Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky

Výživa dostihových koní během roku

Bakalářská práce

Autor práce: Ludmila Jetelinová

Program nebo obor studia: Chov koní

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

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 21.4.2022 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Borisi Hučkovi, CSc. za odborné vedení při zpracování této práce, jakožto i za předání zkušeností, odbornou pomoc a ochotu.

Výživa dostihových koní během roku

Souhrn

Za největší výzvu ve výživě dostihových koní se obecně považuje dosažení a udržení jejich ideální závodní kondice a poskytnutí dostatku energie pro podporu jejich intenzivního výkonu. Zásoba energie dostupná ve svalech koně a schopnost koně tuto energii využívat může být změněna zařazením různých složek do krmné dávky. K dosažení vysoké výkonnosti musí mít dostihoví koně dostatek energie, bílkovin, vitamínů i minerálů a celkové krmení musí být dobře řízeno. Požadavky na jednotlivé komponenty krmné dávky se ale v závislosti na věku, intenzitě tréninku a tréninkovém plánu mění.

Cílem předkládané bakalářské práce bylo poskytnout literární přehled klíčových aspektů týkajících se výživy dostihových koní v jednotlivých obdobích během roku. První část byla věnována obecným znalostem, konkrétně anatomii a fyziologii trávicího traktu koně, který je uzpůsoben prakticky nepřetržitému příjmu potravy. Nejvíce zastoupenou složkou koňské stravy jsou sacharidy, které spolu s lipidy patří mezi primární substráty pro produkci energie u dostihového koně. Znalost energetických substrátů a jejich limitů v energetickém metabolismu koní je důležitou kapitolou, bez které nelze výživu koní v intenzivním dostihovém tréninku dobře realizovat. Nezbytnou součástí koňské stravy jsou také vitaminy a minerální látky, které hrají zásadní roli v celé řadě fyziologických funkcí. I v dnešní době je ale stále běžným jevem jejich nedostatečný nebo nadměrný příjem, což představuje vysoké riziko negativních účinků nejen na zdraví, ale i na výkonnost koně. Aby bylo možné poskytnout koni všechny potřebné živiny v optimálních dávkách, je nutné znát složení a nutriční hodnoty jednotlivých krmiv, která jsou na trhu dostupná. Čím dál populárnější jsou kompletní krmné směsi, které svým složením v uvedeném dávkování mají zabezpečit všechny potřebné živiny.

Druhá část byla věnována krmení dostihových koní v jednotlivých období během roku. Zatímco v přípravném období dochází kvůli nárůstu intenzity tréninkových jednotek k navyšování energetických nároků, v období odpočinku se nároky na energii snižují a zvyšuje se podíl objemných krmiv. Všechny změny v krmné dávce musí být realizovány postupně a s ohledem na individuální potřeby jedince.

Klíčová slova: výživa, krmivo, krmnné dávky, dostihový kůň, energetická hodnota, potřeba živin

Nutrition of racehorses during the year

Summary

Achieving and maintaining ideal racing condition and providing sufficient energy to support intense performance is generally considered to be the biggest challenge in racing horse nutrition. The amount of energy available in a horse's muscles and the horse's ability to use that energy can be altered by including different ingredients in the feed ration. To achieve high performance, racehorses must have enough energy, protein, vitamins and minerals and the overall feeding must be well controlled. However, the requirements for the individual components of the feed ration vary depending on the age, training intensity and training plan.

The aim of this bachelor's thesis was to provide a literature review of key aspects related to the nutrition of racehorses at different times of the year. The first part was devoted to general knowledge, namely the anatomy and physiology of the horse's digestive tract, which is adapted to virtually continuous food intake. The most abundant component of a horse's diet is carbohydrates, which together with lipids are among the primary substrates for energy production in a racehorse. Knowledge of energy substrates and their limits in the energy metabolism of horses is an important chapter, without which the nutrition of horses in intensive racing training can not be implemented well. Vitamins and minerals, which play a vital role in a number of physiological functions, are also an essential part of a horse's diet. Even today, however, their insufficient or excessive intake is still common, which poses a high risk of negative effects not only on the health but also on the performance of the horse. In order to provide the horse with all the necessary nutrients in optimal doses, it is necessary to know the composition and nutritional value of each feed that is available on the market. Complete feed mixtures are becoming more and more popular, as their composition in the stated dosage is intended to provide all the necessary nutrients.

The second part was devoted to the feeding of racehorses at different times of the year. While in the training period, due to the increase in the intensity of training units, energy requirements increase, during the rest period, energy requirements decrease and the share of roughage increases. All changes in the feed ration must be implemented gradually and with regard to the individual needs of the individual.

Keywords: nutrition, feed, feed rations, racehorse, energy value, nutrient requirements

Obsah

1. Úvod **9**

2. Cíl práce **10**

3. Literární rešerše **11**

3.1. Anatomie a fyziologie trávicí soustavy koně **11**

3.1.1. Dutina ústní 11

a. Zuby 11

b. Slinné žlázy a sliny 11

3.1.2. Hltan 12

3.1.3. Jícen 12

3.1.4. Žaludek 12

3.1.5. Tenké střevo 13

3.1.6. Tlusté střevo 15

3.2. Organické látky ve výživě dostihového koně **15**

3.2.1. Dusíkaté látky 15

3.2.2. Sacharidy 17

3.2.3. Tuky 18

3.3. Energetický metabolismus **19**

3.3.1. Energetické substráty 20

3.3.1.1. Sacharidy 20

3.3.1.2. Tuky 20

3.3.1.3. Bílkoviny 21

3.3.2. Energetické dráhy 21

3.4. Voda **23**

3.5. Význam minerálních látek ve výživě dostihových koní **24**

3.5.1. Makroprvky 24

3.5.1.1. Vápník a fosfor 24

3.5.1.2. Sodík a chlor 25

3.5.1.3. Hořčík 25

3.5.1.4. Síra 26

3.5.1.5. Draslík 26

3.5.2. Mikroprvky 27

3.5.2.1. Meď 27

3.5.2.2. Jód 27

3.5.2.3. Železo 28

3.5.2.4. Selen 28

3.5.2.5. Mangan 29

3.5.2.6. Zinek 29
3.5.2.7. Kobalt 29
3.6. Význam vitaminů ve výživě dostihových koní 30
3.6.1. Vitaminy rozpustné v tucích 30
3.6.1.1. Vitamin A 30
3.6.1.2. Vitamin D 31
3.6.1.3. Vitamin E 31
3.6.1.4. Vitamin K 32
3.6.2. Vitaminy rozpustné ve vodě 32
3.6.2.1. Vitamin C 32
3.6.2.1. B komplex 32
3.7. Krmiva využívaná ve výživě dostihového koně 34
3.7.1. Objemová krmiva 34
3.7.1.1. Zelená píce 35
3.7.1.2. Seno 35
3.7.1.3. Siláž / senáž 36
3.7.1.4. Sláma 36
3.7.1.5. Vojtěška 36
3.7.1.6. Okopaniny 37
3.7.2. Jadrná krmiva 37
3.7.2.1. Oves 37
3.7.2.2. Ječmen 38
3.7.2.3. Kukuřice 38
3.7.2.4. Pšenice 38
3.7.3. Luštěniny 38
3.7.3.1. Krmný hrách 38
3.7.3.2. Sója 39
3.7.3.3. Bob 39
3.7.4. Olejniny 39
3.7.4.1. Lněné semínko 39
3.7.5. Ostatní krmiva (průmyslová a zbytky po zpracování) 39
3.7.5.1. Melasa 39
3.7.5.2. Řepné řízky 40
3.7.5.3. Otruby 40
3.7.5.4. Pivovarské kvasnice 40
3.7.6. Krmné směsi 40
3.8. Energie krmiv 41
3.9. Krmení dostihových koní v průběhu roku 42
3.9.1. Krmení hříbat a mladých rostoucích koní 42

3.9.2. Krmení v přípravném období 44
3.9.3. Krmení před dostihem / intenzivní zátěží 49
3.9.4. Krmení po dostihu / intenzivní zátěží 50
3.9.5. Krmení v období odpočinku po dostihové sezóně 53

4. Závěr 54

5. Literatura 56

1. Úvod

Koně jsou součástí lidského života již více než šest tisíc let. Za tuto dobu prošlo jejich využití různými historickými etapami vývoje. Zatímco nejprve sloužili jako zdroj potravy, s jejich zdomácněním se začali využívat jako jezdecká a tažná zvířata k práci v zemědělství, přepravě osob a v oblasti vojenství. Dnes jsou koně jako domestikovaní zástupci rodu *Equus* chování v našich podmínkách zejména k rekreaci a sportu.

Mezi populární jezdecké sporty patří cvalové dostihy, jejichž cílem je prokázat výkonnost koní, která je rozhodujícím kritériem pro případné zařazení do chovu. Aby byl kůň v této vysokorychlostní zátěži úspěšný, musí být schopen podávat výkon o vysoké intenzitě a tuto intenzitu udržet déle než jeho konkurenti. Optimální výkony může podávat pouze kůň, který je ve skvělé fyzické kondici i zdravotním stavu a má dostatečné množství dostupné energie a živin potřebných pro výkon. I přes intenzivní selektivní šlechtění se fyzická výkonnost dostihových koní v posledních letech, obzvlášť na středních a dlouhých tratích, nijak výrazně nezlepšila (Sharman & Wilson 2015). V elitních sprinterských závodech se sice závodní časy zlepšují, ale úroveň zlepšení ve srovnání s lidskými atlety je relativně malá. Navíc příliš mnoho koní nadále podléhá ochromujícím zraněním způsobených akutní únavou a narušenou kosterní integritou. Zvyšující se výkonnost lidí je vysvětlována dramatickým zlepšením nejen tréninkového režimu, ale především stravy, která se na základě nově získaných poznatků pro lidské sportovce neustále vyvíjí. Kromě toho poslední výzkumy naznačují, že dědivost výkonnosti koní, tedy to, jak velká část proměnlivosti výkonů je zapříčiněna genetickými faktory, bude nižší, než se doposud předpokládalo (Velie et al. 2015). Naopak větší vlív budou mít vnější faktory, jako je právě výživa. I pro koně je na trhu dostupné stále větší množství nejrůznějších krmiv, krmných směsí, minerálních a vitamínových doplňků a dalších aditiv. Bohužel spousta majitelů a trenérů tato jednotlivá krmiva a krmné doplňky neumí vhodně užívat a/nebo opomíná základní principy výživy koňských atletů. Proto je nutné, aby majitelé a trenéři znali fyziologii koňského trávicího ústrojí, účinek jednotlivých organických látek, vitaminů, minerálů a měli povědomí také o energetickém metabolismu. Bez těchto znalostí nelze správně menežovat výživu koní ani sestavit kvalitní a vybalancovanou krmnou dávkou, kterou lze nejen předcházet řadě onemocnění i zranění, ale kterou lze také zajistit dostatek lehce využitelných živin pro požadovaný výkon a úspěšnou kariéru koní v intenzivním dostihovém tréninku.

2. Cíl práce

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat literární přehled o současných poznatcích z výživy dostihových koní a doporučit přijatelná krmiva s ohledem na jednotlivá období v průběhu roku.

3. Literární rešerše

3.1. Anatomie a fyziologie trávicí soustavy koně

Trávicí neboli gastrointestinální trakt (GIT) dospělého koně je pozoruhodný orgánový systém s potenciální délkou přes 30 metrů a objemem přibližně 150 litrů. Stejně jako u jiných savců jsou různé anatomické oblasti koňského GIT funkčně specializovány, přičemž každý oddíl musí pracovat správně a ve shodě s ostatními regiony, aby podporoval nejen zdraví zvířete, ale v případě dostihového koně i jeho výkon (Ericsson et al. 2016).

3.1.1. Dutina ústní

Dutina ústní představuje vstup do trávicí soustavy koně, kde začíná mechanické a chemické zpracování potravy (Jelínek 2003; Meyer & Coenen 2003). Pysky, jazyk a zuby koně jsou uzpůsobeny k příjmu krmiva a změně jeho fyzické formy na formu vhodnou pro průchod gastrointestinálním traktem (GIT). Koně, na rozdíl od skotu, přijímají potravu především pysky, které jsou značně pohyblivé a citlivé a které se díky zmíněným vlastnostem uplatňují také při třídění méně chutných složek potravy. Horní a dolní řezáky využívá kůň zejména při pastvě nebo požírání pevné potravy (Meyer & Coenen 2003; Frape 2010). Laterální a vertikální pohyby čelisti koně, doprovázené silným slněním, umožňují třenovým zubům a stoličkám ve velké míře rozmělňovat dlouhé seno na částice menší než 1,6 mm (Meyer et al. 1975; Frape 2010). Zdravý a úplný chrup je tedy pro správný příjem a rozmělnění krmiva nezbytný (Meyer & Coenen 2003).

a. Zuby

Douhé hypsodontní zuby, které neptřetržitě dorůstají přibližně do dvaceti let věku (Nicholls & Townsend 2016), umožňují koni spásat abrazivní vegetaci. Zubní vzorec trvalého chrupu koně je $2 \times I\frac{3}{3}\ C\frac{0-1}{0-1}\ P\frac{3-4}{3}\ M\frac{3}{3}$ = 36–42, přičemž špičáky (*canini*) se obvykle vyvíjejí a prořezávají pouze u samců. Berkovitz & Shellis (2018) uvádí, že u 28 % samic se jeden nebo dva špičáky vyvíjí, ty mohou být ale aberantní nebo se nemusí vůbec prořezat. Prevalence prvního třenového zubu P1 (*premolares*) v horní čelisti, který je znám pod názvem vlčí zub, je vysoce variabilní (13 až 80 %) a liší se mezi plemeny, geografickými oblastmi i pohlavím, kdy se uvádí vyšší prevalence u samic (Hole 2016). Vývoj a prořezání prvního premoláru v dolní čelisti je extrémně vzácný. Špatně lokalizované nebo zlomené vlčí zuby mohou poranit ústní sliznici, což je jeden z nejčastějších důvodů pro jejich extrakci veterinárními lékaři (Hole 2016; Berkovitz & Shellis 2018).

b. Slinné žlázy a sliny

Fyzická přítomnost krmiva v ústech stimuluje sekreci velkého množství slin, které jsou produkovány převážně třemi hlavními slinnými žlázami pojmenovanými podle jejich anatomického umístění, tj. příušní, podčelistní a podjazyková (Frape 2010). Dospělí koně mohou vylučovat až 35–40 litrů slin denně s pH 8,6–9,1, přičemž většina pochází z největší slinné žlázy – žlázy příušní (Stick et al. 1981; Moeller et al. 2008). Stejně jako u jiných

živočišných druhů je i u koně rychlost vylučování stimulována příjmem potravy a žvýkáním. Čím vyšší je sušina v krmivu, tím vyšší je množství vylučovaných slin, a to především z důvodu času potřebného pro adekvátní žvýkání (Meyer et al. 1985; Meyer et al. 1986). Koňské sliny jsou tvořeny z více než 99 % vodou (Frape 2010) a svým složením se více podobají slinám masožravců a všežravců, protože oproti slinám přežvýkavců obsahují relativně více vápníku a chloridů a méně hydrogenuhličitanů a sodíku (Alexander & Hickson 1970; Stick et al. 1981). Na rozdíl od masožravců a všežravců však koňské sliny neobsahují prakticky žádné trávicí enzymy. Průměrná koncentrace slinné amylázy u koní je 0,44 U/ml, kdežto u lidí je to 77 U/ml a u prasat dokonce 98 U/ml (Varlound 2006). Varlound (2006) uvádí, že tato koncentrace enzymu u koní je pro trávení škrobů nedostatečná a sliny tak slouží především k lubrikaci polykaného sousta, zvlhčení sliznic a k tlumení kyselého obsahu žaludku.

3.1.2. Hltan

V hltanu dochází ke křížení trávicích cest s cestami dýchacími. Cesty dýchací musí být v době polykání zcela uzavřeny (Jelínek 2003).

3.1.3. Jícen

Jícen je u dospělého koně s hmotností 500 kg dlouhý přibližně 1,2–1,5 metru. Anatomicky je rozdělen na krční, hrudní a břišní část (Nickel et al. 1979). Na obou koncích hltanu se nachází svěrač, přičemž horní svěrač odděluje jícen od hltanu a spodní svěrač jícen od žaludku. Svalovina proximálních dvou třetin koňského jícnu je příčně pruhovaná, zatímco distální třetina je hladká. Stejně jako u všech druhů savců je lemován vrstvenatým dlaždicovým epitelem, jehož sliznice však nemá významnou sekreční aktivitu (Slocombe et al. 1982).

Jakmile je vyvoláno polykání přítomností potravy v kaudální části hltanu, horní svěrač se uvolní a umožní soustu potravy (bolus) vstoupit do lumen jícnu. Sousto je jícnem posouváno peristaltickými pohyby svaloviny až do jeho distálního konce, kde se uvolní spodní svěrač a sousto vstoupí do žaludku (Geor et al. 2013). Rychlost, jakou potrava prochází jícnem, se liší podle fyzikálního obsahu, ale obvykle trvá 4–10 vteřin (Greet 1982), přičemž tekutina prochází rychleji (Geor et al. 2013).

3.1.4. Žaludek

Kůň patří do skupiny monogastrů, což znamená, že má jednokomorový žaludek, jehož objem představuje přibližně 8–10 % GIT, tj. 7,5–15 litrů (Al Jassim & Andrews 2009). Anatomie žaludku se však od ostatních monogastrických druhů liší. Proximální polovina žaludku, tzv. slepý vak, je lemována modifikovaným dlaždicovým epitelem, který je v zásadě podobný epitelu jícnu a neobsahuje žádné sekreční žlázy (Merritt & Julliand 2013). Do této oblasti ústí pod velmi ostrým úhlem jícen, což spolu se silnou svalovinou, kterou je toto ústí jícnu staženo, znemožňuje koni zvracet. Ve vzácných případech může dojít ke zvracení tak, že trávenina kvůli existenci dlouhého měkkého patra vyjde ven skrz nozdry. Takový jev je však většinou spojen s prasknutím žaludku (Frape 2010; Geor 2013).

Zbytek žaludku, tj. česlo *(cardia),* vrátník *(pylorus)* a dno *(fundus)*, je pokryt žláznatou sliznicí, která je od bezžláznaté sliznice ostře oddělena prostřednictvím anatomické struktury *margo plicatus,* která představuje hlavní predispoziční místo výskytu vředů. Zatímco o produktech sekrece sliznice česla se ví poměrně málo, sliznice fundu obsahuje parietální buňky vylučující kyselinu chlorovodíkovou a hlavní buňky vylučující pepsinogen a lipázu. Pylorická sliznice pak obsahuje buňky, které syntetizují gastrin stimulující sekreci žaludeční kyseliny, jejíž vylučování pokračuje i během hladovění (Geor 2013). Všechny oblasti žláznaté žaludeční sliznice navíc produkují hlen a hydrogenuhličitany, které zůstávají blízko příslušných slizničních povrchů a chrání je tak před poškozením žaludeční kyselinou (Holzer 1998; Flemström & Isenberg 2001). Andrews & Nadeau (1999) zjistili, že dospělý kůň vylučuje do žaludku přibližně 1,5 litru žaludečních šťáv za hodinu, které obsahují 4–60 mmol kyseliny chlorovodíkové.

Žaludek se plní po vrstvách, nejdříve slepý vak a dno, a poté celý obsah postupuje do dalších částí žaludku. I přesto, že je většina tráveniny držena v žaludku po relativně krátkou dobu, je tento orgán zřídkakdy prázdný. Když kůň pije, prochází velká část vody zakřivením stěny žaludku, čmž je zamezeno výraznému ředění trávicích šťáv a smíchání s tráveninou (Geor 2013). Meyer & Coenen (2003) však uvádí, že příliš mnoho vody vypité během přijímání potravy může spláchnout obsah žaludku do tenkého střeva a způsobit zažívací potíže.

Trávení v žaludku je umožněno součinností enzymů a intragastrických mikroorganismů. Na počátku 60. let byly v žaludečním obsahu detekovány laktobacily a streptokoky (Alexander & Davies 1963). Přítomnost prvoků však prokázána nebyla (Kern et al. 1974). K mikrobiálnímu trávení dochází především v přední části žaludku (v oblasti dna žaludlu) a to v důsledku vysokého obsahu mikrobů a pH (Meyer & Coenen 2003; Geor 2013). K degradaci buněčné stěny rostlin zde pravděpodobně nedochází, protože koncentrace celulolytických bakterií jsou zanedbatelné (Kern et al. 1974; de Fombelle et al. 2003). Naopak díky vysokému podílu amylolytických bakterií se žaludeční mikroflóra vysoce podílí na trávení škrobů (Geor 2013). Když se trávenina přiblíží k distálnímu konci žaludku, tj. vrátníku (*pylorus*), klesá pH žaludku v důsledku sekrece HCl, která potencuje proteolytickou aktivitu pepsinu a zastavuje fermentaci, jejíž hlavním produktem je kyselina mléčná. Aktivita pepsinu je v oblasti vrátníku přibližně 15–20krát vyšší než v oblasti dna žaludku. Přesto je zde stupeň trávení bílkovin relativně nízký (Frape 2010). Žaludeční lipáza přispívá k částečnému trávení triacylglycerolů (TAG) za vzniku diacylglycerolů a volných mastných kyselin (Geor 2013).

3.1.5. Tenké střevo

Stejně jako u jiných druhů savců je tenké střevo koně rozděleno na tři hlavní oblasti: dvanáctník (*duodenum*), lačník (*jejunum*) a kyčelník (*ileum*). V poměru k velikosti těla je tenké střevo koně relativně krátké – u dospělého koně (500 kg) dosahuje délky asi 25 metrů, přičemž většina je *jejunum*. Na *duodenum* a na *ileum* připadá přibližně 1, respektive 0,7 metru. Do dvanáctníku ústí asi po 15 cm jeho délky žlučovod a primární pankreatický vývod (Kitchen et al. 2000).

Povrch vnitřní stěny tenkého střeva je mnohonásobně zvětšen díky přítomnosti 0,5–1 mm vysokých klků na sliznici, jejichž povrch je tvořen jednovrstevným cylindrickým epitelem s řasinkami (Meyer & Coenen 2003). Další zvětšení povrchu je umožněno přítomností mikroklků na apikálním povrchu buněk tenkého střeva, které souhrnně tvoří tzv. kartáčový lem. Tyto buňky obsahují také střevní trávicí enzymy a podílejí se na absorpci trávených živin (Geor 2013). Pod sliznicí se nachází vrstva svaloviny, která umožňuje pohyby střeva sloužící především k důkladnému promíchání střevního obsahu a jeho posunu směrem k tlustému střevu (Meyer & Coenen 2003). Trávenina prochází tenkým střevem průměrnou rychlostí 30 cm/min, s celkovou dobou zadržení v průměru 5 hodin (Van Weyenberg et al. 2006).

Do tenkého střeva se vylučuje, zejména z jater a slinivky břišní, značné množství tekutin a dalších látek, které napomáhají trávení (Geor 2013). Sekret slinivky břišní je produkován kontinuálně a dle Kitchen et al. (2000) představuje u dospělého koně denní produkci přibližně 20–25 l. Z důvodu obsahu bikarbonátu (~ 30 mEq/l), které jsou důležitým zdrojem tlumení žaludeční kyseliny vstupující do dvanáctníku, je pH koňské pankreatické šťávy zásadité (~ 8,0) (Alexander & Hickson 1970; Kitchen et al. 2000). Koncentrace trávicích enzymů v pankreatické šťávě koní, které byly zkoumány, tj. amyláza a trypsin, jsou ve srovnání s jinými druhy vysoce variabilní a velmi nízké (Alexander & Hickson 1970; Kienzle et al. 1994), ale pro koně krmené vysokým podílem píce adekvátní (Roberts 1974).

Pankreaticka α-amyláza umožňuje štěpení škrobu tím, že náhodně hydrolyzuje vazby α–(1,4) (Tester et al. 2004) a uvolňuje α–glukózu a oligosacharidy (Geor 2013). Uvolněné oligosacharidy jsou dále hydrolyzovány disacharidázami sacharázou a maltázou, které jsou přítomny na membráně kartáčového lemu tenkého střeva, na přislušné monosacharidy (Dyer et al. 2002). Meyer & Coenen (2003) uvádí, že hlavním enzymem štepení jednotlivých škrobů je právě maltáza, což odpovídá výše zmíněnému tvrzení, že koncentrace pankreatické amylázy je u koní nízká. Třetí hlavní disacharidázou, která se nachází také v kartáčovém lemu tenkého střeva, je laktáza štěpící mléčný cukr – laktózu (Geor 2013). Zatímco její aktivita je nejvyšší u sajících hříbat, u dospělých jedinců značně klesá (Meyer & Coenen 2003). Roberts et al. (1973) uvádí, že jedna ze dvou forem laktázy po 4 letech věku koně prakticky mizí.

Tuky jsou v tenkém střevě štěpeny převážně prostřednictvím pankreatické lipázy, která na rozdíl od žaludeční lipázy funguje při mírně alkalickém pH. Jejím hlavním cílem jsou diacylglyceroly uvolňované žaludeční lipázou, které rozkládá na 2–monoacylglyceridy a mastné kyseliny s dlouhým řetězcem. Na rozdíl od jiných živin jsou produkty lipolýzy špatně rozpustné ve vodném roztoku, a proto pro transport do enterocytů potřebují přítomnost žlučových solí (Lengsfeld et al. 2004; Geor 2013).

Z enyzmů štěpící bílkoviny v tenkém střevě má největší význam pankreatický trypsinogen, který je aktivován na trypsin enzymem enterokinázou z kartáčového lemu a následně i sám sebou. Trypsin je endoproteáza, která kromě hydrolýzy peptidových vazeb aktivuje také všechny ostatní oligopeptidázy (např. karboxypeptidázy a chymotrypsinogen) na jejich aktivní formy. Vzniklé oligopeptidy jsou postupně hydrolyzovány na základní di– a tripeptidy [~ 25 %] nebo až na samotné aminokyseliny [~ 75 %] (Johnson 2001; Geor 2013).

3.1.6. Tlusté střevo

Objemné tlusté střevo je zřetelně rozděleno na slepé střevo (*caecum*), velký, příčný a malý tračník (*colon*) a konečník (*rectum*). Slepé střevo dospělého koně je dlouhé asi 1 m a jeho kapacita je 25–35 l. Na jednom konci jsou v relativně těsné blízkosti dvě svalové chlopně, přičemž skrz jednu vstupuje trávenina do slepého střeva z kyčelníku a skrz druhou vystupuje trávenina ze slepého střeva do tračníku. Velký tračník má u dospělého koně objem asi 80 litrů, což představuje přibližně 60 % celkového objemu GIT (Frape 2010; Geor 2013).

Na rozdíl od tenkého střeva obsahují stěny tlustého střeva pouze žlázky vylučující hlen, což znamená, že zde nejsou vylučovány žádné trávicí enzymy. I přesto zde k trávení dochází, a to díky aktivitě přítomných bakterií. Ty mají za úkol štěpit především složité molekuly strukturních sacharidů – celulózy, hemicelulózy, pektinu, pro které neexistují příslušné trávicí enzymy – na jejich jednotlivé části, které jsou vhodné pro absorpci. Proces je ve srovnání s trávením škrobu a bílkovin relativně pomalý, což vyžaduje zadržení tráveniny v tomto úseku GIT po dostatečně dlouhou dobu. Lignin je prakticky nestravitelný, proto není dobré krmit koně krmivy s vysokým obsahem ligninu, tedy například slámou (Frape 2010; Geor 2013)

Meyer & Coenen (2003) uvádí, že ve slepém střevě a tračníku tlustého střeva je počet střevních mikroorganismů na úrovni, které dosahují předžaludky přežvýkavců. Střevní mikroflóra se může na základě různých faktorů (např. množství, druh či příprava krmiva) měnit, obecně však převažují anaerobní bakterie (enterobakterie, clostridie), následující laktobacily a streptokoky.

V posledním úseku trávicího traktu, tedy malém tračníku a konečníku, dochází ke vstřebávání vody, čímž se obsah střev více zahustí, a kapsovité vychlípeniny sliznice pak dávají koňskému trusu jeho charakteristický tvar (Meyer & Coenen 2003).

