, sportovci, výživa, potravinové suplementy

Protein in the diet of athletes

Summary

Proteins are irreplaceable nutrients in the human body which performs many important functions and can be designated as the basic building block of all organisms. Primarily at athletes play an important factor during regeneration, tissue renewal and muscle growth. On average, people accept the proteins in the values of 0.8 – 1.2 g.kg⁻¹ body weight, and at athletes it is slightly higher. Very often we are facing a phenomenon where people have greater protein intake and inappropriately take food supplements with the vision of a greater muscle mass. In case of insufficient protein intake occurs a decrease of liver detoxification, skeletal muscle degeneration, wound healing and there is also a disruption of the correct march of spermatogenesis or other metabolic processes.

Proteins are obtained from animal and plant sources. According to the origin, the nutritional values are different therefore, the content of essential substances and their digestibility. Among the high quality proteins in terms of nutritional value, we include egg and milk proteins. The basic building unit of proteins are amino acids, which are represented in copious quantity and mutually linked by peptide bonds.

We have to realize that there is no exact formula for setting the diet and determining the amount of individual nutrients. Every athlete should discuss the exact dose of protein with a specialist who performs various examinations to determine the correct dose of protein. The accepted amount of protein for athletes is different, depending on whether they are endurance or strength individuals. Very popular with athletes are supplements which help the body during sport activity to more efficient proteolysis, faster recovery and act as a prevention for damage and overloading of the body. The basis of the best sports performance is determination, balanced diet and hard training.

Keywords: Proteins, amino acids, athletes, nutrition, food supplements

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	2
3 Literární rešerše	3
3.1 Bílkoviny	3
3.1.1 Struktura bílkovin	4
3.1.1.1 Primární struktura	4
3.1.1.2 Sekundární struktura.....	4
3.1.1.3 Terciální struktura	5
3.1.1.4 Kvarterní struktura.....	5
3.1.2 Funkce bílkovin	5
3.1.3 Vlastnosti bílkovin.....	5
3.1.3.1 Disociace a hydratace	5
3.1.3.2 Denaturace	6
3.1.4 Trávení bílkovin.....	6
3.1.5 Metabolismus bílkovin	7
3.1.6 Dusíková bilance.....	8
3.2 Aminokyseliny	9
3.2.1 Struktura a klasifikace aminokyselin	9
3.2.2 Funkce aminokyselin	9
3.2.2.1 Histidin	10
3.2.2.2 Lysin	10
3.2.2.3 Cystein a Methionin	10
3.2.2.4 Fenylalanin	11
3.2.2.5 Kyselina glutamová a glutamin	11
3.2.2.6 Tryptofan	12
3.2.3 Aminokyselinový pool.....	12
3.2.4 Metabolismus aminokyselin	13
3.2.5 Poruchy metabolismu aminokyselin	13
3.3 Peptidy	15
3.4 Výživa ve sportu	17
3.4.1 Doporučené množství bílkovin	17
3.4.2 Doporučené množství bílkovin u nesportovců	17
3.4.3 Role bílkovin ve sportu.....	18
3.4.4 Vytrvalostní sportovci.....	20
3.4.5 Siloví sportovci	21

3.4.6	Silově-vytrvalostní sportovci	23
3.4.7	Dieta u sportovců	23
3.5	Diferenciace příjmu potravy dle časových aspektů	25
3.5.1	Před tréninkem	25
3.5.2	Během tréninku	25
3.5.3	Po tréninku	26
3.6	Pitný režim	27
3.6.1	Pitný režim před tréninkem	27
3.6.2	Pitný režim při tréninku	27
3.6.3	Pitný režim po tréninku	27
3.7	Potravinové suplementy	29
3.7.1	Zlepšení výkonu a síly, růst a zachování tkání	29
3.7.2	Bílkoviny a aminokyseliny	30
3.7.3	Kofein	30
3.7.4	Kreatin	32
3.7.5	B-Hydroxy-B-methylbutyrát	32
3.7.6	Karnitin	33
4	Závěr	35
5	Seznam použité literatury	36
6	Seznam použitých obrázků	45
7	Seznam použitých zkratek	46

1 Úvod

Bílkoviny představují nenahraditelné živiny, které plní v těle řadu velmi důležitých funkcí. U sportovců představují významný faktor, především kvůli regeneraci a obnově tkání a nárůstu svalové hmoty. Bílkoviny můžeme nalézt kromě masa také v rostlinných a živočišných zdrojích. Lidé přijímají větší množství bílkovin nebo nevhodně používají potravinové suplementy s představou, že čím vyšší bude jejich příjem, tím více budou mít svalů. Bohužel je tato informace mylná, proto se velmi často objevuje jejich chybná konzumace. Při nedostatečném příjmu bílkovin dojde k poklesu detoxikační schopnosti jater, degeneraci kosterní svaloviny, zhorší se hojivost ran a dojde k narušení správného pochodu spermatogeneze, nebo jiných metabolických pochodů. Průměrné obyvatelstvo přijímá bílkoviny v rozmezí 0,8 – 1,2 g.kg⁻¹ tělesné hmotnosti. U sportovců je však toto rozmezí o něco vyšší, a sice 1,2 – 2,0 g.kg⁻¹. Obecně platí, že sportovci vlivem množství vykonaných aktivit mají znatelně vyšší příjem bílkovin, než lidé se sedavým stylem života. V průběhu zhruba 16 hodin stavu bdělosti je doporučeno přijmout cca 1,25 g.kg⁻¹ na den bílkovin, což odpovídá zhruba hodnotě pěti jídel. Přijímání většího množství bílkovin před spaním, konkrétně 40 g, nebo přibližně 0,50 g.kg⁻¹ dopomáhá k postupnému ustálení katabolických úbytků přes noc (Res et al., 2012). Za těchto okolností pak dochází k nárůstu souhrnného denního příjmu na 1,5 g.kg⁻¹ na den (Burke et al., 2012). Každý sportovec přijímá jiné množství bílkovin, zaleží na druhu sportu a především na tom, jestli se jedná o sportovce vytrvalostního nebo silového. Dalším faktorem může být pohlaví, tělesná hmotnost, výška a věk jedince. Pokud by chtěl mít člověk vhodnou skladbu jídelníčku, je vhodné navštívit odborníka, který se tímto tématem zabývá. Odborník provede potřebná vyšetření a na základě výsledků určí přesné dávkování bílkovin a dalších živin, jako jsou sacharidy a tuky.

2 Cíl práce

Práce se zabývá významem bílkovin ve výživě sportovců z hlediska struktury, funkce a vlastností. Stejným způsobem bude zaměřena na aminokyseliny, peptidy, pitný režim a potravinové suplementy, jelikož jsou také klíčovým faktorem u výživy sportovců. Hlavním cílem je srovnání příjmu bílkovin u sportovců zaměřených na vytrvalostní a silový trénink, spolu s nesportujícími lidmi. Významem práce je ukázat, jak se liší denní množství bílkovin u jednotlivých kategorií.

3 Literární rešerše

3.1 Bílkoviny

Bílkoviny jsou základním stavebním prvkem všech organismů. V tkáních vyšších organismů a lidí tvoří více než 80 % ze všech přítomných látek organického původu. Díky zástupcům z rostlinné říše lze bílkoviny syntetizovat z anorganických sloučenin, živočišné je však získávají z potravy. Bílkoviny se v trávicím traktu rozloží na aminokyseliny, které vytvoří vlastní specifické bílkoviny. Bílkoviny pak nelze v organismu jako takovém zaměnit za zcela jiné sloučeniny (Heinrich, 2015). V těle i ve stravě jsou molekuly bílkovin složitější a variabilnější než sacharidy a tuky, a proto mají větší rozmanitost prvků. Typickým prvkem bílkovin je dusík, který představuje zhruba 16 %, proto je metabolismus dusíku mnohdy připodobňován k metabolismu bílkovin. Ostatními prvky či elementy jsou uhlík, kyslík, vodík a v neposlední řadě i síra a fosfor (Garrow et al., 2000).

Bílkoviny se označují jako biomakromolekulární látky, které se skládají ze značného množství aminokyselin, jež jsou navzájem spojeny pomocí peptidových vazeb. Veškeré bílkoviny představují spojení 22 biogenních aminokyselin, kdy většina z nich jsou tzv. esenciální, jinými slovy jsou nezbytně nutné pro tělo. Zbylé jsou pak neesenciální, které vznikají výměnou metabolitů nebo jiných aminokyselin. Pro tvorbu aminokyselin je důležité, aby potrava byla sestavena z bílkovin z co možná nejčastějším výskytem jednotlivých druhů aminokyselin. Negativní dopad na průběh proteosyntézy má absence i pouze jedné aminokyseliny (Merkunová et al., 2008).

Mezi esenciální aminokyseliny u dospělého jedince patří: valin, leucin, izoleucin, fenylalanin, lysin, methionin, tryptofan a treonin. V případě dětí jsou to aminokyseliny, jako je histidin a arginin. Neesenciální či jinak pro lidské tělo postradatelné aminokyseliny jsou kyselina asparagová, kyselina glutamová, asparagin, glutamin, cystein, tyrosin, cystin, alanin, glycin, prolin, hydroxyprolin a nadále pak i serin (Williams, 2010).

K buňkám se vstřebané aminokyseliny rozvádí krevní cestou. Vstup do buněk jim usnadňuje inzulin a používají se k přestavbě buněčných bílkovin. Jsou nahrazeny aminokyselinami, které jsou uvolňovány do krve vlivem štěpných buněčných bílkovin. V buňkách se bílkoviny využívají k tvorbě enzymů, bílkovinných hormonů a k výstavbě buněčných struktur (Merkunová et al., 2008).

Dle příslušné odborné literatury lze bílkoviny rozdělit na bílkoviny rostlinného a živočišného původu. Bílkoviny živočišného původu disponují pro člověka přijatelnějším

poměrem esenciálních aminokyselin než výše uvedené bílkoviny rostlinného původu. Mezi kvalitní, respektive co se týče výživové hodnoty vydatné bílkoviny, lze však zařadit pouze bílkoviny vaječné a mléčné. V mase jsou plnohodnotné bílkoviny svaloviny a menší výživovou hodnotu mají bílkoviny pojivové tkáně. Vzhledem k tomu, že vybrané aminokyseliny jsou jistým způsobem omezené, nelze bílkoviny rostlinného typu považovat z výživového hlediska za dostatečně kvalitní. Rozmanitost lidské stravy je odrazem různorodosti bílkovin jako takových. Limity ve struktuře aminokyselin individuálních zdrojů se oboustranně vyrovnávají a konečná kvalita bílkovin, tvořící základ stravy, která je tedy přijatelnější, než forma odrážející jednotlivé druhy bílkovin z individuálního pohledu (Pánek et al., 2002).

3.1.1 Struktura bílkovin

Pohledem potravinářské praxe a výživy člověka lze bílkoviny popsat pouhým studiem o celkovém složení aminokyselin. V některých případech je nutné znát podrobnou strukturu bílkovin. Rozlišujeme čtyři stupně struktur bílkovin, primární, sekundární, terciální a kvarterní (Velíšek, 2009).

3.1.1.1 Primární struktura

Bílkoviny jsou složené z přesného počtu a pořadí aminokyselin v peptidovém řetězci. V primární struktuře se mohou vyskytovat disulfidické vazby, které zajistí stabilnější konformaci proteinu (Velíšek a Hajšlová, 2009). K určení posloupnosti těchto aminokyselin se využívá proteolytických enzymů. Díky proteolytickým enzymům získáme soubor peptidů, podle kterých je sestavena původní molekula bílkovin. Biochemickou metodou díky sekventátoru stanovíme finální pořadí aminokyselin v peptidech (Staszková a Horák, 2002).

3.1.1.2 Sekundární struktura

Jedná se o prostorové uspořádání primární struktury bez ohledu na postranní řetězce. V sekundární struktuře hrají důležitou roli vodíkové můstky. Mezi nejvýznamnější a nejdůležitější jsou řazeny α -helix a β -struktura.

Sekundární struktura je zastoupená velkým množstvím triple helixů, kam patří elastin, α -keratin nebo kolagen. Strukturálně jde o nahodilě poskládané spirály (Murray et al., 2012).

3.1.1.3 Terciální struktura

Jedná se o trojrozměrné uspořádání polypeptidového řetězce sekundární struktury. Na soudržnosti a vzniku vazeb se podílí kromě vodíkových můstků také vazba iontová, disulfidová nebo van der Walsovy síly (Velíšek a Hajšlová, 2009).

3.1.1.4 Kvarterní struktura

Kvarterní struktura je charakteristická tím, že je pospojovaná větším množstvím polypeptidových řetězců, které drží pohromadě díky nekovalentním interakcím. Například hemoglobin se skládá ze dvou jednotek α -globinu a dvou β -globinů (Hammond, 2008).

3.1.2 Funkce bílkovin

Strukturu živého organismu vytváří bílkoviny, které ovlivňují buněčný proces a mají podstatný vliv na přepis genetické informace zahrnuté v genové DNA (deoxyribonukleová kyselina) (Svačina et al., 2008). Aby byla uchována buněčná integrita, je pro lidské zdraví a možnost reprodukce nezbytně nutné, aby jedinec disponoval vždy dostatečným přísunem bílkovin do organismu (Garrow et al., 2000).

