

KARLOVA UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**PŘEHLED DOPLŇKŮ SPORTOVNÍ VÝŽIVY NA
ZÁKLADĚ VĚDECKÉ LITERATURY**

**SURVEY OF THE SPORTS NUTRITIONAL SUPPLEMENTS ON THE
BASIC OF THE SPORTS SCIENCE LITERATURES**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Miroslav Petr

Vypracoval:

David Vřeský

4. ročník TVS

ABSTRACT: (English version)

TITLE: Survey of the sports nutritional supplements on the basis of the sports science literatures.

TARGETS: The point of this thesis is to collect contemporary informations and knowledge about nutritional supplements in sports nutrition and their influence to intensity of sports performance.

RESULTS: The positive effect in sense of increasing of sports performance placebo vs. testing group in rely to indication of particular supplements. The results are very relative and depended on many departed factors. What surely works in laboratory, doesn't have to in reality.

Key words: nutritional supplement, characteristics of nutritional supplements, factors that influence reserch of sport nutrition supplements

SOUHRN : (Česká verze)

NÁZEV: Přehled doplňků sportovní výživy na základě vědecké literatury.

CÍLE PRÁCE: Práce rešeršního typu má shromáždit dosavadní znalosti o potravinových suplementech ve sportovní výživě, jejich působení a vliv na intenzitu sportovní výkonnosti.

VÝSLEDKY: Efektivita a pozitivní vliv ve smyslu zlepšení sportovní výkonnosti kontrolní kontra testované skupiny v závislosti na indikaci jednotlivých suplementů. Výsledky jsou značně relativní a závislé na mnoha oddělených faktorech. Co v laboratorních podmínkách platí není v praxi často relevantní.

Klíčová slova: potravní doplněk, charakteristika potravních doplňků, faktory ovlivňující výzkum suplementů sportovní výživy

Za odborné vedení diplomové práce a pomoc při jejím zpracování děkuji Mgr. Miroslavu Petrovi. Jeho konkrétní rady a připomínky byly cenným přínosem.

David Vřeský

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a použil jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

David Vřeský

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům.

Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatелů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení: Číslo obč. průkazu: Adresa: Datum vypůjčení:

OBSAH

ÚVOD

CÍL A ÚKOLY

1. ÚVOD K POTRAVNÍM DOPLŇKŮM	11
1.1 POTRAVNÍ DOPLŇEK	11
1.2 DOPLŇEK STRAVY	11
1.3 FUNKČNÍ POTRAVINY	12
1.4 VZTAH DOPLŇEK – LÉK	13
1.5 ZDROJE INFORMACÍ O PRODUCENTECH, KVALITĚ A POUŽITÍ DOPLŇKŮ	15
1.6 POTRAVNÍ DOPLŇKY A DOPLŇKY STRAVY JAKO NOVÝ FENOMÉN	15
1.7 DOPLŇKY STRAVY PRO SPORTOVCE	16
2. CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH POTRAVNÍCH SUPLEMENTŮ.....	18
2.1 KREATIN	18
2.2 BIKARBONÁT (SODA) A CITRÁT	22
2.3 GLYCEROL	26
2.4 KOLOSTRUM	28
2.5 HMB	31
2.6 RIBÓZA	34
2.7 L-KARNITIN	35
2.8 KOENZYM Q 10	39
2.9 ŽENŠEN	41
2.10 INOSIN	43
2.11 VĚTVENÉ AMINOKYSELINY (BCAA)	45
2.12 TRIGLYCERIDY SE STŘEDNĚ DLOUHÝMI ŘETĚZCI	48
2.13 CHROMIUM PIKOLINÁT	51
2.14 PROHORMONY	54
2.15 KOFEIN	57

3. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝZKUM SUPLEMENTŮ SPORTOVNÍ VÝŽIVY	62
4. ZÁVĚR	66
5. LITERATURA	67

ÚVOD

Ve světě moderního sportu je k podávání nejlepších výkonů potřeba odevzdat se svému cíli v mnoha oblastech. Dnes již dávno nestačí spoléhat se na přirozený talent. Stejný význam je mezi vrcholovými soupeři v každém sportu přisuzován tvrdému tréninku, kvalitnímu vybavení a vůli zvítězit. V této situaci může způsob stravování znamenat rozdíl mezi vítězstvím a prohrou. (MAUGHAN, LOUISE, 2006).

