

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Výživa sportovců v období vrcholové přípravy

Bakalářská práce

Autor práce: Dominika Schmidtová

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Havlík, Ph.D.

Konzultant: Ing. Zuzana Hroncová, Ph.D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 20. 4. 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zuzaně Hroncové, Ph.D, která byla školitelem mé práce, za její cenné rady, odborné vedení a čas, který mi věnovala při konzultacích.

Výživa sportovců v období vrcholové přípravy

Souhrn

Tato bakalářská práce se zaměřuje na porovnání a zpracování dostupných vědeckých studií na téma výživy vrcholových sportovců. Hodnotí jejich vyváženou stravu, která je tvořena sacharidy, tuky, bílkovinami, minerálními látkami a vitaminy.

Energetický požadavek je obecně u sportovců vyšší a při jeho nedostatku může docházet k úbytku hmotnosti, včetně svalové hmoty, což snižuje sportovní výkon.

Sacharidy zlepšují zdatnost a výkonnost sportovce a pomáhají při regeneraci svalstva. Dietetické požadavky na bílkoviny narůstají, pokud má během tréninku růst síla, rychlost a vytrvalost. Dostatek tuků v potravě je důležitý pro příjem vitaminů rozpustných v tucích a pro příjem esenciálních mastných kyselin.

Práce se také zaměřuje na účinnost a bezpečnost sportovních doplňků stravy. U sportovců má užívání doplňků stále vyšší přínos. Je prokázáno, že jejich suplementací se zlepšuje fyzická aktivita a výkonnost, zvyšuje se tolerance a odolnost vůči přetrénování, únavě a bolesti. S doplňky roste i síla svalové hmoty, redukuje se tuková tkáň a dochází k posílení organismu. Doplňky jsou také užívány pro podporu růstu, obnovu tkání, zlepšují imunitu a zdraví kloubů, a pokud se užívají v doporučených dávkách, jsou přínosné pro celkový zdravotní stav sportovce. Mezi nejvíce používané doplňky u vrcholových sportovců patří kreatin, karnitin, koenzym Q10, kofein a syrovátkové bílkoviny.

Klíčová slova: výživa, doplňky stravy, vrcholoví sportovci, sportovní výkon

Nutrition of athletes in top preparation period

Summary

This bachelor thesis deals with a comparison of current scientific studies in the area of professional athletes' nutrition. It analyzes their balanced diet, composed of carbohydrates, fat, protein, minerals and vitamins.

Generally speaking, the energy requirements of professional athletes are higher and insufficient intake can lead to weight loss, including loss in muscle mass, which leads to lower sport performance.

Carbohydrates improve the stamina, performance and help to regenerate the muscles. Dietary requirements for protein are increasing if the training objective is to improve strength, speed and endurance. Sufficient fat intake is important for metabolism of water-soluble vitamins and essential fatty acids.

The text also focuses on the efficiency and safety of sports nutrition supplements. Including supplements in one's diet still provides benefits for professional athletes. It has been proven that by including them, the physical activity and performance improves and it also contributes to tolerance and fatigue resistance, pain and over-training prevention.

Hand in hand with the supplements, the muscle mass grows, fat body content decreases and it strengthens the organism overall. The supplements are also taken in order to support growth, regeneration, strengthen immunity and improve joint condition and when used as recommended, they are very beneficial to the overall well-being of the athlete. The most commonly used supplements by professional athletes are keratin, carnitin, and coenzyme Q10, caffeine and whey protein.

Keywords: nutrition, food supplements, professional athletes, sports performance

Obsah

1 Úvod	6
2 Cíl práce.....	7
3 Literární rešerše.....	8
3.1 Význam výživy ve sportu.....	8
3.2 Energetický příjem.....	8
3.3 Základní složky potravy	10
3.4 Sacharidy	10
3.4.1 Příjem sacharidů sportovci v jednotlivých intervalech.....	14
3.4.2 Glykemický index.....	15
3.5 Bílkoviny	17
3.5.1 Příjem bílkovin sportovci v jednotlivých intervalech.....	19
3.6 Tuky.....	20
3.7 Mikronutrienty	21
3.8 Vitaminy.....	21
3.8.1 Vitaminy rozpustné v tucích	22
3.8.2 Vitaminy rozpustné ve vodě	24
3.9 Minerální látky	25
3.10 Pitný režim.....	28
3.11 Doplnky stravy	29
3.11.1 Kreatin	32
3.11.2 Karnitin	34
3.11.3 Koenzym Q10.....	36
3.11.4 Kofein	37
3.11.5 Syrovátkové bílkoviny.....	39
4 Závěr	41
5 Literatura.....	42

1 Úvod

Pro odborníky sportovní výživy či specializované trenéry jsou důležité poznatky a výsledky vědeckých studií, které se zabývají základními složkami potravy a účinky sportovních doplňků stravy na výkon sportovce.

Pro dosažení kvalitních výsledků může být jedním z rozhodujících kritérií samotná strava jedince, která by měla být vyvážená s požadovaným množstvím živin a s potřebným energetickým příjmem. Energetický požadavek je obecně u sportovců vyšší, než u jedinců, kteří se aktivní činnosti nevěnují. Aby byl dosažen optimální příjem energie, uvádí se u všech potřebných živin doporučená denní dávka. Posouzení dávky určuje specialista přes sportovní výživu nebo profesionální trenér.

Sportovcům mnohdy samotná strava nestačí a vyhledávají jiné alternativy. Na trhu existují sportovní doplňky stravy, které sportovcům pomáhají doplnit požadovaný příjem živin. Navíc zlepšují sportovní výkon, usnadňují a urychlují svalovou regeneraci po vykonané práci, snižují tělesný tuk, zvyšují svalovou hmotu a podporují obranyschopnost. Je však důležité, aby se tyto doplňky užívaly v předepsaných dávkách a nenahrazovaly pestrou stravu, která bude vždy na prvním místě.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zpracovat přehlednou literární rešerši o výživě sportovců v období vrcholové přípravy s důrazem na účinnost a bezpečnost doplňků stravy určených zejména sportovcům v tomto období.

3 Literární rešerše

3.1 Význam výživy ve sportu

Jedním z faktorů, který vede k dosažení dobrých výsledků sportovce, může být samotná strava jedince. Neboť výzkum podle Kreider et al. (2010) jasně dokazuje, že sportovci, kteří mají svoji stravu vyváženou s požadovaným množstvím živin a s potřebným energetickým příjmem, intenzivněji trénují a dosahují lepšího metabolického přizpůsobení k vytrvalostnímu tréninku. Díky správnému stravování dochází k lepšímu a rychlejšímu zotavení svalů po vykonané činnosti. Zatímco u jedinců, kteří nekonzumují dostatečné množství kalorií nebo trpí nedostatkem správného typu živin, není jejich metabolické přizpůsobování tak snadné a dochází k pomalejší svalové regeneraci. Navíc u sportovců, kteří mají pravidelný nedostatek energie během tréninku, dochází ke ztrátě svalové hmoty a síly, zvyšuje se náchylnost k onemocnění a může dojít k předčasnému pocitu přetrénování. Proto je dobré do tréninkového plánu zařadit správné stravovací návyky, které mohou sportovci pomoci optimalizovat schopnost během tréninku a zabránit přetrénování. Přiměřená energie by měla pocházet z široké škály dostupných potravin, které poskytují sacharidy, bílkoviny, tuky, vitaminy a minerální látky (Potgieter, 2013).

3.2 Energetický příjem

Vyvážená strava, která obsahuje optimální přísun energie, hraje u sportovců velmi významnou roli. Pro dosažení požadovaného optima se musí zajistit, aby se spotřeba kalorií rovnala energetickému výdeji. Lidé, kteří rekreačně sportují (30–40 min/den, 3 krát týdně), mohou přijímat běžnou stravu obsahující zhruba 25–35 kcal/kg/den na jedince vážícího 50–80 kg, protože jejich kalorické požadavky nejsou příliš veliké (Kreider et al., 2010). Nicméně sportovci na průměrné úrovni intenzivního tréninku (například 2–3 h/den intenzivního cvičení, 5–6 krát týdně) nebo s vysokou intenzivností tréninku (například 3–6 h/den intenzivního tréninku, 5–6 dní v týdnu) mohou pro svůj výkon spotřebovat 600 až 1 200 kcal nebo i více za hodinu v průběhu cvičení (Kreider, 1991; Kreider et al., 2010). Z tohoto důvodu se jejich kalorické potřeby mohou pohybovat v rozmezí 50 až 80 kcal/kg/den. Při tvrdých trénincích nebo na soutěžích je energetický výdej vrcholových sportovců veliký. Zde se pak nároky na energetický příjem mnohonásobně zvyšují. Například u cyklistů, kteří se účastnili soutěže Tour de France, bylo zjištěno, že se spotřeba jejich energie vyšplhala až na 200 kcal/kg/den s odhadem u sportovce vážícího 60 až 80 kg. Dokonce u těžších sportovců (100–150 kg) se

kalorické potřeby mohou pohybovat okolo 6 000–12 000 kcal/den v závislosti na objemu a intenzitě tréninku (Kreider, 1991).

Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN) doporučuje, aby energetické nároky byly vypočítány podle úrovně fyzické aktivity a tělesné hmotnosti, jak je znázorněno v tabulce 1.

Tabulka 1: Energetické požadavky pro fyzickou aktivitu (Kreider et al., 2010)

Fyzická úroveň aktivity	kcal/kg/den	kcal/den
Běžná fyzická aktivita 30–40 min/den, 3 krát týdně	prostá strava 25–35	1 800–2 400 ^a
Mírná úroveň intenzivního tréninku 2–3 h/den, 5–6 krát týdně ^b	50–80	2 500–8 000 ^c
Velkoobjemový intenzivní trénink 3–6 h/den, 5–6 krát týdně ^b	50–80	2 500–8 000 ^c
Vrcholoví sportovci ^d	150–200	až do 12 000 ^e
Velcí atleti ^d	60–80	6 000–12 000 ^f

a: Hodnoty odhadované na sportovce vážícího 50–80 kg

b: Průměrná úroveň intenzivního tréninku

c: Hodnoty odhadované na sportovce vážícího 50–100 kg

d: V závislosti na intenzitě a objemu tréninku

e: Hodnoty odhadované na sportovce vážícího 60–80 kg

f: Hodnoty odhadované na sportovce vážícího 100–150 kg

I když se někteří domnívají, že sportovcům ke správnému stravování stačí jednoduše vyvážená strava, pro sportovce mající větší intenzitu tréninku nebo kteří ke svému výkonu potřebují větší či naopak menší hmotnost, může být toto kritérium nedostačující (Brouns et al., 1989).

Časté selhání sportovních výkonů je zapříčiněno nedostatečným příjmem energie. Nedostatek energie je provázen fyzickými a psychickými příznaky přetrénování, které se často podílejí na snížení výkonu. Vlivem nedostatku může docházet k úbytku hmotnosti, včetně svalové hmoty. Energetická nerovnováha je běžná u vytrvalostních sportovců, mezi které patří například běžci, cyklisté, plavci a triatlonisté. Dále také u sportů, při kterých je vyžadovaná změna a neustálá kontrola postavy, jakými jsou gymnastika, bruslení, tanec a bojová umění.

Tito sportovci si musí udržovat svoji váhu a postavu. Často se pokoušejí svoji hmotnost snížit příliš rychle a většinou špatnou cestou (Kreider et al., 2010).

U stravování je historicky prokázáno, že aktivně sportující ženy se dopouštějí větších chyb než muži. Proto se u žen setkáváme často s poruchami příjmu potravin, které narušují energetickou rovnováhu. Mohou vést až k syndromu, který způsobuje špatné stravovací návyky mající za následek různé nemoci. Poruchy příjmu mohou také vyvolat menstruační problémy a většinou dochází k úbytku minerálních látek v kostech (Loucks et al., 2011). Intenzivním tréninkem se může snížit intenzita pocitu hladu a chuť k jídlu. Pro některé sportovce je nepříjemné jíst před tréninkem kvůli nevolnosti a poruchám trávení. Nutričními analýzami specializovanými na stravování sportovců bylo prokázáno, že mnohé z nich jsou pro sportovce nedostačující, a nesplňují tak jejich požadovanou potřebu energie, kterou musí pro svůj výkon využít během tréninků (Potgieter, 2013).

Aby se zabránilo těmto negativním následkům způsobeným špatným příjmem, nedostatkem či přebytkem energie, sportovní nutriční specialisté doporučují přijímat 5 až 6 energeticky vyvážených jídel během dne, která budou prokládána lehčí svačinou. (Kreider et al., 2010).

Americká společnost tělovýchovného lékařství (ACSM) prohlašuje: „Sportovci potřebují konzumovat přiměřené množství energie během doby, kdy dochází k dlouhotrvajícímu nebo intenzivnímu tréninku, pro udržení tělesné hmotnosti a maximalizování účinku tréninku“. Dále doporučuje, aby se energetické požadavky počítaly na základě doporučených denních dávek, nebo podle přepočítaného bazálního a aktivního metabolismu, v závislosti na jedinci, typu, trvání a intenzitě cvičení (Rodriguez et al., 2009).

3.3 Základní složky potravy

Schopnosti trénovat intenzivněji napomáhá správná výživa. Díky dobrému stravování dochází ke snadnější svalové regeneraci a metabolické adaptaci na vytrvalostní cvičení. Odpovídající energie potřebná pro sportovce by měla být poskytována z nejrůznějších dostupných surovin, které jsou tvořeny převážně sacharidy, bílkovinami, tuky a minerálními látkami (Potgieter, 2013).

3.4 Sacharidy

Na konci 19. století se věřilo, že nejdůležitějším zdrojem energie pro cvičení jsou bílkoviny. Toto přesvědčení se počátkem 20. století postupně přeměnilo a mezi hlavní zdroje energie, takzvaná paliva, se začaly řadit převážně sacharidy, neboť bylo zjištěno, že se bez nich

sportovní výkon neobejde (Jeukendrup, 2014; Krogh et al., 1920). V roce 1939 byl vydán dokument, který uvádí, že použití sacharidů, které jsou během cvičení hlavní podávanou potravinou, může pozitivně ovlivňovat toleranci zátěže. V 70. letech 20. století vyšlo najevo, že velmi významnou roli v průběhu cvičení hraje svalový glykogen. První studie v 90. letech 20. století upozornily na to, že se během cvičení zlepšuje s konzumací sacharidů i fyzická zdatnost a výkonnost (Jeukendrup, 2014). Postupem času se na základě těchto objevů vyvíjela stále nová doporučení pro sportovce (Rodriguez et al., 2009).