Rozlišujeme bílkoviny katalytické (enzymy, hormony), pohybové (aktin, myozin, aktomyozin), zásobní (ferritin), strukturní (nalezneme z velké části v tkáních živočichů a rostlinných pletiv a jako stavební složky buněk), obranné (protilátky, imunoglobuliny), regulační (histony), senzorické (rhodopsin) (Velíšek, 2009).

3.1.3 Vlastnosti bílkovin

3.1.3.1 Disociace a hydratace

Bílkoviny lze označit jako polyamfolyty, jelikož disociují v roztocích při zrodu makromolekulárních polyiontů stejně tak jako aminokyseliny a peptidy. Dle jejich pH prostředí v rámci jejich molekul se objevují pozitivně či negativně nabití ionty, jejichž vznik je podnícen štěpením plnohodnotných skupin jednotlivých aminokyselin.

Rozpustnost proteinů je závislá na bílkovinné struktuře, teplotě, relativní permitivitě rozpouštědla, ale i mnoha dalších faktorech, týkajících se aktuální hodnoty pH roztoku či jeho iontové síly (Velíšek, 2002).

3.1.3.2 Denaturace

Denaturace bílkovin způsobí chemické nebo fyzické vlivy, příkladem mohou být účinky silné kyseliny nebo silné zásady, ozáření, změna tlaku nebo zahřátí. Vlivem těchto faktorů dojde ke ztrátě biologické hodnoty a vlastnosti bílkovin (Pánek, 2002). Při denuraci bílkovin dochází ke změně terciální struktury, a to především před vlastním trávením. V souvislosti s úpravou potravin lze hovořit výhradně o fyzikální denuraci, která přichází v úvahu vlivem zvyšování či snižování teplot (Pánek et al., 2002). Základní složení bílkovin zůstává tedy beze změny. Proměny konformačního charakteru lze označit za reverzibilní, tedy takové, které nemají trvalý charakter.

Denaturovaná a tzv. nativní bílkovina je ve skutečnosti v rovnocenném postavení předešlé konformace. Tohoto stavu lze dosáhnout díky renaturaci, kdy jsou bílkoviny vystaveny původním podmínkám. Přeměna konformace bílkovin je však v mnoha případech nevratná (ireverzibilní). Důsledkem těchto procesů je pak ztráta biologické aktivity a původní funkce bílkovin (Velíšek, 2009). Z nutriční stránky je denuraci možné pokládat za potřebnou, jelikož nedodržením nativního složení bílkovin se zdokonalí proces stravitelnosti. Dále dochází k denuraci vybraných antinutričních toxických látek přirozeného charakteru, jako jsou například lektiny, ale i k denuraci v bílkovinné struktuře mikroorganismů a enzymech. Tento proces jde ruku v ruce s celou řadou procesů, které nutriční hodnotu proteinů příslušným způsobem redukují. V podstatě dojde k porušení termolabilních aminokyselin a vznikají různé enzymorezistentní komplexy. Využitelnost bílkovin je vlivem těchto reakcí značně snížena (Pánek et al., 2002).

3.1.4 Trávení bílkovin

Proces trávení bílkovin v trávicí soustavě lze označit za enzymovou hydrolýzu. Jedná se o řadu kroků, kdy je každý situován v jiné oblasti trávicího systému. Bílkoviny se pomocí enzymu pepsinu rozkládají v žaludku na polypeptidy při $\text{pH} = 1,5$.

V tenkém střevě na ně mají vliv také enzymy trypsin a chymotrypsin. Postupně se vytvářejí oligopeptidy, které se štěpí v tenkém střevě při $\text{pH} 7$ na aminokyseliny, karboxypeptidasy, aminopeptidasy a dipeptidasy. V tenkém střevě se aminokyseliny absorbují a přesouvají do krevního oběhu, následně do jater či lymfatického a krevního oběhu. Aminokyseliny a peptidy, které se nevstřebají, pak v tlustém střevě metabolizují střevní mikroflóru (Pánek et al., 2002). Někteří autoři se přiklání k názoru, že uvolňující se aminokyseliny při rozkladu bílkovin jsou absorbovány za pomoci přenašečů, které se

soustředí na příslušné druhy aminokyselin. Některé aminokyseliny jsou absorbovány formou dvojic či trojic za pomoci některých systémů příslušných přenašečů (Lukáš et al., 2005). Rozklad bílkovin, jenž navyšuje původní hodnotu bazálního metabolismu o mnohdy až 30 %, lze charakterizovat jako vysoce energeticky náročný proces. Naproti tomu při trávení tuků a sacharidů uvedená hodnota narůstá o pouhých 4 – 6 % (Mourek, 2012).

3.1.5 Metabolismus bílkovin

V těle se neustále odehrává degradace a resyntéza bílkovin a tyto procesy lze dohromady pojmenovat jako proteinový obrat. Rychlost tohoto procesu se u zdravých lidí snižuje s narůstajícím věkem. V případě novorozenců hovoříme o rychlosti 17,4 g.kg⁻¹, v prvním roce o 6,9 g.kg⁻¹, mladých dospělých lidí tato hodnota činí 3 – 4 g.kg⁻¹ a u starších dospělých 1,9 g.kg⁻¹ tělesné hmotnosti. Za dosažení rovnováhy mezi resyntézou a degradací stojí řada okolností. Například anabolický hormon inzulin stimuluje ve skeletálním svalstvu syntézu bílkovin a nadále inhibuje degradaci v játrech, ale i ve svalech. Katabolický hormon glukagon způsobuje degradaci bílkovin takovým způsobem, kdy reaguje na akutní požadavky glukózy tak, že podporuje glukoneogenezi ze svalových bílkovin mobilizovaných aminokyselin a laktátu. Stejný vliv má kortizol, který však působí poněkud pomaleji (Svačina et al., 2008). V situaci kdy z potravy přijímáme bílkoviny, hovoříme v rámci anabolické fáze o absorpci aminokyselin v tenkém střevě, při které postupně naroste jejich aktuální výše, upotřebitelná pro syntézu bílkovin. Za uvedených okolností tak dochází ke snížení rychlosti bílkovinné degradace v rámci celého organismu. Stěžejní množství aminokyselin absorbují játra, některé z nich však jako je např. glutamin slouží pro dílčí oxidaci.

Rozvětvené aminokyseliny, mezi které jsou řazeny valin, leucin či izoleucin jsou vystaveny obdobným procesům, přičemž jak v případě absorbování, tak jejich oxidace, hovoříme o okrajové svalové tkáni. S nižším přísunem zásobování aminokyselin z výživy postupně dochází k vyšší degradaci příslušných svalových proteinů a nadále pak i k nárůstu možnosti užití aminokyselin pro potřeby jaterní glukoneogeneze. Při procesu hladovění vzniká v průběhu prvního týdne adaptační obměna, jejímž následkem dojde ke zpomalení svalové devastace, kdy de facto dochází ke snižování požadavků na jaterní glukoneogenezi, za pomoci užití tzv. ketolátů coby v podstatě klíčového oxidačního substrátu.

Tímto procesem nastane úbytek oxidace aminokyselin, což se odrazí v redukcí vylučovaného urinárního dusíku. V koncovém stupni procesu hladovění jsou bílkoviny

použity jako zdroj energie, čímž dochází k procesu jejich rychlého štěpení (Svačina et al., 2008).

3.1.6 Dusíková bilance

Dusíkovou bilanci lze charakterizovat jako měřítko čistého stavu metabolismu bílkovin. Neposkytuje informace o nutričním stavu nebo velikosti proteinových zásob. Dusíková bilance je využita především k sledování změn, které vyplívají z nutriční terapie a je založena na předpokladu, že většina tělesného dusíku je začleněna do bílkovin (Gibson, 2005). Dusíková bilance je měřena vlivem dusíku, který se nachází v každé molekule aminokyselin. Její možné výchylky a rovnováha se zjišťuje z vyloučené stolice a moči v průběhu 24 hodin. Přítomnost dusíku je stanovena pomocí analytické Kjeldahlovy metody.

U zdravých jedinců je poměr mezi katabolickou a anabolickou přeměnou vyrovnaný. Minimální příjem pro tuto rovnováhu je 0,75 g /kg/den u dospělého člověka (Merkurová et Orel, 2008). Vlivem vychýlené rovnováhy u člověka dochází k negativní dusíkové bilanci, kterou zapříčiní převaha katabolismu nad anabolismem. K tomuto stavu většinou dochází po operacích, nemocech, úrazech a infekcích. Negativní dusíková bilance odráží situaci, kdy dusíkový výdej přesahuje jeho příjem. Pokud tento stav přetrvává, je zde riziko negativního vlivu na všechny orgánové soustavy. Pozitivní dusíková bilance u člověka je vyjádřena pomocí kladné převahy dusíkového příjmu nad jeho výdejem. O této situaci lze hovořit v případě fáze růstu, pozdního těhotenství, sportovního tréninku či zotavování se z příslušné nemoci (Gibson, 2005).

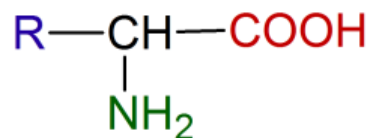
3.2 Aminokyseliny

Aminokyseliny jsou základní stavební jednotky bílkovin. Některé z nich mají podstatný biologický úkol a mohou být využity k tvoření jiných významných molekul, jako jsou například neurotransmitery a hormony (Wildman et Mederos, 2012). Někteří autoři poukazují na fakt, kdy v mnoha přírodních materiálech bylo dokázáno přes 700 odlišných aminokyselin (Velíšek, 2009). V přírodě se pak s největší pravděpodobností nachází až stovky různých druhů aminokyselin, nicméně pouhých 20 je začleněno do proteinů, což se ukázalo na vybraných příkladech příslušných živých organismů. Z toho vyplývá, že tato uvedená hodnota tvoří základ bílkovin, které bychom mohli nalézt v rostlinách, houbách, bakteriích, ale i například v ptácích či různých ještěrech (Wildman, 2009).

3.2.1 Struktura a klasifikace aminokyselin

Aminokyseliny lze charakterizovat jako alifatické či aromatické kyseliny, které zahrnují přinejmenším jednu aminoskupinu ($-\text{NH}_2$). U důležitých biologických aminokyselin je aminoskupina umístěna do polohy alfa, což značí situaci, kdy se první uhlík nachází vedle karboxylového konce, přičemž příslušný vzorec lze zapsat ve formě $\text{R}-\text{CHNH}_2-\text{COOH}$, kdy R-ztělesňuje aromatický, alifatický nebo dokonce heterocyklický zůstatek. S výjimkou glycinu obsahují veškeré aminokyseliny jeden nesouměrný atom uhlíku, přičemž za vybraných okolností mohou být opticky aktivní. Aminokyseliny jsou pro člověka takřka nezbytné a nachází se prakticky vždycky v L-formě. Naopak D-formy se nachází v rostlinách a bakteriích, kde se vytváří při tepelné úpravě potravy (Holeček, 2006).

Na aminokyseliny lze nahlížet dle toho, do jaké postranní skupiny jsou řazeny, přičemž alifatické aminokyseliny se vyznačují rovným uhlíkovým řetězcem, aromatické aminokyseliny pak kruhovou stavbou. Kyselé a základní aminokyseliny jsou vlivem značně vysokého pH ve vodném roztoku klasifikovány odděleně (Wildman et Medrose, 2012).



Obrázek č. 1 – Obecný vzorec aminokyselin [1]

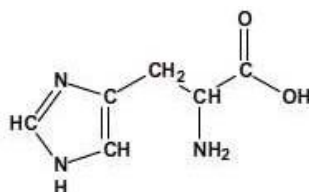
3.2.2 Funkce aminokyselin

Aminokyseliny se významným způsobem podílí na podstatných pochodech v organismu. Aminokyseliny jako je valin, leucin či izoleucin, které jsou jinak

charakteristické svými členitými postranními řetězci, mohou aktivně působit ve svalové tkáni na proteosyntézu a posilovat tak anabolismus (Mandelová et Hrnčířiková, 2007).

3.2.2.1 Histidin

Histidin je aminokyselina s bazickou skupinou v postranním řetězci vyskytující se v bílkovině krevní plasmy. Bílkoviny krevní plasmy obsahují až 6 % této přírodní aminokyseliny, která je vysoce potřebnou pro růst a regeneraci tkání. V běžných bílkovinách dosahuje hodnot nižších, konkrétně pak v rozmezí 2 – 3 % (Velíšek, 2009).

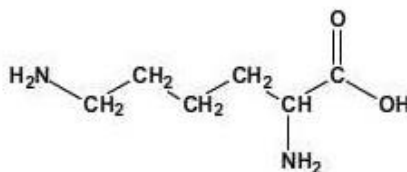


Obrázek č. 2 – Struktura histidinu [2]

3.2.2.2 Lysin

Jedná se o aminokyselinu s bazickou skupinou v postranním řetězci, která je v největší míře začleněná do živočišných bílkovin. V mléčných bílkovinách, vejcích a mase dosahuje nadprůměrných hodnot v konkrétním rozmezí 7 – 9 %. U lysinu je průměrný obsah v bílkovinách 7 %. Bílkoviny u různých druhů koryšů a ryb obsahují 10 – 11 % lysinu.

