

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Výživa a výživové doplňky při vytrvalostním sportu

Bakalářská práce

Autor: Markéta Havlíčková

Obor studia: Výživa a potraviny (ATZD)

Vedoucí práce: Ing. Zuzana Hroncová, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Výživa a výživové doplňky při vytrvalostním sportu“ 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zuzaně Hroncové, Ph.D. za cenné rady, vedení, trpělivost a čas, který mi věnovala.

Výživa a výživové doplňky při vytrvalostním sportu

Souhrn

Vytrvalostní sport (běh, rychlá chůze, dálkové plavání, cyklistika nebo triatlon) je dlouhodobé méně intenzivní zatížení nebo zatížení se střídající se intenzitou. Vytrvalost se řadí mezi schopnosti kondiční, kde převažuje aerobní získávání energie s energetickými zdroji jako je glykogen, tuky a dále adenosintrifosfát a bílkoviny. Naopak silový trénink je oproti vytrvalostnímu převážně anaerobní a siloví sportovci mají oproti vytrvalostním větší pravděpodobnost k vytvoření svalové hmoty, a to i díky doplňkům stravy, které užívají a kterým se většina vytrvalostních sportovců snaží vyhýbat.

Vytrvalci by měli mít na prvním místě sacharidy, z kterých si vytváří tzv. glykogenové zásoby. Tuk je sice žádaný u trénovaných sportovců pro velký zdroj energie, ale ve větší míře může ohrozit zdraví jak sportovce, tak běžné populace. Celkový příjem bílkovin by měl být o něco vyšší (1,2-2 g/kg/den) než při běžném stravování. Kromě těchto základních živin jsou důležité mikroživiny, na něž je kladen důraz právě při opakujících se cvičeních. Sportovci by si měli dávat pozor hlavně na správné množství vápníku a vitamínu D, kteří jsou důležití pro zdraví kostí. Supplementovat by měli i železo, které je důležité pro dodání kyslíku do tkání. V neposlední řadě jsou zásadními živinami tekutiny, které pomáhají regulovat tělesnou teplotu. Jelikož výkon může být ovlivněn i tím, co a kolik sportovec vypije, je nutné vypít přes půl litru studené vody 2-3 hodiny před výkonem, během tréninku až 300 ml a po výkonu dostatečné množství, aby nahradili ztráty potem.

Nedostatek potřebných mikroživin se dá nahradit pomocí výživových doplňků. Dávkování a typ užívaných doplňků se liší podle pohlaví, druhu sportu a úrovně, na které soutěží. Sportovci doplňky výživy užívají daleko častěji než běžná populace a to až o 60 %. Spotřeba doplňků při silových sportech je vyšší než u jiných sportů. Kromě běžných látek (vitamíny, minerály) mohou být v doplňcích přítomny různé extrakty rostlinného původu, včetně efedrinů a kofeinu na podporu ergogenních účinků. Dodržování správného jídelníčku včetně doplňků stravy se velmi často odráží na podaných výkonech nejen na trénincích ale hlavně při samotném závodu.

Klíčová slova: vytrvalostní sport; výživa; výživové doplňky; bílkoviny; sacharidy; tuky; stimulanty

Nutrition and nutritional supplements for endurance sports

Summary

Endurance sport (running, fast walking, long distance swimming, cycling or triathlon) is long time less intensive load or load with changing intensity. Endurance ranks among fitness abilities where prevail aerobic energy recovery with energetic source such as glycogen, fats and adenosine triphosphate and proteins. Conversely, power training is compared to endurance mostly anaerobic and power athletes have compared to endurance athletes bigger chance to gain muscle mass and it thanks to dietary supplements which they use and which most endurance athletes are trying to avoid.

Endurance athletes should have carbohydrates in the first place from which they create glycogen stocks. Fat is needed for athletes in training for its energy source but fat can endanger health of athlete and whole population. Total protein intake should be slightly higher (1,2-2 g/kg/day) than in the normal diet. In addition to these essential nutrients exercise are important micronutrients which is the focus of repetitive exercises. Athletes should be careful of the correct amount of calcium and vitamin D which are important for bone health. Athletes should also supplement iron which is important for supplying oxygen to the tissues. Last but not least, the essential nutrients are liquids that help to regulate body temperature. As performance can also be affected by what and how much an athlete drinks, it is necessary to drink over half a liter of cold water 2-3 hours before exercise, during training up to 300 ml and after exercise enough to replace sweat loss.

Lack of needed micronutrients can be replaced with nutritional supplements. And type of using supplements varies by sex, type of sport and the level at which man compete. Athletes use nutrition supplements about 60 per cent more often than usual population. Consumption of accessories for strength sports is higher than for other sports. In addition to conventional substances (vitamins, minerals), various extracts of plant origin, including ephedrine and caffeine, may be present in the supplements to promote ergogenic effects. Adhering to the right diet, including food supplements, is very often reflected in the performance not only at the training sessions but mainly at the race itself.

Keywords: endurance sport; nutrition; dietary supplements; proteins; carbohydrates; fats; stimulants

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	2
3 Zastoupení živin vytrvalostních sportovců	3
Makroživiny	3
3.1.1 Sacharidy	3
3.1.2 Vláknina	4
3.1.3 Bílkoviny	5
3.1.4 Tuky	6
3.2 Mikroživiny	7
3.2.1 Vitamíny	7
3.2.2 Minerály a stopové prvky	21
3.2.2.1 Makrominerály	21
3.2.2.2 Stopové prvky	24
3.3 Tekutiny	26
3.4 Výživové doplňky	27
3.4.1 Aminokyseliny a syrovátkové proteiny	28
3.4.2 Kofein	29
3.4.3 Kreatin	30
3.4.4 Karnitin	32
3.4.5 Koenzym Q10	32
3.4.6 BCAA a L-arginin	33
3.4.7 Beta - alanin, karnosin	34
3.4.8 HMB-hydroxy - methylbutyrát	35
3.5 Byliny jako přírodní doplňky	36
3.5.1 Ženšen	36

3.5.2	Efedrin.....	37
3.6.1	Výživa před zátěží.....	37
3.6.2	Výživa během zátěže.....	38
3.6.3	Výživa po výkonu.....	39
4	Závěr.....	40
5	Literatura.....	41
6	Seznam použitých zkratk, obrázků a tabulek.....	46

1 Úvod

Lidská výživa patří mezi nejdiskutovanější témata současné doby. Asi každého z nás zajímá, jak se stravuje. To samé platí u sportovců až na to, že běžná strava nedokáže poskytnout takové množství energie, které by pokrylo vydanou energii na trénink. Zvláště vytrvalostní sportovci musejí dbát na dostatečný příjem živin a to i během výkonu. Přijaté živiny jim umožňují zdokonalit se, předcházet různým zraněním, rychlejší schopnost regenerace a podávat lepší výkony. Pro ještě větší efektivitu se používají doplňky stravy sloužící k doplnění potřebných látek a minerálů. Dá se říct, že celková strava dokáže až z 60 % ovlivnit cvičení a výkon.

Sama amatérsky sportuji a to je jeden z hlavních důvodů, proč jsem si zvolila toto téma. Chtěla bych se více dozvědět o výživě sportovců a rozšířit si své znalosti. Nejen sportovci, kteří jsou na vyšší úrovni, ale i začínající a o sport zajímaví jedinci by měli nejprve prozkoumat své tělo, jeho potřeby a nedostatky a dbát na správný výběr potravin popřípadě doplňků stravy. Při pestré stravě, kdy člověk přijímá dostatečné množství jak makronutrientů tak minerálních látek a vitamínů, není nutné používat doplňky výživy.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je poskytnout ucelený pohled na pravidla a zásady výživy při jednotlivých fázích vytrvalostního sportu.

3 Zastoupení živin vytrvalostních sportovců

3.1 Makroživiny

Strava sportovců by měla tvořit širokou škálu potravin obsahující vyvážené množství jednotlivých nutrietů pro pokrytí denní energie, z nichž nejzákladnější jsou tzv. makroživiny. Radíme mezi ně sacharidy, popřípadě vlákninu, bílkoviny a tuky. Potraviny obsahující sacharidy by měly tvořit asi 55-65 % denního příjmu, bílkoviny kolem 15 % a zbytek tuk (Ha & Zemel 2003).

3.1.1 Sacharidy

Sacharidy mají speciální místo v lidské výživě. Základním stavebním kamenem každého sacharidu je monosacharid (glukosa, fruktosa), obvykle glukóza. Dále se sacharidy dají rozdělit na disacharidy (sacharosa, maltosa, laktosa) neboli dvojitě cukry, které obsahují dva monosacharidy, oligosacharidy (rafinosa, stachyosa, verbascosa, frukto-oligosacharidy) obsahující 3-11 zbytků monosacharidů a polysacharidy (škrob a vláknina), které mají 11 a více jednotek monosacharidů (Mann et al. 2002).

Poskytují lidskému tělu zdroj energie. Glukóza je palivo pro mozek a hlavní zdroj energie pro svaly během zátěže. Ve stravě tvoří sacharidy vzájemný vztah s tukem tak, aby vysoká sacharidová strava byla zároveň stravou nízkotučnou. Příjem potravin bohatých na sacharidy poskytuje substrát pro doplňování zásob glykogenu ve svalech a játrech plus pomáhá snižovat příjem tuku (Ha & Zemel 2003). Jídelníček bohatý na sacharidy je obvykle spojen s nižším výskytem srdečních onemocnění (Yang et al. 2003), obezity (Stubbs et al. 2001), diabetes nezávislé na inzulínu (Chandalia et al. 2000) a některé typy rakoviny (Larsson et al. 2006). Sacharidy se nacházejí v potravinách jako je rýže, těstoviny, brambory, obiloviny, ovoce, luštěniny, zelenina a různé sladkosti (Skolnik et al. 2011).

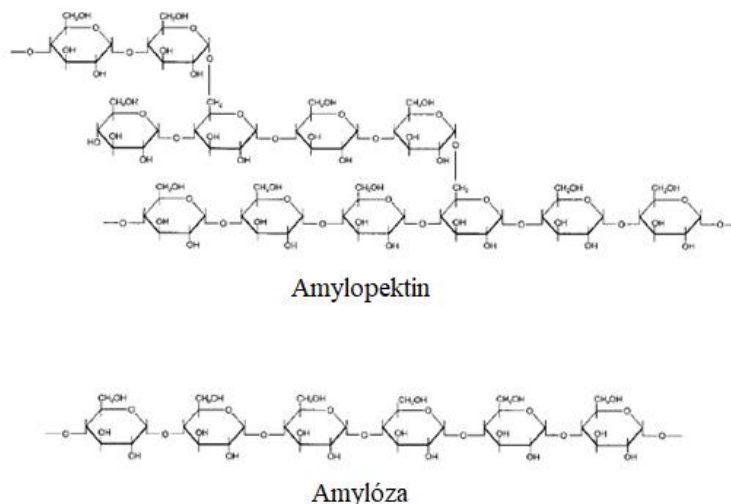
Dietní pokyny pro sportovce jsou jednomyslné v doporučeních vysokého obsahu sacharidů (CHO), který se uvádí v gramech vzhledem k tělesné hmotnosti sportovce, se pohybuje od 5 do 7 g/kg/den pro všeobecný trénink a 7 až 10 g/kg/den pro zvýšené potřeby sportovců s vytrvalostí (Burke et al. 2001). Pro sportovce je tedy vyšší příjem sacharidů prospěšný. Nezajistí-li se konzumace sacharidů, tělo začne strádat, mozek a centrální nervová soustava postrádají glukózu a organismus si začne přeměňovat bílkoviny a tuky (Skolnik et al. 2011). Přiměřený příjem sacharidů je důležitý hlavně pro udržení zásob glykogenu ve svalech, příjem kvalitních bílkovin pomáhá stimulovat syntézu svalových bílkovin po fyzicky

náročném výkonu, což podporuje proces adaptace ve svalech (Maughan 2002). Absence nebo nízký příjem sacharidů se projevuje nejen na výkonnosti, ale zvyšuje se tím i riziko úrazu, a jelikož, jak už bylo výše zmíněno, je centrální nervová soustava závislá na glukóze, může dojít k narušení koncentrace a koordinace (Skolnik et al. 2011).

3.1.2 Vlákna

Vlákna se řadí mezi nestravitelné komplexní sacharidy, které se nachází ve stěnách rostlinných buněk (celulóza, hemicelulóza, pektin). Rozdělujeme ji na vlákninu rozpustnou, kam patří pektin, některé hemicelulózy, β -glukany, slizy a gumy a na vlákninu nerozpustnou, kam řadíme celulózu s některými hemicelulózami (Mann et al. 2002). Tato složka potravy, ač je nestravitelná a člověk z ní nevyužije žádné živiny, má přesto pro lidskou výživu velký význam. Napomáhá k lepšímu trávení, zjemňuje stolici a tím pomáhá k lepšímu vyprazdňování. Vlákna obsažená v jídelníčku dokonce může zvyšovat pocit nasycení. Dále také některé složky vlákniny včetně ovesných otrub a pektinu dokážou snížit hladinu cholesterolu v plazmě (Gharibzahedi et al. 2017).

Vlákna se nachází hlavně v ovoci a zelenině, pšeničných otrubách, kukuřici, ořechách nebo luštěninách. Člověk by měl denně přijmout asi 25–50 g vlákniny (Mudgil & Barak 2013). Škrob je v rostlinách zastoupen ve formě amylozy a amylopektinu (obrázek 1). Amylóza je uspořádaná do řetězce glukózových jednotek spojených alfa-1,4 glykosidickými vazbami, zatímco amylopektin je daleko rozvětvenější a spojen alfa-1,6 glykosidickými vazbami a podobá se glykogenu, což je zásobní polysacharid u zvířat i lidí. Amylóza i amylopektin jsou nerozpustné ve vodě díky svému krystalickému uspořádání (Mann et al. 2002).



Obr. 1: Vzorec amylopektinu a amylozy

Obecně mohou být škroby rozděleny na základě rychlosti uvolňování glukózy a absorpční rychlosti po jejich konzumaci. Konkrétněji je rychlost absorpce závislá na poměru amylozy: amylopektinu, kdy se zvyšujícím se poměrem roste rezistence na trávení (Ormsbee et al. 2014). Právě modifikací škrobu může být vyprazdňování žaludku řízeno na základě poměru amyloza: amylopektin. Výrobní technologie umožnily modifikaci škrobu různými způsoby (hydrotermálně modifikovaný škrob, kukuřičné škroby modifikované kyselinou nebo alkoholem, chemicky modifikované škroby). Tyto techniky dokáží tedy buď zvýšit nebo snížit glykemické nebo inzulinemické reakce. Umožňuje to také větší dostupnost CHO (sacharidů) během cvičení, i když údaje o pozitivních účincích na výkon jsou omezené (Ormsbee et al. 2014).

Mezi potraviny, které obsahují větší množství škrobu, můžeme uvést obiloviny (pšenice, kukuřice, rýže), kořenovou zeleninu (brambory) a luštěniny (fazole). Většina ovoce a zeleniny obsahuje škrobu menší množství. Podíl amylozy a amylopektinu je ve většině potravin 1:3, přičemž tzv. „voskovité“ odrůdy kukuřice a rýže obsahují pouze amylopektin (Mann et al. 2002).