Obor sportovní výživy se pro výpočet sacharidů odchýlil od klasického procentuálního přepočítání z celkové energie. Místo toho se požadavky na sacharidy přepočítávají v gramech na kilogram (g/kg) tělesné hmotnosti. Pokud je příjem sacharidů dostačující, budou tím tak splněny i celkové procentuální požadavky energie (Burke et al., 2011). Sportovci potřebují více energie a makronutrientů v poměru k jejich tělesné hmotnosti, vyjádřené v kilogramech, oproti lidem, kteří mají sedavý způsob života. Proto i v souladu s Americkou společností tělovýchovného lékařství (ACSM) a Americkou dietetickou asociací (ADA) je vyjádření energetické potřeby a makronutrientů v gramech na kilogram tělesné hmotnosti jediný praktický způsob, jak dokumentovat tyto potřeby (Rodriguez et al., 2009).

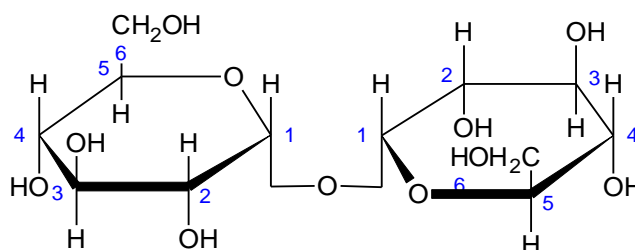
Podle nejnovějších směrnic jsou sacharidy obecně chápány jako důležitá složka stravy, která se podílí na výsledném sportovním výkonu. Stále je však nutné brát tento fakt jako velmi specifický. Obvyklý nebo denní příjem sacharidů je zásadní pro fyzicky aktivní jedince a měl by být načasován tak, aby bylo optimum sportovci zajištěno před výkonem, stejně tak jako po výkonu, kdy jsou sacharidy sportovcem využívány pro zotavení svalstva (Burke et al., 2011). Studie Maughan et al. (1996) prokázala, že relativně malé množství sacharidů (20 g/h) stačí k tomu, abychom u sportovce mohli pozorovat nějaký výkon. Americká společnost tělovýchovného lékařství (ACSM) v posledních letech uvádí, že doporučená dávka sacharidů během cvičení je přibližně 30 až 60 g/h (Rodriguez et al., 2009).

S příjmem sacharidů se může zvýšit fyzická zdatnost a zlepšit fyzická výkonnost (Jeukendrup, 2008). Obecně platí, že při cvičení, které trvá déle jak dvě hodiny, se udržuje vysoká rychlost oxidace sacharidů. Konzumací sacharidů lze zabránit hypoglykémii a ve srovnání s použitím placeba se zvyšuje vytrvalostní schopnost jedince (Jeukendrup, 2014).

Příznivé účinky sacharidů na sportovní výkon jsou dobře zdokumentované. Například už v prvních dokumentech podle Jeukendrup (2008) se potvrzuje, že pozitivní účinky, související s konzumací sacharidů, lze pozorovat už během cvičení, která trvají minimálně dvě hodiny. Tato studie se zaměřovala na vytrvalostní schopnost jedince, tj. doba do vyčerpání při konstantní intenzitě cvičení.

Některé typy sacharidů oxidují rychleji než ostatní (Jeukendrup et Jentjens, 2000). Je zřejmé, že glukóza je monosacharid, který oxiduje rychle, z tohoto důvodu u ní neprobíhá dlouhé trávení a je snadno absorbovaná. Nicméně disacharidy, jako je například maltóza a sacharóza, mohou být oxidované také poměrně rychle (Jeukendrup, 2008). Na druhou stranu například disacharidy izomaltóza a trehalóza oxidují pomaleji, neboť štěpení na glukózu neprobíhá tak snadno a nedochází tak k rychlému růstu hladiny glukózy v krvi. Tyto disacharidy se řadí mezi méně běžné sacharidy, ale v oblasti sportovní výživy se vyhledávají.

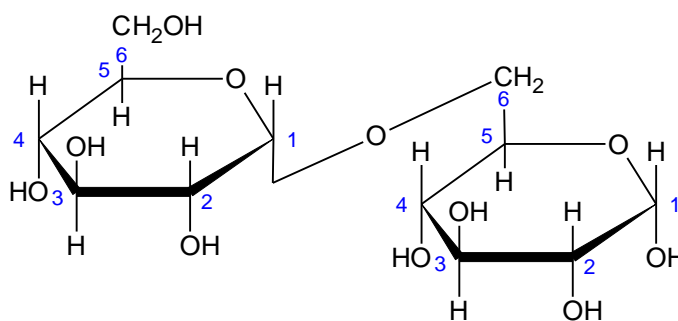
Trehalóza, (obrázek 1), je disacharid podobný maltóze, který se nejčastěji nachází ve víně a medu. Skládá se také ze dvou molekul glukózy, stejně jako maltóza, s rozdílem, že molekuly glukózy u maltózy jsou spojeny glykosidickou vazbou α -1,4, zatímco u trehalózy je glykosidická vazba α -1,1. Tyto odlišné glykosidické vazby mezi glukózami poskytují trehalóze zajímavé vlastnosti. Trehalóza je jen mírně sladká, až o 45 % méně než sacharóza, což je právě jedna z vlastností, díky které se stává tento sacharid přijatelnější pro sportovce (Higashiyama, 2002). Další výhodou je poměrná rychlost a celková rozpustnost ve vodě, takže se často používá do sportovních nápojů, kde vytváří čirou tekutinu. Mnoho komerčně nabízených sportovních nápojů obsahuje totiž pevné částice, a jsou zakaleny. Použitím trehalózy se tak zabrání těmto nevýhodám. Jako doporučené množství se podle Kamping et Colaco (2002) uvádí 5–11 g na 100 ml vody. Další vlastností trehalózy je, že má nízký kariogenní účinek, což znamená, že netvoří zubní kaz v ústech, a má tak příznivější vliv na zdraví zubů (Neta et al., 2000). Oxidace trehalózy je podstatně nižší než u glukózy nebo maltózy (Venables et al., 2008).



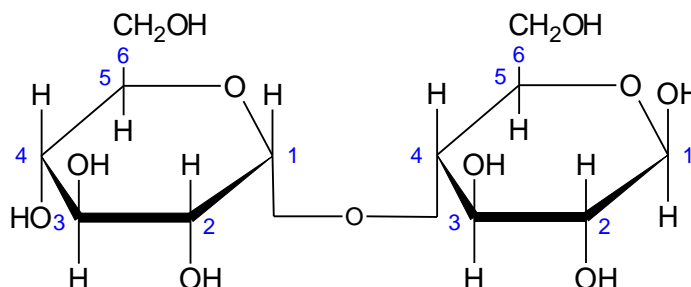
Obrázek 1: Trehalóza

Stejně jako u trehalózy, probíhá oxidace během cvičení u izomaltózy, (obrázek 2), pomaleji než při oxidaci sacharózy (Achten et al., 2007). Izomaltóza je velmi podobná maltóze, (obrázek 3), jen mezi dvěma glukózami je u maltózy vazba α -1,6. Výsledné monosacharidy vycházející z oxidace (glukóza a fruktóza) jsou účinně převedeny do krevního řečiště. Izomaltóza je také zajímavá z hlediska zdraví ústní dutiny, protože v ústech nekvasí a nesnižuje

tak pH úst. Díky těmto vlastnostem jsou zuby méně vystavené nebezpečí před kazem (Milosevic et al., 1997).



Obrázek 2: Izomaltóza



Obrázek 3: Maltóza

Sacharidy lze obecně rozdělit do dvou kategorií: sacharidy, které mohou být oxidovány do 30 až 50 g/h, a sacharidy, které oxidují 60 až 70 g/h (tabulka 2).

Tabulka 2: Oxidace různých sacharidů (Jeukendrup, 2008)

Rychle oxidované sacharidy (30 až 50 g/h)	Pomalu oxidující sacharidy (60 až 70 g/h)
Glukóza	Fruktóza
Sacharóza	Galaktóza
Maltóza	Izomaltóza
Maltodextrin	Trehalóza
Amylopektin	Amylóza

Pro maximální rychlost oxidace při konzumaci pouze jednoho typu sacharidu se jako nejlépe zvolené množství uvádí 60–70 g/h (Wallis et al., 2007). Tyto poznatky naznačují, že sportovci, kteří jedí jeden typ sacharidů, by měli přijímat přibližně 60–70 g/h, aby si udrželi optimální příjem. Překročí-li se toto množství, nezvýší se oxidace, ale je pravděpodobné, že se

dostaví zažívací potíže. Zažívací potíže mohou postihnout horní část trávicího traktu a způsobit nevolnost, zvracení, říhání, pálení žáhy, bolesti na hrudi. Mohou také zasáhnout dolní část trávicího traktu, kde dochází k nadýmání, křečím do břicha, zácpě nebo průjmu (Jeukendrup, 2008).

Zvýšená oxidace vyplývající z používání více druhů sacharidů je teoreticky prospěšná. Pro tento důkaz byli testováni cyklisté, kteří se zúčastnili závodu na pět hodin. Po tuto dobu jim byly podávány nápoje trojího typu. V prvním nápoji byla jen voda, která působila jako placebo, ve druhém byl roztok s rozpuštěnou glukózou a ve třetím nápoji byla rozpuštěná glukóza s fruktózou. U cyklistů, kterým byl podán nápoj s více sacharidy, bylo vyzorováno zlepšení ve výkonu a došlo k menšímu vnímání námahy oproti cyklistům, kterým byla podávána pouze glukóza. Cyklisté, kteří po celou dobu pili jen placebo, byli nejdříve unaveni a ne všichni účastníci byli schopni dokončit závod. Z tohoto příkladu vyplývá, že příznivější účinky při dlouhodobém výkonu přinášejí pitné roztoky v kombinaci s glukózou a fruktózou, než nápoje, které obsahují jen samotnou glukózu (Currel et Jeukendrup, 2008; Jentjens et al., 2004; Jeukendrup, 2008).

3.4.1 Příjem sacharidů sportovci v jednotlivých intervalech

Před cvičením:

Omezené zásoby glykogenu zůstávají v těle zhruba 90 minut až 3 hodiny při středně až vysoce intenzivním tréninku (Kerksick et al., 2008). Strategii, která je zvolena ke správnému typu, množství a načasování sacharidů, se mohou maximalizovat zásoby svalového glykogenu před vytrvalostním tréninkem, který trvá déle než 90 minut. Bylo zjištěno, že touto strategií se zvyšuje vytrvalost i sportovní výkon (Burke et al., 2011).

Během cvičení:

Během vytrvalostních akcí patří do častých stížností svalová únava a hypoglykémie, mnohdy jako důsledek nízkých zásob svalového glykogenu. Z tohoto důvodu je zvýšení jaterních a svalových zásob glykogenu, stejně tak jako optimálního příjmu tekutin, potřebné pro dosažení nejvyššího výkonu. Příznaky nedokonalého příjmu sacharidů zahrnují nízkou hladinu energie, pocit těžkých nohou, únavu, pomalé zotavení, ztrátu koncentrace, závratě, podrážděnost a mdloby. Typ, množství a načasování sacharidů je velmi důležité a mělo by být přizpůsobené individuálně každému sportovci (Potgieter, 2013).

Po cvičení:

Příjem sacharidů převážně odpovídá za zvýšení zásob glykogenu. Rychlé doplnění paliva je obzvláště důležité pro situace, kde pro zotavení mezi tréninky nastává menší než 8 hodinová

doba (Burke et al., 2011). Americká společnost tělovýchovného lékařství (ACSM), Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN) a Mezinárodní olympijský výbor (IOC) navrhuje, že množství sacharidů, které má zvýšit zotavení po cvičení, by se mělo pohybovat v rozmezí 1 až 1,5 g/kg tělesné hmotnosti. Tyto orgány souhlasí s tím, že příjem sacharidů by měl být do 30 minut po cvičení s cílem dosáhnout vyššího stupně glykogenu v těle. Pokud má sportovec mezi cvičením delší dobu (1–2 dny), strategie související s příjmem sacharidů není tak důležitá, za předpokladu, že v průběhu dne (24 hodin) jsou denní potřeby sacharidů splněny v závislosti na úrovni aktivity sportovce (Rodriguez et al., 2009). V případě kratší doby mezi cvičením, které je například častěji než jednou za den, načasování živin a obnova mají zásadní význam. V těchto případech Americká společnost tělovýchovného lékařství (ACSM), Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN) a Mezinárodní olympijský výbor (IOC) doporučují, aby byly sacharidy přijaty do 30 minut po cvičení s opakováním po dvou hodinách po dobu 4 až 6 hodin (Burke et al., 2011; Kerksick et al., 2008; Kreider et al., 2010; Rodriguez et al., 2009).

3.4.2 Glykemický index

V oblasti sportovní výživy je velmi diskutovaným tématem glykemický index potravin, označovaný pod zkratkou GI. Kanadští odborníci na výživu tento pojem poprvé zavedli začátkem 80. let 20. století (Burke et al., 1998; Oreilly et al., 2010). Představuje číselnou hodnotu, která stanovuje hladinu glukózy v krvi (mmol/l) po konzumaci jídel s vyšším množstvím sacharidů. Vysoký glykemický index potravin zvyšuje hladinu glukózy v krvi, zatímco potraviny s nízkým glykemickým indexem hladinu glukózy ovlivňují méně (Volpe, 2010).

Pro měření GI je dobré si předem zvolit dané množství testované potraviny, které se bude podávat (obvykle se uvádí 50 g). Osoba, u které se provádí měření, musí být na lačno. Po konzumaci testované potraviny se v intervalech 30, 60 a 90 minut odebírá krev. Poslední odběr, zhruba po dvou hodinách po konzumaci, se pro vyhodnocení srovnává se stejným množstvím referenční potraviny, kterou bývá obvykle čistá glukóza nebo bílý chléb. GI je hodnocen glykemickou křivkou, kde se vypočítává poměr ploch pod křivkami glukózy a testované potraviny, vynásobený stem. Výsledkem je potom procentuální hodnota glykemického indexu (Wright, 2005).

$$GI = \frac{\text{Plocha pod křivkou testované potraviny}}{\text{Plocha pod křivkou glukózy}} \times 100$$

Například 80% GI znamená, že konzumací 50 g testované potraviny se hladina glukózy v krvi zvýší o 80 %, než by se zvýšila s čistou glukózou (100 %). Čím nižší je GI, tím pomalejší je rychlost trávení a vstřebávání testované potraviny. Potraviny s vyšším GI by měly signalizovat rychlejší dobu trávení a vstřebávání tím, že u nich dochází k rychlejšímu vzestupu hladiny glukózy v krvi (Volpe, 2010).

I když výsledky GI poskytují dobrý odhad pro stravitelnost a vstřebání potravin, mohou být často ovlivněny dalšími faktory. Mezi takové faktory patří makronutrienty - tuky nebo bílkoviny, velikost částí potravin, způsob, jakým jsou potraviny zpracovány (Brand et al., 1985), přítomnost fruktózy či laktózy a antinutričních látek, jako je kyselina fytová a lektiny (Burke et al., 1998).