Naopak bílkoviny různých obilovin, bychom mohli označit za naprostý opak, jelikož dosahují v porovnání s výše uvedenými bílkovinami takřka zanedbatelných hodnot v rozmezí 2 – 4 % (Velíšek, 2009).

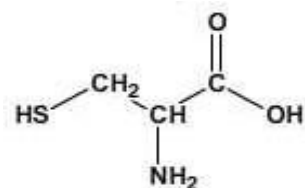


Obrázek č. 3 – Struktura lysinu [3]

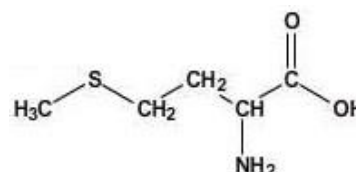
3.2.2.3 Cystein a Methionin

Jsou aminokyseliny se sirnou skupinou v postranním řetězci, a proto se tyto aminokyseliny označují za naprosto zásadní při zásobě množství síry v potravě. Proteiny živočišného původu obsahují methionin v rozmezí 2 – 4 %, rostlinné pak o něco méně, konkrétně mezi 1 – 2 %. V průměru se hovoří o hodnotě 1,7 % a v luštěninách je limitující

aminokyselinou. Methionin stejně tak i cystein nalezneme v malém množství v histonech, ale provitamínech se nenachází. Případným nedostatkem či naopak přebytkem methioninu, dojde k porušení a funkci jater (Mandelová et Hrnčířiková, 2007; Velíšek, 2009).



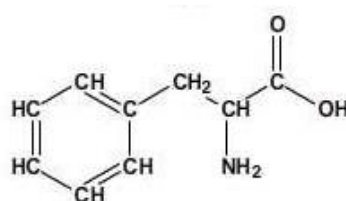
Obrázek č. 4 – Struktura cysteinu [4]



Obrázek č. 5 – Struktura methioninu [5]

3.2.2.4 Fenylalanin

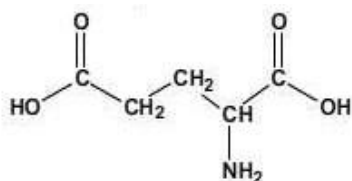
Fenylalanin je aminokyselina s aromatickým jádrem v postranním řetězci. A ve většině případů se nachází v potravě v přijatelném množství. V běžných proteinech je průměrně obsažen ze 4,5 %. Jeho výskyt v potravě u některých jedinců způsobuje tzv. fenylketonurii. Jedná se o aminokyselinu, ze které se tvoří adrenalin, přičemž nadále produkuje i proslulé „hormony štěstí“, noradrenalin, endorfiny a ACTH (adrenokortikotropní hormon) (Mandelová et Hrnčířiková, 2007; Velíšek, 2009).



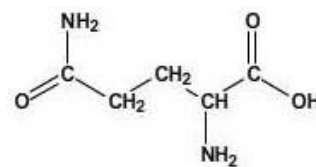
Obrázek č. 6 – Struktura fenylalaninu [6]

3.2.2.5 Kyselina glutamová a glutamin

Kyselina glutamová a glutamin jsou aminokyseliny s karboxylovou skupinou v postranním řetězci. V bílkovinách je v průměru situováno 6,2 % kyseliny glutamové a 3,9 % glutaminu. V nervové tkáni je pak nejvíce zastoupenou složkou kyselina glutamová. Kyselina glutamová stejně tak i glutamin jsou obvykle zastoupeny napříč běžnými bílkovinami ve značném počtu, konkrétně lze zmínit obiloviny a luštěniny, kde obě tyto aminokyseliny nabývají hodnot v rozmezí 18 – 40 %, sójové bílkoviny asi 18 % a gliadin obsahuje 40 % kyseliny glutamové. Celkovému zlepšení nervové činnosti a obecnému snížení únavy svalů napomáhají příslušné fyziologické dávky (Mandelová et Hrnčířiková, 2007; Velíšek, 2009).



Obrázek č. 7 – Struktura kyseliny glutamové [7]

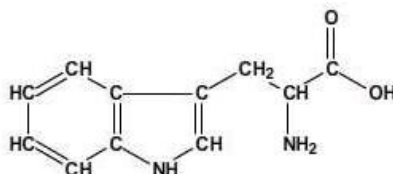


Obrázek č. 8 – Struktura glutaminu [8]

3.2.2.6 Tryptofan

Tryptofan je aminokyselina s aromatickým jádrem v postranním řetězci a nalézá se v bílkovinách s hodnotou 1,1 %. V bílkovinách živočišného původu pak lze kromě histonů a kolagenů identifikovat celkem 1, 2 % této aminokyseliny, kterou bychom stejně tak jako ve výše zmíněných látkách těžko našli v želatině či polévkovém koření. V masných výrobcích může tryptofan fungovat jako indikátor kvalitního masa. Méně než 1 % tryptofanu obsahují obiloviny, v případě gluteinové frakce lepku však hovoříme o opaku.

Tryptofan v lidském těle plní roli, která je z určitého pohledu nezbytná pro proces biosyntézy nikotinové kyseliny. Pro melatonin a serotonin je tryptofan výchozí substancí (Konopka, 2004; Velíšek, 2009).



Obrázek č. 9 – Struktura tryptofanu [9]

3.2.3 Aminokyselinový pool

Aminokyselinový pool, který se v rámci krevní plasmy a stejně tak i intracelulárního a extracelulárního prostoru skládá z volných aminokyselin, v podstatě značí určitou aminokyselinovou „pohotovost“, nacházející se napříč organismem. Hovoříme o aminokyselinách, které jsou přijímány ve formě potravy, jejichž vznik je podmíněn procesem, kdy jsou štěpeny vlastní bílkoviny.

V těle se volně pohybuje či nachází pouze 0,5 – 1 % z veškerého zde působícího množství aminokyselin, tuto hodnotu, která uvedený pool takřka spoluvytváří, si lze představit v přibližně 100 g (Koolman et al., 2012).

3.2.4 Metabolismus aminokyselin

Zdrojem aminokyselin v metabolismu v játrech je aminokyselinový pool, který však disponuje obecně malou kapacitou. Za těchto okolností je proto nezbytně nutné, aby každé jídlo obsahovalo proteinovou složku. Obsah proteinů v potravinách se pohybuje přibližně okolo 5 – 30 % hmotnosti, tudíž člověk stravující se dle zásad racionální výživy nemá problém s jejich příjmem. Nezbytně nutné aminokyseliny pro tvorbu plasmových či tělesných proteinů lze extrahovat z právě výše uvedeného poolu. Dusíkaté látky jako například puriny, porfyriny, keratin, pyrimidinové deriváty, či různé biogenní aminy se syntetizují z příslušných aminokyselin.

Aminokyseliny pak disponují možností vzájemné transformace, kdy po procesu odštěpení amoniaku lze získat tzv. uhlíkatý skelet molekuly. V rámci citrátového cyklu lze tyto uhlíkaté skelety odbourávat na vodu a oxid uhličitý. V rámci trávicího systému se pak takto odbouraný amoniak mění na močovinu (Pánek et al., 2002). Někteří autoři také připomínají, že zhruba 15 % aminokyselin lze označit za podstatný zdroj energie (Merkunová et Orel, 2008).

3.2.5 Poruchy metabolismu aminokyselin

Někteří jedinci trpí vadami či chorobami jako je například fenylketonurie nebo homocystinurie. Tato onemocnění mají za následek nestandardní průběh metabolismu aminokyselin. Fenylketonurie se vyznačuje tím, že jednotlivec postrádá enzym zvaný fenilalaninhydroxylasa. Jedná se o situaci, kdy není možné dostatečně odbourávat fenylalanin a v těle daného jedince se nashromáždí tato látka společně s fenylpyruvátem a fenyllaktátem a působí negativně na aktivity centrální nervové soustavy. I přesto, že se jedná o poměrně vzácnou chorobu, je žádoucí minimalizovat příjem fenylalaninu potravinami, a to i v rámci prevence. Homocystinurie označuje situaci, kdy se tělu nedostává potřebného množství cystathioninsynthasy, což je způsobeno enzymem, jenž má za úkol katalyzovat tvorbu cystathionu ze serinu a homocysteinu. V návaznosti na tento problém pak hovoříme i o poruše transmethylace, související s poruchou homocystein-methyltransferasy a methylenetetrahydrofolátreduktasy neboli dalších dvou neopomenutelných enzymů. S touto opět poměrně vzácnou chorobou rovněž souvisí i problémy s nervovým systémem. Intolerance k lepku neboli celiakie je pak v evropských podmínkách relativně častým problémem. U osob, kterých se tato problematika týká, dochází především u gliadinové frakce lepku k určité reakci ve smyslu antigen-protilátka. V pšenici a ječmenu se objevují alergenní

gliadiny, které nalezneme však i v žitě či ovsu. Intolerance jako taková se projevuje zánětem atrofíí klků lačníku a dvanáctníku, což souvisí s redukcí intenzity vstřebávání. V konkrétním případě mohou být přímým důsledkem i chronické průjmy a následně i podvýživa (Pánek et al., 2002).

3.3 Peptidy

Z chemického hlediska jsou peptidy reprezentovány organickými sloučeninami, které jsou tvořené ze dvou a více aminokyselin (Dostál et al., 2003). Znakem aminokyselin je jejich vzájemné spojení, které se vytváří v rámci vzniku peptidové vazby -CO-NH-. Tato peptidová vazba je zcela specifickým případem amidové vazby, kdy reaguje alfa karboxylová skupina jedné aminokyseliny s alfa aminoskupinou druhé aminokyseliny za procesu odštěpení vody (Dostál et al., 2001). Existenci peptidové vazby lze dokázat Biuretovou reakcí, při této reakci necháme reagovat zkoumaný vzorek s roztokem NaOH nebo CuSO₄. Pokud je zde přítomná peptidová vazba, vzorek se zbarví do fialové barvy (Dostál et al., 2003). Peptidy plní v jednotlivých organismech různé úkoly, mnohdy mají také zcela významné biologické účinky. Mezi peptidy řadíme hormony, antibiotika a také toxiny určitých rostlin, živočichů či jiných organismů (Velíšek, 2009). Dipeptidy, jejichž vznik je podmíněn počtem spojených alfa aminokyselin, mají 2 molekuly aminokyselin a tripeptidy pak disponují, jak již ostatně vyplývá i ze samotného názvu, celkem 3 molekulami.

Podle druhu řetězce se peptidy rozdělují na lineární a cyklické. V cyklických peptidech se nevyskytuje volná karboxylová skupina či aminoskupina, kdežto lineární peptidy disponují na jednom konci volnou alfa aminoskupinou, která nepodlehla žádné příslušné reakci a na druhém konci se nachází volná karboxylová skupina. Peptidy jsou také děleny dle velikosti molekul na oligopeptidy a polypeptidy. Oligopeptidy mají ve svém řetězci zpravidla 2 – 10 molekul aminokyselin. Polypeptidy však mnohdy obsahují více než 10 molekul aminokyselin, jejich počet se pohybuje od 50 – 100 molekul. Peptidy v rámci daného organismu vznikají z aminokyselin za pomoci jednoduchého procesu biosyntézy či hydrolýzy prekurzorů, jež vznikají v průběhu procesu proteosyntézy (Velíšek, 2002).

Mezi biologicky významné peptidy lze bezpochyby zařadit tripeptid glutathion, který plní v buňkách roli hlavního redukčního prostředku a antioxidantu. Používá se při detoxikaci xenobiotik v játrech, ale také při transportu aminokyselin přes cytoplazmatickou membránu. Dalším významným a neopomenutelným peptidem je pak gastrin, který spadá mezi gastrointestinální peptidy. Stimuluje sekreci kyseliny chlorovodíkové žaludeční sliznice a do krve vylučuje buňky žaludeční a duodenální stěny. Do kategorie hormonálních peptidů, které jsou vytvářeny hypotalamem a mají za úkol regulovat sekreci hormonů adenohipofýzy, patří například iberiny a statiny.

Nonapeptidy jako oxytocin a vasopresin jsou pak rovněž produkovány hypotalamem. Oxytocin má značný vliv na děložní kontrakce, vasopresin dohlíží na diurézu. Kalcitonin je

tvořený štítnou žlázou a parathormon má vliv na metabolismus vápníku. Inzulín a glukagon snižují v krvi hladinu glukosy. Penicilín spadá mezi peptidová antibiotika, které se v podstatě neřadí mezi peptidy jako takové, nicméně jsou odvozeny z dipeptidu cysteinylvalinu. Amanitiny a faloidiny jsou řazeny mezi toxické peptidy, které se nachází v mochomůrce zelené, coby nejedovatější houbě (Dostál et al., 2001).

Co se týče základních vlastností peptidů, je třeba zmínit, že stejně tak jako aminokyseliny i peptidy jsou v rámci vodných roztoků disociovány a tvoří tak soli. Na peptidy lze také nahlížet z hlediska isoelektrických bodů a disociačních konstant. Kyselost a bazicita fungujících skupin klesá s přibývajícím molekulovou hmotností příslušných peptidů. Onu již výše uvedenou podobnost s aminokyselinami lze potvrdit i tím, že i peptidy mohou být organoleptické, z čehož vyplývá, že i ony mají slanou, sladkou a hořkou chuť (Velíšek, 2002).