3.2. Organické látky ve výživě dostihového koně

3.2.1. Dusíkaté látky

Dusíkaté látky (N–látky) v krmivech tvoří bílkoviny a dusíkaté látky nebílkovinné povahy (NPN). Proteiny neboli bílkoviny jsou po vodě hlavní složkou většiny tělních tkání. V organismu zastávají řadu klíčových funkcí, např. zajišťují strukturu tkání (tj. kontraktilní proteiny aktin a myosin ve svalu, kolagen, keratin), transportují živiny v krevním řečišti (tj. memoglobin, albumin), transportují živiny přes buněčné membrány nebo regulují metabolické funkce (tj. enzymy, peptidové hormony). Zároveň jsou také součástí imunitního systému (tj. imunoglobiny) a slouží i jako pufr pro minimalizaci kolísání pH těla. Základní stavební jednotkou proteinů jsou aminokyseliny, které jsou vzájemně spojeny peptidovou vazbou do řetězce. Proteiny se od sebe odlišují nejen typem aminokyselin inkorporovaných do proteinového řetězce, ale také jeho délkou. Existuje celkem 21 různých aminokyselin, které jsou součástí savčích proteinů a které lze klasifikovat na základě chemických vlastností nebo dietní podstaty. Běžná metoda klasifikace aminokyselin je založena na tom, zda je jedinec schopen vytvořit si aminokyselinu v potřebném množství vlastními metabolickými procesy

anebo zda ji musí přijmout v potravinovém zdroji. Na rozdíl od bakterií, které mají metabolické dráhy k syntéze všech aminokyselin de novo, mají savci schopnost syntetizovat pouze některé aminokyseliny. Aminokyseliny, které musí být přijímány ve stravě, protože metabolické cesty pro jejich syntézu neexistují nebo jsou nedostatečné, se označují jako nepostradatelné (esenciální) (Urschel & Lawrence 2013). Mezi ně patří 9 aminokyselin, konkrétně arginin, histidin, isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin (Elango et al. 2009). Často je do tohoto seznamu zařazen i arginin, protože u rostoucích jedinců je rychlost jeho syntézy nedostatečná k tomu, aby splnila požadavky zvířete. Arginin se může stát nepostradatelnou aminokyselinou také během nemoci či úrazu, a to kvůli rolím, které hraje ve funkci imunitního systému a při likvidaci přebytečných dusíkatých metabolitů. Všechny esenciální aminokyseliny potřebné k tvorbě proteinu musí být přítomny současně. Aminokyselina, která není přítomná v dostatečném množství, se označuje jako limitující, protože omezuje syntézu proteinu. Výzvou při krmení koní je tedy zajistit dostatečné množství aminokyselin, především těch esenciálních, a to v takové míře, aby je tělo mohlo čerpat nejen pro syntézu tkání, enzymů, hormonů, ale také pro opravu tkání (Urschel & Lawrence 2013).

Dusíkaté látky nebílkovinné povahy lze definovat jako dusíkaté látky, které nejsou vázány peptidovými vazbami. Řadí se mezi ně močovina, biuret, kyselina močová a řada dalších sloučenin amoniaku, jakožto i volné aminokyseliny (Tadele et al. 2015). Močovina je syntetizována v játrech z přebytečných aminokyselin, takže nadměrný příjem bílkovin ve stravě je spojen se zvýšením koncentrace močoviny v plazmě (Frape et al. 2010). Zatímco ve stravě přežvýkavců představuje močovina hlavní komerční zdroj NPN (Tadele et al. 2015), u dospělých koní nepředstavuje suplementace močovinou v nízkoproteinové dietě žádný nutriční přínos (Martin et al. 1996). Meyer & Coenen (2003) uvádí, že „méně hodnotné bílkoviny a zdroje NPN mohou být v tlustém střevě přeměněny na bílkoviny vysoce hodnotné, ale ty může kůň využít nanejvýš formou koprofagie, tedy požíráním trusu“.

Existují také dusíkaté látky, které jsou syntetizovány z aminokyselin, ale protože se tvoří spíše enzymatickými reakcemi než transkripcí RNA, nelze je jednoznačně klasifikovat jako proteiny. Mezi tyto sloučeniny s různými fyziologickými funkcemi řadí Urschel & Lawrence (2013) např. gluthathion, kreatin, karnitin a karnosin. Glutathion (cystein, glycin a glutamin) je antioxidant, který interaguje s volnými radikály a chrání buňky před oxidačním poškozením (Sies 1999; Noctor et al. 2011). Kreatin (arginin, glycin a methionin) se podílí na buněčném energetickém metabolismu, protože v případě jeho fosforylace může být použit pro rychlou tvorbu ATP (Bessman 1985). Karnitin (lysin, methionin) je nezbytný pro transport mastných kyselin přes vnitřní mitochondriální membránu pro oxidaci a produkci ATP (Bieber 1988). Karnosin (histidin a β–alanin) je přítomen ve velmi vysokých koncentracích v bílých vláknech kosterního svalstva koní (Sewell et al. 1992), kde pomáhá tlumit kyselinu mléčnou produkovanou během glykolýzy (Urschel & Lawrence 2013).

Krmná dávka koní obvykle obsahuje více bílkovin, než je nutné ke splnění nutričních požadavků (Hintz 1994; Graham–Thiers & Kronfeld 2005). I přesto je nutné dbát nejen na správné množství jednotlivých aminokyselin, ale také na jejich vzájemný poměr. V obilných krmivech a píci je první limitující aminokyselinou lysin následovaný threoninem (Graham et

al. 1994, Graham–Thiers & Kronfeld 2005). Stravitelnost bílkovin souvisí se zdrojem, koncentrací bílkovin ve stravě, složkami a poměrem krmiva a koncentrátu v krmné dávce (NRC 2007). Březí klisny potřebují velké množství kvalitních bílkovin nejen pro růst plodu, ale také pro následnou laktaci. Rovněž i mladí koně potřebují dostatek bílkovin pro správný tělesný růst. Uvádí se, že rostoucí koně potřebují obecně mezi 12–18 % hrubého proteinu ve své stravě (Pagan 2010; Duberstein et al. 2015). U koní, kteří svůj růst již ukončili, je to přibližně 8–12 % v závislosti na jejich pracovní zátěži. Dostihoví koně potřebují dostatečné množství bílkovin především k udržení a růstu svalové hmoty (Pagan 2010; Duberstein et al. 2015). Studie uvádějí, že dusíková bilance se u koní během tréninku zvyšuje a zůstává na vyšších úrovních i po přerušení tréninku, z čehož vyplývá, že pro udržení svalové hmoty získané během tréninku je zapotřebí více bílkovin ve stravě (Freeman et al. 1988; Graham–Thiers & Bowen 2011). Množství a profil bílkovin v krmivu může mít u trénujícího koně zvláštní význam pro udržení svalové integrity a zefektivnění regenerace (Hackl et al. 2009).

3.2.2. Sacharidy

Sacharidy jsou nejvíce zastoupenou složkou koňské stravy a tím i největším dodavatelem energie potřebné pro buněčný metabolismus (Duberstein & Johnson 2015; Davies 2018). Z hlediska fyziologie rostlin lze sacharidy rozdělit do tří obecných skupin: jednoduché cukry, nestrukturální neboli zásobní sacharidy (např. škrob, fruktany) a strukturální sacharidy (např. hemicelulóza, celulóza). Zatímco nestrukturální sacharidy mohou být enzymaticky hydrolyzovány na jednoduché cukry v tenkém střevě, strukturální sacharidy obsahující β–1,4 glykosidovou vazbu musí být fermentovány bakteriemi a prvoky v tlustém střevě na těkavé mastné kyseliny (Lewis 2005; Hoffman 2013). Hydrolýza škrobu a jednoduchých sacharidů na glukózu v tenkém střevě je metabolicky efektivnější než fermentace vlákniny na těkavé mastné kyseliny. Ve srovnání s mastnými kyselinami je glukóza (nebo její uložená forma, glykogen) téměř dvakrát rychleji aerobně metabolizována pro vytvoření ATP ke svalovým kontrakcím (Hoffman et al. 2009).

Mezi jednoduché cukry patří glukóza, fruktóza, ribóza a galaktóza, které se nejčastěji vyskytují jako složky větších molekul sacharidů. Volné cukry se v rostlinách nevyskytují ve vysokých koncentracích, ale z těch přítomných převažují glukóza a fruktóza. K disacharidům se řadí sacharóza (glukóza + fruktóza), která se běžně vyskytuje v trávě a luštěninách, maltóza (glukóza + glukóza), která vzniká jako meziprodukt při hydrolytickém štěpení škrobu, a laktóza (glukóza + galaktóza), která je důležitá pro výživu hříbat (Hoffman 2013).

Hlavní energii získávají koně prostřednictvím strukturálních sacharidů ve formě vlákniny. Hlavními zástupci vláknitých sacharidů v koňské stravě jsou celulóza a hemicelulóza. Hemicelulóza zahrnuje několik polysacharidů přítomných ve stěnách rostlinných buněk, z nichž většinu tvoří polymery obsahující xylózu, glukózu, manózu a arabinózu, známé také jako xylany, glukomanany a arabinany. Celulóza je polysacharid obsahující i více než deset tisíc glukózových jednotek spojených β–1,4 glykosidickými vazbami, které nemohou být štěpeny hydrolýzou enzymů v tenkém střevě. Celulóza, nerozpustná vláknina, je strukturální složkou buněčných stěn zelených rostlin a je fermentována celulolytickými bakteriemi v tlustém střevě koní (Hoffman 2013). Stravitelnost vlákniny se snižuje s vyšším zastoupením

celulózy a přítomností ligninu. Lignin představuje nestravitelnou sloučeninu, která se ve velkém množství vyskytuje v dřevinách. Relativní množství celulózy a ligninu se zvyšuje, když rostliny dozrávají, proto jsou dospělé rostliny méně stravitelné než rostliny nezralé. Relativní množství strukturálních sacharidů se také liší mezi typy a částmi rostliny. Rostliny s velkými stonky a malým množstvím listů budou hůře stravitelné kvůli většímu množství nestravitelné vlákniny (Freeman 2017).

Nestrukturální sacharidy se převážně nacházejí v rostlinách ve formě škrobu. Škrob je polysacharid obsahující glukózové jednotky spojené glykosidickými vazbami, včetně lineární amylózy s vazbou α–1,4 a rozvětveného amylopektinu s vazbami α–1,6. Škrob je přítomen ve všech rostlinách, ale je primárním zásobním sacharidem v obilovinách, travinách a luštěninách. I přesto, že škrob podléhá enzymatické hydrolýze v tenkém střevě koní, může být také rychle fermentován. Obsah škrobu v rostlinách je ovlivněn ročním obdobím a slunečním zářením (McIntosh et al. 2007). Právě vysoký obsah škrobu v krmné dávce byl na základě epidemiologických a experimentálních studií spojen s několika trávicími a metabolickými poruchami, včetně koliky (Clarke et al. 1990; Tinker et al. 1997; Hudson et al. 2001), laminitidy (Pass et al. 1998; Hoffman et al. 2007), žaludečních vředů (Murray 1994), inzulinové rezistence (Hoffman et al. 2003; Treiber et al. 2005) a dalších. To vedlo k vývoji a marketingu „nízkoškrobových" koncentrátů pro koně. Zatímco doplňková krmiva s nízkým obsahem škrobu („koncentráty") poskytují alternativní zdroj energie, který je zásadní pro koně citlivé na dietní zátěž škrobem, nejsou tato krmiva řešením pro všechny, zvláště pro dostihové koně trénující ve vysoké intenzitě (Hoffman 2013).

3.2.3. Tuky

Tuky jsou podobně jako jiné třídy živin chemicky a strukturně různorodé. Struktura tuku má přímý vliv nejen na jeho fyzikální vlastnosti ale také na biologické chování a aktivitu. Přirozeně se vyskytující tuky v píci a obilovinách existují jako směs jednoduchých (di– a triacylglyceroly, neesterifikované mastné kyseliny, vosky a steroly) a komplexních lipidů (glykolipidy a fosfolipidy) (Hargin & Morrison 1980; Harwood 1996; Zhou et al. 1999). Tuky a oleje přidávané do krmiva koní jsou tvořeny především triacylglyceroly, které jsou běžně označovány také jako triglyceridy. Ty se skládají se ze tří mastných kyselin esterifikovaných na molekulu glycerolu. Každá mastná kyselina představuje uhlovodíkový řetězec, který může mít délku od 2 do 28 uhlíků, přičemž esterifikované mastné kyseliny mají délku obvykle 12 až 22 uhlíků. I přesto, že neesterifikované mastné kyseliny tvoří velmi malou část tuku, jejich přítomnosti v krmivu nebo oleji se využívá k indikaci žluknutí (oxidace) tuků. Kromě délky se mastné kyseliny mohou lišit také stupněm nasycení. Mastné kyseliny, které neobsahují žádné dvojné vazby mezi atomy uhlíku, se označují jako nasycené mastné kyseliny. Mastné kyseliny s jednou nebo více dvojnými vazbami se označují jako mono– nebo polynenasycené mastné kyseliny. Nasycené mastné kyseliny mají vysokou teplotu tání, tudíž zdroje tuku bohaté na nasycené mastné kyseliny jsou při pokojové teplotě pevné. Naproti tomu nenasycené mastné kyseliny mají nižší bod tání, takže tuk je při pokojové teplotě tekutý (tj. olej) nebo téměř tekutý. Většina rostlinných tuků má relativně vysoký obsah nenasycených mastných kyselin; výjimkami jsou kokosový a palmový olej (Warren & Vineyard 2013).

Pícniny, obilná zrna a většina vedlejších obilných produktů mají obecně přirozeně nízký obsah tuku (tj. <4 % sušiny). Obsah tuku v krmné dávce koně lze zvýšit řadou přísad bohatých na tuk, nejčastěji prostřednictvím rostlinných olejů včetně řepkového, kokosového, kukuřičného, bavlníkového, lněného, olivového, palmového, arašídového, sójového, či rýžových otrub nebo světlice barvířské (Bush et al. 2001; Hallebeek & Beynen 2002; Duvaux–Ponter 2004; Frank et al. 2004; Gatta et al. 2005; Delobel et al. 2008; Warren & Vineyard 2013). Kromě olejů, které představují v podstatě 100 % hrubého tuku, existují i další krmiva, která obsahují relativně vysoké procento hrubého tuku v sušině (>20 %), např. stabilizované rýžové otruby, tepelně upravené sójové boby, lněné semínko či slunečnicová semena (Warren & Vineyard 2013). V poslední době se zvýšil zájem o omega–3 mastné kyseliny a způsob, jak navýšit jejich množství v krmné dávce. Omega–3 (kyselina alfa–linolenová) a omega–6 (kyselina linolová) jsou totiž esenciální mastné kyseliny, které musí být dodávány stravou, neboť si je koně nedokážou sami syntetizovat (Warren & Vineyard 2013). Začaly se tak hojně využívat i zdroje mořských tuků včetně rybích olejů, tuleního tuku a řas (Khol–Parisini et al. 2007; King et al. 2008; Vineyard et al. 2010). Podíl kyseliny alfa–linolenové najdeme také v čerstvé píci i seně, kde obvykle převyšuje podíl kyseliny linolové. Ta je naopak hojně zastoupena v obilných zrnech, sójové mouce, rýžových otrubách a většině rostlinných olejů (Warren & Vineyard 2013).

Stravitelnost tuků v potravě je primárně ovlivněna formou příjmu a typem lipidů. Píce a obiloviny obsahují nízkou hladinu přirozeně se vyskytujícího tuku se stravitelností v rozmezí 5–57 % v píci (Fonnesbeck et al. 1967; Sturgeon et al. 2000) a 55–76 % v zrnech (Hintz & Schryver 1989). Naproti tomu doplňky stravy ve formě živočišného tuku nebo rostlinného oleje mají zjevnou stravitelnost mezi 64 % a 96 % (Kane et al. 1979; Rich et al. 1981; McCann et al. 1987; Swinney et al. 1995; Bush et al. 2001). Důvod rozdílů ve stravitelnosti přirozeně se vyskytujících a doplňkových zdrojů tuku je pravděpodobně multifaktoriální. Zatímco doplňkové živočišné tuky a rostlinné oleje jsou většinou ve formě volně dostupných triacylglycerolů, tuky v píci a obilí jsou obklopeny složkami rostlinné buněčné stěny, které mohou zpomalit nebo zabránit prezentaci lipázy v tenkém střevě. Navíc dvě třetiny obsahu lipidů v píci (Harwood 1996) a až jedna třetina v obilných zrnech (Hargin & Morrison 1980; Zhou et al. 1999) jsou ve formě glykolipidů a fosfolipidů.

3.3. Energetický metabolismus

Koně ve volné přírodě tráví celý den sháněním potravy, díky čemuž urazí průměrně asi 15 kilometrů pomalým tempem (Hampson et al. 2010). Náhlé epizody rychlého pohybu se objevují pouze příležitostně, a to hlavně tehdy, když je stádo ohroženo predátorem. Domestikace tento přirozený životní styl koní dramaticky změnila. Dnešní způsob ustájení a chovu koní, obzvláště sportovních a dostihových, se od těchto přírodních podmínek značně liší. Dostihoví koně podstupují vysoce intenzivní nebo dlouhodobé tréninky, které vyžadují značné množství energie (Burk & Williams 2008; Hoffman et al. 2009). Hlavním zdrojem snadno dostupné chemické energie v buňkách je adenosintrifosfát (ATP) (NRC 2007).

Primárními substráty pro produkci energie (ATP) u trénujícího koně jsou sacharidy a lipidy. Bílkoviny se na produkci energie během tréninku podílejí pouze z 5–15 %. Toto číslo

se ale může navýšit v případě, že dojde k vyčerpání zásob sacharidů (Lawrence 1994). To, jaké zdroje jsou pro tvorbu ATP mobilizovány, určuje především intenzita a typ cvičení. Rozdělení energie, a tedy pořadí, ve kterém budou energetické substráty využity pro konečnou produkci ATP, se bude značně lišit mezi dlouhodobým cvičením nízké intenzity (vytrvalost) a krátkodobým cvičením vysoké intenzity (sprint). Zatímco pro velmi intenzivní a krátkodobou činnost budou sloužit jako hlavní zdroj energie sacharidy, pro dlouhodobou aktivitu s nízkou intenzitou budou převládat jako zdroj energie lipidy (Nielsen 2001).

3.3.1. Energetické substráty

3.3.1.1. Sacharidy

Absorbované sacharidy jsou okamžitě dostupné jako zdroj energie ve formě krevní glukózy. Přebytečná glukóza se ukládá ve svalech a v játrech ve formě svalového, respektive jaterního glykogenu. Četné studie prokázaly, že během fyzické aktivity koně může dojít k vyčerpání zásob svalového glykogenu. Míra a procento vyčerpání, které je výsledkem, závisí na intenzitě a délce tréninku. Využití svalového glykogenu za minutu je největší při vyšších rychlostech na kratší vzdálenosti (Hodgson et al. 1984; Nimmo & Snow 1983), ale celkové procento úbytku glykogenu se zvyšuje s rostoucí délkou tréninku (Hodgson et al. 1983; Snow et al. 1981; Snow et al. 1982). Vyčerpání svalového glykogenu během fyzické aktivity vede ke svalové únavě, proto je koncentrace svalového glykogenu na začátku cvičení velmi důležitá pro oddálení únavy. Právě zásoba svalového glykogenu je jedním z nejvýznamnějších limitujících faktorů pro dlouhotrvající a nízko – intenzivní výkon (Pösö et al. 2008). Doplnění glykogenu po úplném vyčerpání trvá u koně přibližně 72 hodin; pro srovnání u lidského sportovce je toto doplnění dokončeno do 24 hodin (Lacombe et al. 2006; Waller & Lindinger 2010). Každodenní intenzivní trénink vede k postupnému snižování koncentrace svalového glykogenu v důsledku pomalé rychlosti resyntézy. Po několika dnech relativního klidu se však koncentrace glykogenu obnoví nebo dokonce zvýší oproti období před tréninkem (Lacombe et al. 2003). Vysoce intenzivní zátěž má s největší pravděpodobností negativní vliv na zásoby svalového glykogenu, které jsou klíčové pro dosažení špičkového výkonu. Proto je vysoce intenzivní trénink během dvou dnů před závodem kontraproduktivní a minimálně den před závody je potřeba se intenzivnímu tréninku vyvarovat (Robyn et al. 2017).

3.3.1.2. Tuky

Asimilované tuky se ukládají jako triglyceridy v tukové tkáni a v menší míře také ve svalech. Z kvantitativního hlediska představuje tuková tkáň největší zásobárnu energie v těle (Lindholm 1979). Triglyceridy jsou vysoce koncentrované zásoby energie, protože jsou redukované a bezvodé (Stryer 1988). Prvotním dějem při využití triglyceridů jako energetického substrátu je jejich hydrolýza lipázami na glycerol a volné mastné kyseliny. Glycerol se v řadě kroků převádí na glyceraldehyd–3–fosfát, který je meziproduktem v glykolytické i glukoneogenní dráze. Volné mastné kyseliny podléhají b–oxidaci a vstupují do Krebsova cyklu. Hlavními mastnými kyselinami u koní jsou kyselina olejová, palmitová a linolová (Robb et al. 1972). Ukázalo se, že tuk je hlavním energetickým substrátem při tréninku s nízkou intenzitou. Nejlépe to dokládá pokles respiračního výměnného poměru (R),

který se vypočítá jako podíl objemu vydechovaného oxidu uhličitého (CO_2) objemem O_2 spotřebovaného během tréninku. Hodnoty R kolem 0,7 indikují využití tuku, zatímco pro využití sacharidů je hodnota 1,0. Hodnoty v tomto rozmezí odrážejí různé poměry metabolismu tuků a sacharidů. Když převládá anaerobní metabolismus, hodnoty R překročí 1,0 kvůli vysoké produkci laktátu, čímž se zvýší zátěž CO_2, která má být eliminována (Gerard 2014).

Účinnost krmení sportovních koní krmivy s doplněným tukem byla předmětem mnoha výzkumů. Kůň samotný tuk snadno tráví a vstřebává, přičemž rostlinné zdroje mají lepší využití než živočišné tuky (Rich et al. 1981). Přidání tuku do krmiva zvyšuje energetickou hustotu, čímž umožňuje snížení procenta koncentrátů nebo snížení celkového příjmu krmiva při zachování pozitivní energetické bilance zvířete. Právě zachování pozitivní energetické bilance bývá častým problémem u těžce pracujících koní, kteří velice často nekonzumují dostatečné množství potravy, aby pokryli své energetické potřeby. Kromě toho bylo zjištěno, že tuk ve skutečnosti jednak snižuje energii potřebnou k údržbě (Potter et al. 1990), jednak může snížit energii potřebnou pro termoregulaci, a tedy i tepelný stres během tréninku (Scott et al. 1993). Náhrada tuku za sacharidy zřejmě snižuje tepelnou zátěž koní snížením tepla produkovaného fermentací škrobu v tlustém střevě. Proto může být podávání tuku trénujícím koním výhodné v horkém a vlhkém klimatu (Gerard 2014). Přidávání tuku do stravy navíc zjevně mění metabolismus energetických substrátů během aerobního i anaerobního cvičení. Jedním z navrhovaných účinků adaptace na dietu doplněnou tuky je zvýšení plazmatických koncentrací neesterifikovaných mastných kyselin, následné zvýšení oxidace mastných kyselin a snížení závislosti na svalovém glykogenu a krevní glukóze jako energetických substrátů. V tomto případě by krmení tukem u koně podstupujícího prodloužené aerobní cvičení bylo jednoznačně výhodné. Potenciální přínosy pro anaerobně trénujícího jedince však nejsou tak zřejmé (Hiney & Potter 1996).

3.3.1.3. Bílkoviny

Natrávený protein se vstřebává z tenkého střeva ve formě aminokyselin a malých peptidů. Pokud jsou aminokyseliny k dispozici nad rámec potřeb zvířete, mohou být rozloženy, aby poskytly energii. K degradaci deaminačními nebo transaminačními reakcemi dochází většinou v játrech, přičemž konečným produktem je acetylkoenzym A pro využití v Krebsově cyklu. Leucin, aminokyselina s rozvětveným řetězcem, může podléhat oxidaci přímo ve svalu (Lawrence 1990). Příspěvek aminokyselin k produkci energie během tréninku je ve srovnání se sacharidy a tuky menší (Åstrand & Rodahl 1986), a to v rozmezí 1 % až 15 % (Lawrence 1990). Mnozí trenéři se domnívají, že podáváním velkého množství bílkovin můžou zvýšit výkon, a tak často nevybírají krmivo podle obsahu energie, ale spíše podle procenta bílkovin (Hinney & Potter 1996). Má se však za to, že ve stravě je adekvátních přibližně 10 % bílkovin (Gerard 2014).

3.3.2. Energetické dráhy

Obecně platí, že když sval začne pracovat, nejprve spotřebuje veškeré množství ATP přítomné ve svalové buňce. To poskytuje svalovým buňkám dostatek energie na pokrytí fyzického výkonu během prvních zlomků vteřin. Následně je využit intracelulárně uložený

kreatinfosfát k refosforylaci adenosin–difosfátu (ADP) na ATP. Výhodou tohoto energetického substrátu je, že dokáže velmi rychle anaerobně, a navíc bez produkce kyseliny mléčné, generovat ATP. Zásoby kreatinfosfátu jsou však ve svalové buňce omezené a mohou poskytnout energii pouze na několik vteřin. Po vyčerpání zásob kreatinfosfátu se spouští anaerobní glykolýza, při které se využívá glykogen nebo glukóza bez přítomnosti kyslíku, což umožňuje rychlou produkci ATP. Tento proces je však značně neefektivní (Robyn et al. 2017). Čistým výtěžkem jsou pouze tři molekuly ATP z jedné molekuly glykogenu nebo dvě molekuly ATP z jedné molekuly glukózy. Navíc se při anaerobní glykolýze rychle spotřebovávají zásoby svalového glykogenu a také vzniká jako odpadní produkt kyselina mléčná, která ale může být zpracována zpět na glukózu v játrech pomocí Coriho cyklu. Nově vytvořená glukóza pak může difundovat z hepatocytů do krevního řečiště, odkud ji mohou pracující svaly opět přijímat jako zdroj energie. Tento cyklus je však značně neefektivní a neměl by sloužit jako hlavní dodavatel energie. V závislosti na typu, intenzitě a délce zátěže, ale také v závislosti na typu svalu a úrovni trénovanosti dochází do čtyřech minut po zahájení fyzického výkonu k nástupu aerobní glykolýzy (MacLeay 2010; Vervuert 2011). McMiken (1983) uvádí, že oxidační procesy jsou plně zapojeny do 1 minuty od začátku fyzické zátěže a jejich intenzita závisí spíše na rychlosti přenosu O_2 do buněk než na dostupnosti energetického substrátu. U zdatných dostihových koní může být doba k dosažení maximální produkce energie prostřednictvím oxidačních procesů kratší než 20 sekund, zejména po zahřátí (Tyler et al. 1996). Sacharidy se spalují v přítomnosti kyslíku a velmi účinným způsobem se generuje velké množství ATP, kdy každý mol glukózy poskytuje 36 molů ATP. Přibližně třicet minut po zahájení cvičení je zahájena aerobní lipolýza (MacLeay 2010; Vervuert 2011).

Aerobní i anaerobní dráha produkce energie jsou aktivní na všech úrovních fyzické aktivity, jedna z nich však bude v závislosti na intenzitě a délce trvání aktivity převládat. Nikdy se tedy nesetkáme s tím, že během cvičení budou zapojeny pouze aerobní nebo pouze anaerobní procesy. Dostupnost substrátu a enzymů, koncentrace konečného produktu a různé mechanismy zpětné vazby přispívají k dynamice energetické dráhy. Mezi nejvýznamnějším regulátory drah produkujících energii patří zásobování svalů kyslíkem a poměr ATP k ADP. V klidu a během cvičení s nízkou intenzitou (krok a klus) poskytují aerobní dráhy většinu energetických požadavků. Při této intenzitě cvičení bude poměr ATP k ADP vysoký; fosfofruktokináza, která je hlavním regulačním enzymem glykolýzy, bude inhibována a β–oxidace mastných kyselin, která probíhá pouze za aerobních podmínek, bude představovat hlavní metodu pro regeneraci ATP (Hodgson et al. 1985; Lawrence 1990; Gerard et al. 2013). To je typické především pro fyzickou aktivitu vytrvalostního charakteru, kdy je dobře známo, že koncentrace neesterifikovaných mastných kyselin v krvi se zvyšuje a míra využití glykogenu je nízká (Hodgson et al. 1983; Hodgson et al. 1985; Lucke & Hall 1980; Snow et al. 1982). Jak se intenzita cvičení zvyšuje, ADP se hromadí, což stimuluje produkci energie anaerobní glykolýzou a dramatický nárůst využívání sacharidů jako energetických substrátů. Intenzivní aktivita, představující cval nebo dostihový závod, závisí do značné míry na dodávce anaerobní energie. Samoomezující povaha anaerobního výkonu (vyčerpání substrátu) znamená, že kůň může udržet maximální rychlost pouze asi 600 až 800 m. Po této vzdálenosti klesá dodávka energie, která musí být generována opět pomalejšími aerobních drahami, což vyžaduje snížení rychlosti (Hodgson et al. 1985; McMiken 1983).