3.1.3 Bílkoviny

Struktura bílkovin je složená z polypeptidových řetězců obsahujících 100–2000 aminokyselin, které jsou spojené peptidickými vazbami. Tvoří strukturu živého organismu a vlastnosti bílkovin se odvíjí od pořadí jednotlivých aminokyselin v řetězci (Svačina & Štěpán

2008). Hrají významnou roli pro transkripci genetické informace v DNA, katalyzují buněčné reakce, zajišťují molekulární transport, výživu, regulaci metabolismu, imunitu apod. (Svačina & Štěpán 2008).

Příjem bílkovin je pro sportovce nezbytný, ovšem pouze v ideálním množství, jelikož bílkoviny mají různé uplatnění při fyzické námaze a regeneraci. Zvýšení oxidace proteinu během vytrvalostního cvičení spolu se studií (Burke et al. 2006) bílkovin na podporu rovnováhy dusíku u vytrvalostních sportovců poskytují základ pro doporučené zvýšení příjmu bílkovin. Doporučená denní dávka (DDD) pro sportovce se pohybuje kolem 1,2 – 2 g/kg/den a tato hodnota by měla být vyšší než doporučená hodnota příjmu pro lidi (0,8 g/kg/den), co nesportují v tak velkém množství (Bagchi et al. 2013).

Mezi potraviny obsahující větší podíl bílkovin patří převážně živočišné zdroje jako je například kuřecí a hovězí maso, ryby, vejce, sýry, mléko a od luštěnin a zeleniny sója, fazole, rýže atd. (Bagchi et al. 2013).

3.1.4 Tuky

Tuky neboli lipidy jsou organické látky, které jsou nerozpustné nebo velmi málo rozpustné ve vodě. V biologických systémech plní funkci zásobní a jsou stavebními kameny buněčných membrán. Potravou přijímané tuky přispívají, vzhledem ke své dvojnásobné energetické hustotě v porovnání se sacharidy a proteiny, ke zvyšování celkové přijaté energie. Navíc přispívají k udržování vůně potravin a tím pádem zvyšují chuť a zlepšují její konzistenci (Svačina & Štěpán 2008). Rozdělují se na nepolární a polární. Mezi nepolární řadíme tzv. triacylglyceroly a za polární považujeme fosfolipidy a steroly (Svačina & Štěpán 2008).

Běžný člověk zkonzumuje přibližně 70–140 g tuku za den (Bray et al. 1998) a cholesterolu by měl přijmout potravou asi 300 mg/den (McNamara 2000). Více než polovinu přijatého tuku přijímáme ve formě živočišných potravin: separovaný živočišný tuk (máslo, sádlo), červené maso (hovězí, vepřové, uzeniny), drůbeží a rybí maso, vejce, mléko a mléčné produkty. Největším zdrojem nenasycených mastných kyselin jsou oleje, jako jsou rostlinné a rybí, majonézy a dresinky a potom také ořechy, mák, sója a ostatní olejnatá semena obsahující tuk (Svačina & Štěpán 2008). Nízkotučné diety jsou spojené se snížením koncentrace pohlavních hormonů a ohrožují příjem nebo vstřebávání vitamínů rozpustných v tucích a esenciálních mastných kyselin (Bagchi et al. 2013). Naopak nadměrný příjem tuku potravou způsobuje chronické onemocnění kardiovaskulárního systému (Abeywardena 2013), rakovinu

(Kushi & Giovannucci 2002), diabetes (Ravussin & Smith 2006) a obezitu (Nicklas et al. 2001) už i v nízkém věku života jedince.

Vysoký příjem nasycených tuků a transmastných kyselin byly spojeny právě se zvýšeným rizikem těchto onemocnění a bylo zjištěno, že tento negativní vliv je způsoben převážně zvýšenou hladinou LDL cholesterolu v krvi. Snížením příjmu nasycených MK, zejména s délkou řetězce C12:0, C14:0 a C16:0, stejně jako průmyslových zdrojů transmastných kyselin je primárním výživovým doporučením pro snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění. Směrnice Světové zdravotnické organizace (WHO) z roku 2010 doporučují spotřebovat <10 % celkové energie z nasycených MK a AmericanHeartAssociation doporučuje spotřebovat <7 % energie k dosažení nižšího rizika onemocnění (Svačina & Štěpán 2008). Tudíž se pochopitelně každý snaží o omezení konzumace tučných výrobků, přičemž přílišné snížení nebo dokonce odstranění veškerého tuku ze stravy, může být kontraproduktivní nejen pro nesportující, ale hlavně také pro sportovně aktivní jedince. Tuk můžeme označit jako tzv. palivo (Bagchi et al. 2013). Tuk je mobilizován z tukové tkáně na základě stimulace intracelulární lipázy katecholaminy. Produkty hydrolýzy triacylglycerolů jsou MK a glycerol. Volné MK se v kombinaci s plazmovým albuminem transportují do svalů, kde se uvolňují a oxidují. Glycerol podléhá glukoneogenezi v játrech. Tento proces pomáhá ukládat zásoby glykogenu v játrech, což poskytuje glukózu jako palivo pro CNS a právě pro onen svalový metabolismus. Zvýšením metabolismu tuků při dlouhodobém cvičení se šetří glykogen a tím se může zlepšit vytrvalostní kapacita (Ha & Zemel 2003).

3.2 Mikroživiny

Řada mikroživin hraje důležitou roli v energetickém metabolismu a během fyzicky náročných činností. Běžný příjem vitamínů a minerálních látek je pro zdravého člověka zásadní, ale při zvýšené rychlosti metabolismu nebo při cvičení, které se pravidelně opakuje, by měla být pozornost kladena daleko větší. Sportovci ve tvrdém tréninku by měli věnovat pozornost především na zvýšený příjem železa, vápníku a antioxidačních vitamínů (Serra et al. 2015).

3.2.1 Vitamíny

Vitamíny jsou důležité jako koenzymy a prohormony, ale jejich významnost se objevuje i v jiných životně důležitých funkcích (Huth et al. 2012). Obecně jsou vitamíny

klasifikovány jako vitamíny rozpustné ve vodě a vitamíny rozpustné v tucích (Serra et al. 2015).

3.2.1.1 Vitamíny rozpustné v tucích

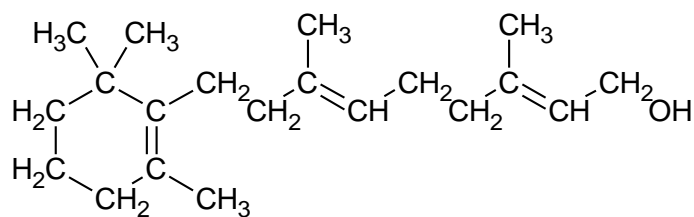
Řadíme mezi ně vitamín A, D, E a K, z nichž každý má v lidském těle určitou funkci (Tabulka 1).

Tabulka 1 Metabolická funkce vitamínů rozpustných v tucích

Vitamín	Metabolická funkce	Shrnutí výsledků
A	Antioxidační funkce	Studie Krinsky et al. (2005) předpokládá, že potraviny a to převážně ovoce a zelenina, které jsou bohaté na karotenoidy, snižují rizika některých onemocnění, zvláště různých druhů rakoviny a očních onemocnění.
D	Homeostáza vápníku	BescosGarciaaRodriguezGuisado (2011) uvedli, že vitamín D přispívá k udržení normální hladiny vápníku a fosforu v séru.
E	Antioxidant, prevence poškození volnými radikály	Studie Lee et al. (2005) prokazuje antioxidační účinky tohoto vitamínu a to díky schopnosti snižovat riziko KVO. Tokoferol spolu s kyselinou askorbovou blokuje vznik nitrosaminů (Rigotti et al. 2007; McAnulty et al. 2005).

Vitamín A

Tento vitamín (obrázek 2) a jeho sloučeniny (retinol, retinaldehyd a kyselina retinová) jsou nezbytné pro zrak (Rando 1990), růst (West et al. 1997), buněčnou diferenciaci (Gudas & Wagner 2010), reprodukci (Clagett-Dame & Knutson 2011) a správnou funkci imunitního systému (Stephensen 2001). Syntetické analogy s nebo bez aktivity vitamínu A se společně označují jako retinoly. Dále se můžeme setkat s tzv. karotenoidy, kterých se přirozeně vyskytuje kolem 500, ale pouze asi 50 jsou prekurzory retinolu (Ottaway et al. 1993).



Obr. 2: Vzorec vitamínu A

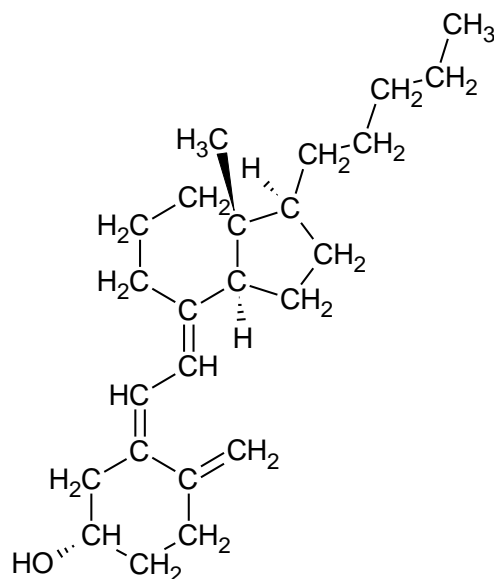
Naše tělo absorbuje především retinol a z karotenoidů nejvýznamnější β -karoten, který je vlastně provitamin vitamínu A. Ovšem čisté karotenoidy se vstřebávají daleko obtížněji než samotný retinol. β -karoten se převádí na retinol, ten je esterifikován ve střevní slizniční buňce a začleněn do chylomikronů. V této formě se dostává do krve (Ottaway et al. 1993).

Dnešní výzkumy se zkoumáním účinků samotného β -karotenu na svalovou sílu a vytrvalost skoro nezabývají. Existuje možnost doplňování vitamínu A, který dokáže snížit oxidační stres z cvičení, ale je to téměř bezvýznamné s ohledem na daleko větší antioxidační účinky, které mají vitamíny C a E (Volpe et al. 2013).

Jako u každého vitamínu může nastat jeho nedostatek. Při nedostatku vitamínu A dochází k tzv. xeroftalmii, což zapříčiňuje noční slepotu, xerózu spojivky a následně duhovky a keratomalcií, která způsobuje vratnou lézi rohovky, spojovanou s částečnou nebo úplnou slepotou. Retinol se nachází hlavně v olejích z rybích jater, mléce a vejcích. Mrkev a zelená listová zelenina obsahuje biologicky aktivní karotenoidy (Ottaway et al. 1993).

Vitamin D

Jedná se o skupinu steroidních látek. Přirozeně se vyskytující je vitamín D3 (cholecalciferol), (obrázek 3), který se v kůži přeměňuje díky UV záření na 7-dehydrocholesterol. V játrech je syntetizuje na 25-hydroxycholecalciferol a v ledvinách na vysoce aktivní 1,25-dihydroxycholecalciferol. Ergocalciferol (vitamin D2), který se taktéž syntetizuje díky UV záření na ergosterol ve stravě, musí být převeden na biologicky aktivní formu 1,25-dihydroxycholecalciferol jako to je u vitamínu D3 (Huth et al. 2012).



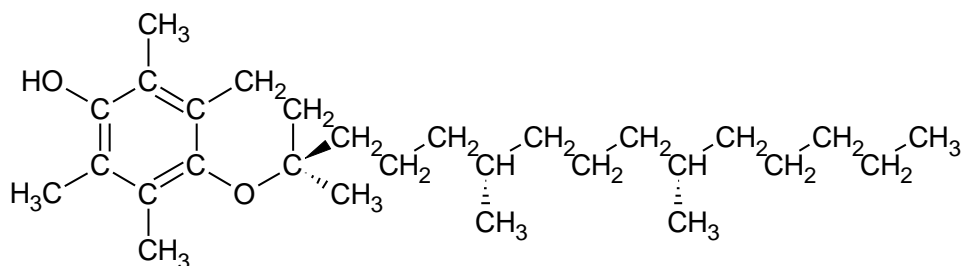
Obr. 3: Vzorec vitamínu D

Kromě získávání vitamínu D sluncem existují potraviny obohacené o tento vitamín. Například kravské mléko, které obsahuje asi 10 µg cholekalciferolu/l. Nejčastějšími pevnými zdroji jsou vejce, máslo a obohacený margarín. Vitamín D je v potravinách stabilní a zpracováním nebo vařením by se mělo v potravině zachovat stejné množství. Denní příjem by se měl tedy pohybovat kolem 2,5 µg (Ottaway et al. 1993). Předávkování vitamínem D může vést ke zvýšení krevního tlaku (Snijder et al. 2007), poškození ledvin (Zehnder et al. 2008) a úbytku kostní hmoty (Sahota et al. 1999). Je pravděpodobné, že tyto nepříznivé účinky jsou z větší části způsobené hyperkalcémií, ke které může dojít při hypervitaminóze D. Je to díky funkci vitamínu D, který se podílí na udržení hladiny vápníku a fosforu v séru zvýšením absorpce z gastrointestinálního traktu a podporou jejich uvolňování z kostí (Volpe et al. 2013). Naopak nedostatek je spojen se zvýšeným ohrožením sportovců. Může zvýšit riziko zranění, hlavně stresových zlomenin. Proto se doporučuje dosažení optimálních hladin 1,25-dihydroxycholecalciferolu <50 ng/ml (Volpe et al. 2013).

Vitamín E

Pod vitamín E (obrázek 4) patří veškeré tokoferoly a deriváty tokoferolů, z nichž nejvýznamnější a nejúčinnější je α -tokoferol vyskytující se v lidské plazmě. Řadí se mezi lipofilní antioxidační látky, které mají za úkol chránit buněčné membrány před lipoperoxidací (oxidačním působením). Několik studií prokazuje, že vitamín E snižuje riziko kardiovaskulárních chorob (Lee et al. 2005; Gaziano 2004) a tokoferol spolu s vitamínem C

blokuje nitrooční reakci, při které vznikají endogenní nitrosaminy. Také může brzdit příznivé celulární adaptace na výkon (Svačina & Štěpán 2008).



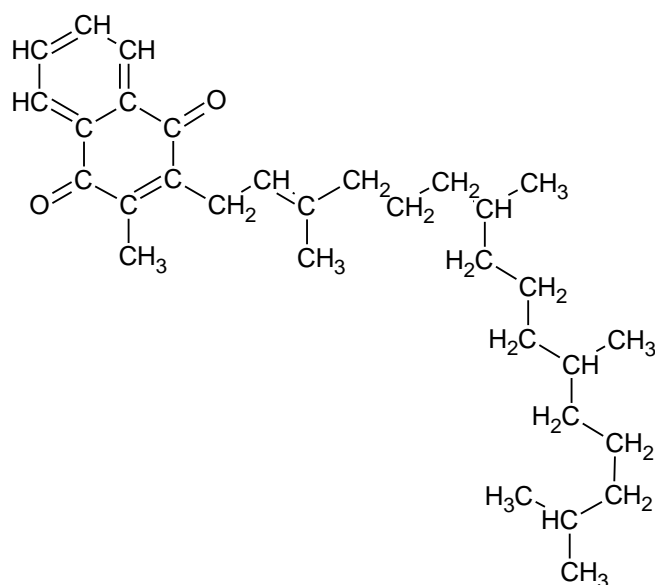
Obr. 4: Vzorec vitamínu E

Jeho potřeba pro organismus stoupá se zvyšujícím se podílem nenasycených mastných kyselin ve stravě. Je známo, že změny funkce pankreatu, transport lipidů chylomikronem a funkce žlučníku ovlivňují jeho absorpci. Většina tohoto vitamínu je uložena v tukové tkáni. Mezi potravinové zdroje řadíme hlavně rostlinné oleje, nezpracovaná obilná zrna, zelená listová zelenina a ořechy (Volpe et al. 2013).