Přestože z různých tvrzení, například Ludwig et al. (1999) a Febbraio et al. (2000), vyplývá, že praktický význam GI je nejasný a diskutabilní, mnoho nutričních strategií s cílem zlepšit fyzickou výkonnost a zdatnost je pravidelně zakládáno právě na poznacích GI (Oreilly et al., 2010). U sportovců bylo navrženo, jak a kdy využít potraviny, u nichž je známá hodnota GI: Před tréninkem by měli sportovci konzumovat potraviny s nízkým GI, a to zejména před delším výkonem, aby se tak díky pomalejšímu vstřebávání sacharidů udržela dostupnost sacharidů potřebná pro energii. Během cvičení se doporučuje konzumovat potraviny se středním až vysokým GI, zvláště u cvičení, která trvají delší dobu. Konzumací potravin s vysokým GI se může zvýšit ukládání glykogenu po cvičení větší odezvou glukózy a hormonu inzulínu ze slinivky břišní, (tabulka 3) (Burke et al., 1998).

Tabulka 3: Příklady potravin s nízkým, středním a vysokým GI (Volpe, 2010)

Rozdělení	Rozsah glykemického indexu	Příklady
Nízký glykemický index	55 a méně	Většina ovoce a zeleniny (kromě brambor a vodního melounu), celozrnné pečivo, těstoviny, luštěniny, mléko, jogurty, výrobky s extrémně nízkým obsahem sacharidů (některé sýry, ořechy), fruktóza.
Střední glykemický index	56–69	Celozrnné výrobky, rýže, sladké brambory, cukr.
Vysoký glykemický index	70 a více	Kukuřičné lupínky, pečené brambory, vodní meloun, bílý chléb, extrudované snídaňové cereálie, 100 % glukóza.

3.5 Bílkoviny

Dietetické požadavky na bílkoviny narůstají, pokud má při tréninku růst síla, rychlost a vytrvalost. Příjem energie, intenzita a doba trvání cvičení, teplota okolního prostředí, pohlaví a věk rovněž ovlivňují požadavky na bílkoviny (Phillips et Van Loon, 2011).

Zatímco u lidí je čistá rychlost syntézy a degradace proteinů relativně vysoká, čistá ztráta (syntéza mínus rozklad) aminokyselin je poměrně nízká. Například mužské tělo člověka s váhou 70 kg a s hmotností tkáně kosterního svalstva 28–32 kg pravidelně odbourává denně 280 g bílkovin. Stejně tak i syntéza bílkovin se pohybuje kolem 280 g za den. Nicméně se nesmí opomíjet krátká doba, kdy rozklad bílkovin přesahuje syntézu bílkovin. Právě v tomto intervalu se počítá čistá ztráta aminokyselin, která je potřeba doplnit příjmem bílkovin. Tyto ztráty se obvykle pohybují u nesportujících lidí s váhou 70–90 kg kolem 40–60 g za den. U sportovců bývají ztráty často vyšší (Gerovasili et al., 2009).

Podle amerického a kanadského doporučení by se denní dávka bílkovin pro všechny jedince, kteří jsou starší 19 let, měla pohybovat v rozmezí 0,75 až 0,80 g/kg (National Academy Press, 2005). Toto doporučení je uváděno jako dostačující pro téměř všechny osoby (98 % lidí). Avšak takové množství někteří sportovci či trenéři někdy chápou jako množství, které by měl sportovec požit s jedním hlavním jídlem. S takovýmto uvažováním se často setkáváme u sportů, které se věnují silovému tréninku (Lemon et al., 1992). Podle nejnovějších studií Americké společnosti tělovýchovného lékařství (ACSM) by se měl denní příjem bílkovin, určený sportovcům převážně k vytrvalosti a odolnosti tréninku, pohybovat kolem 1,2 až 1,7 g/kg/den. Tato hodnota se může pohybovat až dvojnásobně od běžných hodnot (Gerovasili et al., 2009). Mezinárodní olympijský výbor (IOC) prosazuje, že hlavní bílkovinné požadavky pro sportovce jsou 1,3 až 1,8 g/kg tělesné hmotnosti a 1,6 až 2 g/kg tělesné hmotnosti pro sportovce, kteří se věnují silovému tréninku. U těchto sportů, zaměřených především na sílu, jsou bílkovinné požadavky vyšší, neboť je prokázáno, že proteiny podporují syntézu a snižují odbourávání svalových bílkovin, a tím dochází i k opravám poškozeného svalu. Vzhledem k vysokému energetickému dennímu příjmu u těchto sportovců je většina bílkovinných požadavků snadno splněna (Slater et Phillips, 2011). Denní požadavky na bílkoviny pro fyzicky aktivní sportovce, jak doporučuje Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN), jsou shrnuty v tabulce 4.

Tabulka 4: Denní nebo obvyklé potřeby bílkovin pro aktivní sportovce podle ISSN (Kreider et al., 2010)

Fyzicky aktivní úroveň	g/kg tělesné hmotnosti/ den
Běžná kondice	0,8–1,0
Starší jedinci	1,0–1,2
Méně intenzivní trénink	1,0–1,5
Hodně intenzivní trénink	1,5–2,0

Všechna výše uvedená doporučení jsou založena na údajích ze studií rovnováhy dusíku. Z fyziologického hlediska se jedná o rovnováhu mezi příjmem a ztrátou proteinu (dusíku) (Phillips et Van Loon, 2011).

Studie Moore et al. (2009) hodnotila efektivnost dávky bílkovin pro sportovce. Skupině zdatných mladých mužů bylo ke konzumaci po dávkách podáváno 0 až 40 g vaječného bílku. S postupným nárůstem proteinu, od 0 až 20 g, rostla i syntéza svalového proteinu. Při podání většího příjmu než 20 g bílkovin efekt syntézy nejevil žádný rozdíl, byl stejný. Závěrem z těchto údajů vyplývá, že příjem 20 g bílkovin u zdatnějších mužů (85 kg) je dostatečný pro správnou stimulaci a vyšší příjem nenabízí žádné další výhody, protože přebytek aminokyselin podléhá oxidaci.

Výkon a vytrvalost sportovce jsou spojeny s významným zvýšením oxidace aminokyseliny leucinu, čímž se zvyšuje i požadavek na vyšší příjem bílkovin, nebo alespoň na leucin (McKenzie et al., 2000).

Aby docházelo u sportovců k požadovaným pochodům spojených s příjmem bílkovin, je povinností každého sportovce přijímat kvalitní bílkovinu. Kvalitní bílkovina je měřena pomocí různých ukazatelů, ale nejčastěji je hodnocena pomocí tzv. PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score). Jedná se o systém, který analyzuje a prokazuje kvalitu bílkovin. Pokud je potravinu hodnocena číslem 1, jedná se o potravinu, která obsahuje bílkoviny vysoké kvality. Není překvapením, že například proteiny živočišného původu, jako je mléko (kasein, syrovátka), vejce a většina druhů masa jsou vysoce kvalitní. Pokud jsou odstraněny antinutriční složky ze sójového proteinu, má také PDCAAS hodnotu 1 (Schaafsma, 2005). Otázkou je, zda existují nějaké výhody obvyklé spotřeby těchto kvalitních proteinů (min. 80 % bílkoviny), pokud jde o podporu obnovy (zvýšení syntézy svalových proteinů a snížení rozkladu nebo menší poškození svalů) a přizpůsobení (nárůst svalové hmoty a posílení oxidační kapacity). Ve skutečnosti neexistuje důkaz, který by podporoval tato tvrzení, že například mléčné proteiny

mají za následek větší stimulaci pro syntézu svalového proteinu po cvičení než rovnocenná bílkovina, jako je sójový protein (Wilkinson et al., 2007).

Mléčné bílkoviny jsou zejména bohaté na leucin, což může vysvětlovat účinnost při stimulaci syntézy svalových proteinů a podporu svalové hypertrofie. Syrovátkový protein je také obohacen vysokým podílem leucinu. Právě proto se uvádí, že je přínosný pro podporu růstu svalů (Phillips et Van Loon, 2011).

Praktický a účinný nápoj pro sportovce po sportovním výkonu je mléko. Podle studií Karp et al. (2006) bylo prokázáno, že po cvičení se konzumací ochuceného mléka, které kromě kvalitních bílkovin obsahuje přídavek jednoduchých cukrů, zvyšuje následný sportovní výkon. Pro sportovce, kteří trpí maldigescí, tzv. poruchou trávení (v tomto případě laktózy), existuje celá řada nápojů, kde je laktóza zredukována.

3.5.1 Příjem bílkovin sportovci v jednotlivých intervalech

Před cvičením:

Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN) doporučuje, aby sacharidová jídla, která se obvykle konzumují před tréninkem, byla podávána navíc s menším obsahem bílkovin. Záleží však na průběhu cvičení, úrovni zátěže a konkrétním jednotlivci. Poměr jednotlivých makronutrientů by měl být: 0,15 až 0,25 g bílkovin/kg tělesné hmotnosti a 1 až 2 g sacharidů/kg tělesné hmotnosti. Vše by se mělo konzumovat 3 až 4 hodiny před tréninkem nebo soutěží či závodem (Kerksick et al., 2008). Mezinárodní olympijský výbor (IOC) tvrdí, že by proteiny měly být požitý pouze po cvičení v době, kdy dochází k optimální syntéze svalových bílkovin (Slater et Phillips, 2011).

Během cvičení:

Zdali podávat bílkoviny během cvičení je velmi diskutabilní, neboť prozatím nenacházíme shodu u většiny studií. Americká společnost tělovýchovného lékařství (ACSM) uvádí, že důkazy, týkající se prospěšnosti přídavku proteinu prostřednictvím sacharidových roztoků v průběhu cvičení, jsou neprůkazné (Rodriguez et al., 2009). Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN) tvrdí, že přídavek proteinu do sacharidového nápoje (sacharidy : bílkoviny = 3–4 : 1) přináší výhody, které například zlepšují vytrvalostní trénink, zvyšují svalový glykogen a snižují poškození svalů (Kerksick et al., 2008).

Po cvičení:

Ve všech studiích, které se zabývají příjmem bílkovin, se uvádí, že poskytnutím proteinů nebo aminokyselin sportovcům zhruba po 30 minutách cvičení dochází ke stimulaci syntézy svalového proteinu (Burd et al., 2009). Protein by měl být podán co nejdříve po cvičení, aby

tak rychleji docházelo k zotavení a regeneraci svalů. Čím dříve sportovec po výkonu přijme bílkovinu, tím lépe, protože k regeneraci dojde rychleji (Phillips et Van Loon, 2011).

Podle Americké společnosti tělovýchovného lékařství (ACSM) je pro následné zotavení po cvičení potřeba poskytnout dostatečné množství tekutin, elektrolytů, energie a sacharidů, které nahradí svalový glykogen. Přídavkem proteinů jsou poskytnuty aminokyseliny, které jsou zodpovědné za údržbu a opravy svalových bílkovin (Rodriguez et al., 2009).

Pro obnovu doporučuje Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN) přidat protein k sacharidům v poměru 1 : 3–4, nebo doplnění 0,2 až 0,5 g proteinu/kg tělesné hmotnosti. Tento poměr má za následek obnovení syntézy glykogenu, a nakonec i zlepšuje sportovní výkon. Shodné dokumenty rovněž doporučují požití aminokyselin, zejména esenciálních (EAA), které stimuluje syntézu svalových bílkovin. To může být dosaženo podáním roztoku, do kterého se přidává 6 až 20 g EAA s nejméně 30 až 40 g sacharidů s vysokým GI, který se konzumuje okamžitě, případně nejdéle do tří hodin po výkonu. Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN) dále doporučuje přidávat malé množství kreatinu (0,1 g/kg tělesné hmotnosti) do směsi sacharidů a proteinů po cvičení, pro optimalizaci adaptace na trénink (Slater et Phillips, 2011).

3.6 Tuky

Stejně jako je tomu u sacharidů a bílkovin, tak i požadavky na tuky jsou u sportovců v porovnání s lidmi, kteří nesportují, vyšší. Je důležité konzumovat dostatečné množství tuků, aby bylo zajištěno optimální zdraví, zachování energetické rovnováhy, optimální příjem esenciálních mastných kyselin a vitaminů rozpustných v tucích, stejně tak jako doplnění zásob mezisvalového triacylglycerolu. Množství požadovaného tuku do značné míry závisí na tréninkovém postavení a stanovených cílech sportovců (Kreider et al., 2010; Rodriguez et al., 2009).

Americká společnost tělovýchovného lékařství (ACSM) doporučuje, aby denní příjem tuků pro sportovce splňoval 20 až 35 % z celkového denního energetického příjmu a neměl by klesnout pod 20 % (Rodriguez et al., 2009). Mezinárodní olympijský výbor (IOC) dokonce doporučuje, aby z celkové energie nebyl příjem tuků menší než 15 % (Sundgot-Borgen et Garthe, 2011). Dostatek tuků je důležitý pro příjem vitaminů rozpustných v tucích a pro příjem esenciálních mastných kyselin. Vysoce tučné diety nejsou však pro sportovce doporučovány, neboť zvýšený obsah tuku má negativní vliv na trénink a závodní výkon (Rodriguez et al., 2009).

Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN) pro sportovce navrhuje příjem tuků ve výši 30 % z celkového energetického příjmu. Pokud sportovec trénuje často, myslí se tím

vrcholový závodník, který má až 40 hodin tréninku za týden, může se toto množství zvýšit až na 50 % z celkové denní energie. S cílem snížit množství tělesného tuku nebo ztrátu tělesné hmotnosti se doporučuje příjem 0,5 až 1,0 g tuků/kg tělesné hmotnosti na den. Pro běžné konzumenty a hlavně sportovce je velice důležité, jaký druh mastných kyselin bude přijímán. Je potřeba se zaměřit na zvýšení zdrojů nenasycených nebo esenciálních mastných kyselin (Kreider et al., 2010).

3.7 Mikronutrienty

Vitaminy a minerální látky se řadí do kategorie, která se nazývá mikronutrienty. Společně hrají důležitou roli při tvorbě energie a syntéze hemoglobinu. Udržují zdravé kosti, posilují imunitu a chrání tělo před oxidačním poškozením. Pomáhají při syntéze a opravách svalových tkání, při zotavování ze cvičení či po zranění. Pravidelná sportovní aktivita může zvýšit obrát a ztráty těchto prvků z těla (Rodriguez et al., 2009). Sportovci, kteří jsou náchylní k nízkému příjmu energie, nebo záměrně omezují příjem energie, aby si udrželi tělesnou hmotnost, mohou mít často nedostatek stopových prvků (prvky, potřebné v malém množství: <50 mg/den ke správnému vývoji) (Potgieter, 2013).