3.4. Voda

Voda je důležitou a nezbytnou součástí výživy, protože se přímo či nepřímo účastní v podstatě všech fyziologických procesů (Cymbaluk 2013). Celková tělesná voda tvoří 62–68 % tělesné hmotnosti dospělých koní a je distribuována uvnitř (intracelulárně) nebo mimo (extracelulárně) buňky (Fielding et al. 2004; NRC 2007). Zatímco kompartment intracelulární tekutiny (ICF) se odhaduje na 38–53 % tělesné hmotnosti, kompartment extracelulární tekutiny zahrnující plazmu, mezibuněčnou tekutinu, transcelulární tekutinu a lymfu byl odhadnut na 22–26 % (Cymbaluk 2013). Transcelulární tekutina je obsažena v anatomických oddílech vystlaných epitelem, jako je například střevo nebo močový měchýř. V závislosti na potravě může tekutina sekvestrovaná obsahem trávicího traktu koně tvořit 9 až 21 % jeho hmotnosti (Robb et al. 1972; Coenen & Meyer 1987; Gee et al. 2003; Sneddon et al. 2006). Má se za to, že právě gastrointestinální trakt tvoří rezervoár tekutin během fyzické aktivity a v dalších krátkých období, kdy je voda nedostupná (Sneddon & Argenzio 1998). Celková tělesná voda u koní a hříbat s věkem lineárně klesá (Agrabriel et al. 1984; Doreau et al. 1986). U hříbat během prvního týdne života představuje celková tělesná voda až 71 %, a proto přerušení přísunu tekutin může způsobit větší zdravotní ohrožení než u dospělých jedinců (NRC 2007).

Rovnováha vody v organismu je založena na jejím příjmu a výdeji. Zatímco vodu mohou koně přijímat pitím, metabolismem nebo krmivem, tekutiny ztrácejí trusem, močí, potem a dýcháním (Cymbaluk 2013). Zdraví koně vykonávající lehkou práci ztrácejí vodu z 18 % močí, z 51 % výkaly a z 31 % dýcháním a pocením (Tasker 1967). Potřeba vody se zvyšuje v závislosti na teplotě prostředí a úrovni fyzické aktivity. Teplota prostředí od 15 do 20 °C zvyšuje potřebu vody u koní o 15–20 %, práce v závislosti na své náročnosti zvyšuje požadavky o 20–300 %. Trénink v horkém podnebí pak zvyšuje potřebu vody až na 12–15 l/100 kg tělesné hmotnosti (Frape 2010). Omezený příjem vody snižuje chuť k jídlu i příjem krmiva (Frape 2010), přičemž nadměrná dehydratace (vyšší než 15 %) může způsobit i smrt (Cymbaluk 2013). Kůň by měl mít neomezený přístup k vodě, a to i tehdy, když spásá mladé rostoucí rostliny, které mají vysoký obsah vody (75–80 %) (Frape 2010).

Současně s vodou jsou potem ve velké míře vylučovány i elektrolyty, což jsou minerální soli obsažené v krevní plazmě (Davies 2018). Přestože elektrolyty nejsou hlavní složkou stravy, mají schopnost dramaticky ovlivnit výkon koně (Hower et al. 1995). Mezi hlavní elektrolyty patří sodík a chlor, které se vylučují ve formě chloridu sodného (NaCl) (NRC 2007). Dalšími elektrolyty jsou hořčík, vápník a draslík (Frape 2010; Ramzan 2014). Doplňování elektrolytů bez ohledu na skutečné potřeby zvířat praktikuje mnoho trenérů nejen v tréninkovém období, ale také v den samotného dostihu, obzvláště pokud je vysoká teplota prostředí (NRC 2007). Bylo prokázáno, že obohacený roztok o elektrolyty může snižovt srdeční frekvenci i akumulaci laktátu (Linder et al. 1991). Zahřátý kůň po fyzickém výkonu by neměl ihned přijmout nadměrné množství studené vody, protože by hrozilo vyvolání koliky (Frape 2010). Aby mohl kůň svoje ztráty dostatečně kompenzovat, měl by mít dostatečný příjem vody, vyváženou krmnou dávku a volně přístupnou mineralizovanou sůl (Chiba 2009).

3.5. Význam minerálních látek ve výživě dostihových koní

Jako vysoce výkonní sportovci vyžadují dostihoví koně vyvážený přísun minerálních látek zejména pro svalovou kontrakci, přenos energie a udržení kosterní tkáně. Minerály, které dle hmotnosti představují pouze malou část stravy koní, hrají zásadní roli v celé řadě dalších fyziologických funkcí (NRC 2007). Minerální látky lze rozdělit na makroprvky, mezi které patří vápník, fosfor, sodík, draslík, chlor, hořčík, síra, a na mikroprvky (neboli stopové prvky), mezi které se řadí měď, jod, železo, selen, mangan, zinek, kobalt a fluor (Briggs 2009). Rozdíl mezi makro– a stopovými prvky není spojen s jejich chemickou strukturou, ale odráží jejich podstatnost a průměrnou požadovanou koncentraci ve stravě: ≥100 ppm = makro, <100 ppm = stopový prvek (Coenen 2013). Většinu potřebných minerálů získává kůň z píce a koncentrátů. Obsah a dostupnost minerálních látek v krmivech se liší dle jejich koncentrace v půdě, zastoupení rostlinných druhů, stádia zralosti a podmínek sklizně (NRC 2007). I v dnešní době je ale stále běžným jevem nedostatečný nebo nadměrný příjem minerálních látek, což představuje vysoké riziko negativních účinků jak na zdraví, tak na výkonnost koně. Mezi běžné důvody nadměrné nebo nedostatečné suplementace, zejména stopových prvků, patří výběr nevhodných minerálních doplňků nebo jejich špatné užívání (Coenen 2013).

3.5.1. Makroprvky

3.5.1.1. Vápník a fosfor

Vápník (Ca) a fosfor (P) jsou uváděny společně z důvodu jejich vzájemné závislosti. Jedná se o hlavní prvky kostní tkáně, kde je nalezneme v poměru 2 : 1 (Ca : P), v celém těle je pak nalezneme v poměru přibližně 1,7 : 1. Není tedy divu, že kosti tvoří hlavní rezervoár obou prvků, který je využit v případě, že strava nesplňuje požadavky na jejich dostatečný přísun (Frape 2010). Vápník je také důležitým prvkem, který se podílí na udržování funkce svalů a nervů (Rosenthal 2011). Z tohoto důvodu musí být koncentrace Ca^{2+} udržována v přesně stanovených mezích. Distribuce Ca a P v těle je přísně regulována dvěma bílkovinnými hormony, které působí antagonisticky. Jedná se o parathormon vylučovaný příštítnými tělísky a kalcitonin vylučovaný parafolikulárními C buňkami štítné žlázy (Frape 2010). Mírný pokles koncentrace Ca^{2+} v extracelulární tekutině koní způsobí okamžitou sekreci parathormonu (Estepa et al. 1998). Naopak vysoké koncentrace Ca^{2+} v krvi navodí sekreci kalcitoninu, který sníží aktivitu osteoklastů odbourávající kostní tkáň a zvýší aktivitu osteoblastů, které kostní tkáň syntetizují (Frape 2010).

Fosfor je obdobě jako vápník kritický pro vývoj a integritu kostry u rostoucích koní (Oliveira et al. 2008). Kromě kostí je přítomen i v měkkých tkání, kde pomáhá regulovat svalovou a srdeční kontrakci, přenos nervových vzruchů a integritu buněk (Rosenthal 2011). Dále se podílí na metabolismu sacharidů i bílkovin a zachování i rozvoji střevní mikroflóry v tlustém střevě (Meyer & Coenen 2003; Dušek 2011). Bylo zjištěno, že u mladých dostihových koní může začínající trénink ovlivnit obrat fosforu a kostní remodelaci (Oliveira et al. 2008).

Optimální poměr Ca : P je 1 : 1, tedy jejich rovnováha. Pokud je poměr vápníku k fosforu menší než 1 : 1 anebo naopak vyšší než 2,5 : 1, může dojít k negativním dopadům na

kostru koně (Brown–Douglas 2009; Rosenthal 2011). U mladých koní se za ideální poměr vápník : fosfor považuje 1,5 : 1. Jelikož obiloviny mají vysoký obsah fosforu, je nutné použít vhodné vyvažovací krmivo s vysokým obsahem vápníku, aby se zajistil optimální poměr těchto dvou minerálních látek (Brown–Douglas 2009).

Dostihoví koně mají zvýšenou potřebu obou prvků, protože dochází k jejich vylučování potem a v důsledku vyššího příjmu krmiva také trusem. Potřeba vápníku se zvyšuje v případě, že je poměr Ca : P menší než 1. Potřeba fosforu stoupá především při nadměrné konzumaci bílkovin, kdy se fosfor nadměrně vylučuje ledvinami a močí (Meyer & Coenen 2003). Nedostatek fosforu může vést nejen ke svalové slabosti nebo chvění, ale také k nesprávné regulaci energetických potřeb, což se může projevit vysokými hladinami glukózy a tuků v krvi (Rosenthal 2011).

3.5.1.2. Sodík a chlor

Sodík (Na) a chlor (Cl) jsou nepostradatelnými prvky ve výživě koní, protože jsou nezbytné pro udržení osmotického tlaku, acidobazické rovnováhy organismu a pro metabolismus vody (Meyer & Coenen 2003). Chlor je také základní složkou žluči a kyseliny chlorovodíkové v žaludečním sekretu (Frape 2010). Kromě toho, že je sodík hlavním extracelulárním kationtem (138–140 mmol/l), je také nezbytný pro fyziologickou funkci centrálního nervového systému, tvorbu akčního potenciálu v dráždivých tkáních a transport mnoha látek (např. glukózy) přes buněčné membrány (Rose 1990; Frape 2010).

Sodík a chlorid spolu tvoří chlorid sodný neboli sůl, která je nedílnou součásti stravy koně (Briggs 2001). Meyer & Coenen (2003) uvádí, že pro záchovu stačí koni denní dávka 20 mg Na/kg živé hmotnosti. U chloru se i přes relativně nízké endogenní ztráty doporučuje vyšší přísun, tj. asi 80 mg Cl/kg živé hmotnosti. Při intenzivnějším tréninku obzvlášť za horkého počasí potřeba obou prvků výrazně stoupá, protože dochází k jejich intenzivním ztrátám potem. Za hodinu se v 10 ml potu vyloučí přibližně 30 mg Na a 55 mg Cl/kg živé hmotnosti. Projevem nedostatku těchto prvků je, že kůň začne olizovat povrchy předmětů, kde by mohla být sůl přítomna. Pokud ji koni v nějaké formě nepodáme, může se stát dehydratovaným, trpět zácpou, ztrátou chuti k jídlu a celkovým oslabením organismu (Briggs 2001).

Příjem sodíku bývá u koní často nedostatečný, protože v mnoha krmivech je zastoupen pouze v nepatrném množství. Obsah sodíku se v zeleném krmení obdobně jako v seně nebo siláži pohybuje mnohdy pod hranicí až 0,2 g/kg sušiny. Ani obiloviny na tom nejsou o moc líp. Větší množství sodíku obsahuje jen kmná řepa a krmiva z ní pocházející, např. melasa. V případě chloru je situace lepší, protože zelené krmení stejně jako seno obsahuje zpravidla přes 6 g Cl/kg sušiny (Meyer & Coenen 2003). Frape (2010) uvádí, že koncentrace chloridů v běžných krmivech pro koně se pohybují od 0,05 % v obilovinách do 3 % v třtinové melase.

3.5.1.3. Hořčík

Hořčík (Mg) tvoří přibližně 0,05 % tělesné hmoty a nachází se prakticky ve všech tkáních. Nejvyšší zastoupení hořčíku je z 60 % v kostech a ze 30 % ve svalech (Grace 1999).

Kostní popel obsahuje kromě 360 g Ca/kg a 170 g P/kg také 8 g Mg/kg. Hořčík je důležitým iontem v krvi, který tvoří základní prvek mezibuněčných a intracelulárních tekutin. Je kofaktorem mnoha enzymových systémů a také se podílí na svalových kontrakcích. Zřídka pozorovaný nedostatek hořčíku, který lze očekávat pouze při pastvě na intenzivně hnojených plochách s travními monokulturami, vede k hypomagnezémii spojené se ztrátou apetitu, nervozitou, pocením, svalovými třesy, ataxií, rychlým dýcháním (hyperpnoí), křečemi až degenerací srdce a kosterního svalstva (Meyer & Coenen 2003; Frape 2010). Tří až čtyřnásobné předávkování hořčíkem nevede k žádným nepříznivým důsledkům. Pouze v kombinaci s nadbytlem fosforu vzniká riziko tvorby střevních a močových kamenů (Meyer & Coenen 2003).

Endogenní ztráta Mg trusem činí přibližně 1,8 mg/kg tělesné hmotnosti denně; močí asi 2,8 mg/kg tělesné hmotnosti (Frape 2010). Pagan (1994) uvádí endogenní vylučování Mg v množství 2,2 mg/kg tělesné hmotnosti denně. Potřeba příjmu hořčíku k vyrovnání těchto ztrát by měl být 10 mg/kg tělesné hmotnosti denně nebo 0,5–0,6 g/kg stravy. Meyer & Coenen (2003) uvádí, že v záchovné krmné dávce stačí 18 mg/kg živé hmotnosti denně.

Potřebné množství hořčíku je zajištěno ve většině krmných dávek běžně používaných v praxi, obzvláště když krmná dávka obahuje obiloviny a seno leguminóz. Briggs (2001) tvrdí, že obsah Mg ve většině krmiv je mezi 0,1 až 0,3 %. Meyer & Coenen (2003) uvádí, že markantní zvýšení potřeby hořčíku nastává během laktace a růstu.

3.5.1.4. Síra

Síra (S) je důležitou složkou několika aminokyselin (methionin, cystin a cystein), ve vodě rozpustných vitamínů, heparinu a chondroitin sulfátu. Tvoří přibližně 1,5 g/kg tělesné hmotnosti (Frape 2010) a i přesto, že se nachází ve všech tkáních (Geor 2013), její koncentrace je nejvyšší v kopytech a v hřívě (Briggs 2001). Síra je totiž nezbytná pro tvorbu disulfidických vazeb v keratinu, které umožňují skládání terciárního proteinu, čímž zajišťují koňskému kopytu jedinečnou sílu, pevnost a flexibilitu (Geor 2013).

Protože je téměř celkový podíl síry přijímán skrz rostlinné bílkoviny, závisí stravitelnost síry na funkční úrovni trávení bílkovin. Hlavním místem absorpce je tenké střevo (Geor 2013). Nadměrné množství síry vede k jejímu vylučování ledvinami, a to částečně ve formě síranu vápenatého (Neumann et al. 1994; Diaz–Espineira et al. 1995), což může zvýšit riziko vzniku močových kamenů, zvláště v kombinaci s nadměrným příjmem Ca (Geor 2013).

Nedostatek S je nepravděpodobný ani při absenci minerálních doplňků (Geor 2013). Briggs (2001) uvádí, že většina koňských krmiv obsahuje asi 0,15 % organické síry.

3.5.1.5. Draslík

Draslík (K) se obdobně jako Na a Cl podílí na udržování acidobazické rovnováhy a osmotického tlaku a je nejdůležitějším iontem pro neuromuskulární excitabilitu (Kronfeld 2001). Není proto divu, že 75 % draslíku je uloženo právě v kosterních svalech (Meyer 1987;

Johnson 1995). Draslík je také aktivátorem řady enzymů podílejících se na glykolýze i oxidativní fosforylaci (Meyer & Coenen 2003).

Meyer & Coenen (2003) uvádí, že denní potřeba pro záchovu se pohybuje kolem hodnoty 50 mg/kg živé hmotnosti. Vyšší potřebu mají především pracující koně, a to z důvodu vylučování draslíku potem a močí. V běžných krmivech je draslík vždy přítomen. Jadrné krmivo obsahuje 5–10 g a objemová krmiva 10–30 g K/kg sušiny. Nadměrně množství draslíku koně zpravidla tolerují.

3.5.2. Mikroprvky

3.5.2.1. Meď

Přibližně ¾ celkového množství mědi (Cu) se nachází ve svalech, játrech a krvi. Játra jsou nejdůležitějším místem jejího skladování, v důsledku čehož jsou ale také nejvíce náchylná k toxicitě (Geor et al. 2013). Měď je nezbytná pro správnou funkci enzymů, které se podílejí na syntéze a udržování elasticity tkáně, mobilizaci zásob železa, zachování integrity mitochondrií, správný růst a vývoj kostry a také detoxikaci superoxidů (Pagan 2015). Při tvorbě krevního barviva (hemoglobinu) se měď účastí jako katalyzátor (Dušek 2011). Nedostatek mědi způsobuje u rostoucích hříbat poruchy vývoje kostry a anémii, u starších koní ztrátu pigmentace a u březích klisen její nedostatečné ukládání v játrech plodu. V mléce klisny je zastoupení tohoto prvku poměrně malé, proto je třeba u hříbat případnou ztrátu nahradit. Doporučené množství v krmné dávce je 8–10 mg/kg sušiny krmiva. Dlouhodobé nadměrné množství mědi v krmné dávce (nad 50 mg/kg sušiny) může vést až k poškození jater a k nepříznivému ovlivnění využití zinku (Meyer & Coenen 2003).

3.5.2.2. Jód

Jód (I) je důležitým mikro živinovým prvkem a je nezbytný pro syntézu hormonů štítné žlázy, tyroxinu (T4) a trijodthyroninu (T3), které regulují řadu důležitých fyziologických procesů včetně buněčné oxidace (Haldiman et al. 2005). Hormony štítné žlázy plní funkce v bazálním metabolismu, růstu a obnově všech tkání a určují rychlost energetického metabolismu ve všech fyziologických situacích, jako je hibernace, línání nebo fyzická námaha (Geor et al. 2013). U koní se koncentrace hormonů štítné žlázy mezi plemeny liší a souvisí s rychlostí metabolismu, obecně je nižší u poníků než u plnokrevníků (Malinowski et al. 1996; Medica et al. 2011). Nedostatek jódu je spolu s nedostatkem železa a vitaminu A jedním ze tří nejčastějších nutričních nedostatků u zvířat a lidí (Bhuta & Salam 2012). U dospělých koní se projevuje nejprve tvorbou strumy, později nechutenstvím, letargií a zhoršením kvality srsti. Nejvíce citlivou skupinou na dostatečný příjem jódu jsou březí samice a vyvíjející se jedinci. Příčinou nedostatku jódu může být buď jeho nízké zastoupení v krmivu, nebo přítomnost látek, které potlačují tvorbu hormonů štítné žlázy, např. dusičnany nebo thioglykosidy z řepky (Meyer & Coenen 2003; Geor et al. 2013). Travní píce poskytuje typicky 0,2–0,3 mg I/kg sušiny (Alderman & Jones 1967). Obilí i semena bohaté na bílkoviny obsahují <0,1 mg I/kg sušiny. Přirozeně vysokým zdrojem jódu jsou vikve, mléčné výrobky (zejména syrovátka), řasy a chaluhy (Geor et al. 2013).

3.5.2.3. Železo

Železo je základní strukturní složkou biologických sloučenin jako je např. hemoglobin, myoglobin, cytochrom, cytochromoxidáza, kataláza či peroxidáza (Henry & Miller 1995). Kromě primární biologické funkce, kterou je účast na transportu kyslíku, se železo podílí také na imunitních obranných mechanismech a jako složka a aktivátor enzymů i na řadě metabolických funkcí (Geor et al. 2013). Vstřebává se v tenkém střevě v ionizované formě (Dušek 2011). Jeho absorpce však klesá, pokud je v krmivu zařazeno velké množství manganu (Meyer & Coenen 2003). Mnoho veterinářů a trenérů navrhlo nutnost suplementace železa u dostihových koní na základě studií na lidech, u kterých často dochází k tzv. sportovní anémii. Studie Inoue et al. (2005) však prokázala, že koně během fyzické námahy netrpí nedostatkem železa. Sportovní výkon sice může dostupné zásoby železa v těle mírně snížit, ale pokud strava obsahuje dostatečné množství železa, je tato ztráta efektivně kompenzována.

Anémie byla u koní hlášena vzácně s výjimkou raných stádií růstu nebo po ztrátě velkého objemu krve (Inoue et al. 2005). Meyer & Coenen (2003) uvádí, že zvýšená potřeba železa se objevuje i při začínajícím tréninku koně, kdy se zvyšuje počet červených krvinek. U koní však obecně nedostatek železa nehrozí, neboť běžně používaná krmiva obsahují více železa, než jsou hodnoty jeho normované potřeby, tj. 70 mg/kg sušiny krmiva, respektive 100 mg/100 kg ž. hm.

Častější je u koní právě vysoký obsah železa, což může vyvolat vyšší náchylnost k bakteriálním infekcím. Vyšší dávky železa mohou také negativně ovlivnit využití fosforu, případně i manganu, zinku a mědi (Briggs 2001; Meyer & Coenen 2003).

3.5.2.4. Selen

V koňském těle je většina selenu (Se) uložena ve svalech, kostech a kůži (Geor et al. 2013). Selen je spolu s vitamínem E nejen základní složkou několika hlavních metabolických drah, ale je i součástí antioxidantů. Nedostatek selenu a/nebo vitaminu E snižuje ochranu před buněčným oxidačním stresem, čímž se buněčná membrána stává náchylnější k narušení volnými radikály v důsledku buněčného metabolismu (Witchel et al. 1997; Kirschvink et al. 2008). Nejčastějšími klinickými projevy snížené antioxidační aktivity spojené s nedostatkem vitaminu E a/nebo Se jsou svalová a neuromuskulární onemocnění a významný pokles imunitní odpovědi (Tammy et al. 2010). Nedostatek selenu je nebezpečný zejména pro dostihové koně, u kterých se vlivem intenzivního a anaerobního tréninku zvyšuje hladina reaktivních forem kyslíku v krvi, čímž může dojít až ke vzniku oxidačního stresu (Wyganowska et al. 2017). Snížená hladina selenu v séru tak koreluje s horším výkonem u dostihových koní, zejména u sprinterů (Haggett et al. 2010). Potřeba selenu pro dospělého koně se udává v rozmezí 0,1–0,12 mg/kg sušiny krmiva (Meyer & Coenen 2003).

Vyvarovat bychom se měli i vysokých dávek selenu, neboť u koní je tolerance k velkému množství selenu nízká. Vysoký obsah selenu má například lněné semeno (až 3 mg/kg). Mezi příznaky chronické otravy (nad 2 g/kg sušiny krmiva) patří kroužkovité zaškrcení kopyt, vyzouvání kopyt, vypadávání hřívy a žíní (Meyer & Coenen 2003).

3.5.2.5. Mangan

Mangan (Mn) je nepostradatený prvek, který se podílí nejen na metabolismu bílkovin, lipidů a sacharidů, ale také na aktivaci činnosti některých enzymů. Mangan je například nezbytný v několika fázích syntézy glykosaminoglykan–chondroitin sulfátu při tvorbě chrupavky. Z tohoto důvodu ohrožuje nedostatek manganu tvorbu epifyzární chrupavky a kostní matrix (Frape 2010). Denní potřeba manganu u 500 kg koně v klidovém režimu by se měla pohybovat okolo 400 mg Mn na den, při vysoké zátěži se potřeba může navýšit až na 500 mg na den (Davies 2009). Typická koncentrace Mn v objemových krmivech je >30 mg/kg sušiny (Geor et al. 2013).

3.5.2.6. Zinek

Zinek (Zn) je stopový prvek, který plní strukturální, katalytickou a regulační roli v buněčné biologii. Je nezbytný pro fyziologický vývoj a činnost mozku savců, proto jeho nedostatek nebo nadbytek může mít za následek změnu chování, abnormální vývoj centrální nervové soustavy a neurologická onemocnění. Dále je zapojen do metabolismu sacharidů a bílkovin a je součástí více než 200 enzymů, které se podílejí na růstu tkání, tvorbě kostí, hojení ran a imunitní odpovědi (Bitanihirwe & Cunningham 2009; Frape 2010).

Zinek je z 30–60 % vstřebáván v tenkém střevě a toto vstřebávání je ovlivněno množstvím dalších minerálů, jako je měď a železo (Briggs 2001; Dušek 2011). Nedostatek zinku způsobuje sníženou chuť k jídlu, špatné hojení ran, možné vývojové ortopedické onemocnění a zhoršení plodnosti (Briggs 2001).

Denní potřeba zinku u dospělého koně v klidovém režimu je 400 mg, u koně v tréninku se navyšuje až na 500 mg. Hřídata a mladí nepracující koně do dvou let mají denní potřebu 168–388 mg Zn. U dvouletých koní, kteří byli již zařazeni do výcviku, se tato potřeba může navýšit až na 430 mg Zn na den (Davies 2009).

Množství zinku v objemných krmivech je nedostatečné, a proto se především u rychle rostoucích mladých koní může v důsledku nedostatku Zn projevit i vývojové ortopedické onemocnění (DOD). Z tohoto důvodu je potřeba podávat minerální doplňky, které potřebné množství zinku zajistí (Coenen 2004; Blanchard 2007). Zinek podávaný v doplňcích by měl být v poměru 4 : 1 k mědi (Davies 2009).

3.5.2.7. Kobalt

Kobalt (Co) je klíčovou složkou vitaminu B12, běžně označovaného také jako kobalamin, který je důležitý pro tvorbu červených krvinek. Z tohoto důvodu je nedostatek kobaltu spojován i s nedostatkem vitaminu B12, který je přirozeně syntetizován střevní mikroflórou. Kobalt také slouží k aktivaci některých enzymů, které se účastní látkových přeměn (Kobayashi & Shimizu 1999). Dostatečný příjem Co, který se uvádí 0,1 mg/kg sušiny (McDowell 2003), je zajištěn běžným krmením. Pastvina obsahuje 0,5–0,2 mg/kg sušiny, bohatým zdrojem je také vojtěška (0,3 mg/kg sušiny) a kvasnice (Geor et al. 2013). Nejsou známy žádné terénní nebo experimentálně vyvolané případy nedostatku Co nebo vitaminu B12

u koní (Frape 2010). Existují ale důkazy, že suprafyziologická koncentrace kobaltu zvyšuje výkonnost u lidí i potkanů tak, že chrání svalové skupiny před oxidačním stresem a zvyšuje erytropoézu a tím i aerobní kapacitu a celý sportovní výkon (Lippi et al. 2006). Nadměrný příjem kobaltu, který je ale považován za nebezpečný, může potenciálně zlepšovat výkon dostihových koní (McKeever et al. 2020). Z tohoto důvodu byly stanoveny prahové hodnoty kobaltu pro dostihové koně v den závodu na 100 ng/ml (moč) a 25 ng/ml (plazma) (Hillyer et al. 2018).

3.6. Význam vitaminů ve výživě dostihových koní

Vitaminy lze popsat jako organické sloučeniny, které jsou v nepatrném množství vyžadovány pro základní životní funkce (např. jako kofaktory pro metabolické reakce nebo pro imunitní odpověď) a nejsou degradovány jako zdroje energie. Vitamíny jsou velmi heterogenní, a to jak z hlediska jejich chemického složení, tak z hlediska jejich metabolické funkce. Obecně jsou klasifikovány podle rozpustnosti na vitaminy rozpustné v tucích a lipofilních rozpouštědlech (A, D, E, K) a na vitaminy rozpustné ve vodě (B–komplex, C), které jsou v případě nadbytku v organismu vylučovány močí. Vitaminy jsou obsažené v krmivech a v píci, jejich obsah se ale během skladování obvykle snižuje. Vzhledem k tomu, že mnoho koní nemá přístup ke kvalitní čerstvé zelené píci po celý rok, je často nutné do krmné dávky přidávat průmyslově vyráběné vitamíny, aby byl doplněn příjem přírodních vitaminů dle potřebných požadavků. Ačkoli je tato praxe správná, vytváří potenciál pro nadměrné suplementace a toxicitu (Zeyner & Harris 2013). V jednom průzkumu krmných praktik v dostihových stájích byla referenční hodnota denního příjmu vitaminu A a D i více než 6× překročena, zatímco přísun vitaminu E sotva odpovídal referenční mezi (Meyer et al. 1991). Při suplementaci vitaminů je třeba pokrýt nejen individuální potřeby, ale také dbát na prevenci nežádoucích toxických účinků, zejména pokud je podáváno více vitaminových doplňků (Zeyner & Harris 2013).