Výživové doplňky mohou obsahovat buď přírodní, nebo syntetickou formu α -tokoferolu, kde se mohou vyskytovat vedlejší účinky při užívání jako únava, gastrointestinální poruchy nebo změny koncentrace lipidů. Studie (Rokitzi et al. 1994) zkoumala účinky suplementace vitamínu E na oxidační stres a peroxidaci lipidů. Doplnění 800 mg/den α -tokoferolu po dobu 2 měsíců vedlo ke zlepšení antioxidačního potenciálu po dokončení triatlonu, ovšem velká dávka také způsobuje významné zvýšení markerů oxidačního stresu a nezlepšila dobu výkonu (Volpe et al. 2013).

Vitamín K

Přirozeně se vyskytují dvě formy tohoto vitamínu (obrázek 5) a to vitamín K - fylochinon, který je syntetizován rostlinami a K₂ - menachinon, který produkují bakterie v tlustém střevě (Svačina & Štěpán 2008).



Obr. 5: Vzorec vitamínu K

Působí jako kofaktor karboxylačních reakcí. Je nezbytný pro normální kalcifikaci kostí, podílí se na oxidativní fosforylaci. Látky s aktivitou vitamínu K jsou důležité pro tvorbu trombinu. Ty se podílejí ještě s dalšími proteiny na regulaci srážení krve (Volpe et al. 2013).

Dle Cobley a Marrin (2012) se u žen, které se začínají věnovat vytrvalostnímu sportu v mladším věku, objevuje větší riziko ztráty kostní hmoty než u žen, které začaly trénovat ve věku pozdějším, každopádně obě skupiny měly poměrně velké ztráty kostní hmoty ve srovnání se standardy.

Nedostatky se projeví poruchami krevní srážlivosti (Svačina & Štěpán 2008). Jako u ostatních vitamínů rozpustných v tucích závisí jeho absorpce na normálním toku žluči a pankreatické šťávy a absorpce souvisí i se zesílenou absorpcí dietního tuku, která když je vyšší, zvýší se i absorpce vitamínu. Zelená listová zelenina poskytuje velké množství vitamínu, obsahuje 50-800 µg/100 g potraviny. Menší množství se pak vyskytuje v mléce a mléčných výrobcích, vejcích, obilovinách a ovoci (Ottaway et al. 1993).

3.2.1.2 Vitamíny rozpustné ve vodě

Vitamíny rozpustné ve vodě – thiamin, riboflavin, niacin, pyridoxin, kyselina listová (folát), kyselina pantothenová, biotin, kyanokobalamin a kyselina askorbová (Tabulka 2) se v těle neukládají a denně je člověk vylučuje močí, proto je potřeba je přijímat v potravinách bohatých na vitamíny (Serra et al. 2015).

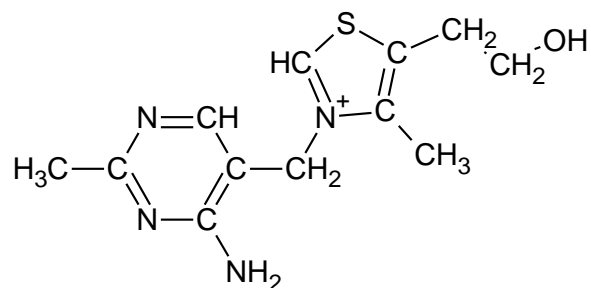
Tabulka 2 Metabolická funkce vitamínů rozpustných ve vodě

Vitamín	Metabolická funkce	Shrnutí výsledků
Thiamin (B1)	Metabolismus sacharidů	Studie Krinsky et al. (2005) předpokládá, že potraviny a to převážně ovoce a zelenina, které jsou bohaté na karotenoidy, snižují rizika některých onemocnění, zvláště různých druhů rakoviny a očních onemocnění.
Riboflavin (B2)	Transport mitochondriálních elektronů (jako FAD)	Woolf&Manore (2006) poskytují informace o tom, že riboflavin je základní složkou 2 koenzymů - flavinadenin dinukleotidu (FAD) a flavinmononukleotidu (FMN), kteří zprostředkovávají přenos elektronů v energetickém metabolismu.
Niacin (B3)	Více metabolických cest (jako NAD a NADP)	Ma Y et al. (2012) uvádí deriváty niacinu jako například NAD ⁺ , které jsou důležité v energetickém metabolismu nebo mitochondriálních funkcích.
Pyridoxin (B6)	Syntéza AMK	Dle Rousseau et al. (2005) aktivní forma pyridoxal fosfát slouží jako kofaktor pro enzymy zprostředkovávající transaminaci a deaminaci proteinů.
Folát	Syntéza červených krvinek	Folát je potřebný pro růst a syntézu buněk jako jsou červené krvinky a pro opravu poškozených tkání (Rousseau et al. 2005).
kyselina pantothenová	Oxidační metabolismus (jako CoA)	Kyselina pantothenová je součástí koenzymu A a acylového nosičového proteinu (Svačina & Štěpán 2008).
Biotin	Biosyntetické reakce	Je nosičem karbonylačních skupin při karbonylačních reakcích, dále se účastní syntézy MK nebo glukoneogenéze (Svačina & Štěpán 2008).
Kyanokobalamin (B12)	Syntéza červených krvinek	Kyanokobalamin je kofaktorem transmetylačních enzymů, které se účastní syntézy hemu, aminokyselin, nukleových kyselin nebo metabolismu MK (Svačina & Štěpán 2008).
kyselina askorbová	Antioxidant, syntéza catecholaminů, opravy tkání	Studie Lee et al. (2005) prokazuje antioxidantní účinky tohoto vitamínu a to díky schopnosti snižovat riziko KVO. Tokoferol spolu s kyselinou askorbovou blokuje vznik nitrosaminů (Rigotti et al. 2007; McAnulty et al. 2005).

Vitamíny B-komplexu mají dvě hlavní funkce, které přímo souvisí s cvičením: Thiamin, riboflavin, niacin, pyridoxin, kyselina pantothenová a biotin se podílejí na tvorbě energie ve formě ATP během výkonu (Woolf & Manore 2006). Folát a vitamín B12 jsou důležité pro tvorbu červených krvinek, syntézu bílkovin, opravy a starost o tkáně včetně CNS. (Volpe et al. 2006). Z těchto vitamínů je zastoupení riboflavinu, pyridoxinu, folátu a vitamínu B12 ve stravě sportovců ženského pohlaví obvykle nízké a to zejména u těch, kteří jsou vegetariáni nebo trpící poruchou stravovacích návyků (Woolf & Manore, 2006).

Vitamín B1 (Thiamin)

Nejvíce zkoumané formy thiaminu (obrázek 6) jsou thiaminmonofosfát (TMP), thiamin pyrofosfát (TPP) a thiamintrifosfát (TTP). Forma TPP tvoří asi 80 % thiaminu v těle. Podílí se na metabolismu sacharidů tím, že funguje jako kofaktor při přeměně pyruátu na acetyl-CoA, při syntéze NADPH, deoxyribózy a ribózy transketolázovou reakcí. Thiamin hraje roli i v metabolismu AMK a při vedení a přenosu nervů (Volpe et al. 2015).

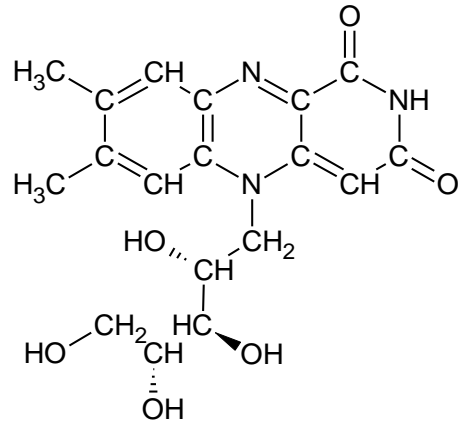


Obr. 6: Vzorec vitamínu B1

Jeho deficit může způsobit srdeční selhání, svalovou slabost, neuropatii a gastrointestinální poruchy. Celkově se tyto účinky dají označit jako nemoc beri-beri, která je dnes už vzácná (Volpe et al. 2015), protože hlavní potravinové zdroje thiaminu jsou dnes lehké dostupné (kvasnice, luštěniny, povrchové vrstvy obilovin, méně pak v mléce, mase a zelenině). Denní potřeba se pohybuje okolo 1,5-2 mg a je přímo úměrná výdeji energie (při zvýšené teplotě, svalové práci, těhotenství) a spotřebě sacharidů. Nadměrná konzumace alkoholu snižuje resorpci thiaminu (Svačina & Štěpán 2008).

Vitamín B2 (Riboflavin)

Tento vitamín (obrázek 7) je součástí flavoproteinových enzymů (flavinadenozindinukleotid – FAD, flavinmononukleotid – FMN, nikotinamidadenindinukleotid – NAD a jeho folát NADP) a podílí se na oxidačně redukčních reakcích.

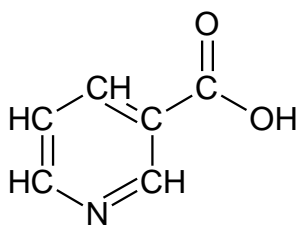


Obr. 7: Vzorec vitamínu B2

Riboflavin je důležitý při cvičení, protože zprostředkovává přenos elektronů, který je potřebný k produkci adenosintrifosfátu – ATP a studie nenaznačují nedostatek vitamínu B2 u sportovců (Woolf & Manore 2006). Nadbytek příjmu je eliminován močí. Denní doporučená dávka by se měla pohybovat okolo 1,5-2 mg (Volpe et al. 2015). Hlavními potravinovými zdroji jsou kvasnice, játra, povrchové vrstvy obilovin, maso a mléko a vlivem denního světla se rozkládá (Svačina & Štěpán 2008).

Vitamín B3 (Niacin)

Deriváty vitamínu B3 (obrázek 8), (NADH, NAD, NAD⁺ a NADP) jsou klíčové v metabolismu substrátu. Stále přibývají důkazy o tom, že NAD⁺ hraje velkou roli v mitochondriálních funkcích, energetickém metabolismu a homeostazi vápníku (Ma Y et al. 2012). Některé studie prokazují, že po podání malé dávky niacinu, (<1 g/den) se u sportovců zlepšila pohyblivost (Frankau 1993) avšak nikoliv vytrvalost (Hilsendager et al. 1994). Naopak velké dávky (doplněním hlavně kyseliny nikotinové) negativně ovlivňují koncentrace volných MK v plazmě během zátěže (Volpe et al. 2015).

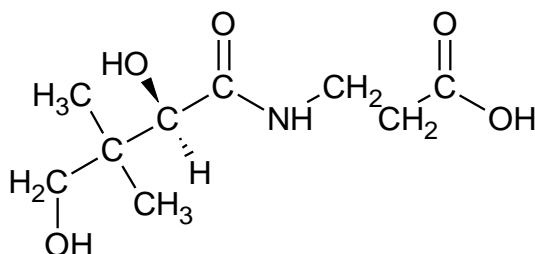


Obr. 8: Vzorec vitamínu niacinu

Nedostatek může vést k nemoci zvané pelagra, která se projevuje šupinatými kožními vředy, průjmem, duševním zmatkem a nakonec smrtí (Volpe et al. 2013). Tomu se dá předejít konzumací potravin obsahujících niacin jako kvasnice, otruby, tmavý chléb a maso. Denní potřeba se pohybuje mezi 16-22 mg. U lidí, kteří jsou převážně na kukuřičné stravě, může nastat riziko nedostatku (Svačina & Štěpán 2008).

Vitamín B5 (kyselina pantothenová)

Kyselina pantothenová (obrázek 9) je součástí koenzymu A a acylového nosičového proteinu (ACP), (Tahiliani & Beinlich 1991). Pro tento fakt je nepostradatelný pro metabolismus všech základních živin – metabolismus MK, AMK a sacharidů, syntézu cholesterolu, steroidních hormonů, vitamínů A a D (Svačina & Štěpán 2008).

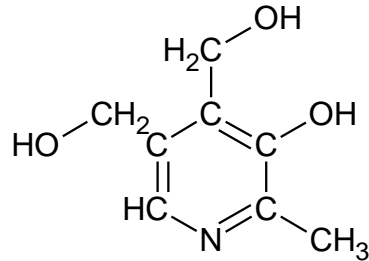


Obr. 9: Vzorec kyseliny pantothenové

Člověk by měl denně přijmout okolo 8-10 mg tohoto vitamínu. Vyskytuje se v potravinách jako maso, mléko, kvasnice, játra, žloutek, sója a mouka. Pro sportovní výkon není nijak významná (Svačina & Štěpán 2008).

Vitamín B6 (Pyridoxin)

Pyridoxal-5'-fosfát a pyridoxamin-5'-fosfát jsou aktivní koenzymové formy vitamínu B6 (obrázek 10). Tento vitamín se účastní stovky enzymových reakcí, jejichž hlavními funkcemi jsou metabolismus bílkovin, metabolismus AMK a transfery jedním kyslíkem (Purcell 2013).

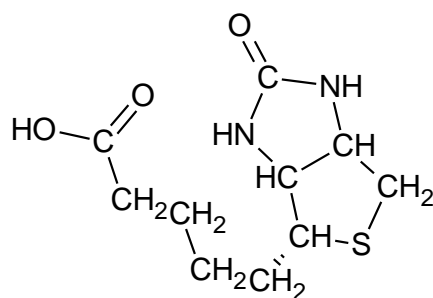


Obr. 10: Vzorec pyridoxinu

Pyridoxal fosfát působí jako kofaktor při glykolýze i glukoneogenezi, tudíž nevznikají tak vysoké ztráty. Ovšem bylo prokázáno, že cvičení zvyšuje ztrátu vitamínu B6 jako kyseliny 4-pyridoxové (Woolf & Manore 2006). Dále studie ukazují, že po doplnění vitamínu nad denní doporučenou dávku se výkon nezlepšuje (Linderman et al. 1994; Virk et al. 1999). Vitamin B6 je obsažen v široké škále potravin jako kvasnice, pšeničné klíčky, játra, sója, vnitřnosti a maso. Jeho potřeba je kolem 1,4-2 mg/den a závisí na množství přijímaných bílkovin (15-20 µg/g bílkoviny), (Svačina & Štěpán 2008). Běžně se také vyskytuje v multivitaminových a minerálních doplňcích (Volpe et al. 2015).

Vitamín H (Biotin)

Biotin (obrázek 11) je nosičem karbonylačních skupin při karbonylačních reakcích. Účastní se řady základních metabolických reakcí jako syntézy MK, glukoneogeneze a metabolismu leucinu (Svačina & Štěpán 2008). Dosud nebyla hlouběji zkoumána role biotinu při sportovním výkonu. Požadavek na denní příjem není znám, jsou založena pouze doporučení pro adekvátní příjem, které tvrdí, že biotin u mužů se pohybuje kolem 30 µg/den a u žen 35 µg/den (Lékařský ústav Biotin 2006).