Doplňky vitaminů a minerálních látek mohou být pro některé sportovce předepsané individuálně ošetřujícím lékařem či dietologem. Zvýšenou pozornost vyžadují sportovci, kteří mají některé z omezení v příjmu energie, a také ti, kteří jsou nemocní nebo se zotavují ze zranění či mají specifické zdravotní potíže. I u vegetariánů je vyžadováno zvýšení některých mikronutrientů, jako například vitamínu B₁₂, železa, vápníku, vitamínu D, riboflavinu a zinku (Rodriguez et al., 2009). Vitaminové a minerální nedostatky mohou zhoršit sportovní výkon. Americká společnost tělovýchovného lékařství (ACSM) je však přesvědčena o tom, že pokud sportovci konzumují pravidelně pestrou stravu s doporučenou denní dávkou živin, jsou u nich vitaminové či minerální nedostatky nepatrné (Rodriguez et al., 2009; Williams, 2004).

3.8 Vitaminy

Vitaminy jsou základní organické sloučeniny, které slouží k regulaci metabolických procesů, energetické syntéze, neurologickým procesům a zabraňují rozpadu buněk (Kreider et al., 2010).

Ačkoli výzkum Mezinárodní společnosti sportovní výživy (ISSN) prokázal, že konkrétní vitaminy mohou mít určitý zdravotní přínos (např. vitamin E, niacin, kyselina listová, vitamin C), jen málo z nich má přímo stanovené energetické hodnoty pro sportovce (Potgieter, 2013). Teoreticky lze vitaminy pokládat za doprovodnou látku, která pomáhá sportovcům lépe

snášet těžký trénink, což vede ke zlepšení výkonnosti. Mnozí sportovní výživoví odborníci doporučují atletům alespoň malou dávku multivitaminů denně, nebo jako doplněk při těžkých a namáhavých trénincích (Kreider et al., 2010).

3.8.1 Vitaminy rozpustné v tucích

Mezi vitaminy rozpustné v tucích patří A, D, E a K. Tyto vitaminy jsou přijímány většinou tučnou stravou a lidský organismus má schopnost si je ukládat. Proto při vyšší konzumaci může dojít až k toxicitě, která má za následek metabolické poruchy.

Vitamin A

Vitamin A zahrnuje skupiny sloučenin retinolu, retinalu a kyseliny retinové. Zdrojem a provitaminem A bývají většinou karotenoidy, které jsou přijímány potravou. Provitaminem A je zejména β -karoten, který je schopen metabolickou přeměnou získat aktivní vitamin A (National Academy Press, 2000). Vitamin A je potřebný pro tvorbu rodopsinu, zrakového pigmentu, který je citlivý na světlo. Nedostatek tohoto vitaminu způsobuje šeroslepost. Proto je třeba dostatečného množství, aby se sportovcům zlepšoval zrak, který potřebují nejenom pro lepší koordinaci pohybu. Doporučené denní dávky pro muže jsou 900 $\mu\text{g}/\text{den}$ a pro ženy 700 $\mu\text{g}/\text{den}$. (Kreider et al., 2010). Hladina vitaminu A se měří podle hladiny retinolu v krvi.

Při velkém příjmu se toxicita projevuje následkem metabolických poruch, včetně nevolnosti, anorexie, ztrátě vlasů a poškození jater nebo ledvin. Na rozdíl od toho karotenoidy při velkém příjmu toxické nejsou a nezpůsobují žádné nebezpečí pro zdraví. Tělo si po konzumaci karotenoidů samo určuje, zda dojde k metabolické přeměně na vitamin A (Lukaski, 2014).

Žádné studie dosud nepotvrdily, že suplementací vitaminu A se zlepšuje sportovní výkon. Na druhou stranu však žádná studie neprokazuje, že by vitamin A přinášel negativní výsledky (Kreider et al., 2010).

Vitamin D

Doporučená denní dávka vitaminu D se u lidí mladších 51 let uvádí 5 $\mu\text{g}/\text{den}$. Jeho hlavními vlastnostmi je podpora růstu a mineralizace kostí. Vitamin D je nezbytný pro udržení normálního metabolismu vápníku a hlavním důvodem tohoto vitaminu je zvýšení vstřebávání vápníku (Kreider et al., 2010). Holick (2004) ve svém výzkumu zjistil, že pokud je zaznamenán nedostatek vitaminu D v těle, tak pouze 10 až 15 % vápníku se absorbuje ze stravy. Při dostatečném množství je absorpce vápníku 30–35%. Nízký příjem vápníku a vitaminu D je spojen se sníženou hustotou kostí, a zvyšuje se tak riziko pro únavové zlomeniny, zejména

u žen po menopauze, kde může nedostatek způsobit onemocnění osteoporózu (Powers et al., 2011).

Kromě těchto funkcí vitamin D reguluje expresi více než 1 000 genů v různých tkáních a podílí se na regulaci zánětů a autoimunitě (Cannell et al., 2009).

Vitamin D se vyskytuje ve dvou formách: ergokalciferol (D₂) a cholekalciferol (D₃). D₂ má rostlinný původ a do těla je přijímán stravou (např. houbami). D₃ má živočišný původ. Může být přijímán potravou, jako jsou játra, vaječný žloutek, rybí tuk, mléko, ale z 90 % je aktivován slunečním zářením (UVB – 290–315 nm) a tvořen v kůži (Palička, 2013). Tyto nativní formy se aktivují dvojí hydroxylací za vzniku kalcitriolu působením parathormonu, koncentrací vápníku a fosforu v plazmě a vlastní koncentrací. Kalcitriol ve střevě zvyšuje produkci proteinu calbindinu (calcium-binding-proteinu), který pomáhá přenosu vápníku ze střeva do buněk střevního epitelu (Palička, 2011).

Protože je vitamin D řazen mezi vitaminy rozpustné v tucích, může se akumulovat v těle a při vyšší dávce přinášet i toxické vedlejší účinky, jako je nevolnost, zvracení, nechutenství, zácpa, slabost, hubnutí a nepravidelnost srdečního rytmu, které vedou ke snížení sportovního výkonu a k celkovému zhoršení zdravotního stavu. (Powers et al., 2011).

Vitamin E

S vysokou spotřebou kyslíku při sportovních výkonech je spojena vysoká tvorba reaktivních forem kyslíku (O₂). Vitamin E se řadí do skupiny antioxidantů. Tato skupina je schopna snížit reaktivní formy kyslíku vznikající při vyčerpávajícím cvičení. Volné radikály mohou podporovat svalovou únavu a snižují sportovní výkon (Powers et al., 2011). Vitamin E zabraňuje ničení červených krvinek, zvyšuje a udržuje dodávání kyslíku do svalů během cvičení. Může snižovat riziko srdečních onemocnění a výskyt infarktů (Goldfarb, 1993). Podle výzkumu autorů Tiidus at Houston (1995) je také prokázáno, že vitamin E zlepšuje sportovní výkon ve vysokých nadmořských výškách.

Vitamin E dále slouží jako strukturní membránový stabilizátor, kde zvyšuje membránovou mikroviskozitu a snižuje pasivní propustnost pro látky s nízkou molekulovou hmotností. Doporučená denní dávka se uvádí 15 mg/den (Kreider et al., 2010).

Vitamin K

Vitamin K hraje důležitou roli při srážení krve, kde syntetizuje plazmatický glykoprotein – protrombin, který se následně mění na trombin. Minimální denní příjem, který je nutný pro zajištění správné funkce srážení, je 0,5 až 1 µg/kg tělesné hmotnosti (muži: 120 µg/den; ženy: 90 µg/den). Dále může ovlivňovat metabolismus a mineralizaci kostí, především u žen po menopauze nebo u sportovců, kteří si poranili kostní tkáň (Kreider et al., 2010). Při

nedostatku vitamínu K bylo prokázáno, že je tělo více náchylné ke zlomeninám, což je ve světě sportu vyloučené. Proto se u sportovců musí apelovat na dodržování příjmu tohoto vitamínu (Craciun et al., 1998).

3.8.2 Vitaminy rozpustné ve vodě

Mezi vitaminy rozpustné ve vodě se řadí vitaminy skupiny B a vitamin C (tabulka 5). Protože jsou tyto vitaminy rozpustné právě ve vodním prostředí, jsou běžnou cestou, až na několik výjimek (např. vitamin B₆, který může způsobit periferní nervové poškození při větší spotřebě), vylučovány močí.

Tabulka 5: Vitaminy rozpustné ve vodě (Huskisson et al., 2007; Kreider et al., 2010)

Vitaminy	Doporučená denní dávka	Funkce v energetickém metabolismu
Thiamin (vitamin B ₁)	Muži 1,2 mg/den Ženy 1,1 mg/den	Nezbytný kofaktor v přeměně sacharidů na energii. Potřebný pro normální funkci svalů, včetně srdečního svalu. Kofaktor v mitochondriálním dýchacím řetězci, pomáhá při uvolňování energie z potravin.
Riboflavin (vitamin B ₂)	Muži 1,3 mg/den Ženy 1,7 mg/den	Součást hlavních flavinových koenzymů FAD (flavinadenindinukleotid) a FMN (flavinmononukleotid). Kofaktor v mitochondriálním dýchacím řetězci, pomáhá při uvolňování energie z potravin.
Niacin (vitamin B ₃)	Muži 16 mg/den Ženy 14 mg/den	Součást koenzymů NAD (nikotinamidadenindinukleotid) a NADP (nikotinamidadenindinukleotidfosfát), které hrají klíčovou roli v oxidačně-redukčních reakcích v buňkách.
Vitamin B₆ (pyridoxin)	1,3 mg/den	Pomáhá při uvolňování energie z potravin. Kofaktorem téměř 100 enzymatických reakcí, především při metabolismu bílkovin a aminokyselin.

Vitamin B₁₂ (kobalamin)	2,4 mg/den	Nezbytný pro metabolismus tuků a sacharidů a pro syntézu bílkovin a vzájemně ovlivňuje metabolismus kyseliny listové.
Biotin (vitamin B ₇)		Kofaktor, podílející se na metabolismu mastných kyselin, aminokyselin, a k využívání vitaminů skupiny B.
Kyselina pantothenová (vitamin B ₅)	5 mg/den	Hraje zásadní roli v Krebsově cyklu. Součást koenzymu A.
Vitamin C (kyselina askorbová)	Muži 90 mg/den Ženy 75 mg/den	Nezbytný pro syntézu karnitinu (přenos dlouhých řetězců mastných kyselin do mitochondrií) a katecholaminů: adrenalin a noradrenalin. Usnadňuje transport non-hem železa sliznicí (vstřebání závislé na zásobách železa v těle). Redukuje meziprodukty kyseliny listové. Účastní se syntézy hormonu kortizol (vzniká v kůře nadledvin – uvolňován při stresu). Velmi účinný antioxidant (inaktivuje kyslíkové radikály: snižuje proces oxidace).
Kyselina listová (vitamin B ₉ , folát, folacin)	400 µg/den	Účastní se přenosu jednovuhlíkových radikálů. Podílí se na procesech buněčného dělení, růstu buněk, replikaci. Přibližně 30-50 % buněčných folátů se nachází v mitochondriích.

3.9 Minerální látky

Minerální látky jsou považovány za esenciální (nezbytné) pro lidské tělo. Nejméně dvacet různých minerálních látek je vyžadováno v přiměřeném množství pro udržení funkce tkání a buněk. Podle množství, které lidské tělo potřebuje, dělíme minerální látky na minerálie (denní potřeba ve stovkách miligramů až gramů) a stopové prvky (denní potřeba v miligramech nebo mikrogramech).

Mezi minerálie, které přednostně vyžadují sportovci, patří vápník (Ca), fosfor (P), hořčík (Mg), a do stopových prvků se řadí měď (Cu), chrom (Cr), železo (Fe), mangan (Mn) a zinek (Zn), (tabulka 6) (Huskisson et al., 2007).

Tabulka 6: Minerálie a stopové prvky (Huskisson et al., 2007; Kreider et al., 2010; Lukaski, 2014; Maughan, 1999)

Minerálie a stopové prvky	Doporučená denní dávka	Funkce v energetickém metabolismu
Vápník	1 000 mg/den Sportovci až 1 500 mg/den	Důležitý pro růst a obnovu kostní tkáně. Aktivace oxidace mastných kyselin. Mitochondriální nosič pro ATP. Reguluje svalové kontrakce, vedení nervu, normální srážlivost krve. Nedostatek: zvýšení rizika k únavovým zlomeninám.
Fosfor	700 mg/den	Strukturní složka nukleotidových koenzymů: ATP obsahuje fosfor, stejně jako kreatin fosfát. ATP se podílí na energetických přeměnách.
Hořčík	Muži 420 mg/den Ženy 320 mg/den	Nezbytný pro dráždivost svalů a nervů. Kofaktorem a aktivátorem více než 300 enzymatických reakcí. Součást metabolismu vápníku. Z těla vylučován potem: u sportovců hlídána hladina hořčíku v těle. Nedostatek: svalové křeče, vyvolané cvičením.

Měď	1 mg/den	<p>Nezbytným kofaktorem cytochromu C oxidáza.</p> <p>Součást mitochondriálního dýchacího řetězce.</p> <p>Podílí se na metabolismu železa.</p> <p>Významná role při syntéze hemoglobinu, katecholaminů (hormony produkované buňkami dřeně nadledvinek: adrenalin, noradrenalin, dopamin) a některých peptidových hormonů.</p> <p>Nedostatek je vzácný – výskyt v běžné stravě: celozrnné obiloviny, luštěniny, ořechy, játra.</p>
Chrom	Muži 35 µg/den Ženy 25 µg/den	<p>Umocňuje účinky inzulínu – dochází k vychytávání glukózy buňkami.</p> <p>Aktivní sportovci mají vyšší hladinu chromu v moči.</p>
Železo	Muži 8 mg/den Ženy 18 mg/den	<p>Nezbytná součást hemoglobinu – transport hemoglobinu.</p> <p>Součást myoglobinu – přeprava a skladování kyslíku ve svalch; uvolňování v případě potřeby během svalové kontrakce.</p> <p>Usnadňuje přenos elektronů v dýchacím řetězci, důležitý v syntéze ATP.</p> <p>Nezbytný pro tvorbu a funkci červených krvinek.</p>
Mangan	2 mg/den	<p>Kofaktorem různých enzymů podílejících se na metabolismu sacharidů a glukoneogenezi (syntéza glukózy v játrech či ledvinách).</p>
Zinek	Muži 11 mg/den Ženy 8 mg/den	<p>Kofaktorem více než 100 enzymových reakcí, které probíhají při energetickém metabolismu.</p> <p>60 % obsaženo ve svalch (2 g) a 30 % v kostech, v malé koncentraci i v potu.</p>

Nedostatky těchto prvků jsou teoreticky možné, ale v běžném životě se objevují jen zřídka. Výjimkami může být železo, vápník a v některých státech i jód. I zde platí opět pravidlo,

pokud je konzumována pravidelně pestrá strava, k nedostatkům minerálních látek nedochází (Maughan, 1999). Pokud je však u sportovců zaznamenán nedostatek minerálních látek, může to vést k negativnímu dopadu na sportovní výkon. Důsledkem omezeného příjmu celkové energie nebo vyhýbání se živočišným produktům je nízký příjem minerálních látek. Tento problém bývá častější u žen (Kreider et al., 2010).