V souvislosti s vrcholovým sportem došlo za posledních dvacet let ve sportovní výživě k dynamickému rozvoji a proto je vedle sportovního tréninku považována za neméně důležitou. Sportovní výživa je dnes jedním ze samostatných vědních oborů a prostřednictvím sportovců působí na obecnou veřejnost. Hlavní důvod pro který jsem volil toto téma, je na základě vědeckých studií shrnout a prohloubit problematiku nejužívanějších suplementů sportovní výživy. Najdeme v ní totiž nepřeberné množství informací, které jsou značně nekonzistentní. Vždy mne problematika sportovní výživy velmi zajímala, neboť jsem od dětství intenzivně sportoval. Dle vlastní zkušenosti tedy mohu konstatovat, že vhodná skladba stravy může intenzivně ovlivnit rychlost průběhu ozdravného procesu u sportovce.

Svět sportu je zaplaven výrobky, které slibují delší vytrvalost, lepší zotavení, snížení množství tělesného tuku, zvýšení svalové hmoty, omezení rizika onemocnění, nebo dosažení jiných vlastností, které zvyšují sportovní výkon. Sportovci jsou hlavními konzumenty doplňků stravy a jsou důležitou cílovou skupinou pro mnohamiliardový průmysl doplňků stravy. Za doplňky stravy můžeme považovat tablety, extrakty, tobolky nebo prášky, zatímco sportovní potraviny mají obvykle podobu energetických tyčinek, nápojů a jiných použitelných výrobků. Definice se však v jednotlivých státech liší podle způsobu registrace potravin a farmaceutických výrobků. Toto odlišení může mít významné praktické důsledky pro způsob, jakým jsou tyto výrobky vyráběny a prodávány.

Mezi aspekty, které je třeba brát v úvahu při zvažování, zda užívat doplněk stravy, patří v první řadě účinnost výrobku; je třeba znát dávku a časové rozložení jejího podávání i specifické podmínky zátěže, při kterých je dosaženo

maximálního účinku dávky. Dále je nutné vědět, zda není užívání přípravku v rozporu s oficiálním antidopingovým kodexem. Třetí otázkou je zdravotní bezpečnost doplňku.

CÍL A ÚKOLY

CÍL:

Na základě vědecké literatury podat přehled o účincích nejužívanějších suplementů sportovní výživy.

ÚKOLY:

1. Nashromáždít kvalitní vědeckou literaturu ne starší 5 let z databází vědeckých článků a odborné české a zahraniční literatury
2. Prostudovat nashromážděnou literaturu
3. Vyhodnotit tyto vědecké prameny a na jejich základě podat ucelené zhodnocení dané problematiky

1. ÚVOD K POTRAVNÍM DOPLŇKŮM

Základní filosofií použití potravních doplňků a doplňků stravy je konstatování, že současné podmínky života (stres a špatné životní prostředí) spolu s nevhodnou výživou, využívající potraviny v důsledku průmyslové výroby ochuzené o celou řadu nezbytných ochranných látek, nedokážou člověku zajistit dokonalé zdraví. Nezbyvá než se naučit využívat výsledky vědy v praxi, a to v podobě systematického použití produktů, poskytujících právě ony chybějící látky. V tom vidím perspektivu použití potravních doplňků a doplňků stravy a také takzvaných funkčních potravin.

1.1 POTRAVNÍ DOPLNĚK

Ve smyslu Zákona o potravinách Č. 456/2004 jsou potravním doplňkem například jednotlivé vitamíny, minerální látky, enzymy různé druhy vlákniny, dále takzvané „kvazivitaminy“ (látky, které svou přítomností umožňují fyziologické reakce, aniž by se podílely na stavbě těla a jsou nutné především v některých životních situacích, tedy ne vždy), bylinné extrakty a některé další látky. Jejich hlavní úlohou je zlepšení kvality, přeneseně *biologické hodnoty stravy*. (Fořt, 2005).

Z obecného pohledu je hlavním argumentem pro jejich produkci prokázaný fakt, že kvalita současných potravin je natolik nedostatečná, že ani občasná konzumace výjimečně na trhu přítomných speciálních potravin, obohacených některým z řady potravních doplňků (ovšem jen v minimálních množstvích) nemá a ani nemůže mít významný pozitivní vliv na zdravotní stav populace.