3.4 Výživa ve sportu

Výživa nemá sama o sobě ten nejzásadnější vliv na sportovní výsledky. Pouze správná strava neumožňuje průměrně nadanému sportovci, jenž neoplývá zdárným talentem či osobní motivací, docílit žádaného úspěchu při tvrdém tréninku. Na druhé straně vysoce nadaný jedinec, který nemá problém s pílí a sebekázní, se ve snaze o osobní úspěch bez správně nastavené stravy rozhodně neobejde. Výživa každého sportovce by měla nejen obsahovat ve správném poměru nezbytné živiny, jako jsou bílkoviny, sacharidy, tuky, vitamíny, různé minerální látky a voda, ale také by mu měla poskytnout dostatečné množství tolik potřebné energie pro trénink a ostatní činnosti (Maughan, 2009).

3.4.1 Doporučené množství bílkovin

Kvantita bílkovin přijímaných z potravy je závislá na aktivitě, zdravotním stavu, životním stylu (např. vegetariánství). Doporučený denní příjem energie by měl u dospělého člověka odrážet následující strukturu: 20 – 30 % tuku, 45 – 65 % sacharidů a 10 – 35 % bílkovin (Otten et al., 2006).

Schválený denní příjem pro sportovce se propočítává v gramech na kilogram tělesné váhy. Průměrné obyvatelstvo má příjem bílkovin v rozmezí 0,8 – 1,2 g.kg⁻¹ tělesné hmotnosti u sportovců je však toto rozmezí o něco vyšší, a sice 1,2 – 2,0 g.kg⁻¹ (Fink et al. 2013). Obecně platí, že sportovci vlivem množství vykonaných aktivit mají znatelně vyšší příjem bílkovin než lidé se sedavým stylem života. Přibližně 1,2 – 1,7 g bílkovin/kg/den je rozmezí nezbytně nutné pro plnohodnotné uspokojení metabolických požadavků vytrvalostních a silových sportovců (Phillips, 2014). Symetrický denní příjem bílkovin napomáhá většímu rozsahu svalové proteosyntézy (Mamerow et al., 2014).

V průběhu zhruba 16 hodin stavu bdělosti je doporučeno přijmout cca 1,25 g bílkovin/kg/den, což velice obecně řečeno odpovídá zhruba hodnotě 5 jídel. Přijímání většího množství bílkovin před spaním, konkrétně tedy 40 g, nebo přibližně 0,50 g.kg⁻¹ dopomáhá k postupnému ustálení katabolických úbytků přes noc (Res et al., 2012). Za těchto okolností pak dochází k nárůstu souhrnného denního příjmu na 1,5 g/kg/den (Burke et al., 2012).

3.4.2 Doporučené množství bílkovin u nespportovců

Pro potřebu přesného určení denní potřeby bílkovin je třeba vzít v potaz několik stěžejních faktorů, jako například jejich biologickou hodnotu či fyzikální a chemické změny plynoucí z přípravy daných pokrmů a v této souvislosti i možné poruchy metabolismu. U lidí

s touto poruchou nebo sportovců samotných se bere v úvahu pouze celkový požadavek na množství bílkovin a jejich okrajová biologická hodnota (Pánek et al., 2002).

Minimální hranice pro denní příjem bílkovin je 0,5 g. kg⁻¹ tělesné hmotnosti, což je pro potřeby pokrytí základní ztráty bílkovin, ke které dochází vlivem metabolických pochodů v rámci nečinnosti organismu, příjem více než nutný. Pro každodenní běžnou činnost je nezbytné přijmout 0,75 – 1,0 g bílkovin na kg tělesné váhy. Někdy je nutné příjem bílkovin zvýšit, ale záleží na různých faktorech a okolnostech. U dětí ve fázi vývoje, těhotných a kojících žen lze hovořit o vyšším příjmu (2 g.kg⁻¹ tělesné hmotnosti) (Čermák et al., 2002; Dostál et al., 2003; Pánek et al., 2002).

Tabulka č. 1 – Denní potřeba bílkovin pro člověka v závislosti na jeho věku (podle WHO)

Věk	Denní dávka v g.kg ⁻¹ tělesné hmotnosti
0 – 6 měsíců	1,85
6 – 9 měsíců	1,65
9 – 12 měsíců	1,50
1 – 2 roky	1,20
2 – 3 roky	1,15
3 – 5 roky	1,10
5 – 14 roků	1,00
14 – 16 roků	0,95
16 – 18 roků	0,90
Dospělí	0,75

(Roger et al., 2002)

3.4.3 Role bílkovin ve sportu

Nebudeme-li brát v potaz strukturní bílkoviny, receptory, enzymy či tzv. kontraktilní proteiny, tak bílkoviny nejsou sami o sobě, v těle na rozdíl od tuků či sacharidů, nějakým způsobem ukládány. Je potřeba zmínit, že ve svalové sarkoplazmě se nachází pouze 50 mol.l⁻¹ volných aminokyselin, a jejich koncentrace v intracelulárních i extracelulárních tekutinách zcela nedostačující (Heinrich, 2015). Proteiny jsou klíčovým výživovým faktorem, jelikož se po každém cvičení se významně podílí na řízení remodelace kosterního svalstva. Také je důležité zmínit, že posilování pak v rámci každého tréninku znatelně napomáhá k nárůstu svalové hmoty (Burda et al., 2009). V průběhu hladovění nebo úpadku glykogenových zdrojů, lze o katabolismu bílkovin hovořit jako o podstatné zásobárně energie, nezbytně nutné pro svalovou práci, která je nejčastěji dotována energií ze sacharidů a tuků. Tímto katabolismem bílkovin, jenž působí jako zásobárna ketogenních a glukogenních aminokyselin, jež lze za

daných okolností přeměnit na pyruvát či acetoacetát, je pak získáváno méně než 5 % energie (Maughan, 2000).

V klidovém stavu upřednostňují kosterní svaly jako zdroj energie mastné kyseliny. Rozvětvené aminokyseliny a glukóza slouží k syntéze svalového glykogenu, který je poté ukládán. Při práci kosterní sval využívá tuto rezervu v průběhu první minuty, kdy si v podstatě zajišťuje energii za pomoci anaerobní glykolýzy. Děje se tak dokud nárůst krevní zásoby znemožní přechod na oxidativní metabolismus. Dále nastává oxidativní odbourání glukózy, aminokyselin a především mastných kyselin. Záměrem je získat ATP za pomoci dýchacího řetězce (Koolman et al., 2012). V průběhu redukční diety by měli zejména sportovci dávat pozor na přijímané množství bílkovin, a to z důvodu potenciální možnosti zvýšení remodelace svalových bílkovin. Je třeba dbát na dostatečný příjem bílkovin v období, kdy sportovec přijímá menší než obvyklé množství energie, zejména pak za účelem udržení stávající svalové hmoty a zvýšení svalové proteosyntézy (Areta et al., 2014; Churchward-Venne et al., 2014). Již při požití 10 g bílkovin je svalová proteosyntéza vyšší, a to nejen po vytrvalostních výkonech, ale i po odporovém cvičení (Moore et al., 2008). Po absolvování vytrvalostních tréninků u trénovaných, ale i netrénovaných sportovců, lze pozorovat nárůst svalové proteosyntézy při požití zhruba 16 – 20 g bílkovin (Lun et al., 2009). Ideální dávka bílkovin je cca 20 g, příkladem může být syrovátkový protein, který obsahuje vysoký podíl kvalitních bílkovin (Moore et al., 2014).

V průběhu cvičení se svalová proteosyntéza potlačí, protože se tělo koncentruje na to, aby se zhotovilo dostačující množství energie pro danou fyzickou aktivitu. S narůstajícím využitím bílkovin pro tvorbu energie jako takové pak logicky dochází k mnohem větší únavě. Rovněž je nasnadě i nepoměrně delší regenerace. V návaznosti na výše uvedené je tak nezbytně nutné, aby každý sportovec disponoval pokud možno dostatečně vyváženým jídelníčkem pro potřeby vyhnutí se potřebě užití bílkovin ve formě zdroje energie (Fořt, 2002). I z těchto důvodů by se sportovci měli soustředit na maximální možnou a plnohodnotnou regeneraci. Dále by také měli přijímat dostatečné množství bílkovin, jak již bylo výše zmíněno (Moore et al., 2009; Witard et al., 2014).

Jestliže je porovnáván vytrvalostní sportovec se silovým, nelze si nepovšimnout plasticity kosterního svalstva, přičemž kosterní svalová tkáň oplývá značnou schopností adaptovat se ve všech směrech na tréninkové změny. Tato nezměrná adaptabilita je způsobena její značnou rychlostí obratu (1 – 2 %/den). Při syntéze svalových bílkovin hovoříme o rychlosti pohybující se v rozmezí 0,04 – 0,14 %/hodinu. Je to právě příjem potravy, tělesná

aktivita a anabolické podněty, které mají významný vliv na rychlost syntézy bílkovin kosterního svalstva (Loon, 2011).

3.4.4 Vytrvalostní sportovci

Vytrvalostními sportovci jsou zejména běžkaři, biatlonisté, cyklisté, plavci či běžci dlouhých tratí (Clark, 2003). Dle Americké dietetické asociace a Kanadských dietologů, je pro vytrvalostní sportovce optimální spotřebovat za den 1,2 – 1,4 g bílkovin/kg tělesné hmotnosti, kdežto v případě silových sportovců lze hovořit o vyšších hodnotách pohybujících se v rozmezí od 1,6 – 1,7 g.kg⁻¹ hmotnosti za den (American Dietetic Association, 2000).

Pro vytrvalostní sportovce je vhodné konzumovat denně 1,2 – 1,6 g bílkovin/kg své váhy. Je důležité, aby sportovci dbali na množství bílkovin ve stravě, protože při delší aktivitě lze ve snaze o dodatečné získání energie hovořit o degradaci bílkovin (Maughan et al., 2006). Doporučená denní dávka bílkovin se stanoví tak, aby nebyla významně narušena látková transformace sacharidů.

Celkový energetický příjem za den se standardně pohybuje v rozmezí 10 – 15 % bílkovin, 25 – 30 % tuků a 55 – 60 % sacharidů. V případě běžců lze hovořit o 60 % sacharidů, 15 % bílkovin, 25 % tuků. Veslaři běžně konzumují okolo 56 % sacharidů 17 % bílkovin a 27 % tuků. Vytrvalostním pravidelným cvičením se lépe spaluje tuk, sníží se hladina cholesterolu a zvýší se fyzický výkon (Mandelová et Hrnčířiková, 2007).

V tabulce č. 2 je uveden doporučený příjem živin za den, které by měl daný sportovec zkonsumovat. Jako příklad je zde uveden vytrvalostní sportovec vážící 70 kg, ektomorfní typ. Typologickou situací je ranní hodinový trénink s vysokou intenzitou.

Tabulka č. 2 – Doporučený příjem živin pro sportovce/den

	Sacharidy (g)	Bílkoviny (g)	Tuky (g)
Před tréninkem	27	0	0
Během tréninku	20	0	0
Regenerace	65	10	0
Snídaně	80	10	45
Oběd	100	28	55
Svačina	20	10	20
Večeře I.	20	40	30
Večeře II.	30	0	18
Celkem	392	98	163

(Skolnik a Chernus, 2011)

3.4.5 Siloví sportovci

V případě silových sportovců se hovoří o příjmu většího množství bílkovin (konkrétně se jedná o více než 20 % z celkového energetického příjmu, avšak hranice, kterou lze v daném případě označit za maximální, se pohybuje okolo 35 % z celkového energetického příjmu). Mezi silové sportovce řadíme kulturisty, vzpěrače nebo koulaře (Clark, 2003). Ve výše zmíněné situaci lze u mladších i starších lidí hovořit o procesu nabývání svalové hmoty. Vyšší spotřebou bílkovin pak dochází k nárůstu svalové hmoty během silového cvičení a v průběhu kalorické ztráty k významné podpoře snížení hmotnosti. To vše vede k přispění jistého pocitu nasycení, ke kterému celkem pravidelně dochází po konzumaci jídla s velkým množstvím bílkovin. U starších osob je doporučeno přijímat více bílkovin, aby nedocházelo ke ztrátě svalové hmoty a síly, která významně souvisí i s věkem (Devries et al., 2015). Kulturisté a sportovci, kteří se věnují silovým tréninkům, vyžadují více bílkovin, a to přibližně cca 1,7 g.kg⁻¹ (Maughana et al., 2006). Někteří autoři se však přiklání k názoru, že lidský organismus není schopen využít více jak 2 – 2,5 g.kg⁻¹ bílkovin za den (Eberle, 2007). Svalová tkáň je z 22 % tvořena proteiny, což je jinými slovy přibližně 200 g z 1 kg svalstva zbytek, tvoří z velké části voda. Mnozí autoři dokonce zastávají názor, že za procesem rychlejší tvorby svalstva stojí konzumace 28 g (však vysoce kvalitních bílkovin, či dokonce 15 g aminokyselin). Vždy je třeba dbát na správné načasování, v tomto případě tedy po absolvování silového tréninku (Mandelová et Hrnčířiková, 2007).