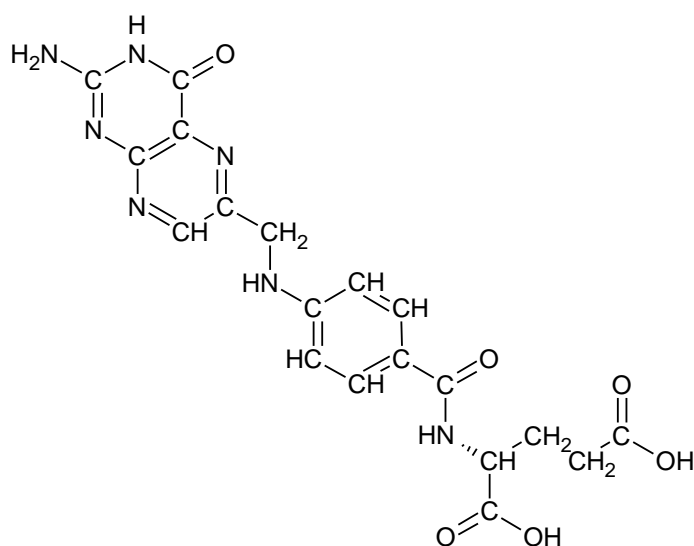


Obr. 11: Vzorec biotinu

Mezi potraviny, které jsou poměrně bohaté na tento vitamín, se řadí žloutek, játra, cereálie a zelenina. V potravinách je většinou vázán na proteiny a před vstřebáním vyžaduje hydrolytické uvolňování enzymu biotinidazy (Zempleni et al. 2012).

Kyselina listová (Folacin)

Folát se řadí do vitamínů skupiny B, zatímco kyselina listová (obrázek 12) je syntetická forma folátu a přidává se do doplňků stravy. Je nezbytná pro syntézu deoxyribonukleové i ribonukleové kyseliny (Rousseau et al. 2005). Dále studie Rousseau et al. (2005) uvedla, že je folát důležitý pro tvorbu červených krvinek a metabolismus a udržování normálních hladin homocysteinu. Při vyšších hladinách může nastat riziko KVO (Spolupráce homocysteinových studií 2002).

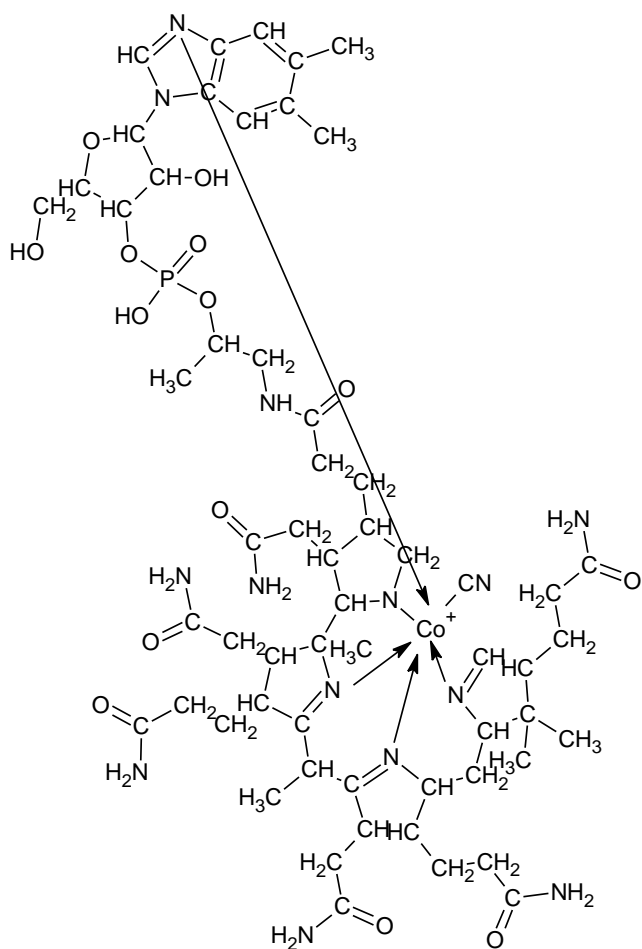


Obr. 12: Vzorec kyseliny listové

Kvůli důkazům akutních kardiovaskulárních příhod u maratónských běžců, Real et al. (2005) zhodnotil změny plazmatických koncentrací homocysteinu u 22 neprofesionálních mužských běžců den před a 24 hodin po skončení 42 kilometrového maratonového závodu. Žádný ze sportovců nebyl doplněn vitamínem B6, vitamínem B12 nebo folátem. Po maratónu nebyly zaznamenány žádné změny v plazmatické koncentraci folátu nebo plazmatických koncentrací vitamínu B12, avšak po maratónu došlo k 19% zvýšení plazmatických hladin homocysteinu (Purcell 2013). Co se týče denních potřeb, doporučená dávka folátu je cca 400 µg, tato hodnota se ale zvyšuje při těhotenství a laktaci na 600-500 µg/den. Nachází se ve většině přírodních potravin, ale je vysoce náchylný k oxidačnímu poškození, proto je obsah folátů v potravinách lehce zničen teplem (Volpe et al. 2013). Studie Melse-Boonstra et al. (2002) odhaduje, že přibližně 2/3 celkového příjmu folátu je v polyglutamylové formě, která je odvozená hlavně ze zeleniny.

Vitamín B12 (Kyanokobalamin)

Kyanokobalamin (obrázek 13) se účastní syntézy hemu, AMK, nukleových kyselin a metabolismu MK, je totiž kofaktorem transmetylačních enzymů, které tyto reakce zprostředkovávají (Svačina & Štěpán 2008). Je také zodpovědný za přeměnu homocysteinu na metionin (Marti-Carvajal et al. 2013).



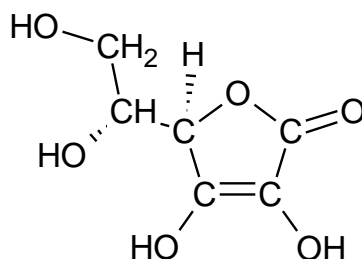
Obr. 13: Vzorec vitamínu B12

Zásoby vitamínu B12 má každý člověk v játrech. V přírodě je syntetizován mikroorganismy a z toho důvodu se v rostlinných potravinách nevyskytuje. Malé množství se nachází v luštěninách. Studie Montoye et al. (1999) prokazuje, že doplnění kyanokobalaminu má přínos pouze v případě jeho nedostatku.

Vitamín C

V živých buňkách je vitamín C (obrázek 14) ve dvou formách – kyselina askorbová a kyselina dehydroaskorbová. Jako kofaktor se podílí na syntéze katecholaminů, kolagenu a karnitinu (Naziroglu et al. 2010), na detoxikaci cizorodých látek (Bundesen et al. 1990) a v neposlední řadě na přeměnu cholesterolu na žlučové kyseliny (Gauche et al. 2006). Vitamín C působí příznivě na resorpci železa z trávicího traktu (Khalid et al. 2004), inhibuje tvorbu karcinogenních nitrosaminů (Tannenbaum et al. 1991), dokáže obnovit oxidovaný tokoferol

na jeho aktivní redukovanou formu (Hacisevski 2009), ovlivňuje permeabilitu buněčných membrán (Tian et al. 2009) a je silný antioxidant (Padayatty et al. 2003).



Obr. 14: Vzorec vitamínu C

Příjem pod 10 mg/den může způsobit deficit a nemoc zvanou kurděje, která se projevuje malátností, onemocněním dásní nebo špatným hojením ran (Svačina & Štěpán 2008). Obecně platí, že dávka 0,2-1 mg/den snižuje oxidační stres, ale nezvyšuje atletický výkon. Dávky větší jak 1 mg/den mohou zhoršit výkonnost díky snížení mitochondriální biogeneze (Volpe et al. 2013).

3.2.2 Minerály a stopové prvky

Minerály patří mezi anorganické látky, které se přirozeně vyskytují v potravinách. Jsou u člověka nezbytné hlavně pro metabolické a fyziologické procesy lidského těla. Minerály se dají rozdělit na makrominerály a stopové prvky. Sportovci by měli dodržovat příjem správného množství minerálů, protože jejich nedostatek může ovlivnit zdravotní stav a sportovní výkonnost (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005).

3.2.2.1 Makrominerály

Zatímco makronutrienty (sacharidy, bílkoviny, tuky) představují zdroj energie pro naše tělo, minerály umožňují rozklad a využití této energie (Purcell 2013).

Vápník

Vápník je důležitý pro zdravé kosti a zuby (tvoří 80%), pomáhá k relaxaci svalů (Bremmer K. et al. 2001), je důležitý v oblasti nervové soustavy (Kreider R. et al. 2002), přispívá ke zdravému imunitnímu systému (Walleczek 1992) a v neposlední řadě se podílí na regulaci krevního tlaku a srážení krve (Calatzis et al. 2001).

U sportovců s pravidelným tréninkem je pravděpodobná snížená hladina steroidních hormonů. Estrogen podporuje udržení kostní hmoty u žen a nízké hladiny proto způsobují její ztrátu. Ženy s nízkou hmotností a nízkým tělesným tukem mají i snížený příjem energie tedy i vápníku navzdory vysokým fyzickým zátěžím, to ohrožuje celkové zdraví kostí. Naopak vysoká hladina vápníku v krvi vede k pocitu žízně, podrážděnosti, nechuti k jídlu a celkové únavě a slabosti (Volpe et al. 2015).

Výživa s vysokým obsahem bílkovin a potraviny obsahující sodík, fytyáty, kyselinu šťavelovou a kofein mohou snižovat biologickou dostupnost a absorpci vápníku (Volpe et al. 2015). Jeho nedostatek (hypokalcémie) se následně může projevit ve formě tzv. muskuloskeletárních křečí a záškubů, zejména u prstů a obličeje, brnění a necitlivost v důsledku zvýšené neuromuskulární aktivity. Při nízké koncentraci vápníku v krvi závisí absorpce na aktivaci vitamínu D (Mann et al. 2002). Navíc také cvičení může vést k menší ztrátě vápníku potem. Svalové buňky mohou do určité míry čerpat ze zásob uložených v kostní tkáni (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005).

Proto je důležité přijímat tento prvek v dostatečném množství (muži 800 mg/den, ženy 1200 mg/den), (Serra et al. 2013), které poskytují potraviny jako je: zelenina (převážně zelená), luštěniny, mléko a mléčné výrobky, ryby (Gharibzahedi et al. 2017).

Hořčík

Hořčík se nachází v kostech (50-60 %) a hormon parathormon je závislý na tomto prvku kvůli regulaci vápníku v kostech. Jeho nutnost je i u pohybu draslíku z buněk myokardu. Snížení sérového hořčíku může vést k hypokalcemii (Chennuruet al. 2008), tetanii (Attygalle & Rodrigo 2002), třesům nebo svalové slabosti (Watson et al. 2013). Je potřebný pro tvorbu bílkovin (Druprup & Clausen 1991), mineralizaci kostí (Castiglioni et al. 2013), svalovou kontrakci (Gourgoulisanis et al. 2001), imunitní systém (Haymes 1991) a přenos vzruchu v CNS (Lancet 2004).

Dle studie Golf et al. (1993) poskytli atletům buď suplementaci ve formě asparátu hořečnatého v dávce 360 mg nebo placebo každý den po dobu 3 týdnů. Atleti s doplňkem hořčíku měli po cvičení nižší aktivitu celkové sérové kreatinkinázy a izoenzymu kreatinkinázy z kosterního svalstva než ti, co užívali placebo. V další studii veslaři beroucí stejné množství doplňku hořčíku po dobu 4 týdnů měli nižší koncentraci laktátu v séru a zlepšenou kardiorespirační funkci během submaximálního zátěžového testu (Ripari et al. 1994). Aby nedošlo k nedostatku hořčíku, je nutné ho doplňovat potravinami, ve kterých se

vyskytuje. Obsažen je hlavně v zelené a listové zelenině, ořeších, mléku a mléčných výrobcích, mořských plodech a třeba i v čokoládě (Gharibzahedi et al. 2017).

Draslík, sodík, chlór

Draslík hraje hlavní roli ve svalové kontrakci a v nervových funkcích. Udržuje krevní tlak a eliminuje odpadní látky (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005). Je prokázáno, že dlouhodobé fyzicky náročné cvičení narušilo proces transportu draslíku při výkonu svalu. Tím se může zvýšit jeho koncentrace v kosterním svalu, kdy dojde k vývoji únavy během cvičení (Volpe et al. 2013). Nedostatek až na výjimečné případy nenastává. Draslík přijímáme v potravinách typu: čerstvé a sušené ovoce, zelenina, luštěniny, maso, ryby (losos), mléko a mléčné výrobky a celozrnné pečivo (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005).

Tento prvek je spolu se sodíkem a chloridem potřebný pro správnou rovnováhu tekutin. Sodík je dále důležitý pro srdeční funkci, svalovou kontrakci a centrální nervovou soustavu (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005). Sodík lidské tělo vylučuje především potem. Pot je pro tělo jako vedlejší produkt termoregulace. Pro sportovce může intenzita cvičení nebo podmínky jako zvýšená teplota nadměrně zvýšit ztráty potu. Na základě toho musí být upravena i výživa sportovce obohacená hlavně o sodík a chlorid (Volpe et al. 2013).

Zdravý dospělý by měl každý den přijmout 1,5 g sodíku a 2,3 g chloridu nebo 3,8 g soli, aby se vyrovnaly ztráty potem (Volpe et al. 2013). Nachází se například v: zelenině, masu, rybách, stolní soli, ve velkém množství zpracovaných potravin jako je třeba sojová omáčka, instantní polévky, pečené a solené ořechy a semena (dýňová) apod. (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005).

Fosfor

Fosfor najdeme v každé buňce, je důležitý pro zdravé zuby a kosti (Bremner et al. 2002), je ho potřeba pro syntézu bílkovin, které zajišťují růst, podílí se na ATP a výrobě energie (Kreider et al. 1990). Spolu s vitamínem B pomáhá správné funkci ledvin a nervové soustavy, svalové kontrakci a pravidelnému srdečnímu tepu.

Fosfor lze najít v potravinách jako: semena (například dýně), luštěniny (fazole, čočka), hovězí maso (svíčková), ryby (losos), drůbež, vejce, sýr nebo sójové produkty (tofu), (Gharibzahedi et al. 2017). Ačkoliv je fosfor v potravinách dobře zásobován, může nastat nedostatek, který má za následek anorexii, svalovou slabost, bolest kostí, křivici nebo zmatenost. Naopak jeho vysoký příjem může způsobit snížení sérové koncentrace vápníku a

inhibovat tvorbu aktivního vitamínu D, což vede ke zvýšení sekrece parathormonu. Zvýšené hladiny parathormonu mají za následek úbytek kostní hmoty z toho důvodu, aby se udržely koncentrace vápníku v séru (Volpe et al. 2015).

Sportovci často konzumují fosfor ve větší míře. Cílem je zlepšit oxidaci tkáně zvýšením koncentrace erytrocytů 2,3-difosfoglycerátu. Zatížení fosfátem může zlepšit atletický výkon a to díky zlepšení uvolňování kyslíku v tkáních. Fosforečnan sodný ve formě kapslí je doplňován v dávce 3–5 g/den po dobu 3–6 dnů (Volpe et al. 2013).