1.2 DOPLNĚK STRAVY

Je to produkt, obsahující směs jednotlivých potravních doplňků, které u zdravého člověka mají zajistit jediné - dostatečný příjem toho kterého potravního doplňku, který chybí v běžné stravě a nebo, což je podstatnější, nějaké přírodní, nebo dokonce uměle vytvořené, ale pro lidský organismus vlastní, nebo stravou

přijímané látky, která svým efektem má jistým způsobem (většinou nepříliš konkretizovaným) ovlivnit některý z fyziologických procesů, probíhajících u zdravého člověka. (Fořt, 2005).

Specifickou kategorií doplňků stravy, které již mohou být chápány jako „podpůrné“ v léčebném procesu (říká se jim odborně „adjuvans“) a které se začínají opravdu hodné přibližovat léčivům, jsou takzvané dietní potraviny pro zvláštní léčebné účely. Dietní potraviny pro zvláštní léčebné účely jsou zcela novou kategorií, která přichází na trh. Jejich konzumaci může doporučit lékař nebo osoba vzdělaná v dietologii. Přesto však stále ještě nejde o léčivo, nýbrž o doplněk stravy. V tomto specifickém případě jsou cílovými konzumenty lidé trpící nějakou konkrétní nemocí. Produkt jim má pomoci zvládnout onemocnění nebo podpořit léčebný efekt podávaných léků. (Fořt, 2005).

V zemích západní Evropy, v USA a Japonsku se doplňkům stravy říká „dietary supplements“, což volně přeloženo znamená „dietní doplňky“. Tím se dostáváme k velmi důležitému tématu, kterým je *status doplňků stravy*. Ony totiž do značné míry balancují na hraně mezi dvěma extrémy - *speciální potravinou a lékem*. Stávající legislativa se úzkostlivě snaží zabránit chápání doplňků stravy veřejností jako léčiv. Jenomže ve zcela opačném smyslu si počínají někteří výrobci a prodejci doplňků. Prezентují je jako „pomoc pro zdraví“ a někdy zcela otevřeně jako „náhradu léků“. (Fořt, 2005).

1.3 FUNKČNÍ POTRAVINY

Jsou další specifickou kategorií. Jsou to v podstatě běžné potraviny, od nichž se však liší tím, že jsou obohaceny o různé zdraví prospěšné složky, to znamená o vybrané potravní doplňky. Množství takto přidaného doplňku je však až příliš často jen symbolické, především proto, že výrobek musí zachovat přijatelnou cenu s ohledem na to, že na veřejnosti nejsou ještě dostatečně známy jeho možné pozitivní efekty. (Fořt, 2005).

1.4 VZTAH DOPLNĚK - LÉK

Na trhu vedle sebe existují tyto dvě komodity, přičemž je evidentní, že jejich efekt se čím dál víc prolíná. (Fořt, 2005) k vymezení definice leku cituje amerického odborníka na výživu, potravní doplňky a naturopatii dr. Dariuse Limberga: *Pod pojmem lék se rozumí látky s cíleným účinkem. V současnosti je většina léků syntetického původu, byť k našemu překvapení jsou registrovány jako léčiva také léky tzv. směsného typu, ba dokonce i ty, které obsahují rostlinné extrakty.* Ano, uvádí dále (Fořt, 2005) některé léky proti běžným nachlazením a různé „sirupy proti kašli“ jsou bylinného původu. To je zásadní paradox, který si výrobci léků vůbec nepřipouštějí, nebo nemají v úmyslu tento paradox zdůvodňovat. Citujme tedy opět dr. Limberga, který připomíná, že podle legislativy je lék určen k potlačení příznaku nemoci.

Tato formulace, totiž „potlačení příznaků“, degraduje lék na něco, co neléčí, takže to nemůže být lék. Vždyť potlačení příznaků, což znamená, jak lékaři také někdy říkají „absence příznaků“, zdaleka není rovna vyléčení, natož plnému zdraví! Přesto se to tak v medicíně velmi často chápe, a dokonce veřejně prezentuje! Benevolentní přístup k prodeji doplňků v některých zemích, konkrétně v USA, působí v jiných zemích zmatek, protože v USA lze bez problémů koupit řadu potravních doplňků a doplňků stravy, které by navzdory sblížení legislativy USA se zeměmi EU neměly ve většině zemí EU šanci na schválení a volnému prodeji. Všechny výše zmíněné kategorie produktů - tedy potravní doplňky, doplňky stravy a dietní potraviny pro zvláštní léčebné účely se v anglosasky hovořících zemích zahrnují do jedné kategorie přikryté pláštěm zvaným „nutraceutikum“. Jenomže tento pojem je u nás vyhrazen pouze doplňkům a speciálním produktům pro použití v klinické výživě nebo těm, které jsou registrovány jako léčivo. (Fořt, 2005).