Někteří atleti mnohdy ve snaze o zvýšení síly a celkového výkonu, konzumují doplňky stravy s vyšším množstvím bílkovin (Ali et al., 2016). Mnozí atleti pak přijímají denně zhruba 2,3 g bílkovin/kg tělesné váhy, což odpovídá množství většímu, než je doporučeno (Baker et al., 2014). Ženské kanadské atletky dokonce za pomoci přijímání 1,7 g/kg tělesné hmotnosti z jídla a potravinových doplňků denně, podávají vyšší sportovní výkony. Tamější muži pak přijmou až 1,9 g/kg tělesné váhy z jídla a 2,1 g/kg tělesné váhy z potravinových doplňků (Lun et al., 2009). Je prokázáno, že proteinové doplňky v kombinaci s dobře provedeným tréninkem zintenzivní svalový růst a nabytou sílu. Není dostatečně prokázáno, že by tyto doplňky měly značně negativní vliv na svalovou funkci a napomáhaly pak nárůstu bolesti svalů, či dokonce svalovému poškození (Pasiakos et al., 2015).

Převážná část sportovců, kteří se věnují silovým disciplínám, usiluje o příjem velkého množství bílkovin a za tímto účelem užívají i řadu doplňků stravy. Je však třeba počítat i s negativními dopady nadměrné konzumace bílkovin, jako například s jejich degradací. Významně jsou nadbytečnou konzumací bílkovin pak zatěžovány i ledviny, narůstá množství

vyločeného vápníku a dusíku a dochází tak ke zpomalení procesu regenerace (Skolnik et al., 2011). Za pomoci cíleného průzkumu bylo odhaleno, že příjmem 20 – 25 g kvalitních bílkovin po absolvování silové zátěže, dochází v rámci několika následujících hodin k procesu syntézy čistých bílkovin. Není však prokázáno, zda lze v souvislosti s tímto procesem hovořit o potenciálním nárůstu svalové výkonnosti v průběhu střednědobého až delšího časového horizontu (Maughan et al., 2011). Mnoho vědeckých studií naznačuje, že přijímání většího množství bílkovin nepůsobí nějak výrazně pozitivněji při procesu růstu svalové proteosyntézy (Areta et al., 2014; Moore et al., 2010). V souvislosti s tím pak lze hovořit o iluzi o „muscle full effect“, která se zakládá na domněnce, že ke svalové syntéze napomáhá jen určitá dávka aminokyselin (Spillane et al., 2016).

Větší příjem bílkovin za den v rámci období 8 týdnů, který je navíc spojen s tréninkem, nevylepší tělesnou strukturu, ani nezvýší svalový výkon jako takový. Studie, zabývající se výzkumem vaječných a syrovátkových bílkovin došly k závěru, že 20 g bílkovin má v porovnání s množstvím dvojnásobným, a sice 40 g, mnohem pozitivnější vliv na proces svalové proteosyntézy. Nadále pak bylo prokázáno, že konzumací syrovátkové bílkoviny formou 4 dávek po 20 gmech vždy po třech hodinách bylo účinněji dosaženo zvýšení svalové proteosyntézy, než jak tomu bylo při konzumaci dvojnásobného množství po šesti hodinách (Moore et al., 2012; Witard et al. 2014).

Nadbytečným příjmem bílkovin tak zkrátka dochází k jejich vylučování. Především u kulturistů lze hovořit o zdravotních problémech, které mají souvislosti právě s větší konzumací bílkovin ve stravě. V tabulce č. 3 je uvedeno doporučené množství živin, který by měl daný sportovec optimálně zkonsumovat. Příklad se věnuje silovému sportovci, vážícímu 70 kg, ektomorfnímu typu, v rámci intenzivního hodinového odpoledním tréninku

Tabulka č. 3 – Doporučený příjem živin pro sportovce/den

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

(Skolnik a Chernus, 2011)

Trénink, který je silově zaměřený, zvyšuje bazální metabolismus. Cílem tematické studie Lemmera z roku 2001 bylo komparovat vliv věku a pohlaví při silově zaměřeném tréninku právě na bazální metabolismus jako takový. Bylo testováno celkem 10 mladých mužů (20 – 30 let), 9 mladých žen (20 – 30 let), 11 starších mužů (65 – 75 let) a 10 starších žen (65 – 75 let). Energetický příjem byl společně s bazálním metabolismem měřen před a po silovém tréninku v období 24 týdnů.

Výsledky odhalily, že u všech uvedených věkových kategorií vzrostl bazální metabolismus o 7 %. Skutečnost je tedy taková, že svalový trénink u mužů kteréhokoliv věku má vliv na rychlejší metabolismus než u žen.

3.4.6 Silově-vytrvalostní sportovci

Do této skupiny patří kolektivní sporty, jako je například basketbal, fotbal, lední hokej, pólo a mnoho dalších (Clark, 2003). Obtížnost tréninků a požadavky na vytrvalost a budování síly u těchto sportovců, jsou velmi specifické, nelze tedy přímo určit potřebu bílkovin ve výživě této skupiny (Skolnik et Chernus, 2011).

3.4.7 Dieta u sportovců

Bílkoviny hrají v případě diety naprosto klíčovou roli, jelikož zachovávají a významně napomáhají navyšovat svalovou hmotu. Při energetickém deficitu je tudíž nezbytné zvýšit jejich příjem (Murphy et al., 2015). Stáří snižuje přijímání zvýšeného množství bílkovin a tímto způsobem dochází k energetické ztrátě a redukci svalové hmoty. Svalová hmota je významným faktorem ovlivňujícím bazální metabolismus, její ztráta vede k poklesu klidového energetického výdeje, a to může ztížit další pokusy o zhubnutí (Westerterp-Plantenga et al., 2009).

Nízkoenergetická dieta přispívá ke snížení tělesné hmotnosti, současně ale i s touto ztrátou ubývá i svalová hmota, a to až o 20 – 25 % z celkového úbytku hmotnosti (Krieger et al., 2006). Bazální metabolismus je ovlivňován stavem svalové hmoty, z čehož plyne, že jejím úbytkem dochází i ke snížení energetických výdejů, což významně komplikuje následující úsilí zhubnout (Westerterp-Plantenga et al., 2009).

Některé výzkumy pak poukazují na to, že v rámci kalorického deficitu má vyšší konzumace bílkovin, respektive více než $1,25 \text{ g.kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti/den významný vliv na ztrátu tukové hmoty, respektive redukci tělesné hmotnosti, přičemž ve srovnání s běžným příjmem, tedy $0,72 \text{ g.kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti/den navíc nedochází k poklesu svalové hmoty.

V situaci diety lze hovořit o vyšším procentu energie, kterou jedinec čerpá konzumací daného množství bílkovin, které je (okolo $1,2 \text{ g.kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti/den) stejné jako u běžné populace konzumující vyváženou stravu (Longlanda et al. 2016).

3.5 Diferenciace příjmu potravy dle časových aspektů

3.5.1 Před tréninkem

Důsledkem zvýšené koncentrace aminokyselin v krvi dochází v rámci jedné hodiny po spotřebě ke vstřebávání, respektive procesu trávení kvalitních bílkovin, přičemž daná situace se takřka nemění v průběhu následujících 2 – 3 hodin. Je však třeba zdůraznit, že vždy záleží na druhu bílkovin, jejich původu a množství přijaté energie. Při krátkém tréninku (≤ 1 h) lze při užití bílkovin nebo aminokyselin před cvičením hovořit o zvýšení svalové proteosyntézy, k čemuž dochází pravděpodobně vlivem svalového intracelulárního aminokyselinového poolu, který významně napomáhá následujícímu procesu remodelace svalů po cvičení (Burke et al., 2011).

Svalová proteosyntéza je při svalovém smrštění snížena, důsledkem tohoto procesu je přesun buněčné energie pryč z nedůležitých a mnohdy obtížných energetických procesů. Příkladem může být proteinová remodelace, která má dopad na snížení příjmu bílkovin před cvičením pro potřeby následného zvýšení tvarování svalů. Sportovci zaměřeni na krátký trénink tak kalkulují s vyššími zisky z příjmu sacharidů a tekutin (Perez-Schindler et al., 2015).

3.5.2 Během tréninku

Sportovci, kteří se soustředí zejména na silově zaměřený trénink, trénují s nepoměrně vyšší silovou námahou, respektive s větší intenzitou. U těchto sportovců pak logicky narůstají požadavky na vyšší příjem sacharidů i bílkovin (Konopka, 2004). Naopak vytrvalostně zaměřený trénink spočívá ve využití nižší nebo střední intenzity a delší fáze, jež ve své podstatě napomáhají využívat metabolismus tuku. Při vytrvalostním tréninku je nezbytně nutné přijímat vysoce kvalitní potraviny (Konopka, 2004).

S aerobní aktivitou je spojena zvýšená oxidace aminokyselin, která se vytváří díky katabolismu kosterních svalových bílkovin, což značí proces, který má záporný vliv na rovnovážný stav bílkovin v celém organismu a svalů při tréninku (Howarth et al., 2010).

Sportovci, kteří zaměří svou pozornost na delší a ryze vytrvalostní trénink, mohou v průběhu cvičení snížit příjem bílkovin a využít tak aminokyseliny jako zásobu energie. Tímto zásahem se vylepší rovnovážný stav bílkovin v těle během tréninkového procesu (Beelen et al., 2011). Vzhledem k tomu, že přijímáním bílkovin dochází k jistému útlumu anabolických drah, při vyšší poptávce ATP lze zdokonalit svalovou rovnováhu a celkový proces remodelace svalových bílkovin (Perez-Schindler et al.). Trénink, využívajícího odporu

je charakteristický krátkými pauzami mezi danými sériemi a je tak odlišný od vytrvalostního cvičení jako takového, přičemž správné využití jednotlivých sérií může významným způsobem pozitivně ovlivnit remodelaci kosterního svalstva. S využitím bílkovin v průběhu silové aktivity bylo zpozorováno, že v průběhu jakékoliv silové aktivity bylo dosaženo vyšší svalové proteosyntézy než při tréninku subjektů užívajících čistě sacharidy bez proteinů jako takových. Sportovci, kteří se zaměřují na vytrvalostní trénink, či nadále cvičí i bezprostředně po vytrvalostním výkonu, mohou během této aktivity v pozitivním slova smyslu vysoce zužitkovat bílkoviny jako takové (Beelen et al., 2011).

3.5.3 Po tréninku

Okamžitý příjem bílkovin v rámci vysoce diverzifikovaných tréninkových aktivit napomáhá zejména u mladých lidí ke zlepšení nejen celkové rovnováhy bílkovin, ale i svalové proteosyntézy. Je doloženo, že trénink s odporem zvyšuje cit kosterního svalstva na bílkoviny, a to až v horizontu následujících 24 hodin. Z tohoto tvrzení tedy vyplývá, že bílkoviny během této doby mohou být čerpány takřka kdykoli, přičemž napomáhají zlepšit remodelaci svalu a lze díky tomuto procesu uzpůsobit trénink dle potřeby. Příjem bílkovin při tréninku s odporem navíc zesílí svalovou hmotu, kterou znatelně nabývají především začínající sportovci během jejich cvičení.

V případě trénovaných jedinců je však třeba kalkulovat s poněkud zkrácenou dobou tohoto působení bílkovin jako takových. Z těchto důvodů je mnohdy doporučováno konzumovat proteiny pokud možno co nejdříve po tréninku (Burd et al., 2009; Moore et al., 2014; Tang et al., 2009). Opakované požití 20 g bílkovin, konkrétně, každé 3 hodiny v časovém úseku 12 hodin, lze pro potřeby optimální stimulace svalové proteosyntézy a rovnováhy bílkovin po cvičení, označit za zcela vhodnou dávku. Toto tvrzení bylo potvrzeno v komparaci s opakovaným požitím 10 g bílkovin po 1,5 hodině či 40 g každých 6 hodin (samozřejmě opět v rámci 12 hodinového časového úseku) (Areta et al. 2014; Witard et al., 2014).

Přijímání bílkovin před spánkem je významnou příčinou zvýšené svalové proteosyntézy při nočním zotavování sportovců. Tento fakt tak zcela nepochybně napomáhá těm sportovcům, kteří vlivem daných faktorů musí trénovat večer (Res et al., 2012). Sportovci, kteří se soustředí na podporu svalové přestavby, by měli bezprostředně po tréninku přijímat bílkoviny každé 3 – 4 hodiny bílkoviny (Perez-Schindler et al. 2015).

3.6 Pitný režim

Voda je důležitou složkou všech živých organismů, jelikož představuje 60 – 75 % tělesné váhy. Voda udržuje tělesnou teplotu a je nepostradatelná pro činnost všech buněk v těle. Odvádí odpadní látky a přivádí živiny do buněk (Clark, 2000). Mnozí autoři se shodují na tom, že dehydratace organismu má značně negativní vliv na činnost organismu (Shirreffs, 2009). Každý jedinec má odlišnou potřebu na množství přijímaných tekutin. Nelze tak k tomuto tématu přistupovat příliš individuálně.