3.6.1. Vitaminy rozpustné v tucích

3.6.1.1. Vitamin A

Vitamin A představuje obecný termín pro skupinu látek rozpustných v tucích, které jsou si strukturálně podobné a které mají základní funkce a biologickou aktivitu retinolu (Green & Fascetti 2016). Metabolity vitaminu A jsou nezbytné pro zrak, buněčnou diferenciaci, funkci epiteliální bariéry a imunitní funkce (Moise et al. 2007). Důležitou roli má vitamin A i v procesu reprodukce, neboť nedostatek tohoto vitaminu má za následek nejen zhoršení plodnosti, ale může vést až k závažným teratogenním účinkům (Geor et al. 2013). Potřeba vitaminu A je tedy zvláště vysoká u chovných klisen a hříbat. U dospělých koní se pak musí příjem vitaminu A zvýšit v případě výskytu infekce v organismu (Meyer & Coenen 2003). Jelikož zvířata nedokážou syntetizovat vitamín A de novo, musí jej získávat v potravě (Dewett et al. 2021). Vitamin A se však v přirozené potravě koní nevyskytuje, proto si ho musí tvořit přeměnou z β–karotenu, který je obsažen ve všech zelených rostlinách. Na nedostatek vitaminu A trpí tedy především koně, kteří nemají k dispozici čerstvé zelené krmivo (Meyer & Coenen 2003).

3.6.1.2. Vitamin D

Vitamin D má dvě formy, vitamin D2 (ergokalciferol) a vitamin D3 (cholekalciferol). Přestože tyto formy nejsou chemicky identické, obě jsou odvozeny ze steroidů. Vznikají z příslušných provitamínů po expozici ultrafialového záření (vlnová délka UVB záření 290–318 nm). Ergosterol, který se nachází v rostlinném materiálu, je prekurzorem vitaminu D2, 7–dehydrocholesterol v kůži je prekurzorem vitaminu D3 (Geor et al. 2013). Vitamin D má zásadní funkci zejména ve fyziologii kosterní soustavy. Nejen, že moduluje aktivitu osteoblastů, ale také reguluje hladiny vápníku a fosforu, kdy zvyšuje jejich gastrointestinální absorpci a renální reabsorpci (Rourke et al. 2010; Dittmer & Thompson 2011; Toribio 2011). Mezi další účinky vitaminu D patří imunomodulace, antikarcinogenní i protizánětlivé účinky a inhibice buněčné proliferace (Toribio 2011; Haroon & Fitzgerald 2012; Radlovic et al. 2012; Hymøller & Jensen 2015). Koně vykazují sezónní a cirkadiánní variace metabolitů vitaminu D a bylo prokázáno, že fyzická aktivita snižuje sérové koncentrace vitaminu D3 u zdravých koní (Piccione et al. 2008; Ceylan et al. 2009). U rostoucích savců vede hypovitaminóza D ke křivici, zatímco u dospělých jedinců je spojena s osteomalacií a osteoporózou (Toribio 2011; Morris et al. 2012). Hypovitaminóza D a křivice byly dokumentovány u domácích zvířat (Fox et al. 1985; Van Saun 2009; Dittmer &Thompson 2011), nikoli však u koní (Pozza et al. 2014). Optimálním zdrojem vitaminu D je pro koně seno sušené na slunci (Meyer & Coenen 2003).

3.6.1.3. Vitamin E

Vitamin E představuje skupinu hydrofobních sloučenin rozpustných v tucích, které existují v osmi přirozeně se vyskytujících izoformách – α, β, γ, δ–tokoferol a α, β, γ, δ–tokotrienol (Cardenas & Ghosh 2013). Je považován za jeden z nejvýznamnějších antioxidantů, protože přispívá k prevenci oxidace membránových fosfolipidů, čímž brání poškození buněk a následnému oxidativnímu stresu. Oxidační stres je důsledkem zvýšené produkce a akumulace reaktivních forem kyslíku (ROS), která může být mimo jiné zapříčiněna i zvýšeným endogenním metabolismem kyslíku během fyzické zátěže koně (Williams & Carlucci 2006). I z tohoto důvodu se tvrdí, že vitamin E je potřeba doplňovat především u intenzivně trénujících koní (Davies 2009). Studie William & Carlucci (2006) však u této skupiny koní neprokázala, že by suplementace vitaminu E nad bazální hladiny 120 iu/den byla prospěšnější pro oxidační stres a antioxidační stav. Navíc uvádí, že několika násobná suplementace může mít negativní dopad na vstřebávání β–karotenu. Naopak studie Rey et al. (2013) prokázala, že perorální suplementace micelizovaného přírodního vitaminu E v dávce 1 400 IU/d po dobu 8 dnů zvýšila koncentraci α–tokoferolu v plazmě u dostihových koní ihned po intenzivním tréninku a 8 hodin po zotavení, čímž se zlepšil jejich antioxidační/oxidační stav.

Snížená antioxidační aktivita vyvolaná nedostatkem vitaminu E bývá spojována se svalovými a neuromuskulárními onemocněními a s významným poklesem imunitní odpovědi (Muirhead et al. 2010). U pasoucích se koní nebo u koní krmených zelenou pící je potřeba vitaminu E (100 mg/100 kg ž. hm.) pokryta. Problémy s jeho nedostatkem nohou nastat v zimním období, a to především tehdy, pokud jsou koně krmeni starým senem a dlouhodobě skladovaným či mačkaným ovsem (Meyer & Coenen 2003). Hladina vitaminu E v píci je velmi

variabilní a závisí na fázi růstu, době sklizně, genetické odrůdě, zpracování a skladování. Vysoké hladiny vitaminu E mají pšeničné klíčky a rostlinné oleje (Geor et al. 2013).

3.6.1.4. Vitamin K

Vitamin K se přirozeně vyskytuje jako fylochinon (K1), což je forma vitaminu K nalezená v rostlinách, a jako menachinon (K2), který je produkován mikroorganismy v tlustém střevě. Za normálních podmínek je denní potřeba vitaminu K pokryta právě činností střevních bakterií. Menadion neboli vitamin K3 je syntetická forma vitaminu K používaná jako doplněk krmiva, která se v těle metabolizuje na aktivní formu, tedy menachinon (Ferland 2001; NRC 2007). Vitamin K je v organismu nezbytný nejen pro srážení krve, ale také pro vývoj a růst kostí (Davies 2009). Zatímco z typických krmiv využívaných u koní obsahují největší koncentraci vitamínu K píce (2,73–21,6 mg/kg sušiny), obiloviny mají koncentrace vitaminu K nízké (0,2–0,4 mg/kg sušiny) (McDowell 1989; Siciliano et al. 2000; Meyer & Coenen 2003).

3.6.2. Vitaminy rozpustné ve vodě

3.6.2.1. Vitamin C

Vitamin C (kyselina askorbová) nemá typický charakter vitaminu, protože stejně jako většina ostatních zvířat jsou i koně schopni syntetizovat vitamin C v játrech z glukózy (Winther et al. 2012). Doplňování stravy vitaminem C má tedy opodstatnění především u koní starších, trpících infekcí nebo u koní vystavených nadměrnému stresu (Deaton & Marlin 2005). Uvádí se, že hladina vitaminu C je snížena také po dlouhodobém fyzickém výkonu (Marlin et al. 2002), proto suplementace vitaminem C může u pracujících koní zmírnit oxidační stres a tím i poškození svalů (Hargreaves et al. 2002). Vitamin C se totiž řadí mezi velmi důležité antioxidanty, jehož významná antioxidační funkce byla zjištěna i v synoviální tekutině (Murray et al. 2009). Kromě toho napomáhá také vstřebávání kyseliny listové a železa, podílí se na tvorbě červených krvinek a je důležitý pro syntézu kolagenu a růst i regeneraci tělních tkání (Davies 2009).

Nedostatek vitaminu C má za následek zvýšení krvácivosti, otoky, vředy, slabé kosti, uvolnění zubů a křehkost kapilár (Cunha 2012).

3.6.2.1. B komplex

Vitamíny skupiny B patří do skupiny vitamínů rozpustných ve vodě, což znamená, že se v těle neukládají, ale v případě jejich přebytku v organismu se velmi rychle vylučují močí. Výjimkou je vitamin B12, který se ukládá především v játrech. Z velké čáti se mohou koně spoléhat na syntézu vitaminu B mikroorganismy nacházejícími se ve slepém a tlustém střevě. Případné nedostatky jsou kompenzovány stravou, a to především čertsvou zelenou pící, obilnými klíčky, případně senem. Nedostatek vitamínů B nebývá po klinické stránce zřetelný, ale doporučuje se jejich podávání u koní:

- kteří jsou krmeni vysokoenergetickými krmivy nebo velmi kvalitní pící, a to z důvodu zhoršené fermentace slepého střeva

- ve velkém stresu a námaze (vytrvalost, cestování a závodění)
- se sníženou chutí k jídlu a obecně u koní po nemoci
- po aplikaci antibiotik, kdy může být narušena střevní mikroflóra
- kteří špatně tráví, mají průjem anebo jsou napadeni parazity
- kteří nemají plně vyvinutou mikroflóru trávicího traktu, například hříbata a mladí koně
- velmi starých, kteří mají snížené trávicí schopnosti (Davies 2019; Cunha 2012).

Vitamin B1 (thiamin)

Thamin se významně podílí na metabolismu sacharidů (Bates 2001) a je zvláště důležitý pro funkci nervového systému (Zeyner & Harris 2013). Krmiva s významnými hladinami thiaminu jsou obilná zrna (3–5 mg/kg), proteinové doplňky (6–11 mg/kg) a vedlejší produkty z obilnin (10–15 mg/kg) (McDowell 1989; McMeniman et al. 1995), přičemž nejvyšší koncentrace lze nalézt v pivovarských a pekařských kvasnicích (150–160 mg/kg; McDowell 1989). Výzkumy naznačují, že dostihoví koně mohou potřebovat doplňovat thiamin nad rámec toho, co si sami syntetizují, a to zejména kvůli zvýšené úrovni sacharidového metabolismu (Gibbs et al. 2002).

Vitamin B2 (tiboflavin)

Riboflavin je prekurzorem pro koenzymy flavinadenin mononukleotid (FAM) a flavinadenindinukleotid (FAD), které jsou nezbytné pro tvorbu několika enzymů zapojených do syntézy ATP, metabolismu lipidů i aminokyselin a oxidačně–redukčních reakcí (Schenk & Kolb 1982; Rivalin 2001). Z krmiv jsou na riboflavin nejvíce bohaté luštěniny (13–17 mg/kg sušiny) následované travním senem (7–10 mg/kg sušiny) (Zeyner & Harris 2013). Dle NRC (1989) je požadavek na riboflavin pravděpodobně menší než 2 mg/kg sušiny.

Vitamin B3 (niacin)

Niacin je důležitý v energetickém metabolismu bílkovin, tuků i sacharidů. Kromě toho mobilizuje vápník v buňkách a podílí se na diferenciaci buněk a tvorbě důležitých koenzymů jako je nikotiamid nebo adenindinukleotid fosfát, které jsou nezbytné při oxidačně–redukčních reakcích (Briggs 1998; Frape 2010). Denní potřeba niacinu je 10–15 mg/100 kg živé váhy koně (Crandall 1998).

Vitamin B5 (kyselina pantothenová)

Kyselina pantotenová je součástí koenzymu A, který je nezbytný pro řadu enzymatických a metabolických reakcí (Frape 2010). U koní, kteří dostávali dietu s deficitem kyseliny pantotenové, nebyly pozorovány žádné známky nedostatku (Carroll et al. 1949), a proto nebyly stanoveny žádné dietní požadavky (NRC 2007).

Vitamin B6 (pyridoxin)

Pyridoxin se podílí nejen na syntéze a degradaci aminokyselin (Briggs 1998; Ellis & Hill 2005), ale také na metabolismu tuků a glykogenu. Dále ovlivňuje využití železa, účastní se svalového stahu a produkce norepinefrinu a adrenalinu (Briggs 1998; Davies 2009). Ve stravě je široce distribuován (McDowell 2000), za jeho hlavní zdroj se považuje zelená píce (Crandall 1998). Pro pyridoxin nebyly stanoveny žádné dietní požadavky (Frape 2010).

Vitamin B7 (biotin)

Biotin je součástí široké skupiny různých enzymů, díky jejichž aktivitě se účastní syntézy mastných kyselin, glukoneogeneze, metabolismu aminokyselin a dalších metabolických drah (Zeyner & Harris 2013). Vysoké koncentrace biotinu byly hlášeny v čerstvé vojtěšce (~0,5 mg/kg sušiny), střední koncentrace ve vojtěškovém seně (~ 0,2 mg/kg sušiny), ovsu (~0,1–0,4 mg/kg sušiny), ječmeni (~0,1–0,2 mg/kg sušiny) a sójové moučce (~0,2–0,5 mg/kg sušiny) a zvláště nízké hladiny v kukuřici (~0,1 mg/kg sušiny) (NRC 1982; McDowell 1989). V přírodních krmivech se biotin vyskytuje ve formě vázané na protein, jako je biocytin. Biologická dostupnost se u jednotlivých krmiv liší (Schenk & Kolb 1982) a závisí na stravitelnosti specifického vazebného proteinu u daného druhu (Baker 1995). V literatuře nejsou žádné důkazy pro dietní potřebu biotinu nad množství dodávané střevními mikroby. Přesto může být suplementace biotinem prospěšná u některých koní se špatnou kvalitou kopyt (Zeyner & Harris 2013).

Vitamin B9 (kyselina listová)

Kyselina listová je nezbytná pro syntézu purinů a methioninu, a proto je důležitá zvláště pro tkáně, ve kterých dochází k replikaci buněk (Bailey et al. 2001). Známky nedostatku vitaminu B9 nebyly u koní popsány, a to především z důvodu, že si kůň tento vitamin syntetizuje díky bakteriím v tlustém střevě (Carroll et al. 1949). Dalším zdrojem kyseliny listové je kvalitní krmivo, především čerstvá zelená píce. U jiných druhů je při nedostatku vitaminu B9 běžná megaloblastická anémie a leukopenie (snížení počtu bílých krvinek). Kromě toho jsou postiženy tkáně s rychlou rychlostí replikace buněk nebo regenerace tkání, jako je epiteliální výstelka gastrointestinálního traktu, epidermis a kostní dřeň (McDowell 1989).

Vitamin B12 (kobalamin)

Kobalamin je ve velkém množství syntetizován v tlustém střevě koní. K jeho syntéze je potřeba kobalt, proto by měl kůň přijímat minimálně 0,1 mg Co/kg potravy (Frape 2010). Velká část vitaminu je uložena v játrech, menší množství pak v ledvinách, slezině a mozku (Lewis 2005). Kobalamin se podílí nejen na tvorbě červených krvinek a methinoninu, ale také na metabolismu sacharidů, tuků i bílkovin (Frape 2010; Martin–Rosset & Martin 2015). Suplementaci kobalaminu mohou potřebovat především dospělí koně v tréninku s vysokými dávkami obilovin, obzvlášť pokud vykazují pokles chuti k jídlu, což může odrážet hromadění propionátu v krvi (Frape 2010).

3.7. Krmiva využívaná ve výživě dostihového koně

3.7.1. Objemová krmiva

Objemové krmivo tvoří obvykle převážnou část krmných dávek koní (Čermák 2002). Mezi objemná krmiva se řadí zelená píce, suchá píce a okopaniny (mrkev, krmná řepa, cukrovka, cukrovarské řízky, brambory) (Dušek 2011). Pícniny lze buď přímo spásat, nebo je lze konzervovat pro případ, kdy je čerstvé píce nedostatek nebo když není možná pastva (NRC 2007). Výživné hodnoty u objemných krmiv vykazují velkou variabilitu. Biologická hodnota a chemické složení se mění podle jednotlivých druhů krmiv, stupně hnojení půdy, použité agrotechniky, sběrové fáze a konzervační i skladovací techniky (Dušek 2011).

3.7.1.1. Zelená píce

Zelená píce se skládá z nadzemních částí krmných plodin. Nejvíce přirozenou zelenou pící pro koně je porost na pastvě, přičemž jeho kvalita závisí na zastoupení jednotlivých druhů rostlin (Meyer & Coenen 2003; Lewis 2005). Dostatek živin, minerálních látek a vitamínů poskytuje porost, kde roste 75 % kulturních trav, 20 % vikvovitých a 5 % různých bylin (Dušek 2011). Pastevní porost je bohatý zejména na vitamin E, čím je ale porost starší, tím víc klesá jeho koncentrace (Hodgson et al. 2014). Dostihoví koně se nemohou pouze pást, protože aby stačili přijmout adekvátní množství krmiva, museli by být na pastvě 12–18 hodin denně. Navíc nadměrný příjem zelené píce přetěžuje trávicí systém a může vést až ke gastrointestinálním poruchám a ztíženému dýchání. I přesto je pastva pro dostihové koně důležitá, neboť představuje vhodný způsob relaxace a zpestření tréninku (Meyer & Coenen 2003; Dušek et al. 2011; Hodgson et al. 2014). Přechod ze suchého objemného krmiva, které má vysoký obsah vlákniny a méně bílkovin, na pastvu, která má nízký obsah vlákniny a více bílkovin zejména na jaře, musí být postupný, aby se předešlo kolikám, průjmům nebo laminitidě (Meyer & Coenen 2003).

3.7.1.2. Seno

Seno se řadí mezi suchá konzervovaná objemná krmiva, které představuje, především v zimních měsících, nepostradatelné a základní krmivo pro koně (Dušek 2011). Jako seno se obecně označuje sušená zelená píce z luk a pastvin skládající se z několika druhů trav většinou ve směsi s luskovinami a bylinami (Meyer & Coenen 2003). Seno obsahuje v průměru 28–38 % hrubé vlákniny a úroveň stravitelné energie je přibližně 1,95–2,5 Mcal na kg. Obsah bílkovin je velice proměnlivý. Zatímco seno s vyšším zastoupením luskovin (vojtěškové seno) může obsahovat i více než 20 % surové bílkoviny, seno s převahou trav (luční seno) obsahuje průměrně kolem 11–14 % bílkovin (Briggs 2014). Pro luční seno je typický nízký až střední obsah vápníku a fosforu, zatímco pro vojtěškové seno je typický vysoký obsah vápníku a nízký až střední obsah fosforu (Hodgson et al. 2014). Sice se seno obecně vyznačuje také vysokým obsahem draslíku, vitaminu A, E, K a D, ale na zastoupení jednotlivých minerálů má velký vliv kvalita sena (Lewis 2005; Briggs et al. 2014). Kvalita sena se hodnotí nejen podle obsahu živin, ale také posouzením barvy a vůně. Šedou až bílou barvu má seno nekvalitní, tmavohnědou až černou má většinou seno živinově prázdné a přirozeně olivovou až tmavě zelenou barvu má seno kvalitní (Zeman et al. 2005). Seno nesmí být prašné, zatuchlé, plesnivé, musí být bez cizích příměsí jako jsou například plevele, hlína nebo hmyz. Při výběru sena dbáme na vysoký podíl listů oproti stonkům a hlavám semen, protože rostliny mají nejvyšší koncentraci živin v listech. Doba sklizně neboli zralost zelené píce je velice důležitá pro odhad nutriční hodnoty. Rostliny sklizené v pozdní zralosti mají hrubé, tlusté stonky a méně listů než rostliny sklizené v rané zralosti. Čím starší je rostlina při sklizni, tím nižší je její výživová hodnota a chutnost (Janicki 2018). Seno by se mělo zkrmovat v co nejvyšší kvalitě, celkové množství potřebných živin by mělo být nejméně 40–50 % (Dušek, 2011). Seno je však možné krmit až po skončení fermentačních procesů, tzv. „vypocení“, tedy přibližně 5–8 týdnů po sklizni, kdy nehrozí nebezpečí kolik. Průměrná krmná dávka sena pro dospělého koně je 8–12 kg, pro hříbata 3–9 kg na kus a den (Dušek 2011).

3.7.1.3. Siláž / senáž

Siláž vzniká konzervací zeleného krmiva, při které dochází pouze k nízkým ztrátám živin. Silážovaný materiál by měl být zavadlý minimálně na 25–30 % a maximálně na 50 % sušiny. Rozdrcením, které je pro výrobu siláže nezbytné, by měly vznikat kusy delší než 5 cm, aby nebyla potlačena stimulace k jejímu žvýkání. Výsledná kvalita siláže odpovídá kvalitě použitých surovin, kvalitě technologického zpracování i následného uskladnění. Problémy vznikají při odběru siláže, a to především v letních měsících, kdy u nakrojené plochy dochází velice snadno k dokvašování, tedy ke kažení siláže. Z tohoto důvodu je doporučeno zkrmovat siláž především ve větších stádech (více než 15 koní) nebo v podnicích se současným chovem skotu. Při dobré hygienické kvalitě je siláž srovnatelná se senem, ne–li lepší (Meyer & Coenen 2003). Pokud chceme začít krmit siláží, musíme dodržet bezpečné navykací období a vždy zkontrolovat kvalitu siláže. Konzervát zeleného krmiva s 55–80 % sušiny se nazývá senáž a je vhodná pro individuální chov koní (Meyer & Coenen 2003). Měl by být však kompenzován nedostatek vitamínů A a E (Frape 2010). Denní krmná dávka senáže představuje přibližně 12 kg na kus (Dušek 2011).

3.7.1.4. Sláma

Sláma je suché balastní krmivo, které má vysoký obsah vlákniny, ale nízkou stravitelnost (35 %) a nízký obsah bílkovin. Zatoupení minerálních látek a vitaminů je nevýznamné, až na obsah vápníku ve slámě luskovin (Meyer & Coenen 2003). Ke zvýšení obsahu živin se doporučuje slámu upravit buď mechanicky (řezáním, štípáním), chemicky (louhováním, čpavkováním) anebo biologicky (zákvasy, fermentací) (Zeman et al. 2005). Nenařezaná krmná sláma se v první řadě využívá k regulaci příjmu krmiva, pro dosažení dostatečného pocitu nasycení, k záchově fyziologických podmínek v tlustém střevě a k zabavení koně. Může se také použít jako částečná náhrada za seno, ale pouze v kombinaci s jadrnými krmivy (Meyer & Coenen 2003). Zkrmuje se podobně jako seno, tj. po „vypocení“ za 5–6 týdnu po sklizni (Dušek 2011). Krmná sláma nesmí být plesnivá, zatuchlá nebo nahnilá. Obdobně by tomu mělo být i u slámy stelivové, kterou koně také velice často požírají. Při zkrmování velkého množství slámy může hrozit obstipace a koliky, a to především u starších koní, kteří ji nejsou schopni dobře rozžvýkat (Meyer & Coenen 2003).

3.7.1.5. Vojtěška

Vojtěška je řazena mezi trvalé luštěniny a pro mladé, rostoucí a sportovní koně představuje nejhodnotnější pícninu (Thomas 2018). Vojteška je bohatá na kostitvorné minerální látky i mikroprvky, především mangan (0,20–0,36 %), a vitaminy (Dušek 2011). Oproti jiným pícninám obsahuje více vápníku, stravitelné energie a hrubé vlákniny, ale naopak méně nestrukturálních sacharidů, tedy škrobů (Thomas 2018). Je výborným krmivem pro koně náchylné na žaludeční vředy, protože může pomoci snížit kyselost žaludku. Bylo prokázáno, že vojtěškové seno tlumí žaludeční obsah a snižuje závažnost žaludečních vředů u koní (Nadeau et al. 2000; Lybbert et al. 2007). Množství, které je pro koně přijatelné, se pohybuje okolo 3–5 kg na 100 kg živé hmotnosti na den (Dušek 2011).

3.7.1.6. Okopaniny

Okopaniny představují šťavnaté glycidové krmivo s nízkým obsahem vlákniny. Díky lehce stravitelným sacharidům, především škrobům, slouží jako zdroj pohotové energie. Okopaniny jsou velice prospěšné trávícímu traktu a podporují využití živin v těle. Vysoké dávky však mohou působit projímavě. Okopaniny by se měly zkrmovat čisté, tj. bez hlíny a cizích příměsí (Dušek 2011). Do krmných dávek pro koně lze z okopanin zařadit kořeny mrkví, hlízy brambor, případně řepu (Čermák 2002).

Kořeny mrkve jsou pro koně z důvodu vysokého obsahu sacharidů velmi chutné a pokud nejsou plesnivé, tak neobsahují žádné nežádoucí chemikálie. Oranžově zbarvené odrůdy jsou bohaté na β–karoten, jehož obsah je 100–140 mg /kg, z toho 85 % je přítomno jako β–izomer, který je koněm částečně přeměněňován na vitamín A (Frape 2010).

Brambory lze ke krmení koní použít tehdy, pokud jsou dostatečně očištěné, napařené či vařené. Zelené nebo naklíčené brambory obsahují alkaloid solanin, který je pro koně extrémně nebezpečný. Neměly by se zkrmovat ani brambory namrzlé či nahnilé, protože můžou způsobit vážné zdravotní problémy (Frape 2010). Brambory nejsou vhodným krmivem pro hříbata a chovné klisny. Pracovním koním se mohou zkrmovat maximálně v dávce do 2 kg/100 kg živé hmotnosti (Meye & Coenen 2003).

3.7.2. Jadrná krmiva

Jako jadrné krmivo pro koně se nejčastěji využívá celá škála obilovin a jejich vedlejších produktů, které zvyšují energetickou hustotu koňské stravy (NRC 2007).

3.7.2.1. Oves

Oves patří mezi nejpopulárnější obilovinu, která se ke krmení koní využívá již po staletí. Díky vysokému obsahu vlákniny (více než 10 %) je bezpečnější ke zkrmování než ostatní obiloviny, a to především v případech, kdy je podáván pouze jeden druh obilného zrna (Frape 2010; Gibbs et al. 2011). Oves má sice oproti pšenici, žitu a ječmeni poměrně vysoký obsah tuku (4,5–5,5 %), manganu a kobaltu, na druhou stranu má ale úzký poměr Ca/P a nedostatek vitaminů rozpustných v tucích (kromě vitaminu E) (Meyer & Coenen 2003; Dušek 2011). Díky alkaloidu aveninu, glykosidu koniferinu a jiným látkám, které jsou obsaženy v povrchové vrstvě ovsa (plevy), má výborné dietetické účinky. Avenin ale stimuluje nervovou soustavu koně, což může mít za následek zvýšení jeho temperamentu. Z důvodu lepší využitelnosti živin se doporučuje oves před krmením mačkat. Denní dávka ovsa by se měla z důvodu rozdílné hektolitrové hmotnosti spíše odvažovat než odměřovat (Dušek 2011).

Byla vyšlechtěna i nová odrůda, tzv. „nahý oves“, jehož slupka je volná a při výmlatu odpadává. Z tohoto důvodu je obsah energie vyšší než u klasického ovsa, proto se doporučuje omezit množství bezpluchého ovsa na 100–200 g/kg obilné směsi (Frape 2010). Oproti klasickému ovsu obsahuje více hrubého proteinu a oleje (Davies 2009).

3.7.2.2. Ječmen

Ječmen lze koním zkrmovat až po období postupné adaptace, což je vynuceno především vyšším obsahem škrobu. Při nadměrném dávkování hrozí vznik trávicích poruch. Jelikož má ječmen menší zrno s tvrdším vláknitým obalem, měl by se ječmen před zkrmením mačkat nebo šrotovat, díky čemuž se i zvýší využitelnost všech organických živin. Zlepšit dostupnost a stravitelnost škrobu lze i vařením, dušením či extrudací (Davies 2009; Frape 2010). Ječný protein obsahuje o něco méně lysinu než oves a obsah oleje je nižší než 20 g/kg (Frape 2010). Oproti ovsu má ječmen více energie a méně vlákniny (Davies 2009).

3.7.2.3. Kukuřice

Kukuřice je největší z obilných zrn, má nízký obsah vlákniny a obsahuje dvojnásobek energie na jednotku objemu než oves. To znamená, že pokud by se porovnalo stejné množství kukuřice a ovsa, pak by kukuřice poskytla dvakrát více energie. Jelikož má ale oves v tenkém střevě vyšší stravitelnost, je jeho glykemický index oproti krakované kukuřici vyšší (Pagan et al. 1999; Lewis 2005). Právě z důvodu nízké precekální stravitelnosti škrobu by měla být kukuřice před zkrmováním jemně šrotována. Ideální je tepelné ošetření, které zvyšuje stravitelnost škrobu v tenkém střevě asi trojnásobně (Potter et al. 1992; Meyer et al.1995; Kienzle et al. 1997; Meyer & Coenen 2003). Kukuřičné zrno dále obsahuje 9–12 % bílkovin, přičemž polovinu z toho tvoří protein zvaný zein (Timothy a Lamsal 2011). Kukuřice bohužel patří mezi plodiny, které jsou nejčastěji postiženy metabolity plísní – mykotoxiny. Ty mohou způsobovat u jedinců závažná onemocnění (Munkvold et al. 2019). Jelikož se plíseň vyskytuje nejčastěji u zpracované kukuřice, neměla by být zpracovaná kukuřice dlouhobě skladována, obzvláště za špatných podmínek (Lewis 2005).