Podle vyjádření dr. Jahna Murthy, uvádí Fořt (2005): *nutraceutikum je potravina nebo část potraviny, poskytující zdravotní výhody včetně prevence, nebo dokonce léčby nemocí! Produkty zařazené do této kategorie mohou mít charakter izolované (jednotlivé) živiny, komerční diety, doplňku stravy, potraviny vyrobené ze suroviny pocházející z geneticky modifikované odrůdy rostliny, funkční potraviny, produktu na bázi léčivých rostlin nebo dokonce různých polévek, cereálních směsí a specifických nápojů).* Obrovský rozsah obsahu pojmu

nutraceutikum pochopitelně vyvolává problémy a je podle Fořta (2005) zdrojem polemik. Nepřehlednou situaci v chápání pojmů potravní doplněk a doplněk stravy a v legislativě, rozhodující o možném volném prodeji, lze demonstrovat na příkladech pocházejících z USA. Americký Kongres již roku 1994 schválil definici *doplňku stravy* (dietary supplement) následovně: *Doplňěk stravy je produkt, konzumovaný ústy, obsahující složky stravy, určené k doplnění stravy. Složkami stravy v těchto produktech mohou být: vitaminy, minerály rostliny nebo jiné rostlinné zdroje, aminokyseliny a látky jako jsou enzymy, organické tkáně, žlázy a metabolity. Mohou to také být extrakty nebo koncentráty a mohou se zde vyskytovat v mnoha formách, jakými jsou tablety, kapsle nebo želatinové tobolky, roztoky nebo prášková forma. Mohou také být v jiných formách, například jako tyčinky, ale v tom případě musí být na etiketě uvedeno, že se nejedná o běžnou standardní potravinu nebo pokrm.*

Fořt (2005) zdůrazňuje důležitost jak má být volně prodejný doplněk stravy výrobcem popsán: především musí být zmíněny všechny složky, které výrobek obsahuje. Přesto někteří výrobci neuvádějí jednotlivé složky přímo, ale skrývají je pod nekonkrétním označením „chráněná směs“ s výmluvou, že její složení je výrobním tajemstvím, které má zabránit výrobě falzifikátů. Doplněk stravy totiž nelze chránit patentem. Na etiketě dále musí být uvedena energetická hodnota, obsah jednotlivých živin, obsah kyseliny linolové, obsah sodíku, případně dalších minerálních látek, návod k použití a doporučené dávkování, případně upozornění, pro jaké skupiny populace není produkt vhodný.

Výrobce ručí za obsah a kvalitu jím uváděných látek, protože v rámci schvalovacího řízení toto není předmětem zkoumání. Jedinou fyzickou analýzou produktu (v ČR), předkládanou výrobcem Státnímu zdravotnímu ústavu, je vyšetření obsahu těžkých kovů a mikrobiální analýza. Tato vyšetření nejsou opakována. Zkoumán není ani obsah deklarovaných látek a v produktu nejsou cíleně zkoumány jakékoliv nepovolené látky. Fyzicky, ekonomicky ani organizačně to prostě není možné. Z uvedeného plyne, že spotřebitel je odkázán na serióznost výrobce. (Fořt, 2005).

1.5 ZDROJE INFORMACÍ O PRODUCENTECH, KVALITĚ A POUŽITÍ DOPLŇKŮ

Spotřebitelé mají právo na informace. Většina výrobců nebo dovozců doplňků to respektuje, a protože na etiketu nelze umístit nadbytek textu, podává informace pomocí webových stránek, případně v podobě telefonní linky. Někteří výrobci jsou velmi pečliví a jejich data jsou vyčerpávající. V souvislosti s informacemi na internetu vás musím upozornit na zásadní skutečnost, že obsah ani objektivitu zde zveřejněných informací nikdo odpovědný nekontroluje! (Fořt, 2005).

K dispozici jsou také webové stránky, populárně interpretující informace o možnostech využití doplňků stravy, stránky věnované alternativní medicíně, naturopatii a samoléčení, a to také s použitím doplňků. Některé z nich poskytují „návod“ k použití doplňků stravy, chcete-li řešit konkrétní zdravotní problémy. Pro laika je obtížné rozlišit seriózní informace od neseriózní propagace. (Fořt, 2005).