Při fyzické aktivitě může jedinec ztratit 0,5 – 2 l úbytku tekutin. V případě nižšího příjmu tekutin, než jaké je potřebné pro správnou funkci organismu, mohou nastat bolesti hlavy či pocity únavy. Velice důležitým znakem přijímaného množství vody je barva moči, při velkém nedostatku tekutin je moč tmavá, v těchto případech je důležité dbát na příjem většího množství potravin s vyšším obsahem vody. Zbarvení moči do světlé barvy naopak značí optimální příjem tekutin (Clark, 2014).

3.6.1 Pitný režim před tréninkem

Hydratace u sportovců hraje klíčovou roli, jelikož by měl sportovec alespoň čtyři hodiny před tréninkem vypít 5 – 7 ml tekutin na kg tělesné hmotnosti. Jestliže přijímáme tekutiny, které obsahují sodík, dochází k zadržení tekutin a zvýšeného pocitu žízně (Clark, 2014). Tekutiny prochází trávicím traktem, přičemž jejich nadbytek je z těla vyloučen před danou sportovní aktivitou (Shirreffs, 2009).

3.6.2 Pitný režim při tréninku

Tekutiny zabraňují dehydrataci, ale je prokázáno, že v průběhu tréninku mohou zvýšit výkon sportovce (Shirreffs, 2009). Někteří autoři uvádí, že sportovci v průběhu svého hodinového tréninku vypotí více než 2 – 3 l potu (Kučera et al., 1999).

Pokud je trénink delší, je vhodné doplňovat tekutiny, jelikož nedochází ke snížení výkonu. Na příjem tekutin během tréninku si musí sportovec navyknout postupně tak, aby se předešlo možným zažívacím potížím (Glacin, 2009). Vyhovující nápoj v průběhu sportovní aktivity je takový, který obsahuje 110 – 170 mg sodíku, 20 – 50 mg draslíku a 12 – 24 mg sacharidů v celkovém množství 250 ml tekutin (Clark, 2000).

3.6.3 Pitný režim po tréninku

Po tréninku je nezbytně nutné doplnit tekutiny a elektrolyty (Clark, 2000). Většina sportovců doplňuje ztracené elektrolyty za pomoci stravy a zejména vody. Vypije-li jedinec

o 50 % více tekutin než ztratil, organismus se rychleji vrátí do původního stavu. Je vhodné pít častěji a po menších dávkách, protože se efektivněji využijí vstřebané tekutiny. Jestliže je ztráta větší než 7 %, je nezbytné, aby byly tekutiny doplněny intravenózně (Glacin, 2009).

3.7 Potravinové suplementy

Nadměrným prodejem potravinových suplementů začíná být multi-miliardovým trhem, vlivem zvýšené poptávky. Úspěch poptávky je závislý na schopnosti organismu bránit se nemocem nebo fyzické a psychické zátěži. Sportovní doplňky stravy pomáhají tělu k účinnější proteolýze, fungují jako prevence pro poškození a přetížení organismu, zvyšují biologickou hodnotu a podporují rychlejší regeneraci. Potravinové suplementy neslouží jako náhrada stravy, pouze stravu doplňují, což je vhodné a potřebné u mládeže a vrcholových sportovců, kteří se chrání před zraněním. Sportovci by měli vzít v úvahu, že nemohou nahradit vyváženou stravu a tvrdý trénink žádnými potravinovými suplementy. U rekreačních sportovců se nedoporučuje příjem sportovních suplementů (Parr et al., 2017). Nejvíce používaná forma suplementů je forma prášková. Sušené suplementy jsou rozpustné v mléce nebo ve vodě ve stanoveném poměru. Organismus rychleji zpracovává tekutou formu suplementů než tuhou (Mach, 2004).

3.7.1 Zlepšení výkonu a síly, růst a zachování tkání

Použití doplňků stravy je rozšířené u sportovců, kteří se zabývají silovými a vytrvalostními sporty. Některé průzkumy ukazují, že všichni sportovci různých sportovních kategorií užili v průběhu své kariéry alespoň jeden či více doplňků.

Široká škála doplňků se prodává jako tzv. „anabolické“ nebo „antikatabolické“ látky s přímým nebo nepřímým účinkem (Maughan, 1999). Uvedené mechanismy těchto látek zahrnují účinky spočívající v hromadném působení, při kterém dochází ke zvýšení dostupnosti aminokyselin za pomoci procesu stimulace uvolňování a zvýšení objemu buněk (tj. adaptace na trénink).

Mezi doplňky v rámci této široké kategorie patří aminokyseliny, bór, chrom, chrysin, kolostrum, kreatin, hydroxymethylbutyrát (HMB), ornitin-alfa-ketoglutarát, protein, vanad a zinek. Bílkovinné produkty jsou nejčastěji prodávanými suplementy, avšak prodeje kreatinu (výrobek, který se používá v souvislosti se sportovní výživou) a některých dalších produktů, jsou také těmi podstatnými. U většiny těchto doplňků existuje jen málo podpůrných experimentálních dat. Existuje však množství studií o účincích, které mohou být v souvislosti s touto tematikou použity jako relevantní, nicméně v případě studií o zcela zdravých lidech zásadně chybí jakékoli experimentální důkazy (Millward, 2001).

3.7.2 Bílkoviny a aminokyseliny

Dieta s vysokým obsahem bílkovin má ve sportovní výživě dlouhou historii. Ve starověkém Řecku byly tyto diety údajně populární u sportovců na olympijských hrách. Existují důkazy, které poukazují na to, že požadavky na množství přijímaných bílkovin narůstají tvrdým tréninkem a často se doporučuje, aby příjem proteinů u silových sportovců byl o 50 – 100 % vyšší než u jejich tzv. sedavých protějšků (Tarnopolsky, 2001).

Sportovci často trvají na tom, že pro zvýšení svalové hmoty je nezbytný vyšší příjem bílkovin. Tato domněnka je však literaturou nepotvrzena. Tento názor může být vysvětlen adaptivním metabolickým požadavkem Millwarda, který navrhuje, aby se tělo přizpůsobovalo buďto vysokému nebo nízkému příjmu a že toto přizpůsobení se změnám příjmu nastává velmi pomalu (Millward, 2001). Při vysokém příjmu bílkovin dochází k jejich regulaci a degradaci, nadále i k procesu oxidace aminokyselin. Sportovec, který konzumuje stravu s vyšším obsahem bílkovin a chce snížit příjem bílkovin, poruší rovnováhu tkání. Téma nutnosti bílkovinných doplňků stravy je stále diskutováno. Tyto doplňky nabízejí sportovcům možnost dosáhnout požadovaného příjmu bílkovin, aniž by museli navýšit příjmy tuku a projít si výraznou proměnou v rámci svých dosavadních stravovacích návyků (Tipton et Wolfe, 2004).

V případě některých aminokyselin existují údaje z klinických studií, které zahrnují osoby s těžkým stresem (trauma, poranění nebo operace). Vlivem jejich doplnění lze dosáhnout snížení míry ztráty svalové hmoty, k níž přirozeně dochází. V této souvislosti však nelze hovořit o jejich plném využití v případě sportovce, který se snaží zvýšit svalovou hmotnost. Jednotlivé aminokyseliny, o kterých se tvrdí, že podporují růst svalů zahrnují glutamin, aminokyseliny s rozvětvenými řetězcem, leucin, lysin, arginin. Existuje však velmi málo důkazů, podporujících zcela pozitivní přínos kterékoliv zmíněné aminokyseliny pro daného sportovce. I přesto, že vysoké dávky argininu, lysinu skutečně mohou vést ke zvýšení cirkulace růstového hormonu a koncentrace inzulínu, nebylo prokázáno, že by vedlo ke změně tělesné hmotnosti nebo svalové funkce (Merimee et al., 1969).

3.7.3 Kofein

Kofein zaujímá ve světě sportu zcela neobvyklou pozici. Jako stimulant se užívá již v rámci dlouhodobé historie. Později byl IOC kofein klasifikován jako „kontrolovaná“ látka. Vzhledem k tomu, že je kofein je užíván u většiny lidí v rámci diet v malých dávkách, není zcela vhodné ho zakázat. Kofein byl omezen na 12 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$. Tato redukce byla zrušena v roce 2004 společností WADA, což zvýšilo zájem o užívání kofeinu u mnoha sportovců. Účinky

koфеinu na výkon byly zpočátku připisovány stimulaci a mobilizaci mastných kyselin, které vedly ke zvýšení glykogenu. Nedávné studie naznačují, že primární účinek kofeinu snižuje pocit únavy, či vlivem vazby na adenosinové receptory zvyšuje centrální pohyb v mozku (Davis et al., 2003). Některé studie zveřejnily účinky kofeinu ve kterých naznačují, že rozsah a výkonnostní efekt narůstá při delším tréninku (Doherty et Smith, 2005).

Příznivé účinky na výkonnost mohou být dosaženy při nízkých dávkách kofeinu, v obvyklém množství 2 – 6 mg na kilogram tělesné váhy (Kovacs et al., 1998), tyto účinky mohou být však pozorovány i u dávek nižších (Cox et al., 2002). Cox et al. ve své studii z roku 2002 ukázali, že i velmi malé dávky kofeinu mohou být efektivní. Nedávné studie naznačují, že kofein vstoupí do oběhu rychleji, když je užíván pomocí žvýkaček, které jej obsahují (Kamimori et al., 2002). Kofein, který se užívá tímto způsobem, může zlepšit nejen duševní pohodu, ale i fyzický výkon (McLellan et al., 2005). Kofein může mít samozřejmě i celou řadu nežádoucích vedlejších účinků, které mohou zredukovat jeho užívání některými sportovci.

Nežádoucí účinky zahrnují nespavost, bolest hlavy, zvýšení průtoku moči, gastrointestinální podráždění a krvácení. Vlivem velmi vysokých dávek, které někdy někteří sportovci užívají, může docházet i ke znatelnému svalovému třesu a narušení koordinace (Spriet, 1995). Diuretický účinek kofeinu je kvůli dehydrataci často zdůrazňován. Při soutěžích, které probíhají v horkém nebo vlhkém podnebí, je riziko dehydratace vysoké, zvláště u vytrvalostních sportovců, u nichž dehydratace ovlivňuje jejich výkon. U sportovců, kteří soutěží v těchto podmínkách, se doporučuje zvýšit příjem tekutin, přičemž by se měli vyhnout kávě a čaji (Armstrong, 2002; Maughan et Griffin, 2003).

Tabulka č. 4 – Obsah kofeinu v některých běžných potravinách a nápojích

Zdroj	Obsah kofeinu (mg) v jedné porci
Čaj	15 – 75
Instantní káva	50 – 140
Filtrační káva	60 – 200
Horká čokoláda	10 – 20
CocaCola	20 – 70

(Maughan et Griffin, 2003)

3.7.4 Kreatin

Používání kreatinu způsobilo nárůst mnoha sporů nad jeho efektivitou v rámci zlepšení výkonnosti. Kreatinfosfát je nezbytným zdrojem energie při cvičení s vysokou intenzitou a zvláště důležitý při snaze o rychlé zotavení. Existuje mnoho důkazů o tom, že vyšší obsah kreatinu může zvýšit množství kreatinfosfátu ve svalech a může se tak do jisté míry zlepšit výkon při silových trénincích (Hespel et al., 2006). Tento stav je však také obvykle spojené s rychlým přírůstkem tělesné hmotnosti asi o 1 – 4 kg, což může být výhodou v některých kategoriích sportu. Kreatin není na dopingovém seznamu a příjem kreatinu u zdravých lidí je bezpečný (Terjung et al., 2000).

Kreatin je běžnou součástí svalů, a jeho hlavními zdroji ve výživě jsou maso a ryby. Vegetariáni mají velmi malý příjem kreatinu, vegetariánská strava jej obsahuje opravdu zanedbatelné množství (Delanghe et al., 1989). Doporučené množství kreatinu při dietě je asi 20 g za den ve čtyřech rozdělených dávkách. Aplikují-li se po dobu 4 – 6 dnů, pak následuje udržovací dávka 2 – 5 g denně (Terjung et al., 2000). Během období doplňování je potlačena endogenní syntéza kreatinu a je vhodné, aby sportovci přerušili každých 4 až 6 týdnů užívání kreatinu v intervalu přibližně 4 týdnů. Cvičení stimuluje vstřebávání požitého kreatinu do svalů, pravděpodobně kvůli zvýšenému krevního oběhu ve svalech (Harris et al., 1992). Příjem kreatinu do svalů je také stimulován inzulinem a požitím kreatinových doplňků v kombinaci se sacharidy, aminokyselinami a proteinovými doplňky, které zvyšují koncentraci inzulinu ve svalech (Green Harris et al., 1996). Ačkoli kreatin užívají primárně sportovci, kteří chtějí budovat svaly nebo zvýšit sílu, může mít i jiné, důležité využití. Při užívání kreatinu společně s řadou jídel, které mají vysoký obsah sacharidů, může po absolvování vytrvalostního tréninku dojít k vyčerpání svalového glykogenu (Robinson et al., 1999).