3.7.2.4. Pšenice

Pšenice se tradičně využívá ve výživě lidské populace, v omezené míře může být ale také dobrým energetickým koncentrátem v krmných dávkách koní (Gibs et al. 2011). Zrna pšenice nemají slupku a jsou relativně malá, takže pokud jsou krmena celá, nemusí být koněm dobře rozkousána (Frape 2010). Proto je pšenice krmena především ve formě pšeničných otrub nebo ve formě pšeničných klíčků (Davies 2009). Pšenice obsahuje lepek, který může tvořit pastovitou hmotu neprostupnou pro trávicí šťávy. Nadměrný příjem, zejména pokud je adaptační období krátké, tak může způsobit i vážné poruchy trávení (Frape 2010).

3.7.3. Luštěniny

3.7.3.1. Krmný hrách

Hrách je velmi užitečným zdrojem bílkovin. Ačkoliv semena luštěnin obsahují antinutriční faktory, jejich obsah je v moderních odrůdách hrachu nízký. Některé starší odrůdy obsahují inhibitor trypsinu, snižující stravitelnost bílkovin, a fytohemaglutininy (lektiny), které lze částečně inaktivovat jejich zahřátím (Frape 2010). Při vysokých dávkách působí krmný hrách obstipačně a nadýmavě, proto by měl tvořit maximálně 10–25 % krmné dávky (Dušek 2011).

3.7.3.2. Sója

Sója se považuje za vysoce kvalitní krmivo, neboť obsahuje kolem 35 % dusíkatých látek a 12,4–20 % tuku (Dušek 2011). Sójový bob je před krmením nutné tepelně ošetřit (toustováním, pražením, extrudováním), aby byly odstraněny inhibitory trypsinu, které snižují stravitelnost bílkovin (Davies 2009). Sója se dnes ve výživě koní využívá především ve formě sójového extrahovaného šrotu, který vykazuje obzvláště vysoký obsah esenciálních aminokyselin jako je lyzin (30 g/kg) a methionin, který u ostatních rostlinných bílkovin tolik zastoupen nebývá (Meyer & Coenen 2003).

3.7.3.3. Bob

Bob má sice oproti sóje nižší obsah bílkovin – asi 13 g/kg, ale jeho protein je vysoce kvalitní, protože představuje cenný zdroj lysinu (Frape 2010). Ve větších dávkách může způsobovat zácpu, protože je v něm obsažena kyselina třísloví (Meyer & Coenen 2003).

3.7.4. Olejniny

3.7.4.1. Lněné semínko

Lněné semeno se stalo rychle oblíbeným doplňkem ve výživě koní. V průměru obsahuje 40 % tuku, 20 % bílkovin a 30 % vysoce stravitelné vlákniny. Je jedním z mála rostlinných zdrojů omega–3 mastných kyselin (převážně kyseliny alfa–linolenové (Meyer a Coenen 2003; Janicki 2017). Lněná semena jsou také jedinečná v tom, že obsahují v koncentracích 30–100 g/kg relativně nestravitelný sliz, který ve vodě snadno bobtná. Sliz tak může vázat ve střevě vysoké množství vody a také střevní a žaludeční sliznici potáhnout ochranným filmem. Těchto vlastností se využívá zejména u střevních onemocnění, obzvlášť u hříbat. Pozitivní vliv má lněné semeno také na pokožku a srst. Kromě vysokého obsahu selenu má lněné semeno i vysoký obsah glykosidů s kyselinou kyanovodíkovou. Z tohoto důvodu by se mělo větší množství lněného semínka před zkrmením povařit (5–10 minut). Dojde tak k denaturaci enzymu linázy, který by jinak po kontaktu s vodou uvolnil kyselinu kyanovodíkovou z glykosidů, čímž by mohlo dojít k otravě koně (Meyer & Coenen 2003; Frape 2010).

3.7.5. Ostatní krmiva (průmyslová a zbytky po zpracování)

3.7.5.1. Melasa

Melasa vzniká krystalizací a oddělením sacharózy z extraktů cukrové řepy a cukrové třtiny. Jedná se o hustou černou kapalinu, která obsahuje asi 750 g sušiny/kg, přičemž více než 60 % představují cukry. Hrubý protein je tvořen především nebílkovinnými dusíkatými sloučeninami s minimální krmnou hodnotou. Zatímco řepná melasa má nepříjemné rybí aroma, za které je zodpovědný nebílkovinný amin betain, třtinová melasa voní příjemně. Díky své lepkavé a sirupovité konzistenci a sladké chuti se velice často přimíchává do ostatních krmiv jako pojivo a zchutňovadlo, v množství přibližně 100 g/kg krmiva. Třtinová melasa obsahuje 5–11 g Ca/kg a je přiměřeně bohatá na kyselinu pantothenovou. Pozoruhodný je také vysoký

obsah draslíku (20–40 g/kg v třtinové melase a 45–65 g/kg v řepné melase) a sodíku (6 g/kg) (Meyer & Coenen 2003; Frape 2010).

3.7.5.2. Řepné řízky

Řepné řízky vznikají sušením ze zbytkového jádra řepy cukrovky. Jsou cenným zdrojem energie, protože vykazují podobnou energetickou hodnotu jako oves. Oproti ovsu a kukuřici však obsahují daleko méně škrobu (0,3 %), což je dáno především vysokým obsahem pektinů (Meyer & Coenen 2003; Geor et al. 2012). Cukrovarské řízky jsou bohaté na vlákninu, vápník a jód, mají však málo fosforu (Ramzan 2014; Martin–Rosset 2015). Koně je rádi přijímají a v menším množství i dobře snášejí. Před zkrmováním by se měly vždy po dobu alespoň jedné hodiny namočit do vody (1:4) a to z důvodu, že pektiny ve vodě silně bobtnají a při krmení v suchém stavu by mohlo dojít k ucpání jícnu nebo dilataci či ruptuře žaludku (Meyer & Coenen 2003).

3.7.5.3. Otruby

Otruby patří mezi vedlejší mlynářské produkty, a protože jsou tvořeny převážně vrchními vrstvami obilných zrn, obsahují 10–15 % vlákniny. Nejčastěji se lze v praxi setkat s pšeničnými otrubami, které jsou sice bohaté na fosfor, ale mají málo vápníku. Při zkrmování většího množství pšeničných otrub je proto nutné dbát na vyrovnání poměru vápníku a fosforu. Při jednostranném krmení můžou nastat poruchy v metabolismu minerálních látek. Díky zvětšenému povrchu jednotlivých plochých částic mohou otruby snadno přijímat vlhkost, čehož se využívá při přípravě takzvaného mashe (Meyer & Coenen 2003; Ramzan 2014), jehož součástí bývá také oves, lněné semínko, sůl (chlorid sodný) a horká voda (Dušek et al. 2011). Davies (2009) dále uvádí, že pšeničné otruby obsahují fytáty, které snižují vstřebávání minerálních látek v tenkém střevě. Denní příjem by u dospělých koní neměl překročit množství 0,5 kg, které by mělo být doplněno o zdroj vápníku.

3.7.5.4. Pivovarské kvasnice

Pivovarské kvasnice jsou nejžádanějším, ale také nejdražším vedlejším produktem pivovarnictví. Kromě toho, že v 1 kg sušiny obsahují 420 g vysoce kvalitních bílkovin, jsou také bohatým zdrojem fosforu a vitamínů rozpustných ve vodě (především vitaminů skupiny B) (Frape 2010). Příznivě působí při déletrvajících poruchách trávení, při poruchách střevní mikroflóry, nechutenství nebo všeobecném poklesu výkonnosti (Meyer & Coenen 2003). Také pomáhají stabilizovat střevní mikroflóru, aby nedocházelo k akumulování kyseliny mléčné a následné acidóze u dostihových koní. (Davies 2009). Frape (2010) uvádí, že koním ve špatném stavu by se měly krmit v množství 30–50 g denně.

3.7.6. Krmné směsi

Ve výživě koní se v čím dál větší míře uplatňují krmné směsi. Podle obsahu živin je rozdělujeme na kompletní krmné směsi a doplňkové krmné směsi (Meyer & Coenen 2003).

Kompletní krmné směsi (KKS) zabezpečují svým složením všechny potřebné látky a živiny, a proto není potřeba přidávat již žádné jiné doplňky. Tyto směsi zahrnují jak jadrnou, tak objemnou stravu a většinou obsahují 15–20 % hrubé vlákniny, více než 18 % hrubého proteinu a 8–15 % minerálních látek. KKS ve formě pelet by však neměly být dlouhodobě zkrmovány jako kompletní krmivo, tj. bez doplňku objemného krmiva, protože je koně velice rychle přijímají, čímž tráví nedostatek času žvýkáním. Vhodnější se zdá být kombinace dlouhé řezanky s komponenty obilovin, luštěnin, mlýnských zbytků (otruby, klíčky, mouka), pivovarských zbytků (kvasnice) či odpadů tukového průmyslu (extrahované šroty, pokrutiny). Tyto krmné směsi jsou velice vhodné pro koně mající problém s příjmem sena ať už kvůli dýchacím nebo dentálním potížím (Meyer & Coenen 2003; Novak & Shoveller 2008; Martin–Rosset et al. 2015). K výživě dostihových koní se používají KKS s nižším obsahem vlákniny především v zahraničí (Dušek et al. 2011).

Doplňkové krmné směsi (DKS) jsou nabízeny v široké škále, a proto je třeba mít jasnou představu o tom, jaký účel by měla daná směs splňovat. Tyto krmné směsi mohou sloužit jednak k doplnění energie, jednak k přísunu bílkovin, minerálních látek či vitaminů. Vyrábějí se také DKS cílené na jednotlivé kategorie dostihových koní. Většina trenérů preferuje doplňkové krmné směsi proto, že může jejich množství korigovat dle aktuální fáze tréninku a fyzické kondice. Dávkování by se mělo vždy odvíjet dle individuálních potřeb jedince a dle složení a obsahu látek u základního krmiva (Meyer & Coenen 2003).

3.8. Energie krmiv

Energie krmiv lze rozdělit na brutto energii, stravitelnou energii, metabolizovatelnou energii a netto energii (Ellis 2014).

Brutto energie (v megajoulech; MJ) představuje množství tepla, které se vyprodukuje celkovým spálením krmiva v kalorimetru (NRC 1998). Jelikož lipidy mají vyšší brutto energii na jednotku hmotnosti než bílkoviny a sacharidy, je celková brutto energie ovlivněna především chemickým složením krmiva. Typ sacharidů v krmivu má minimální vliv na celkovou energii krmiva, protože brutto energie nestrukturálních sacharidů, jako je škrob, je podobná brutto energii strukturálních sacharidů, jako je celulóza. Krmiva, která se skládají převážně z minerálů, mají velmi nízký obsah brutto energie (NRC 1981).

Obsah stravitelné energie v krmné dávce se vypočítá odečtením energie obsažené ve výkalech od brutto energie. Je však nutné si uvědomit, že část materiálu vyloučeného ve stolici nepochází z potravy, ale z buněk odloučených z gastrointestinálního traktu a trávicích sekretů. Skutečnou stravitelnou energii lze tedy vypočítat pouze v případě, že známe čistě endogenní ztráty stolicí. Mezi dva faktory, které ovlivňují množství stravitelné energie v krmivu, patří brutto energie krmiva a stravitelnost jeho jednotlivých energetických složek (NRC 2007). Využitelnost stravitelné energie krmiva je tím vyšší, čím vyšší podíl přijatého krmiva je rozložen a vstřebán před příchodem do tlustého střeva. Pro orientační stanovení stravitelné energie krmiva je vhodné znát stravitelnost jeho energetických komponent (Meyer & Coenen 2003).

Hodnotu metabolizovatelné energie získáme, pokud od stravitelné energie odečteme energetické ztráty ve formě močí a plynů. Tyto ztráty jsou u koní menší než ztráty stolicí (NRC

2007). Účinnost přeměny stravitelné energie na metabolizovatelnou energii je ovlivněna složením přijímané stravy (Vermorel et al. 1997). Ztráty ve formě plynů jsou tím vyšší, čím větší množství krmiva je tráveno v tlustém střevě (NRC 2007).

Netto energii lze vyjádřit odečtením celkové produkce tepla ze všech zdrojů od metabolizovatelné energie (Zuidhof 2019). Celková produkce tepla zahrnuje teplo spojené s bazálním metabolismem, teplo spojené s termoregulační činností, teplo spojené s tvorbou produktu, teplo spojené s trávením a vstřebáváním, teplo spojené s tvorbou a vylučováním odpadních látek a teplo spojené s kvašením (NRC 1981). Netto energii je možné rozdělit do dvou částí – netto energii pro záchovu a netto energii pro produkci. Využití energie a živin pro záchovu představuje pro zvíře nejvyšší prioritu. Čistá energie pro produkci představuje dietní energii uloženou ve tkáních (během těhotenství nebo přibírání na váze) nebo vylučovanou v produktu (jako je mléko) (NRC 2007; Zuidhof 2019).

3.9. Krmení dostihových koní v průběhu roku

3.9.1. Krmení hříbat a mladých rostoucích koní

Chovatelé plnokrevníků získávají významnou část příjmů prodejem ročních koní v aukci (Morel et al. 2007), proto musí být roční mláďata dobře narostlá a v dobré kondici (McMeniman1996; Grace et al. 2002). Ročci, kteří nedosahují uspokojivého fyzického vývoje se mohou prodávat buď za méně příznivé ceny (MacCarthy & Mitchell 1974), nebo vůbec. Fyzická velikost je důležitá zejména pro kupující, kteří mají v plánu závodit s koňmi ve věku dvou let, protože fyzicky starší ročci mají jako dvouletí v dostizích konkurenční výhodu (MacCarthy & Mitchell 1974). Obecně platí, že větší koně mívají ve své kariéře více dostihových startů (Smith et al. 2006), proto tlak na produkci koní schopných závodit ve dvou letech vedl ke značné poptávce po fyzicky vyspělých ročcích (Waldron et al. 2011). V důsledku toho je aukční cena plnokrevných ročků ovlivněna nejen rodokmenem, ale také fyzickým vzhledem (MacCarthy & Mitchell 1974).

Plnokrevní koně jsou chovaní tak, aby byli v jednom roce života co největší, a to i přestože své tělesné dospělosti dosahují až kolem čtyř nebo pěti let. Dosažení maximální velikosti v co nejkratším čase je ale u koní nežádoucí. Příliš rychlý růst hříběte má za následek zvýšené riziko vzniku vývojových ortopedických onemocnění, jako je fyzitida, angulární deformity končetin nebo osteochodritida, které mohou snížit budoucí sportovní výkonnost. Pro případný rozvoj atletického potenciálu koně je tedy rozhodující zajištění optimální rychlosti růstu. Růst koně se měří v kilogramech (kg) tělesné hmotnosti a rychlost růstu se běžně vyjadřuje jako průměrný denní přírůstek, tj. kilogramy tělesné hmotnosti získané za den (Pagan et al. 1996; Jelan et al 1996; Frape 2010). Přírůstek je velmi rychlý během prvního měsíce života (od 1 500 g/den), přičemž hodnota přírůstku záleží nejen na genetickém potenciálu hříběte, ale také na produkci mléka klisny do 3 měsíců, tedy věku, kdy hříbě začíná přijímat stravu i z jiných zdrojů (pastva, koncentrátová krmiva, seno) (Martin–Rosset et al. 2012). Sledování tělesných proporcí mladých koní prostřednictvím jejich pravidelného měření a vážení umožňuje chovatelům identifikovat a korigovat jejich růst a snížit tak zdravotní rizika

související s nedostatečným nebo nadměrným krmením (Pagan 2005; Morel et al. 2007; NRC 2007).

Maximální tělesná velikost koně je sice geneticky předurčena, ale rychlost růstu může být ovlivněna řadou faktorů, včetně prostředí, managementu a výživy. Kůň prochází během prvního roku života rychlým vývojem zahrnujícím změny hmotnosti, výšky a obsahu kostních minerálů. Do 30 minut po narození může hříbě stát a během několika hodin i běhat. Navzdory tomuto ranému vývoji má novorozené hříbě pouze 10 % své dospělé tělesné hmotnosti. Dospělé výšky dosahují plnokrevníci z 84 % v 6 měsících věku; z 94 % ve 12 měsících a do 22 měsíců jsou již téměř dorostlí. Dospělé tělesné hmotnosti dosahují o něco pomaleji. Během prvních šesti měsíců života hříbě přibere 46 % své dospělé hmotnosti, ve 12 měsících dosáhne 65 % své dospělé hmotnosti a do 22 měsíců by mělo být na 90 % tělesné hmotnosti v dospělosti (Lawrence 2003). Stejně jako výška a tělesná hmotnost i obsah kostních minerálů úzce souvisí s věkem. Rychlost, při které je dosaženo maximálního obsahu kostních minerálů, je však mnohem pomalejší. Půlroční hříbata mají 68,5 % minerálního obsahu kostí dospělého koně, přičemž maximálních hodnot dosáhnou až v šesti letech (Lawrence 1994; Lawrence 2003).

Potravu rostoucího koně lze rozdělit na jednoduché složky zahrnující mlezivo, mléko, vodu, píce a koncentráty (doplňkové krmivo). Procento jednotlivých složek ve stravě se bude měnit v závislosti na věku a okolnostech (Staniar 2013). Správné krmení hříběte začíná již u březí chovné klisny. To, jak je březí klisna krmena, ovlivní velikost i kostru hříběte (Lawrence 2006). Krmení je nejdůležitější během posledního trimestru březosti, kdy dochází k 75 % růstu plodu (Huntington et al. 2003). Březí klisny by měly mít dostatek energie a nejdůležitějších živin, především bílkovin, lysinu, vápníku, fosforu, mědi a zinku (Pagan et al. 2010). Během prvních dvou měsíců života obsahuje mléko klisny dostatek energie a bílkovin, aby pokrylo potřeby růstu hříběte. Hříbata s očekávanou hmotností 450–500 kg v dospělosti potřebují přibližně 9 kg mléka na každý kg přírůstku v sedmi dnech věku, 13 kg ve věku jednoho měsíce a 15 kg ve věku dvou měsíců (Kohnke et al. 1999). Po několika týdnech přestává mateřské mléko splňovat kvantitativní i kvalitativní nároky hříběte na živiny, proto je nutné začít hříbě přikrmovat. Většina běžně krmených obilných zrn a píce ale neobsahuje dostatečné množství některých minerálů. Jednostranně přikrmování drceného ovsa nestačí kvůli nízkému obsahu mědi, vápníku a vitaminů a omezené kvalitě bílkovin. Ideální jsou doplňková krmiva, která obsahují vedle vysoce hodnotných bílkovin i nejdůležitější minerální látky a vitaminy. Dnes jsou k dispozici krmiva s rozdílnou skladbou živin odpovídající stupni vývoje hříběte. Většinou se jedná o kategorie sající, odstavená a roční hříbata (Meyer & Coenen 2003). Není známo, jaké množství sena a pastvy hříbě zkonzumuje, ale tyto zdroje energie je třeba mít na paměti při rozhodování o tom, kolik doplňkového krmiva hříběti poskytnout. Typické hříběcí koncentráty obsahují kolem 1,4 Mcal stravitelné energie na 0,45 kg (Pagan 2009).

Odstaveným hříbatům chybí především vysoce hodnotná bílkovina původně přijímaná v mateřském mléce. Nedostatek nastává také u esenciálních aminokyselin (lysinu), u minerálních látek včetně vápníku, fosforu, mědi a zinku a u vitaminů skupiny B (Meyer & Coenen 2003; Pagan 2009). Dávka travního sena a ovsa by zajistila odstávčatům asi 40 % a 70 % potřeby vápníku a fosforu a méně než 40 % jejich potřeby mědi a zinku. Bylo zjištěno, že

roční mláďata suplementovaná kompletním balíčkem stopových minerálů měla vyšší konečné hodnoty obsahu kostních minerálů než roční mláďata krmená základní stravou bez suplementace stopovými minerály. Pozor by se mělo dávat také na nadměrné suplementace minerálních látek (Pagan 2009). Například nadměrný přebytek vápníku (>300 % požadované hodnoty) může vést k sekundárnímu nedostatku minerálů jako je fosfor, zinek a jód, protože narušuje jejich vstřebávání (Pagan 2009). Obdobně vysoká hladina fosforu v krmné dávce může zpomalovat vstřebávání vápníku a vést k jeho nedostatku. Poměr vápníku a fosforu v krmné dávce mladých koní by měl být ideálně 1,5 : 1, nikdy by neměl klesnout pod 1 : 1 nebo být vyšší než 2,5 : 1. Poměr zinku k mědi by měl být 3 : 1 až 4 : 1. Gibbs et al. (2002) uvádí, že roční mláďata připravovaná k prodeji nebo pro zařazení do předzávodního tréninku mají výrazně odlišné požadavky na živiny. Tito koně obvykle potřebují být krmeni koncentrátem obsahujícím alespoň 14 % hrubého proteinu, 0,6 % lysinu, 0,6 % vápníku a 0,4 % fosforu v krmivu, které má alespoň 7 % vlákniny, a ne více než 1,4 megakalorií stravitelné energie na 0,45 kg. Mnoho společností vyrábí krmiva, která tato minima splňují nebo překračují.

Krmení a chov rostoucích hříbat je tedy balancováním mezi dosažením komerčně žádoucí úrovně růstu a prevencí vývojových ortopedických onemocnění. Klíčem k úspěchu je správně vyvážená krmná dávka a regulace příjmu krmiva pro dosažená bezpečné a žádoucí rychlosti růstu.

3.9.2. Krmení v přípravném období

Největší výzvou ve výživě dostihových koní je dosáhnout a udržet jejich ideální tělesnou kondici pro trénink a závody a zároveň poskytnout dostatek energie pro podporu jejich výkonu při intenzivní úrovni práce (Gibbs et al. 2002). Mnoho koní začíná svou atletickou kariéru dlouho předtím, než dosáhnou tělesné dospělosti. Plnokrevníci vstupují do závodního tréninku již ve věku 18 měsíců a mohou závodit ještě před dosažením dvou let věku. Krmení této kategorie koní je náročné, protože živiny musí být dodávány nejen pro růst, alé také pro výkon. Za jedno z nejkritičtějších období se považuje právě období mezi prvním a druhým rokem života, během kterého začíná kůň intenzivně trénovat (Pagan & Nash 2009).

V tomto období dochází kvůli nárůstu intenzity tréninkových jednotek k navyšování energetických nároků. Energie musí být dostihovým koním dodávána v přiměřeném množství denního krmiva, které mohou bezpečně konzumovat. V závislosti na úrovni aktivity a energetické koncentraci potravy by měl kůň denně přijímat krmivo v množství od 2,0–3,0 % své tělesné hmotnosti (NRC 2007). Dostupná strava s vysokým obsahem píce často nedokáže pokrýt energetické potřeby vysoce výkonných atletických koní (Harris 2009), což vyžaduje krmení relativně velkým množstvím koncentrátu, aby se zabránilo nadměrnému úbytku hmotnosti a snížení výkonnosti (Nielsen 2013). Především u mladých trénujících koní by se měly využívat komerčně připravené koncentráty, které zajistí živiny potřebné jak pro růst, tak pro výkon. Koncentráty by měly poskytovat dostatečné množství sacharidů, které mohou být využity buď hned anebo mohou být uloženy ve svalech a játrech ve formě glykogenu pro pozdější využití. Pokud jsou koně ve vysoké úrovní tréninku krmeni příliš malým množstvím sacharidů, vyčerpávají své zásoby svalového glykogenu a nemohou dále intenzivně trénovat. Úroveň koncentrace svalového glykogenu se dá dramaticky zvýšit úpravou diety a tréninkovým

režimem (Gibbs et al. 2002). Pokusy zvýšit zásoby glykogenu krmením stravou bohatou na škrob byly buď neúspěšné, nebo vyžadovaly krmení škrobem v tak vysokých koncentracích, že by to mohlo vyvolat zdravotní komplikace (Lacombe et al. 2004; Nielsen 2013). Mnoho studií prokázalo, že ukládání svalového glykogenu, a i následný výkon může zlepšit přidání tuku do krmné dávky koní (Meyers et al. 1990; Harking et al. 1992; Scott et al. 1992). Bylo také prokázáno, že koně krmení dietou s vysokým obsahem tuku (11,8 %) mají po tréninku nižší koncentrace plazmatického laktátu než koně krmení dietou s nízkým obsahem tuku (1,5 % tuku), což naznačuje potenciál zvýšit výkonnost oddálením hromadění laktátu a nástupu únavy (Sloet van Oldruitenborgh–Oosterbaan et al. 2002). Snížení podílu vlákniny ve stravě nahrazením kalorií z tuku nebo oleje vede také k menšímu generování tepla v tlustém střevě, což potenciálně napomáhá celkovému řízení tepelné zátěže u trénujícího koně, který již tak má problém s odváděním přebytečného tepla generovaného svalovými kontrakcemi (Potter et al. 1990; Kronfeld 1996). Tuky nebo oleje mohou tvořit až 20 % koncentrátu, aniž by se negativně ovlivnila stravitelnost sušiny nebo vlákniny (Swinney et al. 1995). V běžné praxi bývají zařazovány tuky v množství 10 % celkové stravy. Protože strava doplněná tuky poskytuje více energie, měl by se snížit celkový denní příjem krmiva, pokud má pracovní úroveň a tělesná kondice zůstat stejné (Gibbs et al. 2002).

I když koně v tréninku mají vyšší potřebu bílkovin, nárůst není tak dramatický, jak by se mnozí domnívali. I přesto mnoho trenérů krmí bílkovinami výrazně nad rámec požadavků (Gallagher et al. 1992). Vysoká koncentrace bílkovin v potravě dospělých dostihových koní ale může způsobit více škody než užitku, a to kvůli potenciálním nepříznivým účinkům na produkci tepla, acidobazickou rovnováhu a zdraví dýchacích cest v důsledku akumulace amoniaku v uzavřených prostorách (Graham–Thiers et al 2000). Pro dostihové koně v tréninku je důležité mít vyvážený poměr aminokyselin ve stravě. Výzkumy naznačují, že trénující koně mohou být úspěšně krmeni nižšími koncentracemi hrubého proteinu, pokud je jejich strava obohacena o esenciální aminokyseliny (Graham–Thiers et al. 2001). U mladých a aktivně trénujících koní by se měla věnovat pozornost především dvěma nejvíce limitujícím aminokyselinám – lysinu a threoninu (Staniar 2013). Bylo zjištěno, že suplementace těchto aminokyselin zlepšuje udržení svalové hmoty bez ohledu na věk (Graham–Thiers et al. 2003; Graham–Thiers & Kronfeld 2005). Pro správný přísun aminokyselin je nutný zdroj kvalitních bílkovin v běžné stravě. Cenným zdrojem značného množství bílkovin může být vysoce kvalitní seno, zejména luštěninové a vojtěškové (Connysson et al. 2006), ideální volbou jsou ale komerční koncentráty, které mají ve svých formulích esenciální aminokyseliny v potřebném množství. Dobrým zdrojem lysinu je také sojová moučka nebo vločky (Harris & Schott 2013).

Z výše uvedeného vyplývá, že hlavními zdroji energie během tréninku jsou především sacharidy a tuky, zatímco degradace bílkovin a metabolismus aminokyselin představuje menší zdroj energie. Bylo však prokázáno, že koncentrace glutamátu ve svalech klesá a koncentrace alaninu se po intenzivním cvičení jak u člověka, tak u koní zvyšuje. To naznačuje, že fyzická aktivita zvyšuje metabolismus aminokyselin, které mohou být využity v dalších fyziologických procesech. Například alanin může být uvolněn ze svalu a použit pro glukoneogenezi v játrech (Essén–Gustavsson et al. 2010). Kromě toho studie na lidech ukázaly, že protein je využíván ve větší míře, když jsou zásoby glykogenu sníženy (Blomstrand & Saltin 1999). Proto se čím dál více studií začalo zaměřovat na aminokyseliny a hrubý protein jako prostředky ke zvýšení

sportovní výkonnosti koní. Značná pozornost je v posledních letech věnována aminokyselinám s rozvětveným řetězcem (BCAA, z anglického Branched Chain Amino Acids) zahrnující isoleucin, leucin a valin, jejichž používání se při tréninku koní stalo běžnou praxí (Casini et al. 2000). Jeden z důvodů je založen na hypotéze, že se oxidace BCAA během tréninku zvyšuje a že BCAA snižují potřebu glykolýzy, zlepšují výkon a zefektivňují syntézu svalových vláken po tréninku (Casini et al. 2000; Hauss et al. 2021). Nicméně studie prováděné na koních přinesly rozdílné výsledky. Důvod rozdílných výsledků u koní je nejasný, ale je možné, že kapacita svalu oxidovat BCAA je u trénovaných koní vyšší než u koní netrénovaných. Proto je stále otevřenou otázkou, zda suplementace BCAA může ovlivnit výkon, zejména u jedinců s vysokými zásobami glykogenu (Trottier et al. 2002). Zdá se, že BCAA jsou mobilizovány především při dlouhotrvající fyzické zátěži (Assenza et al. 2004). Zcela nová studie (Baakhtari et al. 2022) prokázala, že suplementace BCAA může, zejména u klisen, zabránit nebo snížit imunosupresi po vysoce intenzivním tréninku a má tak potenciál snížit nebo zabránit výskytu infekčních onemocnění po tréninku.