3.2.3 Stopové prvky

Minerály jsou důležité pro širokou škálu metabolických a fyziologických procesů v našem těle. Mnohé z procesů jsou během cvičení zrychleny, proto je zásadní dbát na dostatečné množství všech potřebných prvků (Ziegler et al. 2002).

Železo

Železo se považuje za jeden z nejdůležitějších prvků, jelikož má pozitivní vliv na sportovní výkonnost. Nachází se v hemoglobinu, myoglobinu, cytochromu a různých enzymech, které jsou součástí svalových buněk. Ty hrají významnou roli v dopravě a metabolismu kyslíku pro výrobu aerobní energie během vytrvalostního cvičení (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005). Velmi často může nastat nedostatek železa neboli anémie, která zapříčiní snižování výkonů svalstva. Příčiny nedostatku mohou být různé. U atletických jedinců může dojít k úniku myoglobinu, gastrointestinální ztráty, ztráty potem a velké menstruační ztráty (Gharibzahedi et al. 2017). Je to ale také silný oxidant a při vyšších koncentracích může být i toxický, z toho důvodu by mělo být železo doplňkem jen pro ty, kteří mají deficit (Volpe et al. 2015). Železo může přijímat v potravě jako je: zelenina a ovoce, ořechy, fazole a luštěniny, mořské plody, hovězí a jehněčí maso, drůbež, vejce, chleby a obiloviny obohacené o Fe a další (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005).

Zinek

Zinek obsažený v lidském organismu u dospělých lidí se pohybuje kolem hodnot 1,2–2,3 g a nachází se ve všech tkáních. Vysoká koncentrace je v žilách oka a prostatické žláze, ale nejvíce se zinek vyskytuje v kostech a svalech. Koncentrace zinku v plazmě je 15 $\mu\text{mol/l}$ (10–20 %), z toho dvě třetiny jsou vázané na albumin, nejvíce zinku je v červených krvinkách. Bylo prokázáno, že příjem zinku, který je 10x vyšší než DDD snižuje imunitní

funkce (Chandra 1999), snižuje HDL cholesterol (Fosmire 1990) a naopak zvyšuje LDL cholesterol (Foster et al. 2010). Díky tomu se nedoporučuje přijímat doplňky s obsahem zinku vyšším než 15 mg/den (Volpe et al. 2015). Můžeme se setkat i s nedostatkem, který bývá například z přijímání obilovin, které mají velké množství fytátu, ten zabraňuje absorpci zinku. Další formy nedostatku se mohou projevit jako různé kožní léze, špatná hojivost ran, ztráta chuti nebo deprese (Mann et al. 2002). U atletů může nedostatek zinku způsobit výraznou ztrátu hmotnosti, která může vést až k anorexii, latentní únavě se sníženou vytrvalostí nebo riziku osteoporózy (Micheletti et al. 2001), ovšem nebyly prokázány větší ztráty u sportovců s dostatečným příjmem zinku. Je nezbytné přijímat zinek z potravin jako je ovoce a zelenina (zralé plody, pšeničné klíčky, špenát, dýně), ořechy, fazole, bílé houby, hovězí a jehněčí maso, drůbež, ryby, vepřové, ale i třeba čokoláda a kakaový prášek (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005).

Měď

U dospělého člověka je obsah mědi asi 100 mg, které jsou rozmístěny nejvíce v kůži, kosterním svalstvu, kostní dřeni, játrech a mozku. Koncentrace v plazmě je jako u zinku 15 $\mu\text{mol/l}$. Absorbovaná měď se přivádí do jater albuminem, kde se naváže na ceruloplasmin (Mann et al. 2002). Měď tvoří strukturní část mnoha enzymů například superoxiddismutasu. Dokáže regulovat homeostázu železa (Arredondo & Núñez 2005), stimulovat imunitní systém proti infekcím (Morris J. et al. 2008), podporuje hojení (Kornblatt et al. 2016) a pomáhá vychytávat volné radikály (Knott P. et al. 2011).

Můžeme se také setkat s nedostatkem mědi v podobě anémie, neutropenie (nízká hladina neutrofilů), demineralizace skeletu, snížený tón pleti, neurologické příznaky a nepigmentované vlasy (Mann et al. 2002). Doplnovat ho můžeme potravinami, jako jsou luštěniny, ořechy, celozrnné obiloviny, hovězí maso, sušené ovoce, avokádo, vnitřnosti, pitná voda a třeba kozí sýr (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005).

Bór, chróm, jód

Bór je důležitý pro uchování jiných minerálů (například Mg a P), (Meacham et al. 1995), zlepšuje koncentraci estrogenů u postmenopauzálních žen a zdravých mužů (důležitý pro udržování zdravých kostí), (Naghii 1999), dokáže odstranit kvasinky při vaginální infekci ve formě kyseliny borité (Nagashima et al. 2016), udržuje funkci buněk a orgánových membrán (Devirian & Volpe 2003). Potřeba bóru se pohybuje mezi 0,5–3,1 mg/den. Nebohatší zdroje potravin jsou ovoce, listnatá zelenina, ořechy a mandle (Mann et al. 2002).

Chrómov se nejčastěji vyskytuje ve dvou formách: chróm III a chróm IV, avšak chróm III se nachází častěji v potravinách díky své stabilitě a je důležitý v metabolismu sacharidů, lipidů a bílkovin (Volpe et al. 2013). Chróm úzce spolupracuje s inzulínem tak, že reguluje hladinu cukru v krvi (glukózu) a dokáže stimulovat syntézu mastných kyselin a cholesterolu (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005). Denní příjem trojmocného chrómu je v rozmezí 13 µg do 61 µg. Je obsažen v potravinách, jako je například: čerstvé ovoce a zelenina, maso a sýry. Chudým zdrojem jsou obiloviny. Trojmocný chróm se špatně absorbuje (0,5 %), ale nevyskytly se žádné toxické účinky jako tomu je u chrómu šestimocného. Ten může způsobit nekrózu ledvin a jater (Mann et al. 2002).

Jód je klíčovou složkou hormonů produkovaných štítnou žlázou, která je zodpovědná za řadu důležitých činností v těle, kam se řadí: růst, vývoj, metabolismus, reprodukce, CNS, svalové funkce, tvorba krevních buněk a udržování tělesné teploty (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005). Aby nedošlo k nedostatku jódu, je důležité přijímat potraviny bohaté na tento prvek, jsou takové potraviny, pěstované na půdách obsahující velké množství jódu. Řadí se sem: brambory, jahody, brusinky, sušené švestky, fazole, samozřejmě také mořské plody (krevety, treska), mléčné výrobky, vejce a jodizovaná sůl (Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005).

3.3 Tekutiny

Dodržení dostatečného příjmu vhodných tekutin je ztěženo jak z hlediska výkonu, tak z hlediska bezpečnosti. Je zapotřebí zvýšit příjem tekutin z důvodu velkých ztrát potem. U sportovců může nesprávný příjem tekutin vést až k takzvané hyponatrémii, což je porucha složení vnitřního prostředí organismu, která je doprovázena poklesem koncentrace sodného kationtu v krvi. Hyponatrémie je způsobena především nadměrným příjmem tekutiny při stresové situaci (Asker 2011). Z těchto důvodů se vyžaduje, aby sportovec přijmul tekutiny a vyrovnal tak ztráty způsobené potem, aniž by přijímal více tekutiny, než tělo ztratilo. Rozdíly v příjmu pak mohou nastat u mladších a naopak starších sportovců, kteří se potí nestejně, další rozdíly jsou rozdíly v genetice a aklimatizaci. Kvůli tomu není možné stanovit přesné hodnoty doporučené pro sportovce (Bagchi et al. 2013).

Sportovci by měli sledovat změny tělesné hmotnosti, které se dostavují během tréninku. Pokud se během tréninku hmotnost sníží, měl by se příjem tekutin zvýšit a opačně pokud se váha zvýší, příjem by se měl snížit (Bagchi et al. 2013). Před aktivitou (2-3 hodiny)

by sportovci měli konzumovat 400-600 ml studené vody. Pokud je délka tréninku do 1 hodiny, je voda dostatečná. Pokud je ale trénink delší než 60 minut, doporučuje se konzumovat každých 15-20 minut 150-300 ml tekutiny. U událostí trvajících déle než jednu hodinu a nebo při horkém počasí se doporučují sportovní nápoje s obsahem 6% uhlovodíků a 20-30 mEq/l chloridu sodného, které dokáží nahradit zásoby energie a ztráty vody. U sportovců, kteří nejsou vytrvalí sportovci, se nedoporučuje užívání nápojů obsahujících sacharidy z důvodu rizika nadváhy nebo obezity (Asker 2011).

3.4 Výživové doplňky

Dle zákona č. 456/2004 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích (úplné znění zákona č. 110/1997 Sb.) je doplňkem stravy potravinou, jejímž účelem je doplňovat běžnou stravu a která je koncentrovaným zdrojem vitaminů a minerálních látek nebo dalších látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem, obsažených v potravine samostatně nebo v kombinaci, určená k přímé spotřebě v malých odměřených množstvích. Doplňky stravy upravuje dále vyhláška č. 225/2008 Sb., kterou se stanovují požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin. Tato vyhláška nahradila původní Vyhlášku č. 446/2004 Sb. a zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropských společenství upravuje a) požadavky na složení doplňků stravy, jejich označování a způsob použití doplňků stravy, b) podmínky přidávání dalších látek do potravin s výjimkou doplňků stravy.

Velký počet sportovců se domnívá, že normální strava je nedostatečná pro jimi požadovaný výkon a uchýlí se k doplňkům ve snaze zlepšit stravování a sportovní výsledky. Ovšem dobře zvolené potraviny by měly poskytnout všechny potřebné živiny a použití doplňků by nemělo být považováno za náhražku. Obecně platí, že by se všechny doplňky měly užívat pouze v případě deficitu, který byl potvrzen analýzou krve, a nebo jako krátkodobé řešení pod klinickým dohledem. Důkazy o účinnosti výživových doplňků jsou bohužel jen u malého množství, a proto si uživatel musí dávat pozor na jejich složení a dávkování (Williams & Melvin 2005). Tabulka 3 uvádí příklady doplňků rozdělené podle daného sportovního cíle. Výživový doplněk by měl obsahovat alespoň jednu z těchto dietních složek: vitamíny, minerální látky, byliny nebo aminokyselinu (Williams & Melvin 2005).

Tabulka 3 Rozdělení výživových doplňků ve sportovní výživě (Maughan et al. 2007)

Sportovní cíle	Příklady
Růst a úprava svalové hmoty	Proteinový prášek, proteinový hydrolyzát, AMK a esenciální AMK, HMB (hydroxymethylbutyrát)
Redukce tuku	Pyruát, kofein, karnitin, mahuang (Chvojník čínský)
Metabolismus cvičení	Sacharidy, kofein, hydrogenuhličitany, kreatin
Regenerace	Všechny proteinové prášky, proteinové izoláty a hydrolyzáty, proteiny - sacharidové tyčinky a nápoje, ženšen
Zdravé klouby	Glukosamin, chondroitin sulfát
Všeobecné zdraví	Vitamíny, minerály, pupalkový olej
Imunitní funkce	Echinacea, antioxidanty, zinek, glutamin, lykopeny, pycnogenol
Stimulace CNS	Taurin, kofein, guarana
Náhražky jídla	Tekuté pokrmy, sportovní tyčinky, uhlohydrátové gely
Tekutiny a elektrolyty	Sportovní nápoje, elektrolytové doplňky

Většina publikovaných studií se shodují, že druhy používaných doplňků se liší dle typu sportu, pohlaví a úrovně konkurence. Takzvaná výživa ergogenní, která spočívá ve zvýšení výkonnosti a schopnosti práce buď ovlivněním nějakého aspektu v energetickém metabolismu nebo působením na nervový systém při nabírání tělesné hmotnosti nebo svalové hmoty díky stimulaci syntézy bílkovin nebo při snižování tělesného tuku (Maughan et al. 2007).

3.4.1 Aminokyseliny a syrovátkové proteiny

Protein je jeden z nejžádanějších a nejoblíbenějších doplňků ve sportu. Slouží pro dosažení retence nitrátů a zabránění katabolismu bílkovin (Hughes et al. 2000), podporují

svalové a lyzogenní resyntézy, syntézy hemoglobinu, myoglobinu, oxidačních enzymů a mitochondrií během aerobního cvičení (Tipton & Wolfe 2004). Každá bílkovina se skládá z 20 různých AMK, které pokud se používají individuálně, jsou chápány jako doplňky stravy pro aktivní sportovce. Hlavní úloha AMK by měla směřovat ke zvýšení a zlepšení výkonu způsoby jako je zvýšení sekrece anabolických hormonů, doplnění paliva během výkonu nebo předcházení nepříznivým účinkům v situacích přetřénování a duševní únavě. Jednotlivé AMK a jejich kombinace mají své ergogenní účinky (Rawson et al. 2003). Studie Bos C. et al. (1999) tvrdí, že syrovátkové proteiny a AMK, které jsou jejich součástí, se účinně podílí na syntéze proteinů. Faktory ovlivňující tuto účinnost jsou především dávka a složení směsi AMK nebo proteinu. Dále bylo zjištěno, že konzumace 6 g esenciálních AMK v porovnání s konzumací 6 g směsi AMK (3 g esenciální + 3 g neesenciální AMK), je pro stimulaci svalových proteinů dostatečná (Williams 1995).

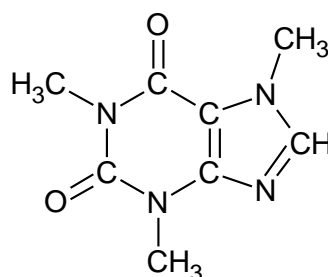
Syrovátkové bílkoviny obsahují velké množství AMK s rozvětveným řetězcem (26 % BCAA). Významnou a zajímavou roli hraje v tomto ohledu leucin vyskytující se v syrovátce. Je důležitý v metabolismu proteinů a byl charakterizován jako tzv. klíčový signál v translační iniciační cestě syntézy svalových proteinů (Williams 1995). Nedávné studie Zemel et al. (2003), Davies et al. (2000) a Shi H. et al. (2001) ukazují, že vápník spolu se směsí z mléčných výrobků snižuje hromadění tělesného tuku. Tento fakt objasnil Zemel et al. (2003) u lidských adipocytů a u myšního modelu obezity. Tím pádem dieta s vysokým obsahem vápníku inhibuje vysoké hladiny kalcitrofních hormonů (parathormon a vitamín D), které podporují ukládání lipidů při malém příjmu vápníku (Williams 1995).

S tvrdým tréninkem se zvyšují i požadavky na příjem bílkovin. Často se uvádí, aby tento příjem byl o 50-100 % vyšší než je to u neaktivních jedinců (Tarnopolsky 2007). Tento vysoký příjem bílkovin lze dosáhnout výběrem vhodných potravin bohatých právě na bílkoviny, ovšem většina těchto potravin obsahuje vedle velkého množství bílkovin také vyšší množství tuku. Proteinové doplňky nabízí vysoký příjem bílkovin, aniž by se příjem tuku výrazně zvýšil. Nejčastější konzumace je ve formě mléčných bílkovinných nápojů, které jsou pro sportovce vhodný a rychlý způsob (Williams & Melvin 2005).