3.7.5 B-Hydroxy-B-methylbutyrát

Aktuálním přírůstkem ve výživě doplňků je B-hydroxy-B-methylbutyrát (HMB), metabolity leucinu. I přesto, že účinek HMB není znám, předpokládá se, že buď snižuje proteolýzu svalů, nebo zvyšuje integritu buněk, které poskytují substrát pro syntézu cholesterolu (Nissen et Sharp, 2003). Nissen et al. (1996) uvádí, že příjem HMB snižuje vylučování 3-methylhistidinu z moči, čím dochází ke snížení svalové proteolýzy. U trénovaných jedinců a elitních výkonných sportovců se však zdá, že příjem HMB nezvyšuje tělesnou hmotnost ani sílu (Kreider et al., 1999; Ransone et al., 2003; Slater et al., 2001) nebo anaerobní výkon (O'Connor et Crowe, 2003). Rovněž se zdá, že B-hydroxy-B-methylbutyrát

nepůsobí na markery katabolického stavu, nebo na integritu svalové membrány (Kreideret et al., 1999; Paddon-Jones et al., 2001; Slater et al., 2001).

Zmíněná studie ukázala, že u trénovaných a netrénovaných jedinců se v rámci týdenního tréninku zvýšila v komparaci s tréninkem využívajícím odporu tělesná hmotnost o 0,28 % a síla o 1,40 %.

Bylo zaznamenáno, že B-hydroxy-B-methylbutyrát snižuje akumulaci kreatinkinázy v krvi u běžců po překonání 20 km (Knitter et al., 2000), přičemž může dojít i k redukci hladiny laktátu v krvi při absolvování vytrvalostního tréninku (Vukovich et Dreifort, 2001).

3.7.6 Karnitin

Při posilování svalů je vyjma zásobování volných mastných kyselin v plazmě důležité stanovit i správný podíl tuků a sacharidů v oxidačním metabolismu. Karnitin se v cytoplazmě kombinuje s koenzymem A (acyl-CoA) a umožňuje, aby mastná kyselina vstoupila do mitochondrií. První krok je katalyzovat karnitinem palmitoyl transferázu 1 (CPT1), přičemž trans-membránový transport usnadňuje acylkarnitin transferázou. Mitochondrie působí na karnitin, palmitoyl transferázou 2 (CPT2), regeneruje se volný karnitin a mastný acyl-CoA uvolňuje vstup do β -oxidační dráhy (Barnett et al., 1994; Vukovich et al., 1994).

V rámci mitochondrií slouží karnitin také k regulaci koncentrace acetyl-CoA a koncentraci volného CoA. Volný CoA se podílí na reakci pyruvát dehydrogenázy stejně jako na procesu β -oxidace a hraje tak klíčovou roli při integraci oxidace tuků a uhlohydrátů. Karnitin je ve stravě přítomen v červeném mase a mléčných výrobcích, tudíž se lze domnívat, že jedinci, kteří žijí veganským způsobem života jej mají nedostatek. Karnitin může být v játrech a ledvinách syntetizován i z lysinu a metioninu. Měření účinků cvičení a diet na koncentraci svalové karnitinové v lidském těle (svaly představují asi 98 % celkového obsahu karnitinu v těle), bylo provedeno poměrně nedávno, kdy došlo k mnoha pokusům měření efektu karnitinu, coby doplňku jako takového na růst svalů (Barnett et al., 1994; Vukovich et al., 1994). Uvádí se, že krátkodobé užití doplňku karnitinu (4 – 6 g/den po dobu 7 – 14 dnů), nemá žádný účinek na metabolický výkon (Vukovich et al., 1994). Publikované výsledky naznačují, že karnitin může zvýšit podíl mastných kyselin v oxidačním metabolismu a tím podpořit nárůst zásob tělesného tuku. V souhrnném přehledu literatury z roku 1997 popsal Spriet osm studií, které zkoumaly účinky doplňků na metabolické pochody u vytrvalostního tréninku, kdy byla v rámci tří z nich zjištěna vyšší oxidace tuku. Efedrin, je spojován s významným počtem pozitivních dopingových výsledků. Rovněž se ukázalo, že

existují významná zdravotní rizika, která lze s používáním těchto druhů přípravků spojitá tudíž se jejich častá aplikace nedoporučuje (Bent et al., 2003).

4 Závěr

V bakalářské práci jsou shrnuty nejdůležitější poznatky o bílkovinách ve výživě sportovců, jejich význam, funkce a struktura. Dále se práce zaměřuje stejným způsobem na aminokyseliny, peptidy, pitný režim a potravinové suplementy, jelikož jsou také klíčovým faktorem u výživy sportovců. Díky psaní této práce jsem měla možnost přečíst mnoho odborných studií na toto téma a po prostudování těchto materiálů, jsem došla k následujícím závěrům.

Bílkoviny jsou nepostradatelné živiny, které v těle plní řadu velmi důležitých funkcí. U sportovců hrají důležitou roli především kvůli regeneraci a obnově tkání či nárůstu svalové hmoty. Lidé mnohdy přijímají větší množství bílkovin, než je optimální či dokonce často nevhodně používají suplementy s představou, že čím vyšší bude jejich příjem, tím více budou mít svalů.

Při nedostatku bílkovin v těle dojde k poklesu detoxikační schopnosti jater, degeneraci kosterní svaloviny, zhorší se hojivost ran a dojde k narušení správného pochodu spermatogeneze nebo jiných metabolických pochodů. Každý sportovec přijímá odlišné množství bílkovin v závislosti na sportu, jímž se zabývá.

Pokud by chtěl mít člověk vhodnou skladbu jídelníčku, je doporučeno navštívit odborníka, který mu provede potřebná vyšetření a na základě jejich výsledků určí přesné dávkování bílkovin a dalších živin, jako jsou sacharidy a tuky.

5 Seznam použité literatury

1. Ali, D., El-Sayyad, H., Moftah, O., Chilibeck, P. 2016: Structural and functional abnormalities of hepatic tissues in male Wistar rats fed hyperwhey and super amino anabolic protein. *Science Direct*. 32(7-8). 840-848.
2. American Dietetic Association, Dietitians of Canada, The American College of Sports Medicine. 2000. Nutrition and athletic performance-Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine. *J Am Diet Assoc*. 41(3), 709-731
3. Areta, J. L., L. M. Burke, D. M. Camera, et al. 2014. Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *AJP: Endocrinology and Metabolism*. 306(8), E989-E997. DOI: 10.1152/ajpendo.00590.2013. ISSN 0193-1849.
4. Armstrong, L. E. 2002. Caffeine, body fluid – electrolyte balance, and exercise performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 12, 189-206.
5. Baker, Lindsay B., Lisa E. Heaton, Ryan P. Nuccio, et al. 2014. Dietitian-Observed Macronutrient Intakes of Young Skill and Team-Sport Athletes: Adequacy of Pre, During, and Postexercise Nutrition. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 24 (2), 166-176. DOI: 10.1123/ijsnem.2013-0132. ISSN 1526-484x.
6. Barnett, C., Costill, D.L., Vukovich, M.D., Cole, K.J., Goodpaster, B.H., Trappe, S.W. and Fink, W.J. 1994 Effect of L-carnitine supplementation on muscle and blood carnitine content and lactate accumulation during highintensity sprint cycling.
7. Beelen, M., A. Zorenc, B. Pennings, J. M. Senden, H. Kuipers a L. J. C. Van Loon. 2011. Impact of protein coingestion on muscle protein synthesis during continuous endurance type exercise. *AJP: Endocrinology and Metabolism*. 300(6), E945-E954. DOI: 10.1152/ajpendo.00446.2010. ISSN 0193-1849.
8. Bent, S., Tiedt, T.N., Odden, M.C. and Shlipak, M.G. 2003. The relative safety of ephedra compared with other herbal products. *Annals of Internal Medicine*, 138, 468-471.
9. Burd, N. A., J. E. Tang, D. R. Moore a S. M. Phillips. 2009. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences.

10. Burke, Louise M., John A. Hawley, Stephen H. S. Wong a Asker E. Jeukendrup. 2012. Effect of intake of different dietary protein sources on plasma amino acid profiles at rest and after exercise. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*. 452-462.
11. Burke, Louise M., John A. Hawley, Stephen H. S. Wong a Asker E. Jeukendrup. 2011. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*. 29(sup1), S17-S27. DOI: 10.1080/02640414.2011.585473. ISSN 0264-0414.
12. Clark, N. 2003. Nancy Clark's sports nutrition guidebook. *Human Kinetics*. Champaign, IL.p. 520. ISBN: 073604602X.
13. Clark, N. 2014. Sportovní výživa. 3., dopl. vyd. Praha: Grada, Fitness, síla, kondice. ISBN 9788024746555.
14. Clark, N. 2000. Sportovní výživa pro pěknou postavu dobrou kondici výkonnostní trénink. Praha: Grada Publishing, ISBN 80-247-9047-5.
15. Cox, G. R., Desbrow, B., Montgomery, P. G., Anderson, M. E., Bruce, C. R., Macrides, T. A. et al. 2002. Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*, 93, 990-999
16. Čermák, B. et al. 2002. Výživa člověka. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta,
17. Davis, J. M., Zhao, Z., Stock, H. S., Mehl, K. A., Buggy, J., & Hand, G. A. 2003. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 284, R399-R404.
18. Delanghe, J., De Slypere, J. P., De Buyzere, M., Robbrecht, J., Wieme, R., & Vermeulen, A. 1989. Normal reference values for creatine, creatinine, and carnitine are lower in vegetarians. *Clinical Chemistry*, 35, 1802-1803.
19. Devries, Michaela C. a Stuart M. Phillips. 2015. Supplemental Protein in Support of Muscle Mass and Health: Advantage Whey. *Journal of Food Science*. 80(S1), A8-A15. DOI: 10.1111/1750-3841.12802. ISSN 00221147.
20. Doherty, M., Smith, P. M. 2005. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science inSports*, 15, 69-78.
21. Dostál, J., Kaplan, P. 2001. Lékařská chemie II: bioorganická chemie. 1.vyd. Brno: Masarykova univerzita v Brně. 223 s. ISBN: 80-210-2731-2.

22. Dostál, J., Paulová, H., Slanina, J., Táborská, E. 2003. Biochemie pro bakaláře. Brno: Masarykova univerzita v Brně. Brno. 174 s. ISBN: 80-210-3232-4.
23. Fořt, P. 2002. Sport a správná výživa. Vyd. 1. Praha: Ikar. ISBN 80-249-0124-2
24. Garrow, J. S., James, W. P. T., Ralph, A. 2000. Human nutrition and dietetics. Churchill Livingstone. London. ISBN: 0443056277.
25. Gibson, R. 2005. Principles of nutritional assessment. Oxford University Press. New York. p. 908. ISBN: 0195171691.
26. Gracin, M., et al. Athletes' dietary intake was closer to French DRA's than those of young sedentary counterparts. Nutrition Research, 2009, vol. 29.
27. Green, A. L., Hultman, E., Macdonald, I. A., Sewell, D. A., Greenhaff, P. L. 1996. Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during creatine supplementation in humans. American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism, 271, E821-E826.
28. Hammond, B.G. 2008. Food safety of proteins in agricultural biotechnology. CRC Press (Taylor & Francis). Boca Raton. p. 320. ISBN: 0849339677.
29. Harris, R. C., Soderlund, K., Hultman, E. 1992. Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. Clinical Science, 83, 367-374.
30. Heinrich, Kasper. 2015. Výživa v medicíně a dietetika. 11. Praha: Grada Publishing, a.s., 2015. 978-80-247-4533-6.
31. Hespel, P. L., Maughan, R. J., Greenhaff, P. L. 2006. Dietary supplements for football. Journal of Sports Sciences, 24, 749-761.
32. Holeček, M. 2006. Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin. Grada. Praha. 288 s. ISBN: 9788024715629.
33. Howarth, K. R., S. M. Phillips, M. J. Macdonald, D. Richards, N. A. Moreau a M. J. Gibala. 2010. Effect of glycogen availability on human skeletal muscle protein turnover during exercise and recovery. Journal of Applied Physiology. 109(2), 431-438. DOI: 10.1152/jappphysiol.00108.2009. ISSN 87507587.
34. Churchward-Venne, T. A., L. Breen, D. M. Di Donato. 2014. Leucine supplementation of a low-protein mixed macronutrient beverage enhances myofibrillar protein synthesis in young men: a double-blind, randomized trial. American Journal of Clinical Nutrition. 99(2), 276-286. DOI: 10.3945/ajcn.113.068775. ISSN 00029165.