3.10 Pitný režim

U dospělého člověka tvoří celkový obsah vody zhruba 60 % z celkové hmotnosti. To znamená, že například u sportovce vážícího 72 kg tvoří celkový obsah vody 43 l. Obsah vody rozdělujeme na intracelulární (65 %) a extracelulární (35 %) tekutinu (Shirreffs et Sawka, 2011).

U vrcholových sportovců je nedílnou součástí v průběhu tréninku vylučování potu. Pokud tímto vyloučením dojde k větším ztrátám tělesné hmotnosti, větším, než jsou 2 %, zaznamenáváme snížení sportovního výkonu a může dojít až k samotnému vyčerpání (Potgieter, 2013). Aby se takové situaci předešlo, měla by být tělesná hmotnost měřena před cvičením a po cvičení. Tím by se zjistilo, kolik daný sportovec vyprodukuje během cvičení potu a zároveň jaké množství tekutin je potřeba dodat při cvičení. Míra potu se u sportovců obvykle pohybuje kolem 0,5 až 2 l/h, v závislosti na teplotě a vlhkosti ovzduší, intenzitě cvičení a individualitě sportovce. Podle těchto poznatků Mezinárodní společnost sportovní výživy (ISSN) doporučuje stejný příjem tekutin (0,5 až 2 l/h) (Maughan et Noakes, 1991). Tímto množstvím se u většiny sportovců udržuje stálá rovnováha tekutin a zabrání se tak hypohdrataci, což je stav, kdy tělu chybí akutně voda. Tekutiny by měly být přijímány v intervalech (každých 5 až 20 minut) po menších dávkách (150 až 200 ml), aby nedošlo k náhlému zaplnění a ztěžknutí těla (Brouns et al., 1998; Maughan et Noakes, 1991). V horkém a vlhkém prostředí by se měl doporučený denní příjem tekutin zvyšovat, stejně tak jako při užívání diuretik, kdy se zvyšuje vylučování moči, při zvracení a při používání sauny. V těchto případech by se mohl nedostatečný příjem tekutin negativně projevit na zdraví člověka (Kreider et al., 2010).

Podle Mezinárodního olympijského výboru (IOC) by dostatečné množství tekutin mělo být podáno v průběhu cvičení, s cílem zabránit dehydrataci na méně než 2 % tělesné hmotnosti (tabulka 8). Pokud jsou vysoké ztráty potu, měl by být do tekutin zařazen přídatek sodíku, a to zejména v případě, že cvičení probíhá déle než dvě hodiny. Sportovci si během cvičení musí udržovat svoji hmotnost, proto si musí hlídat, jaké množství tekutin je pro ně v průběhu přijatelné, aniž by to narušilo jejich tréninkový plán (Sawka et al., 2007). Během zotavování

po cvičení by měla rehydratace zahrnovat náhradu v podobě roztoku vody a soli, kterou tělo ztratilo během aktivity. Přidání sodíku do tekutin se doporučuje také sportovcům, kteří během cvičení ztratili potem více jak 3 až 4 g sodíku (Coyle, 2004). Pokud dochází k tělesným ztrátám díky potu, mělo by se hned po cvičení přijmout takové množství tekutin, aby se rovnováha vody a elektrolytů v těle zcela vyrovnala. Tento proces je zvláště důležitý u sportovců, kteří vyžadují rychlé zotavení po vykonané činnosti a jejichž tělesné ztráty se pohybují až kolem 5 % z celkové hmotnosti (Shirreffs et Sawka, 2011).

Tabulka 7: Požadavky na tekutiny a elektrolyty pro fyzické aktivity podle ACSM (Rodriguez et al., 2009)

Před cvičením	Zavodnění by mělo být zahájeno několik hodin před výkonem, aby se zajistil normální průběh absorpce vody a výdej moči. Nápoje a slané pokrmy obsahující sodík mohou lépe stimulovat žízeň a zadržovat tekutiny v těle.
Během cvičení	Příjem tekutin by měl být pro každého sportovce individuální, na základě měření tělesné hmotnosti před a po cvičení. Sportovci by měli usilovat, aby se zabránilo menšímu úbytku tělesné hmotnosti, než jsou 2 %. Tekutiny by měly obsahovat sacharidy a elektrolyty k udržení rovnováhy tekutin a sportovního výkonu.
Po cvičení	Je-li zapotřebí rychlejšího zotavení po výkonu, mělo by být přijato 1,5 litru tekutin na kg tělesné ztráty hmotnosti během cvičení. Nápoje a občerstvení by měly obsahovat sodík, který pomáhá rychlému zotavení, stimuluje žízeň a zadržuje tekutiny.

3.11 Doplnky stravy

I když se uvádí, že pestrá strava dokáže doplnit veškeré potřebné živiny, jako sacharidy, bílkoviny, tuky, minerální látky a vitaminy, u profesionálních sportovců, kteří jsou na samotném vrcholu své přípravy, se však setkáváme velmi často s doplňováním stravy formou doplňků. Tyto doplňky stravy sportovci přijímají z různých důvodů.

Je prokázáno, že suplementací určitého doplňku se zlepšuje fyzická aktivita a výkonnost, zvyšuje se tolerance a odolnost vůči přetrénování, únavě a bolesti (Kreider et al., 2010).

U silových sportů jsou doplňky stravy vyhledávány hlavně pro rychlejší a snadnější růst svalové hmoty. Sportovcům, kteří pro svůj výkon potřebují hlavně rychlost a výdrž, často pomáhají stimulanty, které dovedou člověka udržet déle v bdělosti. Trenéři sportů, jako jsou gymnastika, tanec, balet, krasobruslení, často vyžadují od svých svěřenců optimální hmotnost, proto i zde mohou přispět například spalovače, které redukují tukovou tkáň. Obecně jsou doplňky užívané pro podporu růstu a obnovu tkání. Zlepšují imunitní funkci, zdraví kloubů, a pokud se užívají v doporučených dávkách, jsou přínosné pro celkový zdravotní stav sportovce (Maughan et al., 2006). Mezi nejvíce používané doplňky patří kreatin, karnitin, koenzym Q10, syrovátkové bílkoviny a kofein (Aljaloud et Ibrahim, 2013). Mnoha výzkumy bylo prokázáno, že doplňky stravy užívají více muži než ženy (Tian et al., 2009).

Studie Perret et Flueck (2016) zjistila, že doplňky stravy hrají významnou roli i ve světě paralympioniků. Jedná se o doplňky, které mají srovnatelné složení s doplňky pro zdatné sportovce.

Podle § 2 písmene g zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění zákona č. 180/2016 Sb. je „doplňkem stravy potravina, jejímž účelem je doplňovat běžnou stravu a která je koncentrovaným zdrojem vitaminů a minerálních látek nebo dalších látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem, obsažených v potravině samostatně nebo v kombinaci, určená k přímé spotřebě v malých odměřených množstvích“.

Požadavky na složení doplňků stravy, jejich označování a způsob použití stanovuje vyhláška č. 225/2008 Sb., ve znění vyhlášky č. 352/2009 Sb., která zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/46/ES o sblížení právních předpisů členských států týkajících se doplňků stravy a směrnice Komise 2006/37/ES) a v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropských společenství (Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin, Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1925/2006 o přidávání vitaminů, minerálních látek a některých dalších látek do potravin).

V § 2 odst. 1 této vyhlášky jsou uvedeny dvě přílohy. První příloha vyhrazuje, které vitaminy a minerální látky se mohou používat, (tabulka 8). Druhá příloha stanovuje povolené formy těchto vitaminů či minerálních látek. V § 2 odst. 2 jsou v příloze č. 3 uvedeny další látky, které lze použít pro výrobu doplňků stravy. Látky, mající omamné, psychotropní vlastnosti a u kterých byl prokázán toxický, genotoxický, halucinogenní, teratogenní či jiný nepříznivý účinek, jsou přísně zakázány a jsou ve vyhlášce sepsány v příloze č. 4.

Tabulka 8: Vitaminy a minerální látky, které mohou být používány při výrobě doplňků stravy

Vitaminy	Minerální látky
	Vápník
Vitamin A	Hořčík
Vitamin D	Železo
Vitamin E	Měď
Vitamin K	Jód
Vitamin B ₁	Zinek
Vitamin B ₂	Mangan
Niacin	Sodík
Pantothénová kyselina	Draslík
Vitamin B	Selen
Kyselina listová	Chrom
Vitamin B	Molybden
Biotin	Fluor
Vitamin C	Chlor
	Fosfor

Dále vyhláška č. 225/2008 Sb. stanovuje označování obalu doplňků stravy, kdy se v názvu potraviny musí objevit „doplňek stravy“, přesný název vitaminů, minerálních látek nebo dalších látek, které charakterizují výrobek, jejich číselná hodnota a množství vztahující se na doporučenou denní dávku (i v procentech) a doporučená denní dávka. Dalšími povinnými údaji je varování před překročením, upozornění na uchování mimo dosah dětí, a že se nejedná o náhradu pestré stravy. Na obalu u doplňků stravy se také požaduje upozornění „nevhodné pro těhotné ženy“, pokud je obsah vitamínu A větší než 800 µg v denní dávce.

Pro účely § 4 odst. 1 vyhlášky č. 225/2008 Sb. se rozumí „doplňky stravy“ potraviny, jejichž účelem je doplňovat běžnou stravu a které jsou koncentrovanými zdroji živin nebo jiných látek s výživovým nebo fyziologickým účinkem, samostatně nebo v kombinaci, jsou uváděny na trh ve formě dávek, a to ve formě tobolek, pastilek, tablet, pilulek a v jiných podobných formách, dále ve formě sypké, jako kapalina v ampulích, v lahvičkách s kapátkem a v jiných podobných formách kapalných nebo sypkých výrobků určených k příjmu v malých odměřených množstvích. Do oběhu se doplňky stravy uvádějí pouze balené.

Je nutné si uvědomit, že se nejedná o farmaceutickou látku, tudíž se na doplňky stravy nevztahují stejné předpisy a jejich užívání vyžaduje patřičnou znalost daných látek, aby nedošlo k negativním účinkům (Maughan et al., 2006).

Sportovci by se měli nejprve ujistit, že konzumují pestrou stravu, před tím, než začnou se suplementací doplňků. Užívání doplňků nenahradí potřebné živiny. Krátkodobě dokáží utlmit deficit a pestrou stravu mohou pouze, byť pozitivně, doplnit. Jejich užívání má stále vyšší přínos mezi sportovci. Je však nutné, aby si každý uvědomil, že odezvy mohou být individuální v závislosti na jedinci, jeho nutričním stavu, postavení tréninku a genotypu. Vždy se doporučuje posouzení dávky sportovním lékařem či profesionálním trenérem, aby se předešlo zdravotním potížím či antidopingovému postihu (Maughan et al., 2007).

3.11.1 Kreatin

Kreatin je jeden z nejznámějších a nejvíce používanějších doplňků stravy. Byl navržen tak, aby chemicky zlepšoval sportovní výkon. Širokou popularitu si kreatin získal už začátkem roku 1990. Právě od tohoto roku je k dispozici mnoho studií, které se zabývaly či právě ještě zabývají touto sloučeninou. (Metzl et al., 2001).

Kreatin je produkován endogenně v množství asi 1 g/den. Tři aminokyseliny (glycin, arginin a methionin) a tři enzymy (L-arginin: glycin amidinotransferáza (AGAT), methionin adenosyltransferáza (MAT), guanidinoacetát-metyltransferáza (GAMT)) jsou nutné pro syntézu kreatinu. Obzvláště významný vliv má metabolismus argininu a methioninu (Brosnan et al., 2011). K syntéze dochází především v játrech, ledvinách a v menší míře také ve slinivce břišní. Zbývající požadovaná část kreatinu, která má být tělu k dispozici, je přijímána pestrou stravou, zhruba 1 g/den. Přibližně 95 % kreatinu se nachází v kosterním svalstvu a zbývajících 5 % je rozděleno v mozku, játrech, ledvinách a varlatech (Persky et Brazeau, 2001). Kreatin se v lidském těle nachází ve dvou formách. Zhruba 65 % intracelulárního kreatinu je fosforylováno ve formě kreatinfosfátu (PCr) a zbytek, 35 %, existuje ve volné formě jako kreatin (Safdar et al., 2008). Tělo za den rozkládá zhruba 1–2 % kreatinu (asi 1–2 g/den) na kreatinin v kosterním svalstvu. Kreatinin, který se už nemůže fosforylovat, pak přechází do krve a následně je z těla vyloučen močí (Buford et al., 2007).

Průměrný mladý muž s hmotností 70 kg má přibližně 120 až 140 g kreatinu v těle. Hodnota hladiny v těle se mění v rámci jednotlivců, v závislosti na typu kosterních svalových vláken a množství svalové hmoty (Brosnan et al., 2011). Obecně platí, že s příjmem kreatinu v potravě se zvyšuje i hladina kreatinu v těle. V potravě je převážně přítomen v mase a rybách, proto se u vegetariánů snižuje koncentrace kreatinu v těle (Burke et al., 2008). Vzhledem

k tomu, že se kreatin vyskytuje v běžných surovinách, není Světovou antidopingovou agenturou považován za formu dopingu a není zakázán (Tarnopolsky, 2011).

Kreatin usnadňuje přeměnu adenosintrifosfátu (ATP) z adenosindifosfátu (ADP), a tak zvyšuje množství volné energie, která je potřeba pro svalovou kontrakci. Lze tedy říci, že dodávaná energie je do značné míry závislá na množství kreatinfosfátu (PCr), který je uložený ve svalstvu (Metzl et al., 2001). Jako doplněk, který je nejvíce známý a nejpoužívanější mezi sportovci, se používá kreatin ve formě monohydrátu (CM) (Buford et al., 2007). Kreatin monohydrát (CM) proniká do svalových buněk, které přítomností navázané vody v molekule kreatin monohydrátu zvětšují svůj objem. Proto se suplementací CM prokázalo, že zesiluje účinky silového tréninku zvyšováním pevnosti a svalové hypertrofie, zvětšuje objem plazmy a ukládání glykogenu. Zlepšuje aerobní vytrvalost výkonu, ventilační prahovou hodnotu a v menší míře snižuje i potřebu kyslíku při výkonu (Cooper et al., 2012). Příjem kreatinu v kombinaci se sacharidy či bílkovinami vede ke zvýšení svalové retence kreatinu ve svalech. Téměř všechny studie uvádějí, že „správné“ doplnění CM zvyšuje tělesnou hmotnost, bez nabrání tukové hmoty, o 1 až 2 kg v prvním týdnu zátěže. Je nutné však dbát vždy doporučené denní dávky, která nesmí být v kombinaci s živinami vyšší než čistá dávka kreatinu (Buford et al., 2007).