3.4.2 Kofein

Kofein z chemického hlediska 1,3,7 – trimethylxanthin (obrázek 15) se dá považovat za nejběžnější stimulační lék na světě, který se běžně nachází v různých potravinách a nápojích. Působení kofeinu na centrální nervovou soustavu je poměrně malé a jen mírně

návykové. Konzumace není zakázána, ale existuje limit například v některých soutěžích, kdy obsah kofeinu v moči sportovce nesmí překročit 12 mg/den (Maughan et al. 2007).



Obr. 15: Vzorec kofeinu

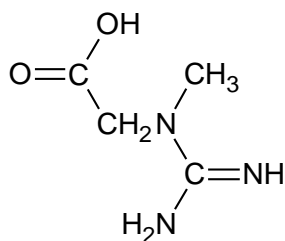
Některé studie (Spriet 1997; Hawley 1998) prokazují, že kofein zvyšuje oxidaci tuků, cirkulační hladiny volných MK, snižuje svalový glykogen a zvyšuje výkon. Předpokládá se tedy, že konzumace kofeinu zvyšuje hladiny volných MK, tím pádem dojde ke glykogen šetřícímu účinku, protože tělo začne využívat jako zdroj energie MK (Mahady et al. 2000). Další průzkum (Spriet & Howlett 2000) se domnívá, že kofein ovlivňuje aktivitu Na⁺/K⁺ ATPázy, vazbu Ca v kosterním svalstvu nebo může mít přímé účinky na řadu enzymů včetně glykogen fosforylázy. Zda mohou nastat tyto všechny účinky kofeinu, který je přijímán v mírných dávkách, je zatím nejasné (Maughan et al. 2007). Studie Collomp et al. (2000) zkoumali účinky kofeinu u trénovaných i netrénovaných plavců. Byla pozorována rychlost plavání a koncentrace laktátu v krvi. Plavci plavali 2x 100 metrů při maximální rychlosti, jednou při podání 250 mg kofeinu a po druhé při podání placeba. Testy byly odděleny 20 minutovou pauzou sloužící k zotavení. Výsledky ukázaly, že rychlost trénovaných plavců byla výrazně lepší po užití kofeinu a koncentrace laktátu v krvi byla zvýšena u trénovaných i netrénovaných plavců (Maughan et al. 2007).

Jako každý „lék“ má i kofein nežádoucí účinky, mezi které se nejčastěji řadí nespavost (Wolinsky & Hickson 2002), bolest hlavy (Altermann et al. 2008), podráždění trávicího traktu (Fett 2000) nebo diuretický účinek (Wemple et al. 1997).

3.4.3 Kreatin

Kreatin (methyl-guanidin-octová kyselina), (obrázek 16) se v lidském těle vyskytuje ve formě fosforylované, která tvoří 60 % zásob a zbylých 40 % je ve formě volné. Mladý muž

s tělesnou hmotností 70 kg má přibližně 120–140 g zásob kreatinu v těle, zbytek tělo přijme potravou (Kraemer et al. 2008).



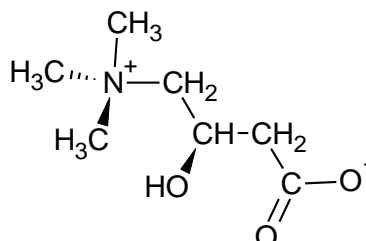
Obr. 16: Vzorec kreatinu

Lidské tělo potřebuje asi 2 g/den. Strava s obsahem masa obvykle poskytne 1 g/den. Zbytek si tělo syntetizuje z AMK dodaných z potravy (Williams & Melvin 2005). Pro jeho syntézu jsou potřeba 3 AMK – glycin, arginin a metionin a 3 enzymy L-arginin: glycinamidinotransferáza, guanidinoacetátmethyltransferáza a methioninová adenosyltransferáza (Kraemer et al. 2008). Kreatin má neuromuskulární vlastnosti, které zvyšují výkonnost v krátkém čase převážně při anaerobním přerušovaném cvičení (Kraemer et al. 2008). Při intenzivním cvičení je kreatin důležitým zdrojem energie zvláště při potřebách rychlého zotavení. Existují důkazy, že doplnění kreatinu může zvýšit množství kreatinu ve svazech, je to z toho důvodu, že jeho příjem je stimulován inzulínem a používání doplňků v kombinaci s doplňky AMK-bílkovin a sacharidů tak může zvýšit koncentrace ve svazech. To je někdy spojeno se zvýšením hmotnosti přibližně o 1-4 kg, což v některých sportech může být výhodou, ale i nevýhodou pro sporty ostatní (Williams & Melvin 2005). I přesto že je suplementace kreatinu účinnější spíše při anaerobním cvičení, existují důkazy o pozitivních účincích na vytrvalostní výkon (Kraemer et al. 2008). Výsledky zkoumání účinků kreatinu uvádí, že u 46-92 % atletů se zvýšila síla, u 55-85 % se zvětšila velikost svalů, u 27- 47 % se zvýšila tělesná hmotnost a u 81 % bylo pozorováno rychlejší zotavení (Cooper et al. 2012).

Kreatin se nevyskytuje na dopingovém seznamu a jeho příjem je u zdravých osob bezpečný (Williams & Melvin 2005).

3.4.4 Karnitin

Přírodně se vyskytující sloučenina L-3-hydroxytrimethylaminobutanoát (obrázek 17), která může být u savců syntetizována z AMK lysinu a metioninu nebo přijímána potravinami jako červené maso nebo mléčné výrobky (Kon et al. 2007).

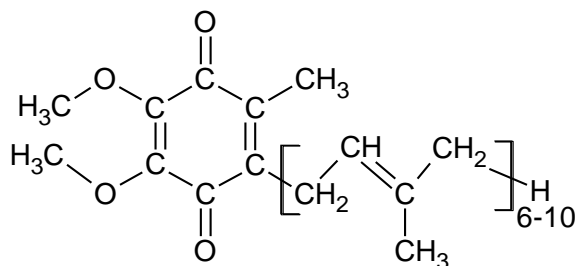


Obr. 17: Vzorec L-karnitinu

Primárně se vyskytuje v kosterním svalstvu a také plazmě. Je důležitý pro transport MK s delším řetězcem přes mitochondriální membrány (Karlic et al. 2004). Tento fakt vede k přesvědčení, že karnitin by měl zlepšovat vytrvalostní výkon nebo maximalizovat spotřebu kyslíku. Může potencionálně zlepšit průtok krve a regeneraci tkání, kterým dodává kyslík a tím tak snížit hypoxii vyvolanou fyzickou námahou (Kon et al. 2007).

3.4.5 Koenzym Q10

S CoQ10 (obrázek 18) se můžeme setkat i pod názvem ubichinon. Tato vitamínu podobná látka je rozpustná v tucích a je tedy přítomná ve vnitřní hydrofobní fosfolipidové dvojvrstvě všech buněčných membrán. Za hlavní funkci ubichinonu považujeme zvýšení mitochondriální aktivity, která souvisí se syntézou ATP. Další roli hraje jako antioxidant jak v mitochondriích, tak v lipidových membránách, kde inhibuje peroxidacituků a to buď přímo záchytem ROS nebo ve spojení s α -tokoferolem (Kon et al. 2008).

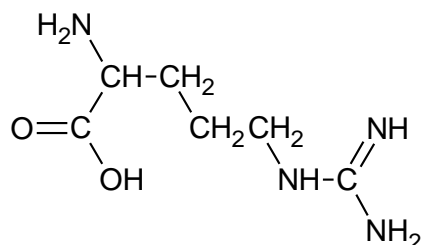


Obr. 18: Vzorec koenzymu Q10

Studie Okamoto et al. (1995) prokazují, že CoQ10 dokáže chránit buňky kosterního svalstva před uvolňováním LDH a dokonce se objevily zmínky o snížení oxidačního poškození jater po reperfuzi (obnovení krevního průtoku ischemickou tkání nebo orgánem) po ischemii právě díky CoQ10 (Kon et al. 2008). I přesto že se CoQ10 vyskytuje převážně v mase a rybách, jeho množství v nich je poměrně malé. Synteticky vyrobený CoQ10 je proto užíván lidmi, kteří dbají na své zdraví a vytrvalostními sportovci. Je to z toho důvodu, že při fyzicky náročném cvičení se množství ROS (reaktivní druhy kyslíku) zvyšuje přibližně 10–20x. Existují důkazy o tom, že ROS dokáže vyvolat svalovou únavu až poranění a tím následně snížit výkon (Hsu et al. 2011). Proto je důležité zvýšit působení antioxidantů ve tkáních, aby zachytily ROS vznikající při namáhavém cvičení (Kon et al. 2008).

3.4.6 BCAA a L-arginin

BCAA je označení pro řetězec AMK (leucin, izoleucin a valin), který se používá jako doplněk stravy v tekuté formě. Tento nápoj obsahuje ještě dvě látky – L-arginin (obrázek 19) a sacharidy, důležitý metabolický substrát, který během aerobního i anaerobního metabolismu poskytuje energii. Suplementace BCAA může zvýšit kvalitu a kapacitu vytrvalostního tréninku (Matsumoto et al. 2009), zvýšit syntézu proteinů (Alvestrand et al. 2000) a zmírnit rozpad svalových proteinů (Coombes et al. 2000) nebo podpořit regeneraci po výkonu (Rennie 1996).



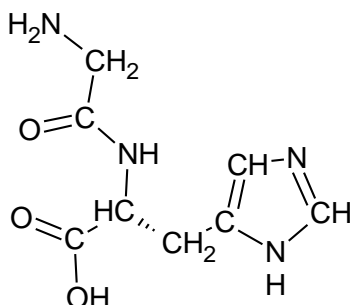
Obr. 19: Vzorec L-argininu

Arginin můžeme považovat za silný stimulant růstového hormonu a inzulinu (Campbell et al. 2004). Je to podmíněně esenciální bazická AMK, která je využita v různých metabolických drahách, které produkují biologicky aktivní sloučeniny jako například oxid dusnatý, kreatin, agmatin, glutamát, polyaminy, ornitin a citrulin. Hlavní funkce argininu je účast na syntéze proteinů nebo se podílí na detoxikaci amoniaku při katabolismu dusíku prostřednictvím močoviny (Sale et al. 2010). Včetně těchto funkcí má arginin ergogenní potenciál a to ze tří důvodů: a) jeho úloha v sekreci růstového hormonu, b) zapojení do

syntézy kreatinu a c) role při syntéze oxidu dusnatého (Sale et al. 2010). Zapojení argininu jako doplněk stravy je tedy pro sportovce přínosné vzhledem k tomu, že má potenciál zvýšit endogenní růstový hormon a je prekurzorem kreatinu. DDD se uvádí mezi 3–9 g pro zlepšení fyzického výkonu (Sale et al. 2010).

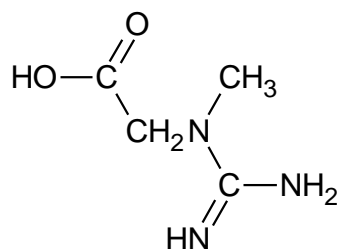
3.4.7 Beta - alanin, karnosin

Cytoplasmatický dipeptid (beta-alanyl-L-histidin) neboli karnosin (obrázek 20) se nachází u obratlovců i bezobratlých nejvíce v kosterním svalstvu, menší koncentrace jsou v centrálním nervovém systému, ve vazbě histidinu a beta-alaninu. U žen jsou průměrné koncentrace kolem 17,5 mmol/kg a 21,3 mmol/kg u mužů (Hobson et al. 2012).



Obr. 20: Vzorec karnosinu

Studie Harris et al. (2006) a Hill et al. (2007) prokazují, že během 4–10 týdnů doplňování 6,4 g/den beta-alaninem (obrázek 21) se zvýšily koncentrace karnosinu ve svazech až o 80 %. Vysoký obsah histidinu v kosterním svalstvu se vyskytuje u druhů, jejichž svaly jsou často vystaveny záchvatům hypoxie (Harris et al. 1990; Dunnett & Harris 1997).



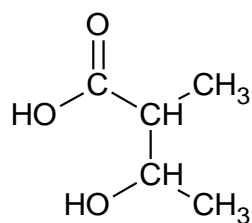
Obr. 21: Vzorec beta-alaninu

Karnosin se podílí na řadě biochemických funkcí u obratlovců, včetně role antioxidantu a senzibilizace Ca²⁺). Je také důležitý jako pufr H⁺ ve fyziologickém rozmezí (pH 7,1–6,2) a může tak hrát význam v poklesu intracelulárního pH během intenzivního

cvičení. V důsledku toho by jakékoliv zvýšení karnosinu v kosterním svalstvu mohlo zlepšit výkon, kde snížení pH je jeden z hlavních faktorů přispívajících k únavě (Harris et al. 1990). Není známa prahová hodnota pro ukládání karnosinu ve svalech, ale předpokládá se, že čím více je beta-alaninu doplněno, tím více může být karnosinu syntetizováno ve svalech. To by mohlo zapříčinit větší kapacitu pufrování svalů během cvičení, tím pádem zlepšit výsledky výkonu (Pinheiro et al. 2012).

3.4.8 HMB-hydroxy-methylbutyrát

Tato sloučenina je derivát kyseliny máselné a metabolit odvozený od leucinu, což je esenciální AMK, která vzniká po transaminaci na alfa-ketoisokaproát a následně se přemění na HMB (obrázek 22) pomocí alfa-ketoisokaproát – dioxygenázy v cytosolu (Nissen et al. 2000). Koncentrace HMB v plazmě jsou v rozmezí 1–4 mol/l, ale po doplnění leucinem se mohou 5–10x zvýšit (Chen et al. 2012).



Obr. 22: Vzorec beta-hydroxy-beta-methylbutyrátu

Častý zájem o suplementace HMB je při kachexii, což je označení pro celkovou slabost následkem vážných onemocnění. HMB má antikatabolické účinky na tkáň kosterního svalstva (Nissen & Sharp 2003; Smith et al. 2005), zmírňuje pokles syntézy proteinů v kosterním svalstvu (Eley et al. 2007) a inhibuje fosforylaci kináz, které brání prodloužení translace mRNA (Eley et al. 2008). Portal et al. (2007) uvedl, že doplnění HMB vedlo ke zvýšení isokinetické síly kolenního kloubu, aerobní síly a nevýraznému zvýšení hmotnosti u dospívajících volejbalových hráčů (Nissen et al. 2000). Některé studie Bloch (1944); Rabinowitz (1955); Rudney (1957); Zabin & Bloch (1951) potvrdily, že hydroxymethylbutyrát je prekurzorem cholesterolu. V játrech a svalech je nejprve přeměněn na beta-hydroxy-beta-methylglutarát-CoA, ten může být následně použit pro syntézu cholesterolu. Doplněk HMB by tedy mohl být dobrým zdrojem pro udržení syntézy cholesterolu a následně podpory funkce plazmatické membrány. Navíc pozorovaný únik

kreatin – fosfatázy ze svalových buněk dokazuje účinek této sloučeniny na snížení svalového poškození (Chen et al. 2012).

3.5 Byliny jako přírodní doplňky

Sportovci užívají bylinky ve svůj vlastní prospěch. Nejen že jsou na přírodní bázi, tudíž by v normální míře neměly negativně působit na organismus, ale díky nim mohou také uživatelé zlepšit svůj výkon, urychlit regeneraci, podporovat zdraví a kondici během tréninku, popřípadě zvětšit svalovou hmotu a redukovat tělesný tuk. Mezi nejčastěji používané patří ženšen, efedrin (Ephedra), kofein nebo tzv. Eurycoma longifolia (Tongkat Ali), (Mahady et al. 2000).