35. Kamimori, G. H., Karyekar, C. C., Otterstetter, R., Cox, D. S., Balkin, T. J., Belenky, G. L. 2002. The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers. *International Journal of Pharmaceutics*, 234, 159-167.
36. Knitter, A.E., Panton, L., Rathmacher, J.A., Petersen, A. and Sharp, R. 2000. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle damage after a prolonged run. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1340–1344.
37. Konopka, P. 2004. *Sportovní výživa*. Kopp. České Budějovice. 125. ISBN: 8072322281.
38. Koolman, Jan a Klaus-Heinrich RÖHM. 2012. *Barevný atlas biochemie*. 1. české vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2977-0.
39. Kovacs, E. M. R., Stegen, J. H. C. H., Brouns, F. 1998. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *Journal of Applied Physiology*, 85, 709-715.
40. Kreider, R.B., Ferreira, M., Wilson, M. and Almada, A.L. 1999. Effects of calcium beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation during resistance-training on markers of catabolism, body composition and strength. *International Journal of Sports Medicine*, 20, 503-509.
41. Krieger, J. 2006. Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a metaregression. *Am J Clin Nutr.* 83(2), 260-274.
42. Kučera, M., Dylevský, I. 1999. *Sportovní medicína*. Praha: GRADA Publishing, spol. s.r.o., ISBN 80-7169-725-7.
43. Lemmer, J.T., Ivey, F.M., Ryans, A.S., Martel, G.F., Hurlbut, D.E., Mette, J.E., Fozard, J. L., Fleg, J.L., Hurley, B.F. 2001: Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. *Europe PMC.* 33(4). 532-541.
44. Loon. 2011. Impact of protein coingestion on muscle protein synthesis during continuous endurance type exercise. *AJP: Endocrinology and Metabolism.* 300(6), E945-E954. DOI: 10.1152/ajpendo.00446.2010. ISSN 0193-1849.
45. Lukáš, K. 2005. *Gastroenterologie a hepatologie pro zdravotní sestry*. Grada. Praha. 288 s. ISBN: 8024712830.

- 46.** Lun, Victor, Kelly Anne Erdman a Raylene A Reimer. 2009. Evaluation of Nutritional Intake in Canadian High-Performance Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 19(5), 405-411. DOI: 10.1097/JSM.0b013e3181b5413b. ISSN 1050642x.
- 47.** Mach, I. 2004. *Doplňky stravy*. Vyd. 1. Praha: Svoboda Servis. 157. ISBN: 8086320340
- 48.** Mamerow, M. M., J. A. Mettler, K. L. English, S. L. Casperson, E. Arentson-Lantz, M. Sheffield-Moore, D. K. Layman, D. Paddon-Jones. 2014. Dietary Protein Distribution Positively Influences 24-h Muscle Protein Synthesis in Healthy Adults. *Journal of Nutrition*. 144(6), 876-880. DOI: 10.3945/jn.113.185280. ISSN 0022-3166.
- 49.** Mandelová, L., Hrnčířiková, I. 2007. *Základy výživy ve sportu*. Masarykova univerzita. Brno. 72 s. ISBN: 9788021042810.
- 50.** Maughan, R. J. 2009. *The olympic textbook of science in sport*. Blackwell Publishing. Chichester. p. 427. ISBN: 9781405156387.
- 51.** Maughan, R. J., Griffin, J. 2003. Caffeine ingestion and fluid balance: A review. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 16, 1-10.
- 52.** Maughan, R.J. 1999. Nutritional ergogenic aids and exercise performance. *Nutrition Research Reviews*, 12, 255–280.
- 53.** Maughan, Ron J a Louise Burke. c2006. *Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu*. 1. české vyd. Praha: Galén. ISBN 80-726-2318-4
- 54.** McLellan, T. M., Kamimori, G. H., Voss, D.M., Bell, D. G., Cole, K. G., Johnson, D. 2005. Caffeine maintains vigilance and improves run times during night operations for Special Forces. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 76, 647-654.
- 55.** Merimee, T. J., Rabinowitz, D. and Fineberg, S.E. 1969. Arginine-initiated release of human growth hormone: factors modifying the response in normal man. *New England Journal of Medicine*, 280, 1434–1438
- 56.** Merkunová, Alena a Miroslav OREL. 2008. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Vyd. 1. Praha: Grada. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1521-6.
- 57.** Millward, D.J. 2001. Protein and amino acid requirements of adults: current controversies. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26, S130–S140.
- 58.** Moore, D. R, M. J Robinson, J. L. Fry, et al. 2008. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *American Journal of Clinical Nutrition*. 89(1), 161-168. DOI: 10.3945/ajcn.2008.26401. ISSN 00029165.

- 59.** Moore, Daniel R., Donny M. Camera, Jose L. Areta, John A. Hawley. 2014. Beyond muscle hypertrophy: why dietary protein is important for endurance athletes 1. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 39(9), 987-997. DOI: 10.1139/apnm-2013-0591. ISSN 17155312.
- 60.** Mourek, J. 2012. *Fyziologie – učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Grada. Praha. 224 s. ISBN: 9788024739182.
- 61.** Mughan, Ron J a Louise Burke. c2011. *Sports nutrition: more than just calories – triggers for adaptation*. Basel: Karger Nestle Nutrition Institute. Nestlé Nutrition Institute workshop series, v. 69. ISBN 9783805596985.
- 62.** Murray, R.K., Bender, D.A., Botham, K.M., Kennelly, P.J., Rodwell, V.W., Weil, P.A. 2012. *Harper's illustrated biochemistry*. McGraw-Hill Medical. New York. p. 693. ISBN:9780071792776.
- 63.** Nissen, S., Sharp, R., Ray, M., Rathmacher, J.A., Rice, D., Fuller, J.C., Jr., Connelly, A.S. and Abumrad, N. 1996. Effect of leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *Journal of Applied Physiology*, 81, 2095-2110.
- 64.** Nissen, S. L. and Sharp, R.L. 2003. Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 94, 651-659.
- 65.** Otten, J. J., Hellwig, J. P. Meyers, L. D. 2006. *Dietary reference intakes: The essential guide to nutrient requirements*.
- 66.** Pánek, J. 2002. *Základy výživy*. Svoboda Servis. Praha. 206 s. ISBN: 8086320235.
- 67.** Pánek, J., Dostálová J., Kohout, P., Pokorný, J. 2002. *Základy výživy*. Svoboda servis. Praha. ISBN: 9788086320236.
- 68.** Parr, M.K., Schmidtdorff, S., Kollmeier, A.S. 2017: *Nahrungsergänzungsmittel imSport-Sinn, Unsinn oder Gefahr?* Springer Medizin. 1(1). 1-9.
- 69.** Pasiakos, Stefan M., Harris R. Lieberman a Tom M. McllellanN. 2014. Effects of Protein Supplements on Muscle Damage, Soreness and Recovery of Muscle Function and Physical Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*. 44(5), 655-670. DOI: 10.1007/s40279-013-0137-7. ISSN 01121642.

- 70.** Pasiakos S., Stefan M., Tom M. Mclellan a Harris R. Lieberman. 2015. The Effects of Protein Supplements on Muscle Mass, Strength, and Aerobic and Anaerobic Power in Healthy Adults: A Systematic Review. *Sports Medicine*. 45(1), 111-131. DOI: 10.1007/s40279-014-0242-2. ISSN 01121642.
- 71.** Phillips, Stuart M. 2014. A Brief Review of Critical Processes in Exercise-Induced Muscular Hypertrophy. *Sports Medicine*. 44 (S1), 71-77. DOI: 10.1007/s40279-014-0152-3. ISSN 01121642.
- 72.** Ransone, J., Neighbors, K., Lefavi, R. and Chromiak, J. 2003. The effect of beta-hydroxy beta-methylbutyrate on muscular strength and body composition in collegiate football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 34–39.
- 73.** Res, Peter T., Bart Groen, Bart Pennings, Milou Beelen, Gareth A. Wallis, Annemie P. Gijzen, Joan M. G. Senden a Luc J. C. Van Loon. 2012. Protein Ingestion before Sleep Improves Postexercise Overnight Recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 44(8), 1560-1569. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31824cc363. ISSN 01959131.
- 74.** Robinson, T. M., Sewell, D. A., Hultman, E., Greenhaff, P. L. 1999. Role of submaximal exercise in promoting creatine and glycogen accumulation in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 87, 598-604.
- 75.** Roger, J. D. P., Uhrin, R. 2002. *S chutí za zdravím*. 1.vyd.Praha: Advent-Orion. ISBN 80-7172-397-5.
- 76.** Shirreffs, S. 2009. Hydration in sport and exercise: water, sports drinks and otherdrinks. *Nutrition Bulletin*. Vol. 34, Iss. 4., Dostupné z <http://www.onlinelibrary.wiley.com>.
- 77.** Skolnik, Heidi a Andrea Chernus. 2011. *Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3847-5.
- 78.** Slater, G., Jenkins, D., Logan, P., Lee, H., Vukovich, M., Rathmacher, J.A. and Hahn, A.G. 2001. Beta-hydroxybeta-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*, 11, 384-396.
- 79.** Spillane, Mike, Willoughby, Darryn S. 2016. Daily Overfeeding from Protein and/or Carbohydrate Supplementation for Eight Weeks in Conjunction with Resistance Training Does not Improve Body Composition and Muscle Strength or Increase Markers Indicative of Muscle Protein Synthesis. *Journal of Sports Science and Medicine*. 15(1), 17-25.

- 80.** Spriet, L. L. 1995. Caffeine and performance. *International Journal of Sports Nutrition*, 5, S84-S99.
- 81.** Spriet, L.L. 1997. Ergogenic aids: recent advances and retreats. In *Optimizing Sports Performance* (edited by D.R. Lamb and D. Murray), pp. 185-238. Carmel, IN: Cooper Publishing.
- 82.** Staszková, L., Horák, V. 2002. *Biochemie*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 180 s. ISBN: 9788021309807.
- 83.** Svačina, Š. 2008. *Klinická dietologie*. Grada. Praha. 384 s. ISBN: 9788024722566.
- 84.** Tarnopolsky, M. 2001. Protein and amino acid needs for training and bulking up. In *Clinical Sports Nutrition*, 2nd edn (edited by L. Burke and V. Deakin), 90-123. Roseville, Australia: McGraw Hill.
- 85.** Terjung, R. L., Clarkson, P. M., Eichner, E. R., Greenhaff, P. L., Hespel, P., Israel, R. G. 2000. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 706-717.
- 86.** Tipton, K.D. and Wolfe, R.R. 2004. Protein and amino acids for athletes. *Journal of Sports Sciences*, 22, 65-79.
- 87.** Velíšek, J. 2009. *Chemie potravin I. Osis*. Tábor. 602 s. ISBN: 9788086659152.
- 88.** Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009. *Chemie potravin. OSSIS*. Tábor. 580 s. ISBN: 9788086659152.
- 89.** Velíšek, J.: 2002. *Chemie potravin 1. 2. rozšířené vyd.* Tábor: OSSIS, 2002. 344 s. ISBN 80-86659-00-3.
- 90.** Vondruška, V., Barták, K. 2001. *Výživou ke zdraví*. 1. vyd. Hradec Králové: Ústav tělovýchovného lékařství FN a LFUK, 7 s. ISBN: 80-238-7552-3
- 91.** Vukovich, M.D. and Dreifort, G.D. 2001. Effect of beta-hydroxy beta-methylbutyrate on the onset of blood lactate accumulation and $\dot{V}O_2$ peak in endurance-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 491-497.
- 92.** Vukovich, M.D., Costill, D.L. and Fink, W.J. 1994. Carnitine supplementation: effect on muscle carnitine and glycogen content during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 1122-1129.
- 93.** Wildman, R. E. C. 2009. *The nutritionist: food, nutrition and optimal health*. Routledge. New York. p. 375. ISBN: 9780789034236.
- 94.** Wildman, R. E. C., Mederos, D. 2012. *Advanced human nutrition*. Jones & Bartlett Publishers. Burlington. p. 391. ISBN: 9780763780395.

- 95.** Williams, Melvin H. c2010. Nutrition for health, fitness. Boston. Mass.: McGraw-Hill Higher Education. ISBN 978-0-07-122001-9.
- 96.** Wsterterp-Plantenga, M. S., A. Nieuwenhuizen, D. Tome, S. Soenen a K. R. Westerterp. 2009. Dietary Protein, Weight Loss, and Weight Maintenance. Annual Review of Nutrition. 29(1), 21-41. DOI: 10.1146/annurev-nutr-080508-141056. ISSN 01999885.

6 Seznam použitých obrázků

[1] **Obrázek 1:** Obecný vzorec aminokyselin

Převzato 8. 3. 2018: <http://e-chembook.eu/bilkoviny>

[2] **Obrázek 2:** Struktura histidinu

Převzato 8. 3. 2018: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html

[3] **Obrázek 3:** Struktura Lysinu

Převzato 8. 3. 2018: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html

[4] **Obrázek 4:** Struktura cysteinu

Převzato 8. 3. 2018: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html

[5] **Obrázek 5:** Struktura methioninu

Převzato 8. 3. 2018: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html

[6] **Obrázek 6:** Struktura Fenylalaninu

Převzato 8. 3. 2018: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html

[7] **Obrázek 7:** Struktura kyseliny glutamové

Převzato 8. 3. 2018: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html

[8] **Obrázek 8:** Struktura glutaminu

Převzato 8. 3. 2018: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html

[9] **Obrázek 9:** Struktura tryptofanu

Převzato 8. 3. 2018: http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html

7 Seznam použitých zkratek

Acyl-CoA	Acetylkoenzym A
CPT1	Palmitoyl transferáza 1
CPT2	Palmitoyl transferáza 2
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
HMB	B-hydroxy-B-methylbutyrát