Doporučený příjem pro sportovce, který se uvádí pro nejrychlejší zvýšení hladiny kreatinu ve svalech, je množství 20 až 25 g CM/den nebo 0,3 g CM/kg/den rozděleno do 4–5 denních dávek po dobu alespoň tří dnů. Aby se zachovala požadovaná hladina kreatinu v těle, doporučuje se po těchto třech dnech užívat alespoň 3–5 g CM/den. Tyto strategie se jeví jako nejúčinnější způsob pro nasycení svalů u sportovců a jako optimální dávka pro požadované doplnění CM (Buford et al., 2007; Cooper et al., 2012).

Dosud jediným, klinicky významným vedlejším účinkem, který je uveden v odborné literatuře, je nežádoucí zvýšení tělesné hmotnosti. Mnoho neoficiálních tvrzení uvádí, že mezi vedlejší účinky užívání kreatinu patří dehydratace, křeče, poruchy jater a ledvin a gastrointestinální poškození. I v mnoha médiích se uveřejnilo, že příjem kreatinu vede k selhání ledvin (Buford et al., 2007). Ve skutečnosti studie Poortmans et al. (2005) neprokázaly škodlivé účinky vedoucí k poruchám ledvin krátkodobým (5 dnů), středně dlouhým (14 dní) ani dlouhodobým (10 měsíců až 5 let) užíváním kreatinu. Ani podle ISSN neexistuje žádný vědecký důkaz, že krátkodobé, ale ani dlouhodobé užívání kreatinu má nějaké škodlivé účinky (Buford et al., 2007).

Americká společnost tělovýchovného lékařství (ACSM) však uvádí, že konzumaci kreatinu by se měli vyhýbat jedinci mladší osmnácti let, z důvodů možných nepříznivých

účinků na zdraví (Terjung et al., 2000). Ačkoliv není kreatin mládeži doporučován, studie Metzl et al. (2001) znepokojivě potvrzuje, že trend kreatinu je tak silný a mnohými nezletilými sportovci, věnující se hlavně silovým sportům, je běžně užíván. Na druhou stranu je u dospělých lidí kreatin hodnocen jako možný terapeutický prostředek u různých zdravotních stavů, jako je Alzheimerova choroba nebo Parkinsonova choroba.

Veliké množství studií prováděných s pozitivními výsledky doplňování kreatinu monohydrátu (CM) vede k závěru, že se jedná o nejefektivnější doplněk stravy, který je k dispozici pro zvýšení vysoké intenzity fyzické zdatnosti (Buford et al., 2007; Kreider, 2013; Smith et al., 2014).

3.11.2 Karnitin

Karnitin je kvartérní amin, přirozeně se vyskytující esenciální sloučenina, která se řadí mezi funkční potraviny (Flanagan et al., 2010). Vyskytuje se ve dvou optických formách, ale pouze levotočivá forma je považovaná za přirozenou a biologicky aktivní, proto označení L-karnitin (Hathcock et Shao, 2006).

L-karnitin byl poprvé objeven v roce 1905 dvěma ruskými vědci, kteří tuto látku pojmenovali latinským názvem *carnis*, v překladu znamenající maso (Huang et Owen, 2012). Výsledná chemická struktura byla stanovena v roce 1927 a v roce 1935 byl zveřejněn první článek popisující L-karnitin, který dal podnět dalším studiím (Karlic et Lohninger, 2004). V dnešní době se L-karnitin na trhu objevuje v přípravcích pro snížení hmotnosti, v kojenecké výživě, ale především u sportovních doplňků stravy, kde je podáván ve sportovních tyčinkách a nápojích (Galloway et Broad, 2005).

Jedná se o sloučeninu, která může být endogenně syntetizována u savců z esenciálních aminokyselin lysinu a methioninu, při dostatečném množství vitamínu C, vitamínu B₆, niacinu (vitamínu B₃) a redukováného železa (Flanagan et al., 2010), nebo je přijímána exogenně stravou (Bremer, 1983). Primárními zdroji ve stravě jsou červené maso a mléčné výrobky (Orer et Guzel, 2014).

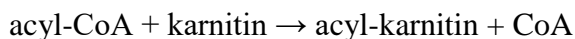
Endogenní syntéza probíhá v ledvinách, játrech a mozku, kde je taky tvořen potřebný enzym γ -butyrobetainhydroxyláza. Tento enzym se ale netvoří v srdci a kosterním svalstvu. Z tohoto důvodu je karnitin endogenně syntetizován z velké části z jater nebo má renální původ a krevní cestou se dostává do periferních tkání, kde je využit (Huang et Owen, 2012). Za den je syntetizováno zhruba 10–20 mg karnitinu (Galloway et Broad, 2005).

Lidské tělo má hladinu kreatinu okolo 20 g. Hlavním rezervoárem je srdeční sval a kosterní svalstvo, kde je přibližně 98 % L-karnitinu. Zhruba 1,4 % je obsaženo v játrech

a ledvinách a 0,6 % je součástí extracelulárních tekutin (Galloway et Broad, 2005; Orer et Guzel, 2014). Příkladem je člověk vážící 70 kg, který má celkový obsah karnitinu 20 g, z toho celých 19 g je obsaženo v kosterním a srdečním svalu (Brass, 2004). Koncentrace karnitinu v kosterním a srdečním svalu může být 50–200 krát vyšší než v krevní plazmě (Ramsay et al., 2001). Biologická dostupnost perorálně podaného karnitinu je zhruba 16–18 % v dávce 1–2 g a může být i nižší při vyšších dávkách. Po perorálním podání se přibližně 50 % absorbovaného karnitinu během 24 h vylučuje močí (Harper et al., 1988; Sahajwalla et al., 1995). Denní ztráty jsou však minimální, a to přibližně 60 mg/den (Ramsay et al., 2001).

Příjem karnitinu závisí do značné míry především na příjmu červeného masa. Červené maso v tepelně neupravené formě, například zvěřina, hovězí nebo jehněčí (Huang et Owen, 2012), obsahuje vysoký obsah karnitinu (přibližně 140–190 mg karnitinu na 100 g tepelně neupravené svaloviny). Bylo prokázáno, že vařením se hladina karnitinu snižuje. Dávka 1 g karnitinu zvyšuje celkovou hladinu karnitinu v těle o 0,08 g nebo 0,4 % (Brass, 2004) a odhaduje se, že 75 % L-karnitinu v těle je získáno z denního příjmu (Flanagan et al., 2010). Pestrou stravou (obsahující maso) se přijímá 20 až 300 mg karnitinu za den. U vegetariánů se množství snižuje na 1–3 mg za den (Galloway et Broad, 2005).

L-karnitin je biologicky uznávaným klíčovým faktorem při regulaci glukózy a tuků a pro přepravu mastných kyselin s dlouhým řetězcem (mastná kyselina s více jak 10 uhlíky) přes vnější a vnitřní membránu mitochondrií za účasti enzymů karnitin palmitoyltransferázy. (Schreurs et al., 2010). Hlavní význam L-karnitinu spočívá ve zprostředkování dodávky energie kosterním svalům. V cytoplazmě se koenzym A (CoA) naváže na volnou molekulu mastné kyseliny a vznikne acyl-CoA. Acyl-CoA však neprojde přes mitochondriální membrány. Na vnější membráně se proto mastná kyselina přesune na karnitin a vytvoří se tak komplex acyl-karnitin.



Tento komplex je už snadno transportován skrze vnější i vnitřní membránu mitochondrií a dostává se do vnitřního matrixu za pomoci enzymu acyltransferázy (Galloway et Broad, 2005). Uvnitř mitochondrií, tzv. matrixu, se komplex acyl-karnitin znovu rozpadne na karnitin a mastnou kyselinu. Karnitin jde zpět do cytoplazmy a mastná kyselina se naváže na CoA, který je v mitochondriálním matrixu ve velké koncentraci přítomen. Nově vytvořený komplex acetyl-CoA vstupuje do beta-oxidace. Beta-oxidace je významným dějem, důležitým pro tvorbu energie v těle (Karlic et Lohninger, 2004).

Dalším výzkumem byl L-karnitin vyhodnocen pro snižování tvorby laktátu, k němuž dochází při aktivním výkonu. Z tohoto hlediska je tedy brán, jako doplněk stravy, který podporuje a prodlužuje sportovní výkon (Huang et Owen, 2012).

Nedostatek karnitinu v kosterním svalu je spojen s hlubokou poruchou funkce svalů (Brass, 2004). K primárnímu nedostatku karnitinu obvykle dochází důsledkem vrozené poruchy metabolismu tak, že může chybět nebo být nějak narušena endogenní syntéza karnitinu, nebo důsledkem genetické vady, která má za následek nepřítomnost přenašečů pro karnitin. Sekundární deficit je vyvolán špatnou diagnostikou lékařem nebo v souvislosti s danou klinickou situací. K sekundárním nedostatkům dochází zřídka, neboť se příjem karnitinu potravou pohybuje v malém množství (Karlic et Lohninger, 2004).

Protože se jedná o přírodní látku, která je podávána pouze v množství několika gramů, nezpůsobuje závažnou klinickou toxicitu a na trhu je L-karnitin uváděn jako bezpečný doplněk stravy (Brass, 2004).

3.11.3 Koenzym Q10

Koenzym Q10, běžně známý pod názvem CoQ10, CoQ nebo ubichinon, je látka rozpustná v tucích, strukturálně se podobající vitamínu K. Koenzym Q10 byl poprvé izolován v roce 1957 z mitochondrií hovězího masa a v nejvyšší koncentraci se nachází ve tkáních srdce, mozku, jater a ledvin (Tran et al., 2001). Koenzym Q10 je součástí fosfolipidové dvojvrstvy prakticky všech buněčných membrán (Kon et al., 2007). Může být syntetizován u všech lidí i zvířat. Je důležitou sloučeninou pro energetický metabolismus. Kromě toho tvoří nezbytnou součást respiračního řetězce probíhajícího uvnitř mitochondrií, kde je významným nosičem, který se podílí na syntéze ATP a přenosu elektronů. Pomáhá při regeneraci oxidantů a sám působí jako esenciální antioxidant (Crane, 2001).

V poslední době získal značnou pozornost jako doplněk stravy. Je schopen ovlivňovat buněčnou bioenergetiku a působí proti některým škodám způsobeným volnými radikály (Rosenfeldt et al., 2003). Mnohé studie prokázaly, že se se zvýšenou produkcí volných radikálů a jiných forem reaktivních kyslíkových radikálů snižuje fyzická výkonnost, dochází ke svalové únavě a k poškození svalů (Kon et al., 2007).

V posledních letech se sporty jako ultra maratony, přespolní běhy, ironman triatlony stávají stále populárnějšími po celém světě. Nejenom u těchto sportů, ale u všech, kde je zvýšená potřeba kyslíku (O_2), roste současně produkce reaktivních forem kyslíku a dochází k tzv. oxidačnímu stresu (Jackson et al., 2002). Oxidační stres poškozuje biologické složky, například lipidy, bílkoviny a genetické materiály, a je spojován s výskytem mnoha chorob.

Proto je u sportovců velmi významné zvyšování antioxidační kapacity ve tkáních, kde se jejich účinkem vychytávají reaktivní formy kyslíku produkované namáhavým cvičením (Kon et al., 2007).

Starší studie uvádí, že podáním 70–100 mg koenzymu Q10/den se nedosáhne žádného účinku proti únavě, a výsledky ukazují téměř podobné účinky jako v podání placebo. Nicméně je možné, že dávka koenzymu Q10 nebyla dostačující. Studie Rosenfeldt et al. (2003) našla jedenáct studií, ve kterých byl koenzym Q10 testován na schopnost zátěže. Denně bylo podáváno 90–100 mg CoQ10 po dobu 4 až 8 týdnů. Šest studií bylo pozitivních a u pěti se neprokázal žádný účinek. Ve studii Mizuno et al. (2008) bylo naopak prokázáno, že s větším množstvím, 300 mg koenzymu Q10/den, se zvyšuje pocit bdělosti a snižuje se únava vyvolaná pracovním vyčerpáním, a tím se také zvýší fyzický výkon.

Ve studii Nevzat (2015) bylo testováno 15 dobrovolníků, kteří přijímali po dobu 14 dní 5 mg koenzymu Q10/kg/den. Bylo zjištěno, že suplementací v této dávce se zvýší hladina koenzymu Q10 přibližně dvakrát. Koenzym Q10 ve formě ubiquinonu je esenciální pro výrobu energie uvnitř mitochondrií a poskytuje antioxidační ochranu, kterou přináší také další v tučných rozpustné látky, jako je například vitamin E. Antioxidanty vychytávají volné radikály a předchází oxidaci lipidů a dalších molekul.

3.11.4 Kofein

Kofein je alkaloid, derivát xanthinu (1, 3, 7 – trimethylxanthin), který se nachází v široké škále jídel a nápojů, (tabulka 9). Většina celosvětových kofeinových nápojů obsahuje kofein z kávových bobů nebo čajových listů. V čokoládě, díky kakaovým bobům, je kofein také přítomen. Káva, čaj i čokoláda obsahují širokou škálu dalších chemických látek s potencionálně chemickými vlastnostmi, včetně dalších alkaloidů (theobromin, paraxanthin, thefylin) a polyfenolů (Graham, 2001). Kofein je přijímán v různých potravinách a nápojích po celá staletí díky jeho povzbuzujícím účinkům. Spotřeba kofeinu závisí na dávce má také celou řadu dalších účinků, jako jsou například tachykardie (zvýšená tepová frekvence), mírné zvýšení krevního tlaku a diuréza (vylučování moči) (Tarnopolsky, 2011).

Tabulka 9: Obsah kofeinu v jednotlivých potravinách či nápojích (Tarnopolsky, 2011)

Potravina/nápoj	Podávané množství	Obsah kofeinu (mg)
Turecká káva	250 ml	100–150
Překapávaná káva	250 ml	125–175
Instantní káva	250 ml	50–70
Espresso	30 ml	50–110
Zelený čaj	250 ml	25–40
Černý čaj	250 ml	40–60
Kolové nápoje	355 ml	35–50
Energetické nápoje	350 ml	80–150
Hořká čokoláda	50 mg	20–40
Mléčná čokoláda	50 mg	8–16

Kofein zaujímá neobvyklé pozice ve světě sportu. Už od historie je nepochybně nejužívanější stimulační látkou na světě. Dříve figuroval na seznamu podmíněně zakázaných látek Mezinárodního olympijského výboru (IOC). Za pozitivní doping se považovalo naměření vyšších koncentrací v moči než 12 $\mu\text{g/ml}$. Toto omezení bylo však v letech 2004 Světovou antidopingovou agenturou (WADA) odstraněno (Maughan et al., 2007), protože vyšlo najevo, že podpurné vlastnosti vyvolává i malé množství kofeinu, které je obsaženo v běžných potravinách či nápojích.

Kofein je metabolizován oxidací cytochromu P450, což vede ke zvýšení jeho rozpustnosti (Kot et Daniel, 2008), a zhruba 1 až 3 % jsou vylučovány močí jako volný kofein.