Tyto informace lze ověřit na webových stránkách vědeckých institucí, přestože pro laika je náročné se v nich orientovat. Někdy je přístup ke kompletním informacím blokován povinností registrovat se jako uživatel a zaplatit poměrně vysoký poplatek. Je to právě Internet, který na jedné straně přináší neskutečné množství informací, aby současně způsobil naprostý zmatek v důsledku prezentace odlišných názorů a výsledků vědeckých studií. Legislativní orgány nemají šanci zasahovat do toku informací a hodnotit jejich kvalitu. Je tedy velmi pravděpodobné, že absolutně objektivní informace nejsou plně k dispozici.

1.6 POTRAVNÍ DOPLŇKY A DOPLŇKY STRAVY JAKO NOVÝ FENOMÉN

Typickým problémem, spojeným s výrobou a prodejem potravních doplňků a doplňků stravy v ČR, je skeptický přístup odborné i laické veřejnosti. Na jedné straně se setkávám s nepříznivým hodnocením doplňků moderní medicínou, aby se na druhé straně ukázalo, že například v USA více než 50 % lékařů, kteří se nezabývají naturopatií, nýbrž moderní západní medicínou, osobně používá doplňky naprosto systematicky. V některých západních státech je použití

doplňků běžné, protože je součástí přírodní medicíny (naturopatie). V ČR se již formuje skupina lékařů, kteří se o možnostech doplňků informovali, nebo dokonce přesvědčili vlastní praxí, a tak je běžně používají a svým pacientům doporučují.

1.7 DOPLŇKY STRAVY PRO SPORTOVCE

Doplňky stravy určené aktivním sportovcům jsou samostatnou kategorií, někdy také nazývanou „sportovní výživa“. V ČR je prodej těchto specifických doplňků stravy mimořádně úspěšný. Počet distributorů a výrobců „sportovní výživy“ roste navzdory setrvalému počtu sportovců a nadšenců, ochotných investovat mnoho peněz do leckdy zcela nefunkčních produktů. Přibližně před 2 lety udělala Česká obchodní inspekce průzkum vybraných fitcenter a zjistila, že minimálně 80 % produktů sportovní výživy a doplňků stravy z dovozu nemá oficiální schválení k prodeji. Horší ovšem je, že produktů je nepřehledně mnoho, a proto se dovozci snaží je vnutit spotřebiteli klamavou reklamou. Nicméně princip použití různých forem speciálních doplňků stravy sportovci je správný.

V kontextu se snahou sportovce dosáhnout maximálního výkonu je nezbytné diskutovat o možnostech optimalizace sportovní přípravy, o možnosti zvýšit rychlost regenerace, dodat optimální zdroje energie, ale stejně tak zajistit dokonalou prevenci. Snad postačí, když připomenu, že v rámci sportující populace jsou profesionální sportovci těmi, kteří jsou nejvíce ohroženi - jsou totiž pod vlivem mimořádného psychického i fyzického stresu. Nakonec se potácejí mezi krátkými obdobími dobrého zdraví, umožňujícího dobrý výkon, a delšími obdobími zranění. Chronická či akutní zranění jim na konec mohou zabránit v pokračování činnosti.

Není divu, že právě sportovci inklinují k použití doplňků stravy. Jedna skupina výrobců doplňků se proto zaměřuje výhradně na sportovce, byť nejen na profesionály. Těch totiž až tak moc není a většina z nich mívá smlouvy s dodavateli, kteří jim rádi produkty věnují. Produkty sportovní výživy se složením značně liší od doplňků stravy, určených nesportujícím, nebo dokonce „nemocné“ veřejnosti.

Intenzivní výzkum, probíhající v posledních deseti až dvaceti letech, mapuje možnosti využití legálních nenávykových látek přírodního nebo přírodně-identického původu ke zlepšení sportovního výkonu. Výsledky jsou optimistické,

ale současně je to právě profesionální sport, který přináší v souvislosti s jejich použitím mimořádné problémy v oblasti dopingu. Právě profesionální sportovci jsou pro producenty doplňků mimořádně zajímavým výzkumným objektem, z jehož sledování lze vyvodit mnoho závěrů, použitelných v praxi výživy nesportovců. (Fořt, 2005).