Mnoho trenérů přidává do krmných dávek ve snaze zvýšit výkonnost svých svěřenců další dusíkaté látky, které jsou syntetizovány z aminokyselin, především L–karnitin, kreatinfosfát a karnosin. Primárními substráty pro biosyntézu L–karnitinu jsou dvě esenciální aminokyseliny, konkrétně lysin a methionin. L–karnitin funguje jako přenašeč mastných kyselin s dlouhým řetězcem v mitochondriální matrix, kde se mastné kyseliny přeměňují na energii β–oxidačním procesem. Zvýšená dostupnost L–karnitinu tak může zvýšit schopnost transportu mastných kyselin do mitochondrií a tím zvýšit oxidaci mastných kyselin (Arfuso et al. 2021). Celkový objem svalového karnitinu zůstává během tréninku konstantní, ale podíl volného karnitinu klesá s rostoucí intenzitou cvičení (Rivero et al. 2002). Z dostupné literatury je nepravděpodobné, že by perorální suplementace L–karnitinu u netrénovaných jedinců v období dnů až týdnů měla přínos pro výkon při tréninku (Rivero et al. 2002). Existuje však dostatek přesvědčivých experimentálních důkazů u jiných živočišných druhů, že obsah celkového L–karnitinu v srdečním a kosterním svalu je významně zvýšen o 20–90 %, pokud jsou suplementované dávky L–karnitinu dostatečně vysoké a doba suplementace dostatečně dlouhá (Costell & Grisolia 1993; Janssens et al. 2000). To prokázala studie Rivero et al. (2002), ve které bylo dlouhodobě (po dobu 5 týdnů) podáváno 10 g L–karnitinu / den v kombinaci s nízko a vysoce intenzivním pohybovým tréninkem. Bylo zjištěno, že suplementace L–karnitinem měla vliv na kontraktilní, morfologické a metabolické vlastnosti koňského kosterního svalstva. Celkový obsah karnitinu se v hýžďovém svalu zvýšil o 46 %. Zajímavým zjištěním ale bylo, že suplementace L–karnitinu sama o sobě nemá žádný vliv, protože většina změn vyvolaných (LC+tréninkem) byla zvrácena, když tréninkový stimul ustal. Arfuso et al. (2021) zjistili, že účinek tréninku na koncentraci volného L–karnitinu závisí nejen na délce a intenzitě tréninku, ale také na věku trénovaných zvířat. Silně pozitivní korelace mezi koncentrací volného sérového L–karnitinu a věkem koní umožňuje vyslovit hypotézu, že biosyntetická dráha L–karnitinu se organizuje a přizpůsobuje metabolickým potřebám kosterní a srdeční svalové tkáně v průběh růstu, pokud jde o hříbata, a po fyzické aktivitě, pokud jde o koně. Například u dvouletých plnokrevných koní bylo po roce tréninku zjištěno dvojnásobné zvýšení hladiny volného L–karnitinu v séru.

Karnosin je syntetizován v kosterním svalu z aminokyselin L–histidinu a β–alaninu (Artioli et al. 2010). Velké množství důkazů potvrzuje významnou roli karnosinu při udržování pH homeostázy svalových buněk. Během intenzivní pohybové aktivity, kdy jsou svaly

nedostatečne zásobovány kyslíkem, pracují v režimu anaerobního metabolismu, při kterém se snižuje pH svalu vlivem akumulace laktátu. To je subjektivně vnímané jako únava a svalová bolest, což se může v konečném důsledku projevit poruchou svalové kontrakce a poklesem výkonnosti (Harris & Sale 2012). A právě během anaerobního metabolismu glukózy vychytává karnosin naakumulované H^+, čímž pomáhá předcházet nadměrné tvorbě laktátu a poklesu pH ve svalu (Sale et al. 2010; de Andrade Kratz et al. 2017). Navíc mu jsou přisuzovány i antioxidační a antiglykační vlastnosti. Vzhledem k těmto charakteristikám se předpokládá, že koncentrace svalového karnosinu má pozitivní vztah k výkonu při tréninku. Vysoce trénovaní jedinci mají oproti netrénovaným jedincům vyšší hladiny karnosinu. Koně mají navíc 6–10krát vyšší koncentraci karnosinu ve svalech než lidé. Bylo prokázáno, že dietní suplementace karnosinu způsobuje zvýšení koncentrace svalového karnosinu a oddálení únavy při vysoce intenzivním cvičení (Mori et al. 2015). Je nutné ale poznamenat, že buněčná membrána svalové buňky je pro karnosin téměř nepropustná (Bauer & Schulz 1994). Proto v případě suplementace karnosinem musí dojít v játrech nejprve k jeho transformaci na β–alanin a L–histidin, které mohou být následně transportovány do svalových buněk a využity k tvorbě karnosinu (Matthews & Traut 1987). Suplementace karonosinu se z tohoto pohledu zdá velmi neefektivní, proto se doporučuje suplementovat spíše β–alanin, jehož dostupnost je navíc limitujícím faktorem endogenní syntézy karnosinu ve svalu (Artioli et al. 2010).

Fosforylovaná forma kreatinu, fosfokreatin, se ve vellkém množství ukládá v kosterním svalstvu, kde poskytuje energii pro svalovou kontrakci prostřednictvím refosforylace adenosindifosfátu (ADP) na adenosintrifosfát (ATP) (Scuback et al. 2010; Teixeira et al. 2015). Studie provedené na plnokrevných koních ukázaly výrazné snížení koncentrací ATP a kreatinfosfátu ve svalech a významné zvýšení koncentrací laktátu a kyseliny močové v krvi po intenzivní fyzické zátěži. Pokles ATP je jedním z faktorů, který ovlivňuje nástup únavy, a proto udržení vysokých koncentrací ATP a kreatinfosfátu ve svalech je pravděpodobně jedním ze zásadních faktorů pro prevenci nebo oddálení nástupu únavy během intenzivního tréninku (Casey et al. 1996). Ze studie na lidech bylo navrženo, že udržování energie je vysoce závislé na počátečních hladinách fosfokreatinu (Hultman et al. 1996). Vysoké klidové koncentrace fosfokreatinu zlepšují výkon snížením vyčerpání ATP, a tím poskytují účinné udržení koncentrace ATP ve svalu během zátěže a rychlejší resyntézu ATP během zotavení. U lidí bylo prokázáno, že orální suplementace kreatinem zvyšuje množství svalového fosfokreatinu, a proto zlepšuje svalovou výkonnost během vysoce intenzivního a krátkodobého cvičení (Costallat et al. 2007; Teixeira et al. 2015). Nicméně studie Schuback et al. (2010) u koní neprokázala významný vliv na koncentrace kreatinu v plazmě nebo svalu po suplementaci kreatinem v denní dávce 50 g. To je v souladu s dalšími studiemi zvažujícími suplementaci kreatinu u koní (Essén–Gustavsson et al. 1994; Sewell & Harris 1995; Teixeira et al. 2015). Mezi jednotlivými druhy mohou existovat rozdíly v absorpčním mechanismu, protože býložravci mohou mít opožděnou a/nebo sníženou absorpci kreatinu ve srovnání s lidmi. V současné době se diskutuje o tom, zda je příjem kreatinu ovlivněn počáteční celkovou koncentrací kreatinu ve svalu. Studie u člověka prokázaly velké individuální variace počátečních koncentrací kreatinu a existují náznaky, že jedinci s nízkými koncentracemi kreatinu mohou zvýšit své koncentrace kreatinu více než jedinci s vyššími počátečními

koncentracemi. Dále se předpokládá, že může existovat horní limit ukládání kreatinu 150–160 mmol/kg tělesné hmotnosti, který nelze překročit (Schuback et al. 2010).

Z minerálních látek se velké pozornosti dostává především vápníku (Thomas 2018), jehož potřeba se v přípravném období kvůli počínajícím vysokorychlostním tréninkům zvyšuje (Nielsen et al 1998). U mladých koní v závodním tréninku dochází nejen k růstu kostí, ale také k jejich modelaci a přestavbě v reakci na fyzickou zátěž. Běžně je však namáhané kosti mladého koně k modelaci a/nebo přestavbě věnován s ohledem na intenzitu zátěže nedostatek času, což může způsobit vážná zranění mající za následek předčasné ukončení kariéry. Snížení pravděpodobnosti zranění lze dosáhnout oddálením začátku tréninku koně až do období dosažení tělesné dospělosti, ale obzvlášť u plnokrevných koní to není ekonomicky proveditelné. Nabízejí se změny ve stávajících tréninkových metodách, postupně se zvyšující fyziologické stimuly pro kostru a kvalitní výživa s ideálním poměrem minerálních látek (Stephens et al. 2004). Kromě vápníku jsou kombinací růstu a zátěže ovlivněny také fosfor a hořčík (Stephens et al. 2001). Během počátečních fází výcviku se zdá, že potřeba vápníku a fosforu u mladých koní ve výcviku roste o 30 až 35 % a potřeba hořčíku roste o 80 až 100 % oproti doporučením NRC (2007). Tyto zvýšené požadavky na minerální látky v raném tréninku jsou způsobeny požadavky na kostní modelaci a remodelaci. V raných fázích tréninku tedy 2letý kůň potřebuje asi 130 mg/kg/den vápníku, 70 mg/ kg/den fosforu a 40 mg/kg/den hořčíku. Mladí koně v tréninku vyžadují celkovou koncentraci vápníku v potravě 0,6 %; fosfor cca 0,35 %; a hořčík 0,2 % (Gibbs et al. 2002). Pozornost by měla být věnována také komplexním stopovým minerálům, které mohou být užitečným nástrojem pro zmírnění oxidačního stresu u koňských sportovců. Bylo prokázáno, že biokomplexní minerály Fe, Mn, Zn a Cu zvyšují aktivitu dvou hlavních antioxidačních enzymů – superoxiddismutázy a gluthathionperoxidázy (Latham et al. 2021).

Zvyšují se také požadavky na elektrolyty, tedy sodík, chlorid a draslík kvůli jejich zvyšující se ztrátě potem (Coenen 2005). Pokud je však umožněn volný přístup k soli (NaCl), zajištěn dostatečný přístup ke kvalitní píci a krmí se komerční koncentrovanou směsí obilí obsahující alespoň 1 % soli, kůň pravděpodobně získá dostatek elektrolytů, aby uspokojil své potřeby (Nielsen 2013). Samozřejmostí je také neomezený přístup k vodě, jejíž potřeba narůstá se zvyšujícím se rozsahem ztrát tekutin potem. Příjem vody u koně o hmotnosti 500 kg při práci se odhaduje na 36 až 92 litrů za den v závislosti na podmínkách prostředí a intenzitě tréninku (NRC 2007).

Pro dosažení vysoké výkonnosti musí mít závodní koně v tréninku nejen dostatek všech živin, především energie, bílkovin, vitamínů a minerálů, ale také perfektní management krmení. Velké množství studií prokázalo, že špatné krmné postupy mohou vést ke zdravotním problémům trávicího traktu koní. Zejména dlouhé pauzy v příjmu krmiva jsou spojeny s kolikami, rozvojem žaludečních vředů a zácpou (Baumgartner et al. 2020). Podle Lutherssona et al. (2009) se riziko žaludečních vředů významně zvyšuje, pokud pauza v příjmu krmiva trvá 6 a více hodin. Vysvětlením je snížená produkce slin a snížená pufrační kapacita v žaludku v důsledku nedostatku vlákniny (Harris et al. 2017). Je tedy nezbytně nutné dodržovat pravidelnou dobu i délku krmení. Studie navíc prokázaly, že koně krmení potravou

v pravidelných intervalech mají zvýšenou trávicí účinnost (Lewis 1995). Krmení vícekrát denně menšími dávkami zabraňuje také přetížení trávicího traktu (Zeman et al. 1997). Krmné praktiky mají rovněž vliv na výskyt abnormálního, především stereotypního chování (Marsden 1993). Za jednu z hlavních příčin rozvoje poruch chování je považován nedostatek objemového krmiva (Baumgartner et al. 2020). Davidson & Harris (2003) uvádí, že ideální stájový management zahrnuje každodenní přístup na pastvu a kontakt s jinými koňmi. To vše pomáhá zachovat výkonnost a chuť koně do práce.

3.9.3. Krmení před dostihem / intenzivní zátěží

Existuje relativně málo studií, které přímo korelují s krmnou dávkou v den výkonu a následnými proměnnými souvisejícími s fyzickou zátěží. Existuje však dostatek údajů, které naznačují, že typ výkonu očekávaného od koně (aerobní versus anaerobní, krátké trvání versus dlouhé) lze ovlivnit nutričním managementem v den soutěže.

Obecně platí, že před dostihem stejně jako před intenzivním tréninkem by měl být žaludek maximálně vyprázdněn a trávení pokročilé, protože dochází k zatížení krevního oběhu. Tím se mění distribuce krve v organismu i funkce trávicího traktu. Aby se předešlo potenciálním fyziologickým změnám omezujícím výkon, mělo by se koním podat jadrné krmivo maximálně 3–4 hodiny před závodem (Pagan & Harris 1999; Meyer & Coenen 2003). Podávání sacharidů těsně před závodem působí spíše škodlivě, protože spuštěná inzulinová reakce brzdí během závodu nutnou mobilizaci glykogenu a dočasně se nastaví subnormální hodnoty krevního cukru (Meyer & Coenen 2003). Pagan & Harris (1999) uvádí, že je v posledních hodinách před závodem možné podávat malé množství objemného krmiva (cca do 1 kg), které může podporovat žvýkání a slinění bez nadměrného naplnění střev, a zvláště u nervózních koní může také přispět k odvedení jejich pozornosti a uklidnění (Pagan & Harris 1999). Pokud je kůň na závod připraven v optimální kondici, neměl by před závodem potřebovat extra energetický příjem. Bylo prokázáno, že koně nalačno (16 hodin), kteří byli podrobeni dlouhodobému zahřátí a následné intenzivní zátěži, měli nejvyšší svalový glykogen, plazmatickou glukózu a volné mastné kyseliny na konci fyzické zátěže ve srovnání s koňmi, kteří byli krmeni 1 kg kukuřice 1, 3, nebo 5 hodin před zátěží (Stull & Rodiek 1993; Lawrence et al. 1995).

Omezit by se měl i přísun vody, a to v časovém úseku až 4 hodin před závodem (Pinchbeck et al. 2004). Nielsen (2013) uvádí, že omezený přísun vody během tohoto období nezpůsobuje dehydrataci omezující výkon. Přesto je dobré těsně před dostihem umožnit koni hlt vody (Zeman 2006). Obecně se nedoporučuje koním před dostihem, obzvlášť pokud se jedná o dostih na krátkou vzdálenost, nabízet elektrolyty, protože stimulují větší příjem vody a tím i nežádoucí hmotnost trávicího traktu (Frey et al 1995; Lewis 1995). Studie Waller & Lindinger (2021) uvádí, že podání elektrolytů 1 hodinu před začátkem závodu poskytuje zdroj vody a iontů, čímž se zlepšuje udržení objemu plazmy a koncentrace extracelulární tekutiny během zátěže. To by mělo být přínosem pro kardiovaskulární funkce s ohledem na zvýšené potřeby pro průtok krve (srdeční výdej) a kontrakci svalů. Výzkum ale probíhal u koní, kteří simulovali podmínky spíše pro vytrvalost.

Souhrnně lze říct, že cílem krmení v soutěžním dni by mělo být minimalizace hmotnosti, udržení optimální, ale ne nadměrné hydratace a podpora zvýšené dostupnosti glukózy a glykogenu.

3.9.4. Krmení po dostihu / intenzivní zátěží

Ihned po dostihu je nutné koně provádět, dokud takzvaně „nevychladne“. To usnadňuje následnou regeneraci, protože se rychleji odbourává nahromaděný laktát (Zeman et al. 1997). Tradičně se nedoporučuje podávat koním velké objemy velmi studené vody krátce po dostihu kvůli zvýšenému riziku koliky. Koni bychom měli poskytnout vodu v menších a častějších dávkách a to do 30 minut po zátěži, aby se zabránilo případné dehydrataci a aby se nezpomalila následná rehydratace (Butudom et al. 2003). U koně o hmotnosti 500 kg, jehož celková tělesná voda představuje asi 350 litrů, je mírná dehydratace ztrátou 17,5 litrů tekutin, zatímco těžce dehydratovaní koně ztrácejí dvojnásobek tohoto množství. Současně s vodou jsou potem ve značném množství vylučovány i elektrolyty (Lindinger 2008). U dehydratovaného koně je plazmatická osmolalita nedostatečně zvýšena, aby stimulovala žízeň (Waller et al. 2008). Pokud bychom takovému koni poskytli vodu s malým množstvím elektrolytů, mohlo by dojít ke zhoršení hypotonicity pazmy, čímž by se ještě více potlačila žízeň.

Z krmiv by mělo být koni po dostihu jako první nabídnuto objemové krmivo, které je důležité pro správnou funkci trávicího traktu. Naopak koncentrované krmivo podáváme ideálně až po 2–4 hodinách (Vervuert 2008). Po dostihu či jiném typu intenzivní zátěže dochází k výrazenému snížení zásob glykogenu ve svalech i játrech, přičemž po úplném vyčerpání může celková obnova zásob glykogenu trvat i více než 72 hodin, a to i v případě, že je krmivo s vysokým obsahem rozpustných sacharidů podáváno bezprostředně po cvičení (Lacombe et al. 2006; Vervuert 2008). Vyčerpání zásob intramuskulárního glykogenu je spojeno s únavou, která v případě jeho nedostatečného obnovení může přetrvávat i během následujících fyzických výkonů (Waller et al. 2009). Výzkumy naznačují, že nízká rychlost syntézy glykogenu při orálním podávání sacharidů u koní může být způsobena sníženou rychlostí absorpce sacharidů z gastrointestinálního traktu v kombinaci se sníženým vychytáváním glukózy kosterním svalstvem (Geor et al. 2006; Pratt et al. 2007). Studie jasně potvrzují, že konvenční krmné strategie využívající diety s vysokým obsahem rozpustných sacharidů nejsou pro zrychlení resyntézy svalového glykogenu úspěšné (Waller & Lindinger 2010). Strava s vysokým obsahem rozpustných sacharidů obsahující pouze obilná zrna (Lacombe et al. 2004) krmena bezprostředně po cvičení zvýšila rychlost syntézy glykogenu pouze na ~12 ve srovnání s ~8 mmol/kg. Ani intravenózní infuze velkého množství glukózy (3–6 g/kg) doplňování svalového glykogenu nijak významně nezrychlila (Davie et al. 1995; Geor et al. 2006). Dyer et al. (2009) ale uvádí, že u koní, kteří jsou postupně adaptovaní během 2 měsíců na dietu s vysokým obsahem rozpustných sacharidů (60 % obilí) dochází ke zvýšení rychlosti transportu glukózy. Ovšem krmení velkým množstvím rozpustných sacharidů zvyšuje riziko gastrointestinálních poruch a laminity (Waller et al. 2009). Strava s vysokým obsahem obilovin má také tendenci mít nižší rozdíl mezi kationty a anionty, což může vést k chronické systémové acidóze (Waller et al. 2004). Existuje tedy jasná potřeba výzkumu a úvah o alternativních nutričních strategiích pro optimalizaci obnovy svalového glykogenu, aby se zlepšil tréninkový i soutěžní

výkon dostihových koní. Jednou z možností by mohla být perorální suplementace acetátem, u které bylo prokázáno, že zvyšuje syntézu glykogenu. Acetát je primární těkavou mastnou kyselinou, která je využívána jako významný energetický zdroj pro kosterní svalstvo především v klidu (Waller et al. 2009). Nasogastrické podání roztoku octanu sodného/kyseliny octové po cvičení, po kterém následovalo seno a obilná moučka, vedlo ke zvýšení syntézy svalového glykogenu během počátečního 4hodinového zotavovacího období (Waller et al. 2009). Interpretace je taková, že suplementovaný acetát byl oxidován v mitochondriích kosterního svalstva, což nakonec šetřilo glukózu extrahovanou regenerací kosterního svalstva pro glykogenezi. Na rozdíl od člověka, kde jsou lipidy převládajícím zdrojem energie během regenerace po zátěži (Kimber et al. 2003; Henderson et al. 2007), je dostupnost triglyceridů a neesterifikovaných mastných kyselin během regenerace u koní nízká (Poso & Hyyppa 1999). Proto se zdá, že u koní je cirkulující glukóza přednostně odkloněna k produkci energie (glykolýza a oxidace) namísto syntézy glykogenu (Hyyppa et al. 1997). Jedním z důvodů, proč je doplňování svalového glykogenu u koní tak pomalé, může být i dehydratace po fyzické zátěži. Většina forem fyzické zátěže, které u koní vyčerpávají glykogen, vede totiž k dehydrataci (Lindinger & Waller 2008). Kromě stavu hydratace ovlivňuje syntézu svalového glykogenu také dostupnost elektrolytů, především K^+ (Waller & Lindinger 2010). I z tohoto důvodu je vhodné poskytnout koni po dostihu izo– nebo hypotonický roztok elektrolytů. Příjem samotné vody snižuje homeostázu elektrolytů a účinně vyrovnává pouze ztráty tekutin (Coenen 2005).

Při intenzivním fyzickém výkonu, jakým jsou i dostihové závody, se dramaticky zvyšuje poptávka po O_2, což má za následek nejen zvýšenou tvorbu reaktivních forem kyslíku (ROS) a volných radikálů (Brummer et al. 2012), ale také změny v hladinách cirkulujících zánětlivých cytokinů. Oxidační stres a zánět spolu úzce souvisí, neboť některé reaktivní formy kyslíku (ROS), jako je např. oxid dusnatý (NO), se účastní signální dráhy zánětlivých procesů. Oxidační stres i zánět mohou vést k poškození na úrovni tkáně (především svalů, kostí, kloubů a plic), buňky, proteinu nebo DNA (MacNicol et al. 2018). Důsledky spojené se zvýšenou expresí zánětlivých mediátorů po intenzivní fyzické námaze se mohou pohybovat od mírných příznaků svalové bolesti s opožděným nástupem až po závažné zdravotní problémy související s poškozením měkkých tkání, kloubů a kostí. Přestože akutní zánětlivá reakce je součástí procesu hojení, chronický zánět může vést k destrukci tkáně, následnému špatnému výkonu, i případnému ukončení dostihové kariéry. Právě kulhání, jehož příčiny bývají spojovány i s rolí zánětlivých mediátorů, je nejčastějším důvodem předčasného ukončení dostihové kariéry (Horohov et al. 2012). Není tedy divu, že se předmětem výzkumů staly výživové doplňky, které by dokázaly redukovat hladinu zánětlivých mediátorů, reaktivních forem kyslíku a volných radikálů.

Do první obranné linie proti oxidativnímu stresu se řadí koenzym Q10, také známý jako ubichinon. Teprve po jeho vyčerpání jsou ovlivněny ostatní antioxidanty. Jedná se o sloučeninu podobnou vitaminu, která má zásadní roli v buněčné bioenergetice, neboť funguje jako kofaktor v mitochondriálním elektronovém transportním řetězci (respiračním řetězci) a má nezbytnou roli při tvorbě biologické energie ve formě ATP (Sinatra et al. 2014). Kromě toho je CoQ10 ve své redukované formě jako hydrochinon (nazývaný ubichinol) silným lipofilním antioxidantem

schopným recyklovat a regenerovat další antioxidanty, např, α–tokoferol (vitamín E) a kyselinu askorbovou (vitamín C) (Frei et al. 1990). Opakované jednotky vysoce intenzivního cvičení vedou k vážnému oxidativnímu stresu, což má za následek vyčerpání endogenních zásob CoQ10 a možný dopad na zdraví i fyzickou výkonnost. Studie Sintra et al. (2014) prokázala, že suplementace CoQ10 ve stravě vede k výraznému zvýšení plazmatických koncentrací CoQ10 u plnokrevných dostihových koní. U koní, kteří nedostávají žádné doplňky stravy obsahující CoQ10, dochází při vysoce intenzivním fyzickém výkonu k výraznému vyčerpání endogenního CoQ10 v plazmě a možná i v jiných tkáních, což může vést nejen ke špatnému fyzickému výkonu, ale také k negativnímu dopadu na zdraví.

Vliv výživového doplňku na expresi prozánětlivých faktorů zkoumala také studie Horohov et al. (2012). Doplněk byl podáván třinácti dvouletým plnokrevným koním v tréninku dvakrát denně a obsahoval 1,6 g kurkuminu, 1,6 g Boswellia, 400 mg koenzymu Q10, 4 g glycin propionyl–L–karnitinu a 10 g d–ribózy. U Boswellie a kurkuminu byly studovány protizánětlivé a proapoptotické aktivity, přičemž se ukázalo, že ovlivňují intracelulární signální dráhy zapojené do produkce prozánětlivých cytokinů a dalších mediátorů (Horohoy et al. 2012). *In vitro* kurkuminoidy neutralizovaly volné radikály generované aktivovanými koňskými neutrofily, což představuje terapeutickou možnost pro patologické stavy koní spojené s nadměrnými zánětlivými reakcemi (Franck et al. 2008). Ostatní složky výživového doplňku (koenzym Q10, glycin propionyl–L–karnitin (GPLC) a ribóza) mají zásadní roli v buněčné bioenergetice. GPLC transportuje mastné kyseliny do mitochondrií k jejich oxidaci, CoQ10 je nezbytný pro produkci ATP jako kofaktor v mitochondriálním elektronovém transportním řetězci a d–ribóza je integrální strukturní složkou ATP. Bylo prokázáno, že tyto tři živiny zvyšují fyzické limity pravděpodobně tím, že stimulují produkci a regeneraci ATP a zároveň podporují energetické substráty ATP ve stejnou dobu. U koní, kterým byl podáván výživový doplněk, bylo dosaženo významného snížení exprese prozánětlivých cytokinů před i po fyzické práci. To podtrhuje potenciál doplňků výživy ke snížení zánětlivých patologií vyvolaných intenzivními výkony u dostihových koní (Horohov et al. 2012).

V posledních letech se zkoumá také potenciál rostlinných bioaktivních látek nebo extraktů ve výživě dostihových koní, a to především s ohledem na možnosti zefektivnění regeneračních procesů po dostizích. Výsledky studií přinášejí zajímavé poznatky. Bylo například prokázáno, že podávání extraktu ze zázvoru (v dávce 30 g/den) jako krmné přísady u dostihových koní zkracuje dobu zotavení po vyčerpání, aniž by byly ovlivněny ostatní fyziologické reakce (Elghandour et al. 2018). Winther et al. (2010) zkoumali účinky šípku, který přidávali v podobě prášku v množství 250 g (standardizovaný na 1 000 mg vitaminu C) do krmné dávky dvou až tříletých koní po dobu 3 měsíců. Následně zjistili, že extrakt ze šípku zlepšuje stav vitaminu C a je účinný jako protizánětlivé a antioxidační činidlo. Kromě šípku byly silné antioxidační vlastnosti prokázány také u česneku a ženšenu. Jejich suplementace v běžné stravě tak může snížit pravděpodobnost výskytu onemocnění souvisejících s oxidativním stresem (Elghandour et al. 2018).

S ohledem na všechny výše uvedené poznatky je nezbytné poskytnout koni po těžkých dostizích nejméně třídenní pauzu k regeneraci. V těchto dnech je obzvlášť nutné podávat

krmivo s odpovídající chutností s dostatečnou energetickou koncentrací a vysokou stravitelností živin, které se získá např. povařením, extrudací či mikronizací. Aby mohlo dojít k úplné obnově kondice a k návratu do tréninku, mělo by být krmivo obohacené také o vitaminominerální doplňky a o vybrané aminokyseliny (Dušek 2011).