Současné studie nasvědčují tomu, že kofein působí jako antagonist receptoru adenosinu (Tarnopolsky, 1994). Receptory adenosinu jsou široce přítomny ve tkáních, včetně mozku, kosterního svalstva a tukové tkáně. Inhibice adenosinu vede ke zvýšení lipolýzy, a tím se v plazmě zvyšuje koncentrace mastných kyselin. Zvýšená koncentrace mastných kyselin způsobuje pomalejší využívání intramuskulárního glykogenu, a tím se dosahuje i vyššího sportovního výkonu (Tarnopolsky, 2011). Nejenom, že kofein snižuje vnímání únavy, kromě toho také snižuje vnímání bolesti (Tarnopolsky, 2008).

Naprostá většina studií používá dávku kofeinu v rozmezí 3–6 mg/kg, která se sportovci podává zhruba 1 hodinu před tréninkem. V poslední době z mnoha studií však vyplývá, že stačí daleko menší množství (1–2 mg/kg), a to zejména, pokud je kofein přijímán později, v průběhu

cvičení (Cox et al., 2002). Například i některé gely jsou vyráběny s přibližně 50 mg kofeinu v jedné dávce.

Studie Cox et al. (2002) se také zaměřila na množství podané dávky kofeinu. Výzkumu se zúčastnili dobře trénovaní cyklisté, kterým bylo podáváno v různých formách kolových nápojů množství 90 mg kofeinu. I s malou dávkou kofeinu byl zaznamenán podstatně lepší výkon, který trval v průměru jednu hodinu. Suplementace kofeinu byla zaznamenána i ve světě paralympioniků, kde hraje významnou roli pro podporu krátkodobých výkonů (Perret et Flueck, 2016).

Kofein může mít ale celou řadu nežádoucích účinků, které mohou omezovat sportovní výkon. Mezi tyto účinky patří nespavost, bolesti hlavy, trávicí podráždění a zvýšený průtok moči. Větší opatrnosti musejí dbát sportovci, kteří svůj sportovní vrchol vykonávají v horkém či vlhkém podnebí. Zde může vlivem kofeinu a jeho močopudných účinků dojít k rychlejší dehydrataci. Proto se při suplementaci kofeinu doporučuje i současné zvýšení pitného režimu. (Armstrong, 2002). V příliš velkých dávkách, které sportovci často přijímají, může kofein dokonce vyvolat svalový třes i poruchu koordinace (Maughan et al., 2007). Pokud sportovec užívá kofein častěji a je na něj tudíž zvyklý, výsledný efekt už není v takové míře. Na druhou stranu mohou mít abstinenci příznaky negativní dopad na výkon a často jsou považovány za škodlivé.

Neexistuje dosud žádný důkaz, který by přesvědčoval, že konzumace kofeinu zvýší intenzitu sprintu nebo sílu výkonu, ale každý důkaz zamítá, že by kofein zhoršoval či jinak narušoval sportovní výkon (Tarnopolsky, 2011).

3.11.5 Syrovátkové bílkoviny

Syrovátkové bílkoviny, často označované jako syrovátka, jsou vedlejším produktem při výrobě sýrů. Kravské mléko obsahuje přibližně 3,5 % bílkovin, z nichž 80 % tvoří bílkovina kasein a zbývajících 20 % jsou syrovátkové bílkoviny. Bílkoviny, které se objeví v supernatantu mléka po vysrážení kaseinu, se nazývají syrovátkové bílkoviny. Tyto globulární bílkoviny jsou více rozpustné ve vodě než kasein a podléhají tepelné denaturaci (Yalcin, 2006).

Hlavními syrovátkovými bílkovinami jsou β -laktoglobulin, α -laktalbumin, sérový albumin, imunoglobuliny a glykomakropeptid (Korhonen et Pihlanto, 2006).

β -laktoglobulin je hlavní syrovátkovou bílkovinou, která odpovídá přibližně polovině z celkového množství syrovátkových bílkovin kravského mléka. Váže vápník a zinek a má částečnou sekvenční homologii s proteiny, které váží retinol. β -laktoglobulin má četná vazebná místa pro minerální látky, vitaminy rozpustné v tucích a pro tuky (Phan-Xuan et al., 2014;

Yalcin, 2006). α -laktalbumin je další hlavní syrovátkovou bílkovinou, která je v 25 % obsažená v kravském mléce. Zvyšuje vstřebávání vápníku a je bohatým zdrojem aminokyselin, jako je lysin, leucin, threonin, tryptofan a cystein. Tato bílkovina se speciálně syntetizuje během laktace v epitelálních buňkách prsní žlázy a hraje klíčovou roli při syntéze mléka. Po pasteraci zůstává jako jedna z mála bílkovin neporušena. Sérový albumin a imunoglobuliny jsou krevní bílkoviny. Sérový albumin váže mastné kyseliny a imunoglobuliny jsou účinnými prostředky pro prevenci a boj s bakteriemi (Ng et al., 2015; Yalcin, 2006).

Glykomakropeptid je silným stimulatorem cholecystokininu (pankreozymin), což je peptidický hormon, který způsobuje vylučování pankreatické šťávy ze slinivky. Ve šťávě navozuje přítomnost trávicích enzymů. Dále stimuluje kontrakci žlučníku, pohyblivost střev a reguluje vyprazdňování žaludku (Brody, 2000).

Nedávná studie Hoffman et Falvo (2004) dokazuje, že syrovátkové bílkoviny obsahují všechny esenciální aminokyseliny a jsou hodnoceny s nejvyšší kvalitou. Jsou nejbohatším zdrojem aminokyselin s rozvětveným řetězcem, tzv. větvené aminokyseliny, označované jako BCAA. Do této skupiny patří leucin, izoleucin a valin. Během cvičení jsou v kosterním svalstvu využívány jako zdroj energie. Suplementací BCAA se účinně zvyšuje kapacita vytrvalostního cvičení, syntéza bílkovin a snižuje se pocit vnímané námahy a psychické únavy. Zmírňují rozpad svalových bílkovin a podporují zotavení svalů po poškození (Hsu et al., 2011).

Syrovátkové bílkoviny jsou také považovány za „rychlé“ bílkoviny, jelikož se do tenkého střeva dostávají téměř okamžitě. Jejich hydrolyza probíhá ve střevě pomaleji oproti jiným bílkovinám a absorbují se přes větší délku střeva. Některé syrovátkové bílkoviny byly dokonce detekovány ve střevní dutině jako neporušené (Etzell, 2004).

V dnešní době se syrovátkové bílkoviny používají jako přísady pro různé výrobky, včetně kojenecké výživy, specializovaných enterálních a klinických proteinových doplňků, výrobků pro regulaci tělesné hmotnosti. Největší pozici zaujímají ale díky své účinnosti na svalový aparát v oblasti sportovní výživy, kde jsou součástí proteinových doplňků stravy (Yalcin, 2006).

Syrovátkový koncentrát byl navržen jako optimální doplněk stravy určený sportovcům, který podporuje jejich sílu. Syrovátkové bílkoviny maximalizují zvýšení svalové hmoty, proto jsou velice oblíbeným doplňkem zejména v oblasti silových sportů (Naclerio et Larumbe-Zabala, 2016).

4 Závěr

Tato práce byla hodnocením vyvážené stravy sportovců, tvořenou sacharidy, bílkovinami, tuky, minerálními látkami a vitaminy. Zaměřovala se také na účinnost a bezpečnost sportovních doplňků stravy. Toto téma je hodně obsáhlé, proto podle hojných studií, které se zabývaly sportovními doplňky, bylo pro moji práci vybráno pět, nejvíce vrcholovými sportovci oblíbených doplňků: kreatin, karnitin, koenzym Q10, kofein a syrovátkové bílkoviny. Postupně se u všech potvrdily očekávané a příznivé účinky, jako například zlepšení fyzické aktivity a výkonnosti, zvýšení tolerance a odolnosti vůči přetrénování, únavě a bolesti, nárůst svalové hmoty, redukce tukové tkáně a posílení imunity. Všechny tyto účinky posouvají sportovce k lepšímu výkonu. Při zachování doporučených dávek, byla potvrzena i zdravotní nezávadnost a bylo zkontrolováno, zda tyto doplňky nejsou v rozporu se Světovou antidopingovou agenturou (WADA).

Užívání doplňků stravy má stále vyšší přínos mezi sportovci. Je však nutné, aby si každý uvědomil, že odezvy mohou být individuální v závislosti na jedinci, jeho nutričním stavu, postavení tréninku a genotypu. Užívání doplňků vyžaduje patřičnou znalost daných látek. Proto se vždy doporučuje posouzení dávky sportovním lékařem či profesionálním trenérem, aby se předešlo zdravotním potížím či antidopingovému postihu.

Ačkoliv přináší každý výše zmíněný doplněk kladné výsledky, do této práce nemohla být vložena společná účinnost všech nejvíce užívaných doplňků vrcholové přípravy dohromady, neboť se dosud tímto tématem ještě žádná studie nezabývala. Proto by bylo přínosné, aby se do budoucna provedl nějaký podobný výzkum, který by se zaměřil na kombinaci nejužívanějších a nejučinnějších doplňků. Výzkum by zhodnotil, zda by účinky při současném užití zůstaly stejně pozitivní nebo by byly jejich vlastnosti ovlivněny ostatními látkami.

5 Literatura

Achten, J., Jentjens, R. L., Brouns, F., Jeukendrup, A. E. 2007. Exogenous oxidation of isomaltulose is lower than that of sucrose during exercise in men. *Journal of Nutrition*. 137 (5). 1143–1148.

Aljaloud, S. O., Ibrahim, S. A. 2013. Use of dietary supplements among professional athletes in Saudi Arabia. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2013. 1–7.

Armstrong, L. 2002. Caffeine, body fluid- electrolyte balance, and exercise performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 12 (2). 189–206.

Brand, J. C., Nicholson, P. L., Thorburn, A. W., Truswell, A. S. 1985. Food processing and the glycemic index. *American Journal of Clinical Nutrition*. 42 (6). 1192–1196.

Brass, E. 2004. Carnitine and sports medicine: Use or abuse? *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1033 (1). 67–78.

Bremer, J. 1983. Carnitine - metabolism and function. *Physiological Reviews*. 63 (4). 1420–1480.

Brody, E. P. 2000. Biological activities of bovine glycomacropeptide. *The British Journal of Nutrition*. 84. S39–S46.

Brosnan, J. T., da Silva, R. P., Brosnan, M. E. 2011. The metabolic burden of creatine synthesis. *Amino Acids*. 40 (5). 1325–1331.

Brouns, F., Kovacs, E. M. R., Senden, J. M. G. 1998. The effect of different rehydration drinks on post-exercise electrolyte excretion in trained athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 19. 56–60.

Brouns, F., Saris, W. H., Beckers, E., Adlercreutz, H., van der Vusse, G. J., Keizer, H. A., Kuipers, H., Menheere, P., Wagenmakers, A. J., ten Hoor, F. 1989. Metabolic changes induced by sustained exhaustive cycling and diet manipulation. *International Journal of Sports Medicine*. 10. S49–S62.

Buford, T., Kreider, R., Stout, J., Greenwood, M., Campbell, B., Spano, M., Ziegenfuss, T., Lopez, H., Landis, J., Antonio, J. 2007. International society of sports nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *Journal of International Society of Sports Nutrition*. 4 (23). 1–5.

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

Burke, D. G., Candow, D. G., Chilibeck, P. D., MacNeil, L. G., Roy, B. D., Tarnopolsky, M. a., Ziegenfuss, T. 2008. Effect of creatine supplementation and resistance-exercise training on muscle insulin-like growth factor in young adults. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 18 (4). 389–398.

- Burke, L. M., Collier, G. R., Hargreaves, M. 1998. Glycemic index - a new tool in sport nutrition? *International Journal of Sport Nutrition*. 8 (4). 401–415.
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S., Jeukendrup, A. E. 2011. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*. 29. S17–S27.
- Cannell, J. J., Hollis, B. W., Sorenson, M. B., Taft, T. N., Anderson, J. J. B. 2009. Athletic performance and vitamin D. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 41 (5). 1102–1110.
- Cooper, R., Naclerio, F., Allgrove, J., Jimenez, A. 2012. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 9 (33). 1–11.
- Cox, G. R., Desbrow, B., Montgomery, P. G., Anderson, M. E., Bruce, C. R., Macrides, T. A., Martin, D. T., Moquin, A., Roberts, A., Hawley, J. A., Burke, L. M. 2002. Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. *Journal of Applied Physiology*. 93 (3). 990–999.
- Coyle, E. F. 2004. Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Sciences*. 22 (1). 39–55.
- Craciun, A. M., Wolf, J., Knapen, M. H. J., Brouns, F., Vermeer, C. 1998. Improved bone metabolism in female elite athletes after vitamin K supplementation. *International Journal of Sports Medicine*. 19 (7). 479–484.
- Crane, F. L. 2001. Biochemical functions of coenzyme Q10. *Journal of the American College of Nutrition*. 20 (6). 591–598.
- Currel, K., Jeukendrup, A. E. 2008. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 40 (2). 275–281.
- Česko. Vyhláška č. 225 ze dne 30. června 2008, kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2008. Částka 71/2008. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_vyhlaska-2008-225.html>.
- Česko. Vyhláška č. 352 ze dne 12. října 2009, kterou se mění vyhláška č. 225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 110/2009. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_vyhlaska-2009-352.html>.
- Česko. Zákon č. 110 ze dne 19. května 1997, o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1997. Částka 38/1997. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100047548.html>>.

Česko. Zákon č. 180 ze dne 9. června 2016, kterým se mění zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. In: Sbíрка zákonů České republiky. 2016. Částka 69/2016. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-2016-180-novela-110-1997.html>.

Etzel, M. R. 2004. Manufacture and use of dairy protein fractions. *Journal of Nutrition*. 134 (4). 996S–1002S.

Febbraio, M. a, Keenan, J., Angus, D. J., Campbell, S. E., Garnham, a P. 2000. Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: effect of the glycemic index. *Journal of Applied Physiology*. 89 (5). 1845–1851.

Flanagan, J. L., Simmons, P. A., Vehige, J., Willcox, M. D., Garrett, Q. 2010. Role of carnitine in disease. *Nutrition and Metabolism*. 7 (1). 30.

Galloway, S. D., Broad, E. M. 2005. Oral L-carnitine supplementation and exercise metabolism. *Monatshefte fur Chemie-Chemical Monthly*. 136 (8). 1391–1410.

Gerovasili, V., Stefanidis, K., Vitzilaios, K., Karatzanos, E., Politis, P., Koroneos, A., Chatzimichail, A., Routsis, C., Roussos, C., Nanas, S. 2009. Electrical muscle stimulation preserves the muscle mass of critically ill patients: a randomized study. *Critical Care*. 13 (5).

Goldfarb, A. H. 1993. Antioxidants: role of supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 25 (2). 232–236.