3.5.1 Ženšen

Panax ženšen, známý jako čínský nebo korejský ženšen patří mezi nejvíce používané. Je dostupný v různých formách, jako je například celý kořen, který obsahuje kolem 13 glykosylovaných steroidních saponinů (ginsenosidů), které jsou nejspíš hlavními účinnými látkami této byliny. Dále ve formě kořenového prášku, čajů a tinktur nebo kořenových extraktů (Mahady et al. 2000).

Ženšen se dá považovat za tzv. tonikum, které zajišťuje vitalitu, zdraví a dlouhý život. Mezi další příznivé účinky patří zvýšená produkce kortikotropinu a kortizolu u zvířat i lidí (Vogle et al. 1999) a dokonce byly prokázány antioxidační účinky ženšenu, který vylučuje volné hydroxylové radikály a inhibuje peroxidace lipidů (Chen & Huang 2018). V neposlední řadě se uplatňuje jako stimulant, tím pádem snižuje únavu a stres (Lee & Rhee 2017) a zvyšuje bdělost (Sørensen & Sonne 1996). Studie Kennedy et al. (2003) uvádí, že včetně zlepšení výkonu, má pozitivní vliv na kardiovaskulární funkci a snížení koncentrace laktátu v krvi. Studie Liang et al. (2005) uvádí, že při konzumaci jedné 1,35 mg tobolky ženšenu denně po dobu 30 dnů, zlepšila dobu výkonu sportovce o více než 7 minut, snížila jejich maximální krevní tlak a maximální spotřebu kyslíku. Tyto určité ergogenní vlastnosti se projeví za předpokladu, že dávka je 200 mg a více/den a doba užívání trvá více jak 8 týdnů. (Mahady et al. 2000). DDD je v rozmezí 0,5–2 g sušeného kořene a 100–300 mg standardizovaného extraktu, který obsahuje 1,5–7 % ginsenosidů. Při překročení DDD mohou nastat vedlejší účinky jako hypertenze, nervozita, průjem a nespavost (Bjorntorp 1991).

3.5.2 Efedrin

Čínskou Efedru („mahuang“) můžeme najít v Pákistánu, Číně a severozápadní Indii. Účinné látky této byliny se skládají z efedrinu a příbuzných alkaloidů. Přesněji řečeno jedná se o tzv. sympatomimetický alkaloid, který je svými stimulačními účinky na sympatický nervový systém podobný epinefrinu. Receptory efedrinu se nacházejí v lidském těle na většině buněk, včetně srdce, plic a cév. Byly prokázány jeho pozitivní účinky na zlepšení aerobního výkonu a vytrvalosti, jelikož odstraňuje únavu, posiluje bdělost, zlepšuje reakční sílu a zvyšuje sílu. Ovšem několik studií (Gilies et al. 1996; Swain et al. 1997; Sydney Lefcoe 2000) zkoumající tyto účinky prokázaly, že pokud byly přijaty normální dávky efedrinu, které se pohybují okolo 120 mg/den, nedošlo k žádnému razantnímu zvýšení výkonu (Mahady et al. 2000).

3.6 Stravování vytrvalostního sportovce

Každý sportovec je jedinečný tím, že má jiné energetické nároky, které jsou základem pro splnění jejich cílů. Mnoho jedinců je zaměřeno na snižování tělesné hmotnosti a tělesného tuku pod úroveň, která hraničí s poškozením zdraví a negativním ovlivněním výkonu, proto by si sportovci měli podle rozpočtu na energii vybrat takové potraviny, které jim poskytují veškeré potřeby právě pro optimální zdraví a výkon (Burke 2001).

3.6.1 Výživa před zátěží

Načasování a složení jídla před fyzickým výkonem se pokládá za nejdůležitější část příjmu živin vytrvalostního sportovce. Málokdy se stává, že by soutěžili na lačno (Ormsbee et al. 2014). Kolik a jaké musí sportovec přijmout živiny, závisí na čase mezi příjmem a výkonem, váhou sportovce a typu sportu, který bude vykonávat. Jíst a pít velké množství se obecně nedoporučuje hlavně kvůli gastrointestinálním problémům a zhoršení výkonu. Uvádí se, že čím méně sportovec váží a čím kratší čas má, tím je množství potravin menší a volba vhodného jídla důležitější (Zoorob et al. 2013). Na podporu optimální hydratace by měl být příjem tekutin kolem 5–7 ml/kg. Důležité je si jídlo rozvrhnout na menší porce, aby to tělo snadno a rychle strávilo (Zoorob et al. 2013).

Konzumace sacharidů před cvičením, které jsou považovány za největší faktor zvyšující výkonnost, je velmi důležitá, a to i navzdory oxidaci tuků a zvyšujícím se hladinám inzulínu. Ovšem tyto metabolické účinky mohou být zmírněny příjmem sacharidů s nízkým glykemickým indexem, nebo modifikovaných škrobů (Ormsbee et al. 2014). Spotřeba sacharidů vede ke zvýšení plazmatické glukózy (Coyle et al. 2000). Ve výsledku je inzulín

uvolněn ze slinivky břišní (Alhborg et al. 2001). Ten zahájí signální dráhu ve svalech a glukóza může vstoupit do svalových buněk. Zvýšená dostupnost glukózy ve svalech umožňuje stimulovat glykolýzu a oxidaci glukózy (DeFronzo et al. 1996). Sacharidy se považují za náhradní zdroj glykogenu (Ormsbee et al. 2014). Při nízké intenzitě cvičení je jen malé množství glykogenu oxidováno. Jeho využití se exponenciálně zvětšuje se zvyšující se intenzitou cvičení (Hultman et al. 2005). Strava s cílem zvýšeného ukládání glykogenu obvykle zahrnuje tři fáze: deplece, fázi vysokého příjmu tuku a bílkovin a fázi příjmu sacharidů. Příslušné dietní fáze zahrnují vyčerpávající výkon pro depleci, pravidelný trénink během vysokého příjmu tuků a bílkovin, to samé během vysokého příjmu sacharidů. Během odpočinku před výkonem/soutěží sportovec přijímá velké množství sacharidů. To vede ke zvýšení glykogenu ve svalech z běžné koncentrace cca 1,6 g/100 g mokrého svalu až na 4 g/100 g (Bergstrom et al. 1999). Bylo prokázáno, že pokud méně než 40 % kalorického příjmu pocházelo z uhlohydrátů, byl patrný pokles zásob glykogenu. Když se stejný kalorický příjem zvýšil na více než 70 % uhlohydrátů, zásoby glykogenu se během 24 hodin obnovovaly a byly udržovány v blízkosti normálu (Costill & Miller 2002). Costill & Miller (2002) konstatují, že by žádné sacharidy neměly být přijímány během 2 hodin před zátěží. Jelikož trávení sacharidů a jejich absorpce zvyšuje hladinu glukózy a inzulínu v krvi, tím dochází k inhibici produkce glukózy v játrech.

Potraviny by měly mít kromě vysokého obsahu sacharidů, nízký obsah tuků, vlákniny a bílkovin, jelikož tyto živiny zpožďují vyprazdňování žaludku (Zoorob et al. 2013).

3.6.2 Výživa během zátěže

Většina sportovců má během cvičení málo času na jakýkoliv příjem potravy. Proto dávají přednost sportovnímu nápoji, který je nejlepším způsobem, jak splnit nutriční požadavky. Může poskytnout nejen tekutiny a elektrolyty pro hydrataci, ale i sacharidy. Vyskytuje-li se sacharid v tekuté formě, měla by být jeho koncentrace v nápoji nižší než 6% (Ryan et al. 1998). Studie van Loon (2014) zjistila, že konzumace bílkovin spolu s uhlohydráty během cvičení nezvyšuje výkon v porovnání s požitím odpovídajícího množství samotného sacharidu.

Příjem tekutin během výkonu má největší příznivý vliv na výkon. Dehydratace snižuje kardiovaskulární funkce, tím je myšleno průtok krve do svalů a výdej srdce (Gonzalez-Alonso et al. 1998). Nízký objem krve způsoben dehydratací inhibuje transport kyslíku a glukózy do

svalových buněk. Při pouhé 2% ztrátě tekutin byl pozorován horší výkon, navíc dehydratace je spojena s únavou organismu. V tom případě nastává větší riziko úrazu. Důležité je dodržet přiměřený příjem tekutin a dbát na to, aby měl sportovec dostatek hladiny sodíku v séru, který může nastat při nadměrném pití tekutin a silným potem. Lidský pot obsahuje průměrně 920- 1150 mg sodíku/litr. Obecně lze říci, že čím větší bude ztráta potu, tím více tekutin a elektrolytů je zapotřebí pro dosažení euhydratace (Zoorob et al. 2013).

3.6.3 Výživa po výkonu

Načasování a složení jídla po výkonu závisí na jeho délce a intenzitě (tzn., zda došlo k vyčerpání glykogenu) a na tom, kdy sportovce čeká další intenzivní trénink. Sportovci, kteří například dokončí maratón, mají s velkou pravděpodobností vyčerpané zásoby glykogenu, zatímco u sportovců po 90 minutovém tréninku glykogen ve svalech ještě je. Maratónní běžce nejspíš už nečeká jiný závod nebo tvrdý trénink ve stejný den, kdežto například triatlonista účastnící se 90 minutového běhu v dopoledních hodinách a 3 hodinového cyklistického tréninku odpoledne se musí snažit maximalizovat zotavení mezi oběma zátěžemi (Van Loon et al. 2014). Načasování příjmu sacharidů po tréninku je důležité kvůli syntéze glykogenu v krátkém časovém úseku. Doporučuje se konzumace 1,0-1,5 g sacharidu/kg tělesné hmotnosti v intervalech 2-6 hodin asi 30 minut po cvičení (Ivy et al. 1999). Navíc typ konzumovaného sacharidu ovlivňuje po výkonu syntézu glykogenu. Při porovnání jednoduchých cukrů jsou glukóza a sacharóza dá se říct stejně účinné při příjmu 1,0-1,5 g/kg tělesné hmotnosti po dobu 2 hodin, ovšem samotná fruktóza je méně účinná (Bloom et al. 2000).

Zahrnutí bílkovin do výživy po fyzické zátěži je potřebné pro poskytnutí potřebných AMK na reparaci svalových proteinů a na podporu anabolického hormonálního profilu (Yang et al. 2003).

Mnoho sportovců během cvičení nepřijímá dostatek tekutin a tak dokončují cvičení dehydratovaní. Konzumace tzv. rehydratačních nápojů a slaných potravin pomůže nahradit ztráty tekutin a elektrolytů, což je pro regeneraci těla jednou z nejdůležitějších věcí (Terjung et al. 2000). Pro sportovce je užitečné zvolit nápoje, které mají chuť, aby díky ní pili více a obsahující sodík kvůli množství ztraceného sodíku potem. Doporučují se chlazené nápoje. Tekutiny mají tu vlastnost, že zvyšují krevní objem a pomáhají cirkulaci vody a dalších živin potřebných ke snížení tělesné teploty a vrácení těla do homeostázy (Yang et al. 2003).

4 Závěr

Výsledky vědeckých článků a studií zabývajících se studiem živinových potřeb a doplňků stravy poskytují určitý teoretický základ pro úpravu diety vedoucí ke zlepšení výkonu. Před tréninkem je tedy pro sportovce nejlepší přijímat potraviny bohaté hlavně na sacharidy, popřípadě v kombinaci s jídlem obsahující tuk, který napomáhá ke zvýšené oxidaci lipidů a šetří svalový glykogen. Odpovídající tekutiny s obsahem sacharidů a elektrolyty by měly být konzumovány po celou dobu trvání tréninku z důvodů udržení hladiny glukózy v krvi, poskytnutí energie jakožto paliva pro svaly a snižování rizika dehydratace a hyponatrémie. Po fyzicky náročném cvičení by měl sportovec dbát především na to, aby doplnil chybějící tekutiny. Doplňky obsahující vitamíny a minerální látky nejsou nutné, pokud je energie z přijatých živin dostatečná. Ovšem sportovci, kteří jsou nuceni korigovat si váhu tím, že musí odstranit určité potraviny ze svého jídelníčku nebo doplňky berou z důvodů léčby a prevence, jsou touto cestou nuceni doplňovat chybějící živiny.

Dietní doporučení by měla být individuální a měla by být poskytnuta kvalifikovanými odborníky. Výživové doplňky by měly být užívány s opatrností a pouze po důkladném prozkoumání z hlediska nezávadnosti, bezpečnosti, účinnosti a legálnosti. Organizace WADA (World Anti-Doping Agency) udržuje politiku tzv. „Striktní odpovědnosti“, kdy je každý sportovec odpovědný za jakoukoliv látku v jeho těle a to bez ohledu na to, jak se tam dostala.

5 Literatura

1. MANN, Jim a A. Stewart TRUSWELL. Essentials of humannutrition. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2002.
2. Burke, LM, COX, GR, Cummings, NK a kol. Sports Med (2001) 31:267.
3. SKOLNIK, Heidi a Andrea CHERNUS. Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček. Praha: Grada, 2011.
4. SVAČINA, Štěpán. *Klinická dietologie*. Praha: Grada, 2008.
5. BAGCHI, Debasis, Sreejayan NAIR a Chandan K SEN, ed. *Nutrition and enhanced sports performance: musclebuilding, endurance, and strength*. Boston: Academic Press, 2013.
6. Stuart M. Phillips & Luc JC Van Loon (2011) Dietní bílkoviny pro sportovce: Od požadavků na optimální adaptaci, Journal of Sports Sciences, 29: sup1, S29-S38.
7. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2(1):43-49, 2005.
8. Gharibzahedi, S. M. T., & Jafari, S. M. (2017). The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. Trends in Food Science & Technology, 62, 119–132.
9. OTTAWAY, P. Berry, ed. The Technology of Vitamins in Food [online]. Boston, MA: Springer US, 1993 [cit. 2018-11-20].
10. Huth, P. J., & Park, K. M. (2012). Influence of Dairy Product and Milk Fat Consumption on Cardiovascular Disease Risk: A Review of the Evidence. Advances in Nutrition, 3(3), 266–285.
11. SERRA, Monica C. a Kristen M. BEAVERS. Essential and Nonessential Micronutrients and Sport. GREENWOOD, Mike, Matthew B. COOKE, Tim ZIEGENFUSS, Douglas S. KALMAN a Jose ANTONIO, ed. Nutritional Supplements in Sports and Exercise [online]. Cham: Springer International Publishing, 2015, 2015, s. 77-103 [cit. 2019-03-07].
12. VOLPE, Stella L. a Ha NGUYEN. Vitamins, Minerals, and Sport Performance. MAUGHAN, Ronald J., ed. The Encyclopaedia of Sports Medicine [online]. Chichester, UK: John Wiley&Sons, 2013, 2013-10-11, s. 215-228 [cit. 2019-03-07].
13. PURCELL, LK. Sport nutrition for young athletes. Paediatrics & Child Health [online]. 2013, 18(4), 200-202 [cit. 2019-03-07].
14. JEUKENDRUP, Asker E. Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and roadcycling. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2011, 29(sup1), S91-S99 [cit. 2019-03-10].
15. MAUGHAN, Ron. The athlete's diet: nutritional goals and dietary strategies. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 2002, 61(01), 87-96 [cit. 2019-03-10].
16. MAUGHAN, Ronald J., Frederic DEPIESSE a Hans GEYER. The use of dietary supplements by athletes. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2007, 25(sup1), S103-S113 [cit. 2019-03-10].
17. WILLIAMS, Melvin. Dietary Supplements and Sports Performance: AminoAcids. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 2005, 2(2) [cit. 2019-03-10].
18. Rawson, E. S., Volek, J. S. 2003. Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weight lifting performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 17. 822-831.
19. 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.