3.9.5. Krmení v období odpočinku po dostihové sezóně

Po ukončení dostihové sezony, což je v České republice konec října případně začátek listopadu, nastává období odpočinku, které se využívá také k rekonvalescenci a přeléčení případných zdravotních obtíží. K aktivnímu odpočinku lze využívat pastevní či pískové výběhy, kolotoč či bazén dle možností jednotlivých tréninkových středisek (Hanák & Olehla 2010). Pro toto období je typické postupné navyšování objemných krmiv na úkor krmiv jadrných. Množství sena se postupně zvyšuje na 7–10 kg (Dobeš et al. 1977; Čermák 2002). S příchodem chladného počasí ale potřebuje kůň více energie k produkci tepla. Thomas (2006) uvádí, že kukuřice není dobré zimní krmivo, protože má vysokou hodnotu energie a není příliš užitečná pro tvorbu tepla. Vhodnějším krmivem je oves, který má více vlákniny a produkuje více tělesného tepla během trávení než stejná hmotnost kukuřice (Thomas 2006). V zimních měsících se doporučuje přibližně dvakrát týdně podávat teplý mash, který vzniká smícháním 2 kg ovsa, 1 kg otrub a 0,2 kg lněného semínka se 3 litry vody a hrstkou soli (Čermák 2002). Vhodným doplňkem krmné dávky v tomto období může být také mrkev, která má dietetické účinky. Lze ji podávat v množství 5–7 kg denně (Dobeš et al. 1977). Krmit by se mělo ideálně třikrát denně, přičemž večerní krmná dávka by měla obsahovat polovinu denní dávky sena i jadrného krmiva, protože noci jsou chladnější a delší. Poměr sena se může zvýšit o dalších 10 % na každých deset stupňů pod bodem mrazu (Thomas 2006).

4. Závěr

Koně jsou evolučně adaptováni na kontinuální příjem potravy, jejíž základní složkou jsou sacharidy, které spolu s tuky představují primární substráty pro produkci chemické energie. Energie je důležitá nejen pro svalovou činnost, ale také pro neustálou obnovu tkání poškozených zátěží. Velmi vysoké požadavky na energii mají mladí koně, kteří ještě nemají dokončený růst, ale již jsou zařazeni v tréninku. Krmení této kategorie koní je náročné, protože živiny musí být dodávány nejen pro růst a vývoj organismu, alé také pro výkon a reparační procesy. Většina dostihových koní je kvůli vysokým energetickým nárokům krmena stravou s vysokým obsahem škrobů, které po strávení představují rychlý zdroj energie ve formě krevní glukózy. Přebytečná glukóza se ukládá ve svalech a v játrech ve formě svalového, respektive jaterního glykogenu. Vysoký obsah škrobu v krmné dávce byl ale na základě četných studií spojen s trávicími a metabolickými poruchami. Procento koncentrátu v krmné dávce lze při zachování pozitivní energetické bilance zvířete snížit například přidáním tuku. Právě zachování pozitivní energetické bilance bývá častým problémem u intenzivně trénujících koní, kteří velice často nekonzumují dostatečné množství potravy, aby pokryli své energetické potřeby. I když koně v tréninku mají vyšší potřebu bílkovin, nárůst není tak dramatický. Mnozí trenéři se přesto domnívají, že podáváním velkého množství bílkovin můžou zvýšit výkon, a tak často nevybírají krmivo podle obsahu energie, ale spíše podle procenta bílkovin. Uvadí se, že ve stravě je adekvátních přibližně 10 % bílkovin. Trénující koně mohou být úspěšně krmeni nižšími koncentracemi hrubého proteinu, pokud je jejich strava obohacena o esenciální aminokyseliny. U mladých a aktivně trénujících koní by se měla věnovat pozornost především dvěma nejvíce limitujícím aminokyselinám – lysinu a threoninu.

I přesto, že příspěvek aminokyselin k produkci energie během tréninku je ve srovnání se sacharidy a tuky menší, bylo prokázáno, že fyzická aktivita zvyšuje metabolismus aminokyselin, které mohou být využity v dalších fyziologických procesech. U řady dusíkatých látek, které jsou syntetizovány z aminokyselin, jako je například L–karnitin, kreatinfosfát a karnosin byla po dlouhodobější suplementaci lidským sportovcům potvrzena schopnost zlepšit výkon. I proto začaly být tyto látky využívány ve výživě koní. Zdá se, že suplementace kreatinfosfátu je ale u koní neefektivní.

Po dostihu či jiném typu intenzivní zátěže dochází k výrazenému snížení zásob glykogenu ve svalech i játrech, přičemž po úplném vyčerpání může celková obnova zásob glykogenu trvat i více než 72 hodin. Vyčerpání zásob svalového glykogenu je spojeno s únavou, která v případě jeho nedostatečného obnovení může přetrvávat i během následujících fyzických výkonů. Obecně se tvrdí, že rychlost resyntézy glykogenu nelze krmnými praktikami urychlit, a proto by měla být koní umožněna nejméně třídenní pauza k regeneraci. Existuje tedy jasná potřeba výzkumu a úvah o alternativních nutričních strategiích pro optimalizaci obnovy svalového glykogenu, aby se zlepšil tréninkový i soutěžní výkon dostihových koní. Jednou z možností by mohla být perorální suplementace acetátem, u které bylo prokázáno, že syntézu glykogenu zvyšuje.

Předmětem výzkumu se staly také výživové doplňky, které by dokázaly redukovat hladinu zánětlivých mediátorů, reaktivních forem kyslíku a volných radikálů. Ty vznikají

během intenzivního fyzického výkonu a mohou vést k poškození na úrovni tkáně (především svalů, kostí, kloubů a plic), buňky, proteinu nebo DNA. Zde se jeví jako účinná suplementace koenzymu Q10, který je jedním z nejvýznamnějších antioxidantů.

O výživě dostihových koní mimo hlavní dostihovou sezonu je v zahraniční literatuře nedostatek informací. Dostihová sezona je v České republice ukončena na konci října případně na začátku listopadu. Následuje období odpočinku, které se využívá také k rekonvalescenci a přeléčení případných zdravotních obtíží. V tomto období se snižuje intenzita tréninků a s tím i energetické potřeby koní, proto by měla v krmné dávce převažovat objemná krmiva. Všechny změny v krmné dávce musí být ale realizovány postupně a s ohledem na individuální potřeby jedince.

5. Literatura

Agrabriel J, Martin-Rosset WRJ. 1984. Croissance et besoins du poulain. Pages 371–384 in Jarrige R M-RW, editor. Le Cheval. INRA, Paris.

Alderman G, Jones DIH. 1967. The iodine content of pastures. Journal of the Science of Food and Agriculture **18**:197–199.

Alexander F, Davies ME. 1963. Production and fermentation of lactate by bacteria in the alimentary canal of the horse and pig. Journal of comparative pathology **73**:1–8. Elsevier. Available from http://dx.doi.org/10.1016/S0368-1742(63)80001-6.

Alexander F, Hickson J. 1970. The salivary and pancreatic secretions of the horse. Pages 375–389 in Phillipson AT, editor. Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant. Oriel Press, Newcastle upon Tyne.

Al Jassim RAM, Andrews FM. 2009. The Bacterial Community of the Horse Gastrointestinal Tract and Its Relation to Fermentative Acidosis, Laminitis, Colic, and Stomach Ulcers. Veterinary Clinics of North America - Equine Practice **25**:199–215.

Anderson JG. 1992. Efficacy of a Fat-Supplemented Diet on Muscle Glycogen Maintained in Varying Body Conditions **12**:109–113.

Anderson TJ, Lamsa BP. 2011. Zein extraction from corn, corn products, and coproducts and modifications for various applications: A review. Cereal Chemistry **88**:159–173.

Andrews FM, Nadeau JA. 1999. Clinical syndromes of gastric ulceration in foals and mature horses. Equine veterinary journal. Supplement:30–33.

Arfuso F, Giannetto C, Giudice E, Fazio F, Piccione G. 2021. Dynamic Change of Free Serum L-carnitine Concentration in Relation to Age, Sex, and Exercise in Anglo-Arabian Thoroughbred Horses. Journal of Equine Veterinary Science **97**:103343. Elsevier Ltd. Available from https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103343.

Artioli GG, Gualano B, Smith A, Stout J, Lancha AH. 2010. Role of β-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance. Medicine and Science in Sports and Exercise **42**:1162–1173.

Assenza A, Bergero D, Tarantola M, Piccione G, Caola G. 2004. Blood serum branched chain amino acids and tryptophan modifications in horses competing in long-distance rides of different length. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition **88**:172–177.

Åstrand PO, Rodahl K. 1986. Textbook of work physiology: physiological bases of exercise. McGraw–Hill Book Company, New York.

Baakhtari M, Imaizumi N, Kida T, Yanagita T, Ramah A, Ahmadi P, ... & Yasuda M. 2022. Effects of branched–chain amino acids on immune status of young racing horses. Journal of Veterinary Medical Science **21**:0529.

Bauer K, Schulz M. 1994. Biosynthesis of carnosine and related peptides by skeletal muscle cells in primary culture. European Journal of Biochemistry **219**:43–47.

Baumgartner M, Boisson T, Erhard MH, Zeitler-Feicht MH. 2020. Common feeding practices pose a risk to the welfare of horses when kept on non-edible bedding. Animals **10**:1–16.

Berkovitz B, Shellis P. 2018. Perissodactyla. The Teeth of Mammalian Vertebrates:213–221.

Bessman S. 1985. The Creatine-Creatine Phosphate Energy Shuttle. Annual Review of Biochemistry **54**:831–862.

Bhutta ZA, Salam RA. 2012. Global nutrition epidemiology and trends. Annals of Nutrition and Metabolism **61**:19–27.

Bieber LL. 1988. Carnitine. Annual Review of Biochemistry **57**:261–283.

Bitanihirwe BKY, Cunningham MG. 2009. Zinc: The brain's dark horse. Synapse **63**:1029–1049.

Blanchard G. 2005. Nutrition and developmental orthopaedic disease in the horse: investigations in relation to copper and zinc nutrition in France. Pages 22–25 in Nutritional biotechnology in the feed and food industries. Proceedings of Alltech's 21st Annual Symposium, Lexington.

Briggs K. 2001. Amazing Minerals. Available from http://www.thehorse.com/…als (accessed March 2021).

Brummer M, Hayes S, Harlow BE, Strasinger LA, Dawson KA, Horohov DW, Lawrence LM. 2012. Effect of selenium status on the response of unfit horses to exercise. Comparative Exercise Physiology **8**:203–212.

Burk AO, Williams CA. 2008. Feeding management practices and supplement use in top-level event horses. Comparative Exercise Physiology **5**:85–93.

Bush JA, Freeman DE, Kline KH, Merchen NR, Fahey GC. 2001. Dietary fat supplementation effects on in vitro nutrient disappearance and in vivo nutrient intake and total tract digestibility by horses. Journal of Animal Science **79**:232–239.

Cardenas E, Ghosh R. 2013. Vitamin E: A dark horse at the crossroad of cancer management. Biochemical Pharmacology **86**:845–852. Elsevier Inc. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.bcp.2013.07.018.

Casey A, Constantin-Teodosiu D, Howell S, Hultman E, Greenhaff RL. 1996. Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. American Journal of Physiology **271**:31–37.

Casini L, Gatta D, Magni L, Colombani B. 2000. Effect of prolonged branched-chain amino acid supplementation on metabolic response to anaerobic exercise in standardbreds. Journal of Equine Veterinary Science **20**:120–123.

Ceylan E, Dede S, Değer Y, Yoeruek I. 2009. Investigation of the effects of carrying heavy load on prooxidation/antioxidant status and vitamin D3 in healthy horses. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances **4**:41–46.

Brown-Douglas CG. 2009. The Balancing Act of Growing a Sound, Athletic Horse. Pages 203–212 in Pgan JD, editor. Advances in Equine Nutrition IV. Nottingham University Press, Washington, D.C.

Bates CJ. 2001. Thiamin. Page 184 in Bowman BE, Russel RM, editors. Present knowledge in nutrition. ISLI Press, Washington D.C.

Clarke LL, Roberts MC, Argenzio RA. 1990. Feeding and digestive problems in horses: physiologic responses to a concentrated meal. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice **6**:433–450.

Coenen M. 2005. Exercise and stress: Impact on adaptive processes involving water and electrolytes. Livestock Production Science **92**:131–145.

Coenen M. 2013. Macro and trace elements in equine nutrition. Pages 190–228 in Geor RJ, Harris PA, Coenen M, editors. Equine applied and clinical nutrition. Elsevier Health Sciences, Toronto.

Coenen M, Meyer H. 1987. Water and electrolyte content of the equine gastrointestinal tract in dependence on ration type. Pages 531–536 in Proc. 10th Proceedings of the 10th Equine Nutrition and Physiology Symposium. Fort Collins, Savoy.

Coenen M, Vervuert I, Granel M, Winkelsett S, Bochers A, Christmann L, Hertsch B. 2004. Feeding practice in Hannoverian warmblood mares and foals with regard to the incidence of osteochondrose. Nutrition of the performance horse: which system in Europe for evaluating the nutritional requirements. Pages 239–240 in 2nd Workshop on Equine Nutrition. ENESAD, Dijon.

Coenen M. 2005. Exercise and stress: impact on adaptive processes involving water and electrolytes. Livestock Production Science 92:131–245.

Connysson M, Muhonen S, Lindberg JE. 2006. Effects on exercise response, fluid and acid-base balance of protein intake from forage-only diets in Standardbred horses. Equine Veterinary Journal 36:648–653

Costallat B, Miglioli L, Silva P. 2007. Insulin resistance with creatine supplementation in laboratory animals. Revista Brasileira de Medicina **13**:18–21. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922007000100006&script=sci_arttext.

Costell M, Grisolia S. 1993. Effect of carnitine feeding on the levels of heart and skeletal muscle carnitine of elderly mice. FEBS Letters **315**:43–46.

Crouse SF, Potter GD, Evans JW, Greene LW. 1989. Physiologic and metabolic response of exercising horses to added dietary fat. Journal of Equine Veterinary Science **9**:218–223.

Cymbaluk NF. 2013. Water. Pages 80–95 in Geor RJ, Harris PA, Coenen M, editors. Equine applied and clinical nutrition. Elsevier Health Sciences, Toronto.

Daenicke R. 2002. Advances in Equine Nutrition II. Animal Feed Science and Technology **96**:245.

Davie AJ, Evans DL, Hodgson DR, Rose RJ. 1995. Effects of intravenous dextrose infusion on muscle glycogen resynthesis after intense exercise. Equine Veterinary Journal **27**:195–198.

Davies Z. 2018. Equine science. Wiley-Blackwell, Chichester.

Andrade Kratz C, Salles Painelli V, Andrade Nemezio KM, Silva RP, Franchini E, Zagatto AM, Gualano B, Artioli GG. 2017. Beta-alanine supplementation enhances judo-related performance in highly-trained athletes. Journal of Science and Medicine in Sport **20**:403–408. Sports Medicine Australia. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.014.

Deaton CM, Marlin DJ. 2005. Reactive oxygen species and antioxidants - A war of nutrition. Veterinary Journal **169**:7–9.

Duberstein KJ, Johnson EL. 2015. How to Feed a Horse: Understanding the Basic Principles of Horse Nutrition. Available from http://extension.uga.edu/…sic %20Balancer (accessed April 2021).

Fombelle A, Varloud M, Goachet AG, Jacotot E, Philippeau C, Drogoul C, Julliand V. 2003. Characterization of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses given two distinct diets. Animal Science **77**:293–304.

Delobel A, Fabry C, Schoonheere N, Istasse L, Hornick JL. 2008. Linseed oil supplementation in diet for horses: Effects on palatability and digestibility. Livestock Science **116**:15–21.

Dewett D, Lam-Kamath K, Poupault C, Khurana H, Rister J. 2021. Mechanisms of vitamin A metabolism and deficiency in the mammalian and fly visual system. Developmental Biology **476**:68–78. Elsevier Ltd. Available from https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2021.03.013.

Diaz-Espineira M, Escolar E, Bellanato J, Medina JA, Daudon M, Deganello S, Khan SR, Markovic M. 1995. Crystalline composition of equine urinary sabulous deposits. Scanning Microscopy **9**:1071–1079.

Dittmer KE, Thompson KG. 2011. Vitamin d metabolism and rickets in domestic animals: A review. Veterinary Pathology **48**:389–407.

Dušek J, Misař D, Müller Z, Navrátil J, Rajman J, Tlučhoř V, Žlumov P. 2011. Chov koní. Brázda, Praha.

Duvaux-Ponter C, Tournié M, Detrimont L, Clément F, Ficheux C, Ponter AA. 2004. Effect of a supplement rich in linolenic acid added to the diet of mares on fatty acid composition of mammary secretions and the acquisition of passive immunity in the foal. Animal Science **78**:399–407.

Dyer J, Fernandez-Castaño Merediz E, Salmon KSH, Proudman CJ, Edwards GB, Shirazi-Beechey SP. 2002. Molecular characterisation of carbohydrate digestion and absorption in equine small intestine. Equine Veterinary Journal **34**:349–358.

Elango R, Ball RO, Pencharz PB. 2009. Amino acid requirements in humans: With a special emphasis on the metabolic availability of amino acids. Amino Acids **37**:19–27.

Elghandour MMMY, Kanth Reddy PR, Salem AZM, Ranga Reddy PP, Hyder I, Barbabosa-Pliego A, Yasaswini D. 2018. Plant Bioactives and Extracts as Feed Additives in Horse Nutrition. Journal of Equine Veterinary Science **69**:66–77. Elsevier Inc. Available from https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.06.004.

Ellis AD, Hill J. 2005. Digestive Physiology of the Horse. Pages 7–41 in Ellis AD, Hill J, editors. Nutritional Physiology of the Horse. Nottingham University Press, Nottingham.

Ericsson AC, Johnson PJ, Lopes MA, Perry SC, Lanter HR. 2016. A microbiological map of the healthy equine gastrointestinal tract. PLoS ONE **11**:1–17.

Essén–Gustavsson B, Lindholm A, Persson SGB. 1995. Circulatory and muscle metabolic responses in the horse to a standardised exercise test with and without creatine supplementation. Pages 85–89 in Kallings P, Bondesson U, Houghton E, editors. Proceedings of the 10th International Conference of Racing Analysts and Veterinarians. R & W Publications (Newmarket) Ltd, Newmarket.

Estepa JC, Aguilera-Tejero E, Mayer-Valor R, Almadén Y, Felsenfeld AJ, Rodríguez M. 1998. Measurement of parathyroid hormone in horses. Equine Veterinary Journal **30**:476–481.

Ferland G. 2001. Vitamin K. Pages 164 in Bowman BA, Russel RA, editors. Present Knowledge in Nutrition. DC: ILSI Press, Washington.

Fielding CL, Magdesian KG, Elliott DA, Cowgill LD, Carlson GP. 2004. Use of multifrequency bioelectrical impedance analysis for estimation of total body water and extracellular and intracellular fluid volumes in horses. American Journal of Veterinary Research **65**:320–326.

Flemström G, Isenberg JI. 2001. Gastroduodenal mucosal alkaline secretion and mucosal protection. News in Physiological Sciences **16**:23–28.

Foster CVL, Harris RC, Snow DH. 1988. The effect of oral l-carnitine supplementation on the muscle and plasma concentrations in the thoroughbred horse. Comparative Biochemistry and Physiology -- Part A: Physiology **91**:827–835.

Franck T, Kohnen S, Grulke S, Neven P, Goutman Y, Peters F, Pirotte B, Deby-Dupont G, Serteyn D. 2008. Inhibitory effect of curcuminoids and tetrahydrocurcuminoids on equine activated neutrophils and myeloperoxidase activity. Physiological Research **57**:577–587.

Frank N, Sojka JE, Latour MA. 2004. Effect of hypothyroidism on the blood lipid response to higher dietary fat intake in mares. Journal of Animal Science **82**:2640–2646.

Frape D. 2008. Equine nutrition and feeding. John Wiley & Sons, New Jersey.

Freeman DW. 2007. Nutrient Needs of Horses. Oklahoma State University. Available from https://extension.okstate.edu/fact-sheets/nutrient-needs-of-horses.html.

Freeman DE. 2021. Effect of Feed Intake on Water Consumption in Horses: Relevance to Maintenance Fluid Therapy. Frontiers in Veterinary Science **8**:1–7.

Freeman DW, Potter GD, Schelling GT, Kreider JL. 1988. Nitrogen metabolism in mature horses at varying levels of work. Journal of animal science **66**:407–412.

Frei B, Kim MC, Ames BN. 1990. Ubiquinol-10 is an effective lipid-soluble antioxidant at physiological concentrations. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **87**:4879–4883.

Frey LP, Kline KH, Foreman JH, Brady AH, Cooper SR. 1995. Effects of warming-up, racing and sodium bicarbonate in Standardbred horses. Equine Veterinary Journal **27**:310–313.

Gallagher D, Chung S, Akram M. 2012. Body Composition. Encyclopedia of Human Nutrition **1–4**:191–199.

Gatta D, Casini L, Liponi GB, Pellegrini O. 2016. Effect of oils administration on diets digestibility and haematic fatty acids profile in exercising horses. Italian Journal of Animal Science **4**:415–417.

Gee EK, Firth EC, Mogg TD, Fennessy PF, Morel PCH, Grace ND. 2003. Chemical body composition of 20 thoroughbred foals at 160 days of age, and preliminary investigation of techniques used to predict body fatness. New Zealand Veterinary Journal **51**:125–131.

Geor RJ, Harris PA, Coenen M. 2013. Equine applied and clinical nutrition. Elsevier Health Sciences, Toronto.

Geor RJ, Larsen L, Waterfall HL, Stewart-Hunt L, Mccutcheon LJ. 2006. Route of carbohydrate administration affects early post exercise muscle glycogen storage in horses. Equine Veterinary Journal **38**:590–595.

Gerard MP, De Graaf-Roelfsema E, Hodgson DR, Van der Kolk JH. 2013. Energetic considerations. Pages 19 in Hodgson DR, McGowan C, McKeever K, editors. The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine. Elsevier Health Sciences, Toronto.

Gibbs PG, Potter GD, Scott BD. 2002. Feeding Race Prospects & Racehorses in Training. Bulletin/Texas Agricultural Extension Service 6129:1–16.

Grace ND, Pearce SG, Firth EC, Fennessy PF. 1999. Content and distribution of macro- and micro-elements in the body of pasture-fed young horses. Australian Veterinary Journal **77**:172–176.

Graham PM, Ott EA, Brendemuhl JH, TenBroeck SH. 1994. The effect of supplemental lysine and threonine on growth and development of yearling horses. Journal of animal science **72**:380–386.

Graham–Thiers PM, Kronfeld DS. 2005. Amino acid supplementation improves muscle mass in aged and young horses. Journal of Animal Science **83**:2783–2788.

Graham–Thiers PM, Bowen LK. 2011. The effect of conditioning on nitrogen balance in exercising horses. Journal of Equine Veterinary Science **5**:272–273.

Graham-Thiers PM, Kronfeld DS, Kline K.A. 2000. Protein status of exercising Arabian horses fed diets containing 14% or 7.5% crude protein fortified with lysine and threonine. Journal of Equine Veterinary Science 20:516–521.

Graham – Thiers PM, Holder S, Jenney C. 2001. Dietary protein infl uences: Acid – base balance in horses at rest. Pages 168–169 in Proceedings of the 17th Equine Nutrition and Physiology Symposium. University of Kentucky, Lexington.

Green AS, Fascetti AJ. 2016. Meeting the Vitamin A Requirement: The Efficacy and Importance of β -Carotene in Animal Species. Scientific World Journal **2016**.

Greet TRC. 1982. Observations on the potential role of oesophageal radiography in the horse. Equine Veterinary Journal **14**:73–79.

Hackl S, van den Hoven R, Zickl M, Spona J, Zentek J. 2009. The effects of short intensive exercise on plasma free amino acids in standardbred trotters. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition **93**:165–173.

Haggett E, Magdesian KG, Maas J, Puschner B, Higgins J, Fiack C. 2010. Whole blood selenium concentrations in endurance horses. Veterinary Journal **186**:192–196. Elsevier Ltd. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.07.017.

Haldimann M, Alt A, Blanc A, Blondeau K. 2005. Iodine content of food groups. Journal of Food Composition and Analysis **18**:461–471.

Hallebeek JM, Beynen AC. 2002. The plasma level of triacylglycerols in horses fed high-fat diets containing either soybean oil or palm oil. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition **86**:111–116.

Hampson BA, de laat MA, Mills PC, Pollitt CC. 2010. Distances travelled by feral horses in "outback" Australia. Equine Veterinary Journal **42**:582–586.

Hargin KD, Morrison WR. 1980. The distribution of acyl lipids in the germ, aleurone, starch and non-starch endosperm of four wheat varieties. Journal of the Science of Food and Agriculture **31**:877–888.

Hargreaves BJ, Kronfeld DS, Waldron JN, Lopes MA, Gay LS, Saker KE, Cooper WL, Sklan DJ, Harris PA. 2002. Waltham International Symposium : Pet Nutrition Coming of Age Antioxidant Status of Horses during Two 80-km Endurance Races 1 , 2 EXPANDED ABSTRACT:1781–1783.

Harking JD, Morris GS, Tulley RT, Nelson AG, Kamerling SG. 1992. Effect of added dietary fat on racing performance in thoroughbred horses. Journal of Equine Veterinary Science **12**:123–129.

Haroon M, Fitzgerald O. 2012. Vitamin D and its emerging role in immunopathology. Clinical Rheumatology **31**:199–202.

Harris PA, Ellis AD, Fradinho MJ, Jansson A, Julliand V, Luthersson N, Santos AS, Vervuert I. 2017. Review: Feeding conserved forage to horses: Recent advances and recommendations. Animal **11**:958–967.

Harwood JL. 1996. Recent advances in the biosynthesis of plant fatty acids. Biochimica et Biophysica Acta - Lipids and Lipid Metabolism **1301**:7–56.

Hauss A, Loos C, Gerritsen A, Urschel K, Pagan J. 2021. 61 Effect of branched-chain amino acid and N-acetylcysteine supplementation post-exercise on muscle mTOR signaling in exercising horses. Journal of Equine Veterinary Science **100**:103524. Elsevier Inc. Available from https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103524.

Henderson GC, Fattor JA, Horning MA, Faghihnia N, Johnson ML, Mau TL, Luke-Zeitoun M, Brooks GA. 2007. Lipolysis and fatty acid metabolism in men and women during the postexercise recovery period. Journal of Physiology **584**:963–981.

Henry PR, Miller ER. 1995. Iron bioavailability. Pages 169–199 in Ammerman CB, editor. Bioavailability of nutrients for animals. Academic Press, Cambridge.

Hiney KM, Potter GD. 1996. A Review of Recent Research on Nutrition and Metabolism in the Athletic Horse. Nutrition Research Reviews **9**:149–173.

Hintz HF, Schryver FF, 1989. Digestibility of various sources of fat by horses. Pages 44–48 in: Proceedings of the Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Syracuse, New York.

Hintz HF, Cymbaluk NF. 1994. Nutrition of the horse. Annual review of nutrition **14**:243–267.

Hodgson DR. 1985. Energy considerations during exercise. The Veterinary clinics of North America. Equine practice **1**:447–460. W.B. Saunders Company. Available from http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30744-7.

Hodgson DR, McGowan C, McKeever K. 2013. The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine. Elsevier Health Sciences, Toronto.

Hodgson DR, Rose RJ, Allen JR, Dimauro J. 1984. Glycogen depletion patterns in horses performing maximal exercise. Research in veterinary science **36**:169–173.

Hodgson DR, Rose RJ, Allen JR. 1983. Muscle glycogen depletion and repletion patterns in horses performing various distances of endurance exercise. Pages 229–236 in Snow DH, Persson SGB, Rose RJ, editors. Equine exercise physiology. Granta Editions, Cambridge.

Hoffman RM. 2013. Carbohydrates. Pages 156-167 in Geor RJ, Harris PA, Coenen M, editors. Equine Applied and Clinical Nutrition: Health, welfare and performance. Elsevier, Oxford.

Hoffman RM, Boston RC, Stefanovski D, Kronfeld DS, Harris PA. 2003. Obesity and diet affect glucose dynamics and insulin sensitivity in Thoroughbred geldings. Journal of Animal Science **81**:2333–2342.

Hoffman RM, Haffner JC, Eiler H. 2007. The role of insulin resistance in carbohydrate-sensitive versus stress-induced laminitis. Pages 106–107 in Proceedings of the 20th Equine Science Soc. Hunt Valley. MD, USA.