Graham, T. E. 2001. Caffeine, coffee and ephedrine: impact on exercise performance and metabolism. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 26. S103–S119.

Harper, P., Elwin, C. E., Cederblad, G. 1988. Pharmacokinetics of bolus intravenous and oral doses of L-carnitine in healthy-subjects. *European Journal of Clinical Pharmacology*. 35 (1). 69–75.

Hathcock, J. N., Shao, A. 2006. Risk assessment for carnitine. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 46 (1). 23–28.

Higashiyama, T. 2002. Novel functions and applications of trehalose *. *Pure and Applied Chemistry*. 74 (7). 1263–1269.

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

Holick, M. F. 2004. Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases , cancers , and cardiovascular disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 80. 1678S–1688S.

- Hsu, M. C., Chien, K. Y., Hsu, C. C., Chung, C. J., Chan, K. H., Su, B. 2011. Effects of BCAA, arginine and carbohydrate combined drink on post-exercise biochemical response and psychological condition. *Chinese Journal of Physiology*. 54 (2). 71–78.
- Huang, A., Owen, K. 2012. Role of supplementary L-carnitine in exercise and exercise recovery. *Acute Topics in Sport Nutrition*. 59. 135–142.
- Huskisson, E., Maggini, S., Ruf, M. 2007. The role of vitamins and minerals in energy metabolism and well-being. *The Journal of International Medical Research*. 35. 277–289.
- Jackson, M. J., Papa, S., Bolaños, J., Bruckdorfer, R., Carlsen, H., Elliott, R. M., Flier, J., Griffiths, H. R., Heales, S., Holst, B., Lorusso, M., Lund, E., Øivind Moskaug, J., Moser, U., Di Paola, M., Cristina Polidori, M., Signorile, A., Stahl, W., Viña-Ribes, J., Astley, S. B. 2002. Antioxidants, reactive oxygen and nitrogen species, gene induction and mitochondrial function. *Molecular Aspects of Medicine*. 23 (1–3). 209–285.
- Jentjens, R. L. P. G., Moseley, L., Waring, R. H., Harding, L. K., Jeukendrup, A. E. 2004. Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 96. 1277–1284.
- Jeukendrup, A. E. 2014. A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise. *Sports Medicine*. 44. S25–S33.
- Jeukendrup, A. E. 2008. Carbohydrate feeding during exercise. *European Journal of Sports Science*. 8 (2). 77–86.
- Jeukendrup, A. E., Jentjens, R. 2000. Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise. *Sports Medicine*. 29 (6). 407–424.
- Kampinga et al. United States Patent. Patent No. US 6,455,511 B1. 2002.
- Karlic, H., Lohninger, A. 2004. Supplementation of L-carnitine in athletes: Does it make sense? *Nutrition*. 20 (7–8). 709–715.
- Karp, J. R., Johnston, J. D., Tecklenburg, S., Mickleborough, T. D., Fly, A. D., Stager, J. M. 2006. Chocolate milk as a post-exercise recovery aid. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 16 (1). 78–91.
- Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., Kreider, R., Kalman, D., Ziegenfuss, T., Lopez, H., Landis, J., Ivy, J. L., Antonio, J. 2008. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 5 (1). 17.
- Kon, M., Kimura, F., Akimoto, T., Tanabe, K., Murase, Y., Ikemune, S., Kono, I. 2007. Effect of coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced muscular injury of rats. *Exercise Immunology Review*. 13. 76–88.
- Korhonen, H., Pihlanto, A. 2006. Bioactive peptides: Production and functionality. *International Dairy Journal*. 16 (9). 945–960.

- Kot, M., Daniel, W. A. 2008. Caffeine as a marker substrate for testing cytochrome P450 activity in human and rat. *Pharmacological Reports*. 60 (6). 789–797.
- Kreider, R. B. 2003. Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 244 (1). 89-94.
- Kreider, R. B. 1991. Physiological considerations of ultraendurance performance. *International Journal of Sport Nutrition*. 1 (1). 3–27.
- Kreider, R. B., Wilborn, C. D., Taylor, L., Campbell, B., Almada, A. L., Collins, R., Cooke, M., Earnest, C. P., Greenwood, M., Kalman, D. S., Kerksick, C. M., Kleiner, S. M., Leutholtz, B., Lopez, H., Lowery, L. M., Mendel, R., Smith, A., Spano, M., Wildman, R., Willoughby, D. S., Ziegenfuss, T. N., Antonio, J. 2010. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 7 (1). 7.
- Krogh, B. A., Lindhard, J. 1920. The relative value of fat and carbohydrate as sources of muscular energy. *Biochemical Journal*. 14 (3–4). 290–363.
- Lemon, P. W., Tarnopolsky, M. a, MacDougall, J. D., Atkinson, S. a 1992. Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *Journal of Applied Physiology*. 73 (2). 767–775.
- Loucks, A. B., Kiens, B., Wright, H. H. 2011. Energy availability in athletes. *Journal of Sports Sciences*. 29. S7–S15.
- Ludwig, D. S., Majzoub, J. a, Al-Zahrani, A., Dallal, G. E., Blanco, I., Roberts, S. B. 1999. High glycemic index foods, overeating, and obesity. *Pediatrics*. 103 (3). 1–6.
- Lukaski, H. C. 2014. Vitamin and mineral status: Effects on physical performance. *Nutrition*. 20 (7–8). 632–644.
- Maughan, R. J. 1999. Role of micronutrients in sport and physical activity. *British Medical Bulletin*. 55 (3). 683–690.
- Maughan, R. J., Bethell, L. R., Leiper, J. B. 1996. Effects of ingested fluids on exercise capacity and on cardiovascular and metabolic responses to prolonged exercise in man. *Experimental Physiology*. 81 (5). 847–859.
- Maughan, R. J., Depiesse, F., Geyer, H. 2007. The use of dietary supplements by athletes. *Journal of Sports Sciences*. 25. S103-113.
- Maughan, R. J., Noakes, T. 1991. Fluid replacement and exercise stress. *Sports Medicine*. 12 (1). 16–31.
- Maughan R. J., Burke, L. 2006. *Výživa ve sportu. Příručka pro sportovní medicínu*. Praha. s. 113. ISBN 8072623184.

- McKenzie, S., Phillips, S. M., Carter, S. L., Lowther, S., Gibala, M. J., Tarnopolsky, M. A. 2000. Endurance exercise training attenuates leucine oxidation and BCOAD activation during exercise in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 278 (4). E580–E587.
- Metzl, J., Small, E., Levine, S., Gershel, J. 2001. Creatine use among young athletes. *Pediatrics*. 108 (2). 421–425.
- Milosevic, A., Brodie, D. A., Slade, P. D. 1997. Dental erosion, oral hygiene, and nutrition in eating disorders. *International Journal of Eating Disorders*. 21 (2). 195–199.
- Mizuno, K., Tanaka, M., Nozaki, S., Mizuma, H., Ataka, S., Tahara, T., Sugino, T., Shirai, T., Kajimoto, Y., Kuratsune, H., Kajimoto, O., Watanabe, Y. 2008. Antifatigue effects of coenzyme Q10 during physical fatigue. *Nutrition*. 24 (4). 293–299.
- Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., Prior, T., Tarnopolsky, M. A., Phillips, S. M. 2009. 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.
- Naclerio, F., Larumbe-Zabala, E. 2016. Effect of whey protein alone or as part of a multi-ingredient formulation on strength, fat-free mass, or lean body mass in resistance - trained individuals: A meta-analysis. *Sports Medicine*. 46 (1). 125–137.
- National Academy Press. 2005. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Washington, D.C. p. 1357. ISBN: 9780309085250.
- National Academy Press. 2000. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc: a report of the panel on micronutrients. Washington, D.C. p. 800. ISBN: 0309511992.
- Neta, T., Takada, K., Hirasawa, M. 2000. Low-cariogenicity of trehalose as a substrate. *Journal of Dentistry*. 28 (8). 571–576.
- Nevzat, D. 2015. The impact of coenzyme Q10 supplement on the indicators of muscle damage in young male skiing athletes. *Educational Research and Reviews*. 10 (1). 75–80.
- Ng, T., Cheung, R., Wong, J., Wang, Y., Ip, D., Wan, D., Xia, J. 2015. Antiviral activities of whey proteins. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 99 (17). 6997–7008.
- Oreilly, J., Wong S. H. S., Chen, Y. 2010. Glycaemic index, glycaemic load and exercise performance. *Sports Medicine*. 40 (1). 27–39.
- Orer, G., Guzel, N. 2014. The effects of acute L-carnitine supplementation on endurance performance of athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28 (2). 514–519.
- Palička, V. 2011. Vitamin D a jeho role (nejen) v osteologii. *Interní Medicína pro Praxi*. 13 (10). 383–387.

- Palička, V. 2013. Vitamin D: skeletální a extraskeletální účinky. *Medicína pro Praxi*. 10 (5). 199–202.
- Perret, C., Flueck, J. L. 2016. Supplementation and performance in spinal cord-injured elite athletes: a systematic review. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin*. 67. 209–213.
- Persky, A. M., Brazeau, G. A. 2001. Clinical pharmacology of the dietary supplement creatine monohydrate. *Pharmacological Reviews*. 53 (2). 161–176.
- Phan-Xuan, T., Durand, D., Nicolai, T., Donato, L., Schmitt, C., Bovetto, L. 2014. Heat induced formation of beta-lactoglobulin microgels driven by addition of calcium ions. *Food Hydrocolloids*. 34 (1). 227–235.
- Phillips, S. M., Van Loon, L. J. C. 2011. Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptationfile. *Journal of Sports Sciences*. 29. S29–S38.
- Poortmans, J. R., Kumps, A., Duez, P., Fofonka, A., Carpentier, A., Francaux, M. 2005. Effect of oral creatine supplementation on urinary methylamine, formaldehyde, and formate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 37 (10). 1717–1720.
- Potgieter, S. 2013. Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports. *South African Journal of Clinical Nutrition*. 26 (1). 6–16.
- Powers, S., Nelson, W. B., Larson-meyer, E. 2011. Antioxidant and vitamin D supplements for athletes : Sense or nonsense? *Journal of Sports Science*. 29. S47–S55.
- Ramsay, R. R., Gandour, R. D., Van Der Leij, F. R. 2001. Molecular enzymology of carnitine transfer and transport. *Biochimica et Biophysica Acta - Protein Structure and Molecular Enzymology*. 1546 (1). 21–43. .
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., Langley, S., Denny, S., Hager, M. H., Manore, M. M., Myers, E., Meyer, N., Stevens, J., Webber, J. A. 2009. Nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 41 (3). 709–731.
- Rosenfeldt, F., Hilton, D., Pepe, S., Krum, H. 2003. Systematic review of effect of coenzyme Q10 in physical exercise, hypertension and heart failure. *BioFactors*. 18 (1–4). 91–100.
- Safdar, A., Yardley, N. J., Snow, R., Melov, S., Tarnopolsky, M. a 2008. Global and targeted gene expression and protein content in skeletal muscle of young men following short-term creatine monohydrate supplementation. *Physiological Genomics*. 32 (2). 219–228.
- Sahajwalla, C. G., Helton, E. D., Purich, E. D., Hoppel, C. L., Cabana, B. E. 1995. Multiple-dose pharmacokinetics and bioequivalence of L-carnitine 330-mg tablet versus 1-g chewable tablet versus enteral solution in healthy adult male volunteers. *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 84 (5). 627–633.
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E., Maughan, R., Montain, S., Stachenfeld, N. 2007. Exercise and fluid replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 39 (2). 377–390.

- Shirreffs, S. M., Sawka, M. N. 2011. Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*. 29. S39–S46.
- Schaafsma, G. 2005. The protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS)—A concept for describing protein quality in foods and food ingredients: A critical review. *Journal of Aoac International*. 88 (3). 988–994.
- Schreurs, M., Kuipers, F., Van Der Leij, F. R. 2010. Regulatory enzymes of mitochondrial beta-oxidation as targets for treatment of the metabolic syndrome. *Obesity Reviews*. 11 (5). 380–388.
- Slater, G., Phillips, S. M. 2011. Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *Journal of Sports Science*. 29 . S67–S77.
- Smith, R. N., Aqharkar, A. S., Gonzales, E. B. 2014. A review of creatine supplementation in age-related diseases: more than a supplement for athletes. *F1000Research*. 3. 1–9.
- Sundgot-Borgen, J., Garthe, I. 2011. Elite athletes in aesthetic and Olympic weight-class sports and the challenge of body weight and body compositions. *Journal of Sports Sciences*. 29 (1). S101–S114.
- Tarnopolsky, M. A. 2011. Caffeine and creatine use in sport. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 57 . 1–8.
- Tarnopolsky, M. A. 1994. Caffeine and endurance performance. *Sports Medicine*. 18 (2). 109–125.
- Tarnopolsky, M. A. 2008. Effect of caffeine on the neuromuscular system-potential as an ergogenic aid. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism - Physiologie Appliquee Nutrition et Metabolisme*. 33 (6). 1284–1289.
- Terjung, R., Clarkson, P., Eichner, E., Greenhaff, P., Hespel, P., Kraemer, W., Meyer, L., Spriet, L., Tarnopolsky, M., Williams, Mhw. 2000. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32 (3). 706-717.
- Tian, H. H., Ong, W. S., Tan, C. L. 2009. Nutritional supplement use among university athletes in Singapore. *Singapore Medical Journal*. 50 (2). 165–172.
- Tiidus, P. M., Houston, M. E. 1995. Vitamin E status and response to exercise training. *Sports Medicine*. 20 (1). 12–23.
- Tran, M. T., Mitchell, T. M., Kennedy, D. T., Giles, J. T. 2001. Role of coenzyme Q10 in chronic heart failure, angina, and hypertension. *Pharmacotherapy*. 21 (7). 797–806.
- Venables, M., Brouns, F., Jeukendrup, A. 2008. Oxidation of Maltose and trehalose during prolonged moderate-intensity exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 40 (9). 1653–1659.
- Volpe, S. L. 2010. Glycemic index and athletic performance. *ACSMS Health and Fitness Journal*. 15 (1). 32–33.

Wallis, G. A., Yeo, S. E., Blannin, A. K., Jeukendrup, A. E. 2007. Dose-response effects of ingested carbohydrate on exercise metabolism in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 39 (1). 131–138.

Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Macdonald, M. J., Macdonald, J. R., Armstrong, D., Phillips, S. M. 2007. Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *American Journal Of Clinical Nutrition*. 85 (4). 1031–1040.

Williams, M. H. 2004. Dietary supplements and sports performance : Introduction and vitamins. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 1 (2). 1–6.

Wright, H. H. 2005. The glycaemic index and sports nutrition. *Sajcn The South African Journal Of Clinical Nutrition*. 18 (3). 222–228.

Yalcin, A. S. 2006. Emerging therapeutic potential of whey proteins and peptides. *Current Pharmaceutical Design*. 12 (13). 1637–1643.