20. Kraemer, W. J., Volek, J. S., & Dunn-Lewis, C. (2008). *L-Carnitine Supplementation*. *Current Sports Medicine Reports*, 7(4), 218–223.
21. Kon, Michihiro & Kimura, Fuminori & Akimoto, Takayuki & Tanabe, Kai & Murase, Yosuke & Ikemune, Sachiko & Kono, Ichiro. (2007). Effect of Coenzyme Q10 supplementation on exercise-induced muscular injury of rats. *Exerciseimmunologyreview*. 13. 76-88.
22. Kon, M., Tanabe, K., Akomoto, T., Kimura, F., Tanimura, Y., Shimizu, K., Okamoto, T., Kono, I. 2008. Reducing exercise-induced muscular injury in kendo athletes with supplementation of coenzymeQ(10). *BritishJournalofNutrition*. 100. 903-909.
23. 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. 71-78.
24. Campbell, B. I., La Bounty, P. M., Roberts, M. 2004. The Ergogenic Potential of Arginine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 1. 35-38.
25. Sale, C., Saunders, B., Harris, R. C. 2010. Effect of beta-alanine supplementation on muscle carnosine concentrations and exercise performance. *Amino Acids*. 39. 321-333.
26. Hobson, R. M., Saunders, B., Ball, G., Harris, R. C., Sale, C. 2012. Effects of betaalanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids*. 43. 25-37.
27. Pinheiro, C., Gerlinger-Romero, F., Guimaraes-Ferreira, L., de Souza, A. L., Vitzel, K. F., Nachbar, R. T., Nunes, M. T., Curi, R. 2012. Metabolic and functional effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation in skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology*. 112. 2531-2537.
28. Nissen, S., Sharp, R. L., Panton, L., Vukovich, M., Trappe, S., Fuller, J. C. 2000. betahydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation in humans is safe and may decrease cardiovascular risk factors. *JournalofNutrition*. 130. 1937-1945.
29. Chen, C. K., Muhamad, A. S., Ooi, F. K. 2012. Herbs in exercise and sports. *JournalofPhysiologicalAnthropology*. 31.
30. Mahady, G. B., Gyllenhaal, C., Fong, H. H. S., Farnsworth, N. R. 2000. Ginsengs: A Review of Safety and Efficacy. *Nutrition in Clinical Care*. 3. 90.
31. Bjorntorp, P. 1991. Importance of fat as a support nutrient for energy: Metabolism of athletes. *JournalofSportsSciences*, 9(sup1), 71–76.
32. Ha, E., & Zemel, M. B. 2003. Functional properties of whey, whey components, and essential aminoacids: mechanisms underlying health benefits for active people (review). *TheJournalofNutritionalBiochemistry*, 14(5), 251–258.
33. Williams, C. 1995. Macronutrients and performance. *Journal of Sports Sciences*, 13(sup1), S1–S10.
34. Ormsbee, M., Bach, C., & Baur, D. 2014. Pre-ExerciseNutrition: The Role of Macronutrients, Modified Starches and Supplements on Metabolism and Endurance Performance. *Nutrients*, 6(5), 1782–1808.
35. Buskirk, E. R. 1981. Some Nutritional Considerations in the Conditioning of Athletes. *Annual Review of Nutrition*, 1(1), 319–350.
36. Zoorob, R., Parrish, M.-EE, O'Hara, H., & Kalliny, M. (2013). Sports nutrition. *Primary care: Clinics in surgery* , 40 (2), 475–486.
37. Yang, E. J., Chung, H. K., Kim, W. Y., Kerver, J. M., & Song, W. O. (2003). *Carbohydrate Intake Is Associated with Diet Quality and Risk Factors for Cardiovascular Disease in U.S. Adults: NHANES III*. *Journal of the American College of Nutrition*, 22(1), 71–79.

38. Stubbs, R. J., Mazlan, N., & Whybrow, S. (2001). Carbohydrates, Appetite and Feeding Behavior in Humans. *The Journal of Nutrition*, 131(10), 2775S–2781S.
39. Chandalia, M., Garg, A., Lutjohann, D., von Bergmann, K., Grundy, S. M., & Brinkley, L. J. (2000). *Beneficial Effects of High Dietary Fiber Intake in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus*. *New England Journal of Medicine*, 342(19), 1392–1398.
40. Mudgil, D., & Barak, S. (2013). *Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 1–6.
41. Bray, G. A., & Popkin, B. M. (1998). *Dietary fat intake does affect obesity!* *The American Journal of Clinical Nutrition*, 68(6), 1157–1173.
42. McNamara, D. (2000). *Dietary cholesterol and atherosclerosis*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1529(1-3), 310–320.
43. Abeywardena, M. Y. (2003). *Dietary fats, carbohydrates and vascular disease: Sri Lankan perspectives*. *Atherosclerosis*, 171(2), 157–161.
44. Nicklas, T. A., Baranowski, T., Cullen, K. W., & Berenson, G. (2001). *Eating Patterns, Dietary Quality and Obesity*. *Journal of the American College of Nutrition*, 20(6), 599–608.
45. RAVUSSIN, E., & SMITH, S. R. (2006). *Increased Fat Intake, Impaired Fat Oxidation, and Failure of Fat Cell Proliferation Result in Ectopic Fat Storage, Insulin Resistance, and Type 2 Diabetes Mellitus*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 967(1), 363–378.
46. Mann, J. (2002). *Diet and risk of coronary heart disease and type 2 diabetes*. *The Lancet*, 360(9335), 783–789.
47. West, K. P., LeClerq, S. C., Shrestha, S. R., Wu, L. S.-F., Pradhan, E. K., Khattry, S. K., ... Sommer, A. (1997). *Effects of Vitamin A on Growth of Vitamin A-Deficient Children: Field Studies in Nepal*. *The Journal of Nutrition*, 127(10), 1957–1965.
48. Gudas, L. J., & Wagner, J. A. (2010). *Retinoids regulate stem cell differentiation*. *Journal of Cellular Physiology*, 226(2), 322–330.
49. Clagett-Dame, M., & Knutson, D. (2011). *Vitamin A in Reproduction and Development*. *Nutrients*, 3(4), 385–428.
50. Stephensen, C. B. (2001). *VITAMINA, INFECTION, AND IMMUNE FUNCTION**. *Annual Review of Nutrition*, 21(1), 167–192.
51. Snijder, M. B., Lips, P., Seidell, J. C., Visser, M., Deeg, D. J. H., Dekker, J. M., & van Dam, R. M. (2007). *Vitamin D status and parathyroid hormone levels in relation to blood pressure: a population-based study in older men and women*. *Journal of Internal Medicine*, 261(6), 558–565.
52. Zehnder, D., Quinkler, M., Eardley, K.S., Bland, R., Lепенies, J., Hughes, S.V., ... Hewison, M. (2008). *Reducing vitamin D hormone in kidney disease is associated with increased kidney inflammation*. *Kidney International*, 74 (10), 1343 - 1353.
53. Sahota, O., Masud, T., San, P., & Hosking, DJ (1999). *Vitamin D deficiency increases bone turnover markers and increases bone loss in hip joint in patients with established vertebral osteoporosis*. *Clinical Endocrinology*, 51 (2), 217–221.
54. Lee, I.-M., Cook, NR, Gaziano, JM, Gordon, D., Ridker, PM, Manson, JE, ... Buring, JE (2005). *Vitamin E in primary prevention of cardiovascular disease and cancer*. *JAMA*, 294 (1), 56.
55. GAZIANO, JM (2004). *Vitamin E and Cardiovascular Diseases: Observational Studies*. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1031 (1), 280–291.

56. ROKITZKI, L., LOGEMANN, E., SAGREDOS, A. N., MURPHY, M., WETZEL-ROTH, W., & KEUL, J. (1994). *Lipid peroxidation and antioxidative vitamins under extreme endurance stress**. *Acta Physiologica Scandinavica*, 151(2), 149–158.
57. Khalid Iqbal, AlamKhan and M. Muzaffar Ali KhanKhattak, 2004. Niological Significance od Ascorbic Acid (Vitamin C) in Human Health – A Review. *PakistanJurnalofNutrition*, 3: 5-13.
58. Tannenbaum, SR, Wishnok, JS, &Leaf, CD (1991).Inhibition of nitrosamine formation by ascorbic acid. *AmericanJournalofClinicalNutrition*, 53 (1), 247S – 250S.
59. Micheletti A, Rossi R, Rufi ni S. Zinc status in athletes: relation to diet and exercise. *Sports Med*. 2001;31(8):577–82.
60. Fosmire, GJ (1990). Zinc toxicity. *AmericanJournalofClinicalNutrition*, 51 (2), 225–227.
61. Foster, M., Petocz, P., &Samman, S. (2010). Effects of Zinc on Plasma Concentrations of Human Lipoproteins: A meta-analysis of randomized controlled studies. *Atherosclerosis*, 210 (2), 344–352.
62. Kornblatt, AP, Nicoletti, VG, &Travaglia, A. (2016). Neglected role of copper ions in wound healing. *JournalofAnorganicBiochemistry*, 161, 1–8.
63. Nagashima, M., Yamagishi, Y., & Mikamo, H. (2016). Antifungal susceptibility of Candida species isolated from patients with vaginal candidiasis. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 22 (2), 124–126.
64. Devirian, TA, & Volpe, SL (2003). Physiological effects of dietary boron. *Critical reviews in food science and nutrition*, 43 (2), 219–231.
65. Tahiliani, AG, &Beinlich, CJ (1991). *Pantothenic acid in health and dinase*. *Vitamins and hormones*, 165–228.
66. Zempleni J, Wijeratne SSK, Kuroishi T Biotin. V:Erdman JW Jr, Macdonalde Já, Zeisel SH editory. *Současné znalosti ve výživě*. Washington DC: Mezinárodní institut věd o životě. V tisku2012
67. Spolupráce homocysteinových studií. (2002). *Homocystein a riziko ischemické choroby srdeční a mrtvice*. *JAMA*, 288 (16), 2015.
68. Marti-Carvajal AJ, Sola I, Lathyris D, Karakitsiou DE, Simancas-Racines D. Homocysteine-low eringinterventions for preventing cardiovas cular events. *Cochrane Database SystRev*. 2013;1, CD006612.
69. Chennuru, S., Koduri, J., & Baumann, MA (2008). Risk factors for symptomatic hypocalcaemia complicating zoledronic acid treatment. *InternalMedicineJournal*, 38 (8), 635–637.
70. Attygalle, D., & Rodrigo, N. (2002). Magnesium as the first line treatment in tetanus: a prospective study of 40 patients. *Anesthesia*, 57 (8), 778–817.
71. Watson, RR, Preedy, VR, a Zibadi, S. (Eds.). (2013). Magnesium in human health and disease.
72. Druprup, I., &Clausen, T. (1991).Effects of magnesium and zinc deficiency on growth and protein synthesis in skeletal muscle and heart . *BritishJournalofNutrition*, 66 (03), 493.
73. Castiglioni, S., Cazzaniga, A., Albisetti, W., & Maier, J. (2013). *Magnesium and Osteoporosis: CurrentStateofKnowledge and Future Research Directions*. *Nutrients*, 5(8), 3022–3033.

74. Gourgoulianis, K. I., Chatziparasidis, G., Chatziefthimiou, A., & Molyvdas, P.-A. (2001). *Magnesium as a Relaxing Factor of Airway Smooth Muscles*. *Journal of Aerosol Medicine*, 14(3), 301–307.
75. Haymes EM. Vitamin and mineral supplementation to athletes. *Int J Sport Nutr* 1991; 1: 146-69.
76. Magnesium for acute stroke (Intravenous Magnesium Effect in Thrust Study): A randomized controlled trial.. (2004). *Lancet*, 363 (9407), 439–445.
77. Tipton, K., and Wolfe, R. Protein and amino acids for athletes. *Journal of Sports Sciences* 22:65-79, 2004.
78. Lee, S., & Rhee, D.K. (2017). Effects of ginseng on stress depression, anxiety and axis hypothalamus - pituitary gland - adrenal gland . *JournalofGinsengResearch*, 41 (4), 589–594.
79. Chen, F., & Huang, G. (2018). Antioxidant activity of polysaccharides from various sources of ginseng. *International Journal of Biological Macromolecules* .
80. Sørensen, H., & Sonne, J. (1996). Double mask study of ginseng effects on cognitive function. *CurrentTherapeuticResearch*, 57 (12), 959-968.
81. Vogler BK, Pittler MH, Ernst E. Efficacy of ginseng: a systematic review of randomized clinical trials. *Eur J ClinPharmacol* 1999; 55: 567–75
82. Golf SW, Bohmer D, Nowacki PE. Is magnesium a limiting factor in competitive exercise? A summary of relevant scientific data. In: Golf S, Dralle D, Vecchiet L, eds. *Magnesium 1993*. London: John Libbey&Company, 1993:209–20.
83. Arredondo, M., & Núñez, MT (2005). *Metabolismus železa a mědi*. *Molekulární aspekty medicíny*, 26 (4-5), 313–327.

6 Seznam použitých zkratek, obrázků a tabulek

ATP – adenosin trifosfát

AMK – aminokyselina

MK – mastné kyseliny

ROS – reaktivní druhy kyslíku

LDH – laktátdehydrogenáza

CoQ10 – koenzym Q10

DDD – denní doporučená dávka

HMB – hydroxymetylbutyrát

CNS – centrální nervová soustava

KVO – kardiovaskulární onemocnění

CHO – sacharidy sestávající z uhlíku (C), vodíku (H) a kyslíku (O)

NAD – nikotinamidadenindinukleotid

NADP – nikotinamidadenindinukleotidfosfát

- Obr. 1: vzorec amylózy a amylopektinu
- Obr. 2: vzorec vitamínu A
- Obr. 3: vzorec vitamínu D
- Obr. 4: vzorec vitamínu E
- Obr. 5: vzorec vitamínu K
- Obr. 6: vzorec vitamínu B1
- Obr. 7: vzorec vitamínu B2
- Obr. 8: vzorec vitamínu B3
- Obr. 9: vzorec niacinu
- Obr. 10: vzorec kyseliny pantothenové
- Obr. 11: vzorec pyridoxinu
- Obr. 12: vzorec biotinu
- Obr. 13: vzorec vitamínu B12
- Obr. 14: vzorec vitamínu C
- Obr. 15: vzorec kofeinu
- Obr. 16: vzorec kreatinu
- Obr. 17: vzorec L-karnitinu
- Obr. 18: vzorec koenzymu Q10
- Obr. 19: vzorec L-argininu
- Obr. 20: vzorec karnosinu
- Obr. 21: vzorec beta-alaninu
- Obr. 22: vzorec beta-hydroxy-beta-methylbutyrátu

Tabulka 1 – Metabolická funkce vitamínů rozpustných v tucích

Tabulka 2 – Metabolická funkce vitamínů rozpustných ve vodě

Tabulka 3 – Rozdělení výživových doplňků ve sportovní výživě