Hole SL. 2016. Wolf teeth and their extraction. Equine Veterinary Education **28**:344–351.

Holzer P. 1998. Neural emergency system in the stomach. Gastroenterology **114**:823–839.

Horohov DW, Sinatra ST, Chopra RK, Jankowitz S, Betancourt A, Bloomer RJ. 2012. The Effect of Exercise and Nutritional Supplementation on Proinflammatory Cytokine Expression in Young Racehorses During Training. Journal of Equine Veterinary Science **32**:805–815. Elsevier Inc. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2012.03.017.

Hower MA, Potter GD, Greene LW, Coast JR, Welsh TH. 1995. Plasma aldosterone and electrolyte concentrations in exercising thoroughbred horses fed two diets in summer and winter. Journal of Equine Veterinary Science **15**:445–452.

Hudson JM, Cohen ND, Gibbs PG, Thompson JA. 2001. Feeding practices associated with colic in horses. Journal of the American Veterinary Medical Association **219**:1419–1425.

Hultman E, Söderlund K, Timmons JA, Cederblad G, Greenhaff PL. 1996. Muscle creatine loading in men. Journal of Applied Physiology **81**:232–237.

Hymøller L, Jensen SK. 2015. We Know Next to Nothing About Vitamin D in Horses! Journal of Equine Veterinary Science **35**:785–792. Elsevier Ltd. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2015.06.010.

Inoue Y, Matsui A, Asai Y, Aoki F, Matsui T, Yano H. 2005. Effect of exercise on iron metabolism in horses. Biological Trace Element Research **107**:33–42.

Janssens GPJ, Hesta M, Debal V, Debraekeleer J, de Wilde ROM. 2000. L-carnitine supplementation in breeding pigeons: Impact on zootechnical performance and carnitine metabolism. Reproduction Nutrition Development **40**:535–548.

Jose-Cunilleras E, Hinchcliff KW, Lacombe VA, Sams RA, Kohn CW, Taylor LE, Devor ST. 2006. Ingestion of starch-rich meals after exercise increases glucose kinetics but fails to enhance muscle glycogen replenishment in horses. Veterinary Journal **171**:468–477.

Johnson PJ. 1995. Electrolyte and acid–base disturbances in the horse. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice **11**:491–514.

Johnson LR. 2001. Digestion and absorption. Pages 119–141 in: Johnson LR, editor. Gastrointestinal Physiology. CV Mosby, St Louis.

Kaji H. 2007. Vitamin D-dependent rickets type I, II. Nihon Naika Gakkai zasshi. The Journal of the Japanese Society of Internal Medicine **96**:737–741.

Kane E, Baker JP, Bull LS. 1979. Utilization of a Corn Oil Supplemented Diet by the Pony. Journal of Animal Science **48**:1379–1384.

Kern DL, Slyter LL, Leffel EC. 1974. Ponies vs. steers: microbial and chemical characteristics of intestinal ingesta. Journal of animal science **38**:559–564.

Khol-Parisini A, van de Hoven R, Leinker S, Hulan HW, Zentek J. 2007. Effects of feeding sunflower oil or seal blubber oil to horses with recurrent airway obstruction. Canadian Journal of Veterinary Research **71**:59–65.

Kimber NE, Heigenhauser GJ, Spriet LL, Dyck DJ. 2003. Skeletal muscle fat and carbohydrate metabolism during recovery from glycogen-depleting exercise in humans. The Journal of physiology **548**:919-927.

Kienzle E, Pohlenz J, Radicke S. 1997. Morphology of Starch Digestion in the Horse. Journal of Veterinary Medicine Series A: Physiology Pathology Clinical Medicine **44**:207–221.

Kienzle E, Radicke S, Landes E, Kleffken D, Illenseer M, Meyer H. 1994. Activity of amylase in the gastrointestinal tract of the horse. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition **72**:234–241.

King SS, Abughazaleh AA, Webel SK, Jones KL. 2008. Circulating fatty acid profiles in response to three levels of dietary omega-3 fatty acid supplementation in horses. Journal of Animal Science **86**:1114–1123.

Kirschvink N, Moffarts B de, Lekeux P. 2008. The oxidant/antioxidant equilibrium in horses. Veterinary Journal **177**:178–191.

Kitchen DL, Burrow JA, Heartless CS, Merritt AM. 2000. Effect of pyloric blockade and infusion of histamine or pentagastrin on gastric secretion in horses. American Journal of Veterinary Research **61**:1133–1139.

Kobayashi M, Shimizu S. 1999. Cobalt proteins. European Journal of Biochemistry **261**:1–9.

Kronfeld DS. 2001. Body fluids and exercise: Replacement strategies. Journal of Equine Veterinary Science **21**:368–375.

Lacombe VA, Hinchcliff KW, Kohn CW, Reed SM, Taylor LE. 2006. Effects of dietary glycaemic response after exercise on blood concentrations of substrates used indirectly for muscle glycogenesis. Equine Veterinary Journal **38**:585–589.

Lacombe VA, Hinchcliff KW, Taylor LE. 2003. Interactions of substrate availability, exercise performance, and nutrition with muscle glycogen metabolism in horses. Journal of the American Veterinary Medical Association **223**:1576–1585.

Latham CM, Dickson EC, Owen RN, Larson CK, White-Springer SH. 2021. Complexed trace mineral supplementation alters antioxidant activities and expression in response to trailer stress in yearling horses in training. Scientific Reports **11**:1–12. Nature Publishing Group UK. Available from https://doi.org/10.1038/s41598-021-86478-7.

Lawrence LM. 1990. Nutrition and fuel utilization in the athletic horse. The Veterinary clinics of North America. Equine practice **6**:393–418. W.B. Saunders Company. Available from http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30548-5.

Lengsfeld H, Beaumier-Gallon G, Chahinian H. 2004. Physiology of gastro-intestinal lipolysis and therapeutical use of lipases and digestive lipase inhibitors. Pages 195–229 in Müller G, Petry S, editors. Lipases and Phospholipases in Drug Development. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim.

Lewis LD. 1995. Equine clinical nutrition. Williams & Wilkins, Philadeplphia.

Lewis LD. 2005. Feeding and Care of the Horse. Blackwell Publishing, Ames.

Lindholm A. 1979. Substrate utilization and muscle fiber types in Standardbred trotters during exercise. Proceedings Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners **25**:329–336.

Lindner A, von Wittke P, Frigg M. 1992. Effect of biotin supplementation on the vLa4 of thoroughbred horses. Journal of Equine Veterinary Science **12**:149–152.

Lucke JN, Hall GN. 1980. Further studies on the metabolic effects of long distance riding: Golden Horseshoe Ride 1979. Equine Veterinary Journal **12**:189–192.

Luthersson N, Hou Nielsen K, Harris P, Parkin TDH. 2009. Risk factors associated with equine gastric ulceration syndrome (EGUS) in 201 horses in Denmark. Equine Veterinary Journal **41**:625–630.

Lybbert T, Gibbs P, Cohen N, Scott B, Sigler D. 2007. Feeding Alfalfa Hay to Exercising Horses Reduces the Severity of Gastric Squamous Mucosal Ulceration. Aaep **53**:525–526.

MacLeay JM. 2010. Disorders of the musculoskeletal system. Pages 490 in: Reed SM, Bayly WM, Sellon DC, editors. Equine Internal Medicine. Elsevier, Edinburgh.

MacNicol JL, Lindinger MI, Pearson W. 2018. A time-course evaluation of inflammatory and oxidative markers following high-intensity exercise in horses: A pilot study. Journal of Applied Physiology **124**:860–865.

Malinowski K, Christensen RA, Hafs HD, Scanes CG. 1996. Age and Breed Differences in Thyroid Hormones, Insulin-Like Growth Factor (IGF)-I and IGF Binding Proteins in Female Horses. Journal of Animal Science **74**:1936–1942.

Nimmo MA, Snow DH. 1983. Changes in Muscle Glycogen, Lactate and Pyruvate Concentrations in the Thoroughbred Horse Following Maximal Exercise. Equine Exercise Physiology **3**:237–244.

Marlin DJ, Fenn K, Smith N, Deaton CD, Roberts CA, Harris PA, Dunster C, Kelly FJ. 2002. Waltham International Symposium: Pet Nutrition Coming of Age Changes in Circulatory Antioxidant Status in Horses during Prolonged Exercise 1,2. J. Nutr **132**:1622–1627.

Marsden MD. I993. Feeding practices have greater effect than housing practices on the behaviour and welfare of the horse. Pages 314–318 in Livestock Environment 4th lnternafional Symposium of the American Society of Agricultural Engineers. University of Warwick, Coventry.

Martin RG, McMeniman NP, Norton BW, Dowsett KF. 1996. Utilization of endogenous and dietary urea in the large intestine of the mature horse. British Journal of Nutrition **76**:373–386.

McDowell LR. 1989. Vitamins in Animal Nutrition. Academic Press, New York.

McIntosh B, Kronfeld D, Geor R. 2007a. Circadian and seasonal fluctuations of glucose and insulin concentrations in grazing horses. Pages 100–101 in Proceedings of the 20th Equine Science Soc. Hunt Valley, USA.

McIntosh, B., Kronfeld, D., Geor, R. 2007b. Circadian and seasonal patterns in forage nonstructural carbohydrate content. Pages 102–103 in: Proceedings of the 20th Equine Science Soc. Hunt Valley, USA.

McKeever KH, Malinowski K, Fenger CK, Duer WC, Maylin GA. 2020. Evaluation of cobalt as a performance enhancing drug (PED) in racehorses. Comparative Exercise Physiology **16**:243–252.

McMeniman NP, Thorthon JR, Dowsett KF. 1995. Effect of grain type and vitamin supplementation on performance of exercising horses. Equine Veterinary Journal **27**:367–371.

McMiken DF. 1983. An energetic basis of equine performance. Equine veterinary journal **15**:123–133.

Roberts MC. 1974. Amylase Activity in the Small Intestine of the Horse. Reserch in Veterinary Science **17**:400–401.

Meacham TN. 1987. Energy utilization and blood traits of ponies fed fat-supplemented diets **1**:1019–1026.

Medica P, Cravana C, Fazio E, Ferlazzo A. 2011a. 24-Hour Endocrine Profiles of Quarter Horses under Resting Conditions. Journal of Equine Veterinary Science **31**:35–40. Elsevier Inc. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2010.11.015.

Medica P, Fazio E, Cravana C, Ferlazzo A. 2011b. Influence of endemic goitre areas on thyroid hormones in horses. Animal **5**:82–87.

Merritt AM, Julliand V. 2013. Gastrointestinal physiology. Pages 3–32 in Geor RJ, Harris PA, Coenen M, editors. Equine Applied and Clinical Nutrition: Health, welfare and performance. Elsevier, Oxford.

Matthews MM, Traut TW. 1987. Regulation of N-carbamoyl-beta-alanine amidohydrolase, the terminal enzyme in pyrimidine catabolism, by ligand-induced change in polymerization. Journal of Biological Chemistry **262**:7232–7237.

Meyer H, Ahlswede L, Reinhardt HJ. 1975. Untersuchungen über Freßdauer, Kaufrequenz und Futterzerkleinerung beim Pferd. Deutsche Tier ärztliche Wochenschrift **82**:49–96.

Meyer H, Heckotter E, Merkt M, Bernoth EM, Kienzle E, Kamphus J. 1986. Current problems in veterinary advice on feeding. Adverse effects of feeds in horses . Deutsche Tier ärztliche Wochenschrift **93**: 486–90.

Meyer H. 1987. Nutrition of the Equine Athlete. Nutrition:644–673.

Meyer H, Coenen M. 2003. Krmení koní: Současné trendy ve výživě. Ikar, Praha.

Meyer H, Coenen M, Gurer C. 1985. Investigations of saliva production and chewing in horses fed various feeds. Pages 38–40 in Proceedings of the Equine Nutrition and Physiology Society. Michigan State University, East Lansing.

Miwako M. 2015. Carnosine concentration in the muscle of thoroughbred horses and its implications in exercise performance:49–53.

Moeller BA, McCall CA, Silverman SJ, McElhenney WH. 2008. Estimation of Saliva Production in Crib-Biting and Normal Horses. Journal of Equine Veterinary Science **28**:85–90.

Moise AR, Noy N, Palczewski K, Blaner WS. 2007. Delivery of retinoid-based therapies to target tissues. Biochemistry **46**:4449–4458.

Morris HA, Turner AG, Anderson PH. 2012. Vitamin-D regulation of bone mineralization and remodelling during growth. Frontiers in Bioscience - Elite **4**:677–689.

Muirhead TL, Wichtel JJ, Stryhn H, McClure JT. 2010. The selenium and vitamin E status of horses in Prince Edward Island. Canadian Veterinary Journal **51**:979–985.

Munkvold GP, Arias S, Taschl I, Gruber-Dorninger C. 2018. Mycotoxins in corn: Occurrence, impacts, and management. Page Corn: Chemistry and Technology, 3rd Edition, 3rd edition. Elsevier Inc. Available from http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00009-7.

Murray MJ. 1994. Gastric ulcers in adult horses. The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian **16**:792–797.

Murray RC, Deaton CM, Smith NC, Henley WE, Marlin DJ. 2009. Neither age nor osteoarthritis is associated with synovial fluid antioxidant disturbance or depletion in the horse. Comparative Exercise Physiology **6**:121–128.

Nadeau J.A., Andrews F.M., Mathew A.G., Argenzio R.A., Blackford J.T., Sohtell M., Saxton M.A. 2000. Evaluation of diet as a cause of gastric ulcers in horses. American Journal of Veterinary Research **61**:784–790.

National Research Council. 2007. Nutrient Requirements of Horses. DC: The National Academies Press, Washington.

Neumann RD, Ruby AL, Ling GV, Schiffman P, Johnson DL. 1994. Ultrastructure and mineral composition of urinary calculi from horses. American journal of veterinary research **55**:1357–1367.

Nicholls VM, Townsend N. 2016. Dental Disease in Aged Horses and Its Management. Veterinary Clinics of North America – Equine Practice **32**:215–227.

Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Sack WO. 1979. Digestive system. Pages 21–203 in Nickel R, Schummer A, Seiferle E, Sack WO, editors. The viscera of the domestic mammals. Springer, New York.

Noctor G, Queval G, Mhamdi A, Chaouch S, Foyer CH. 2011. Gluthathione. Graham Noctor 1–32.

Noot GW vander, Symons LD, Experiment A, Brunswick N. 1965. Fonnesbeck, lydman.

NRC. 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy Press, Washington.

NRC. 1989. Nutrient Requirements of Horses. DC: National Academy Press, Washington.

Pagan JD. 1998. Nutrient digestibility in horses. Proceedings KER Short Course: Feeding the Performance Horse:77–83.

Palareti G, Legnani C, Cosmi B, Antonucci E, Erba N, Poli D, Testa S, Tosetto A. 2016. Comparison between different D-Dimer cutoff values to assess the individual risk of recurrent venous thromboembolism: Analysis of results obtained in the DULCIS study. International Journal of Laboratory Hematology **38**:42–49.

Pass MA, Pollitt S, Pollitt CC. 1998. Decreased glucose metabolism causes separation of hoof lamellae in vitro: a trigger for laminitis? Equine veterinary journal. Supplement:133–138.

Piccione G, Assenza A, Fazio F, Bergero D, Caola G. 2008. Daily rhythms of serum vitamin D-metabolites, calcium and phosphorus in horses. Acta Veterinaria Brno **77**:151–157.

Johnson PJ. 1995. Electrolyte and Acid-base Disturbances in the horse. Clinical Pathology **11**:491–514.

Potter GD, Webb SP, Evans JW, Webb GW. 1990. Digestible energy requirements for work and maintenance of horses fed conventional and fat-supplemented diets. Journal of Equine Veterinary Science **10**:214–218.

Pozza ME, Kaewsakhorn T, Trinarong C, Inpanbutr N, Toribio RE. 2014. Serum vitamin D, calcium, and phosphorus concentrations in ponies, horses and foals from the United States and Thailand. Veterinary Journal **199**:451–456. Elsevier Ltd. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.01.002.

Pösö AR, Hyyppä S, Geor RJ, McKeever KG, Gordon ME. 2008. Metabolism and nutrition. In: Hinchcliff K, Kaneps AJ, Geor RJ, editors. Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse. Elsevier Health Sciences, Toronto.

Potter GD, Arnold FF, Householder DD, Hansen DH, Brown KM. 1992. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. Pferdeheilkunde **1**:107–111.

Pratt SE, Geor RJ, Spriet LL, McCutcheon LJ. 2007. Time course of insulin sensitivity and skeletal muscle glycogen synthase activity after a single bout of exercise in horses. Journal of Applied Physiology **103**:1063–1069.

Radlovic N, Mladenovic M, Simic D, Radlovic P. 2012. Vitamin D in the light of current knowledge. Srpski arhiv za celokupno lekarstvo **140**:110–114.

Reeta Pösö A, Hyyppä S. 1999. Metabolic and hormonal changes after exercise in relation to muscle glycogen concentrations. Equine veterinary journal. Supplement **30**:332–336.

Rey AI, Segura J, Arandilla E, López-Bote CJ. 2013. Short- and long-term effect of oral administration of micellized natural vitamin E (D-α-tocopherol) on oxidative status in race horses under intense training. Journal of Animal Science **91**:1277–1284.

Rich GA, Fontenot JP, Meacham TN. 1981. Digestibility of animal, vegetable and blended fats by equine. Pages 30–36 in Proc 7th Equine Nutr Physiol Symp, Warrenton, VA. Equine Nutrition and Physiology Society, Savoy.

Rich VB, Fontenot JP, Meacham TN. 1981. Digestibility of animal, vegetable and blended fats by equine. Pages 30–34 in Proc. 7th Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp. Warrenton.

Rivalin RS. 2001. Riboflavin. Page 191 in Bowmen BA, Russel RA, editors. Present knowledge in nutrition. ILSI Press, Washington.

Rivero JL, Sporleder HP, Quiroz-Rothe E, Vervuert I, Coenen M, Harmeyer J. 2002. Oral L-carnitine combined with training promotes changes in skeletal muscle. Equine veterinary journal. Supplement **34**:269–274.

Hoffman RM, Haffner JC, Crawford CA, Eiler KF. 2009. Nonstructural carbohydrate and glycemic response of feeds : how low is ‘“ low ”’ starch ? 31706 Effect of mixing dietary fiber (purified lignocellulose or purified pectin) and a corn meal on glucose and insulin responses in healthy horses. Journal of Equine Veterinary Science **29**:379–380.

Robb J, Harper RB, Hintz HF, Reid JT, Lowe JE, Schryver HF, Rhee MSS. 1972. Chemical composition and energy value of the body, fatty acid composition of adipose tissue, and liver and kidney size in the horse. Animal Production **14**:25–34.

Roberts C, Kidder DE, Hill FWG. 1973. Small intestinal beta galactosidase activity in the horse. Gut **14**:535–540.

Robyn J, Plancke L, Boshuizen B, de Meeûs C, de Bruijn M, Delesalle C. 2017. Substrate use in horses during exercise - The “fasted” compared to the postprandial state. Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift **86**:275–284.

Rose RJ. 1990. Electrolytes: clinical applications. The Veterinary clinics of North America. Equine practice **6**:281–294. W.B. Saunders Company. Available from http://dx.doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30542-4.

Rourke KM, Coe S, Kohn CW, Rosol TJ, Mendoza FJ, Toribio RE. 2010. Cloning, comparative sequence analysis and mRNA expression of calcium-transporting genes in horses. General and Comparative Endocrinology **167**:6–10. Elsevier Inc. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.ygcen.2010.02.022.

Sale C, Saunders B, Harris RC. 2010. Effect of beta-alanine supplementation on muscle carnosine concentrations and exercise performance. Amino Acids **39**:321–333.

Scott BD, Potter GD, Greene LW, Vogelsang MM, Anderson JG. 1993. Efficacy of a fat supplemented diet to reduce thermal stress in exercising Thoroughbred horses. Proceedings of the Equine Nutrition and Physiology Symposium **13**:66–71.

Schuback K, Essén-Gustavsson B, Persson SGB. 2000. Effect of creatine supplementation on muscle metabolic response to a maximal treadmill exercise test in Standardbred horses. Equine Veterinary Journal **32**:533–540.

Sewell DA, Harris RC. 1995. Effects of creatine supplementation in the Thoroughbred horse. Equine Veterinary Journal **27**:239–242.

Sewell DA, Harris RC, Marlin DJ, Dunnett M. 1992. Estimation of the carnosine content of different fibre types in the middle gluteal muscle of the thoroughbred horse. The Journal of Physiology **455**:447–453.

Sharman P, Wilson AJ. 2015. Racehorses are getting faster. Biology Letters **11**:2–6.

Siciliano PD, Kawcak CE, McIlwraith CW. 2000. The effect of initiation of exercise training in young horses on vitamin K status. Journal of Animal Science **78**:2353–2358.

Sies H. 1999. Glutathione and its role in cellular functions. Free Radical Biology and Medicine **27**:916–921.

Sinatra ST, Jankowitz SN, Chopra RK, Bhagavan HN. 2014. Plasma coenzyme Q10 and tocopherols in thoroughbred race horses: Effect of coenzyme Q10 supplementation and exercise. Journal of Equine Veterinary Science **34**:265–269. Elsevier Ltd. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2013.06.001.

Slocombe RF, Todhunter RJ, Stick JA. 1982. Quantitative ultrastructural anatomy of esophagus in different regions in the horse: effects of alternate methods of tissue processing. American Journal of Veterinary Research **43**:1137–1142.

Sneddon JC, Argenzio RA. 1998. Feeding strategy and water homeostasis in equids: The role of the hind gut. Journal of Arid Environments **38**:493–509.

Sneddon JC, Boomker E, Howard C v. 2006. Mucosal surface area and fermentation activity in the hind gut of hydrated and chronically dehydrated working donkeys. Journal of Animal Science **84**:119–124.

Snow DH, Baxter P, Rose RJ. 1981. Muscle fibre composition and glycogen depletion in horses competing in an endurance ride. The Veterinary Record **108**:374–378.

Snow DH, Kerr MG, Nimmo MA, Abbott EM. 1982. Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. The Veterinary Record **110**:377–384.

Stephens TL, Potter GD, Gibbs PG, Hood DM. 2004. Mineral balance in juvenile horses in race training. Journal of Equine Veterinary Science **24**:438–450.

Stick JA, Robinson NE, Krehbiel JD. 1981. Acid-base and electrolyte alterations associated with salivary loss in the pony. American journal of veterinary research **42**:733–737.

Sturgeon LS, Baker LA, Pipkin JL, Haliburton JC, Chirase NK. 2000. The digestibility and mineral availability of Matua, bermuda grass, and alfalfa hay in mature horses. Journal of Equine Veterinary Science **20**:45–48.

Stryer L. 1988. Biochemistry. WH Freeman and Company, New York.

Swinney DL, Potter GD, Greene LW. 1995. Digestion of fat in the equine small and large intestine. Pages 30–35 in Proc 14th Equine Nutrition and Physiology Symposium.CA, Ontario.

Tadele Y, Ameha N. 2015. Use of Different Non Protein Nitrogen Sources in Ruminant Nutrition: A review 1. Scholarly Journal of Agricultural Science **5**:84–89. Available from http://www.scholarly-journals.com/SJAS.

Tasker JB. 1967. Fluid and electrolyte studies in the horse. 3. Intake and output of water, sodium, and potassium in normal horses. Cornell Veterinarian **57***:*649–657.

Teixeira FA, Araújo AL, Ramalho LO, Adamkosky MS, Lacerda TF, Coelho CS. 2016. Oral creatine supplementation on performance of Quarter Horses used in barrel racing. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition **100**:513–519.

Tester RF, Karkalas J, Qi X. 2004. Starch structure and digestibility Enzyme-Substrate relationship. World's Poultry Science Journal **60**:186-195+248+250.

Tinker MK, White NA, Lessard P, Thatcher CD, Pelzer KD, Davis B, Carmel DK. 1997. Prospective study of equine colic incidence and mortality. Equine Veterinary Journal **29**:448–453.

Toribio RE. 2011. Disorders of Calcium and Phosphate Metabolism in Horses. Veterinary Clinics of North America – Equine Practice **27**:129–147.

Treiber KH, Boston RC, Kronfeld DS, Staniar WB, Harris PA. 2005. Insulin resistance and compensation in Thoroughbred weanlings adapted to high-glycemic meals. Journal of Animal Science **83**:2357–2364.

Trottier NL, Nielsen BD, Lang KJ, Ku PK, Schott HC. 2002. Equine endurance exercise alters serum branched-chain amino acid and alanine concentrations. Equine veterinary journal. Supplement **34**:168–172.

Tyler CM, Hodgson DR, Rose RJ. 1996. Effect of a warm-up on energy supply during high intensity exercise in horses. Equine Veterinary Journal **28**:117–120.

Urschel KL, Lawrence LM. 2013. Fat and fatty acids. Pages 113–135 in Geor RJ, Harris PA, Coenen M, editors. Equine applied and clinical nutrition. Elsevier Health Sciences, Toronto.

Van Saun RJ. 2009. Nutritional Diseases of Llamas and Alpacas. Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice **25**:797–810. Elsevier Ltd. Available from http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2009.07.013.

Van Weyenberg S, Sales J, Janssens GPJ. 2006. Passage rate of digesta through the equine gastrointestinal tract: A review. Livestock Science **99**:3–12.

Varloud M. 2006. Activité amylolytique des secretions salivaires. Pages 62–68 in: Implication des microorganismes de l'estomac dans la digestion de l'amidon par le cheval. Thesis presented to the National Agricultural Institute of Paris, Grignon.

Velie BD, Hamilton NA, Wade CM. 2015. Heritability of racing performance in the Australian Thoroughbred racing population. Animal Genetics **46**:23–29.

Vervuert I. 2011. Energy metabolism of the performance horse. Pages 15–16 in Proceedings of the 5th European Equine Nutrition & Health Congress. Waregem.

Vervuert I, Coenen M, Bothe C. 2004. Effects of corn processing on the glycaemic and insulinaemic responses in horses. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition **88**:348–355.

Vineyard KR, Warren LK, Kivipelto J. 2010. Effect of dietary omega-3 fatty acid source on plasma and red blood cell membrane composition and immune function in yearling horses. Journal of Animal Science **88**:248–257.

Waller A, Armstrong S, Smithurst K, Lindinger MI, Waller A, Armstrong S, Smithurst K, Lindinger MI. 2015. and Comparative Exercise Physiology : Effects of diet , feeding and daily variation on acid – base balance in horses Effects of diet , feeding and daily variation on acid – base balance in horses:153–165.

Waller AP, Geor RJ, Spriet LL, Heigenhauser GJF, Lindinger MI. 2009. Oral acetate supplementation after prolonged moderate intensity exercise enhances early muscle glycogen resynthesis in horses. Experimental Physiology **94**:888–898.

Waller AP, Lindinger MI. 2010. Nutritional aspects of post exercise skeletal muscle glycogen synthesis in horses: A comparative review. Equine Veterinary Journal **42**:274–281.

Warren LK, Vineyard KR. 2013. Fat and fatty acids. Pages 136–155 in Geor RJ, Harris PA, Coenen M, editors. Equine applied and clinical nutrition. Elsevier Health Sciences, Toronto.

Wichtel JJ, Grace ND, Firth EC. 1997. Selenium in the horse: New developments. Newsletter of New Zealand Veterinary Association.

Williams CA, Carlucci SA. 2006. Oral vitamin E supplementation on oxidative stress, vitamin and antioxidant status in intensely exercised horses. Equine Veterinary Journal **38**:617–621.

Winther K, Kharazmi A, Hansen ASV, Falk-Rønne J. 2012. The absorption of natural vitamin c in horses and anti–oxidative capacity: A randomised, controlled study on trotters during a three-month intervention period. Comparative Exercise Physiology **8**:195–201.

Winther K, Kharazmi A, Hansen ASV, & Falk-Rønne J. 2010. A randomised placebo controlled double blind study on the effect of subspecies of rose hip (Rosa canina) on the immune system, working capacity and behaviour of horses. The impact of nutrition on the health AND welfare of horses **128**:283–287.

Wyganowska A, Górski K, Jania B, Danielewicz A, Andraszek K. 2017. The effect of selenium on proper body function in horses. Journal of Animal and Plant Sciences **27**:1448–1453.

Zhou M, Robards K, Glennie–Holmes M, Helliwell S. 1999. Oat lipids. Journal of the American Oil Chemists' Society **76***:*159–169.

Zuidhof MJ. 2019. A Review of Dietary Metabolizable and Net Energy: Uncoupling Heat Production and Retained Energy. Journal of Applied Poultry Research **28**:231–241.