2. CHARAKTETRISTIKA JEDNOTLIVÝCH POTRAVNÍCH SUPLEMENTŮ

2.1 KREATIN

Ze sloučeniny, která slouží jako palivo pro činnost svalů, se během jedné dekády stal světově komerčně nejúspěšnější suplement sportovní výživy. Uvedení kreatinu na trh se pro potřeby sportovní výživy datuje k OH v Barceloně v roce 1992, kdy se k této látce hlásili téměř všichni vítězští sprinteři. Z této doby pocházejí i první publikace o kreatinu, jehož vysoké dávky ve stravě údajně zvyšují obsah svalového kreatinu (Harris et al. 1992). Pochvalné výroky sportovních hvězd v kombinaci s podporou vědeckého světa, rychle se šířící informace pomocí internetu, to vše přispělo k tomu, že je kreatin považován za světový fenomén sportovní výživy. Problematika kreatinu je kvalitně zpracována mnohých publikacích (Williams et al. 1998), kreatin byl předmětem více než 150-ti studií (American College of Sport Medicine, 2000; Greenhalf, 2000; Hespel et al. 2001; Juhn, Tamopolsky, 1998a, 1998b; Kraemer, Volek, 1999). Dnešní odhady mluví o více než pěti miliónech prodaných kilogramů ročně (Hespel et al. 2001).

Kreatin (CR) je primárně uložen ve svalech v koncentraci 100 – 150 mmol/kg vysušené svalové tkáně (DW). Jedná se o jeho fosforylovanou formu – kreatinfosfát (PCR), který poskytuje malé množství okamžitě dostupného fosfátu pro resyntézu ATP během výkonů s maximální intenzitou. Je proto důležitým zdrojem paliva u sprintů a dalších „all out“ silových výkonů trvajících od 5-ti do 10-ti sekund. Další metabolickou funkcí PCR je účast v nárazníkovém systému v souvislosti s kumulujícími se vodíkatými ionty produkovanými během anaerobní glykolýzy a ATP transportér, kdy za podmínek aerobního metabolismu je kreatin transportován z mitochondrie svalové buňky do cytoplazmy a dále využit ke svalové kontrakci.

Celkový denní obrat CR (1 – 2 g) je pokryt jednak příjmem CR stravou (z živočišných zdrojů jako je maso) a dále jeho endogenní syntézou z aminokyselin (arginin, glycin, methionin) v játrech. CR je do svalu transportován proti koncentračnímu gradientu viz. procesy zpraženého transportu stimulované

inzulínem (Green et al. 1996 a, b). Typická strava masožravce obsahuje přibližně 2 g CR na den, u vegetariánu je však jeho příjem výrazně snížen. Vzniklý nedostatek nemůže být v žádném případě zcela pokryt endogenní syntézou (Green et al. 1997). Vysoké dávky CR ve stravě dočasně potlačují jeho endogenní syntézu. Není zcela známo, co je důvodem značně rozdílných koncentrací mezi jedinci. Tento fakt je však přičítán především pohlaví, věku a typové výbavě svalových vláken (Hespel et al. 2001).

Po více než 50 let je známo, že per orální příjem CR vyvolává jeho retenci v organismu (Chanutin, 1926). Na druhou stranu, teprve nedávné studie využívající metod svalové biopsie a dalších prosvětlovacích technik dokázaly zaznamenat změny v obsahu svalového CR a PCR při suplementaci CR. V revoluční studii z roku 1992 Harris a jeho kolegové odhalili, že koncentrace svalového CR je po opakovaných dávkách per orálního příjmu CR zvýšena. Došlo ke zvýšení plazmového CR nad hraniční hodnoty a tím k předpokladu jeho maximalizovaného transportu do svalových buněk (Harris et al. 1992). Jejich suplementační protokol – od 4 do 6-ti 5 g dávek CR (monohydrát) po dobu 5-ti dnů – zvýšil celkový obsah svalového CR v průměru o 20 %, čímž bylo dosaženo maximální kumulace 150 – 160 mmol/kg DW. Přibližně 20 % zvýšeného obsahu svalového CR bylo uloženo jako PCR, jeho saturace nastala za 2 – 3 dny. Elevace hladiny svalového CR byla znatelně nejvyšší u těch osob, které měly nejnižší předsuplementační úroveň CR a které se věnovali intenzivnímu tréninku (Harris et al. 1992). Tento suplementační program je znám jako „nabírací kreatinová fáze“.

Během následujících studií bylo zjištěno, že denní dávkou 3 g CR je též možné dosáhnout pomalého nabírání po dobu 28 dnů. Takto zvýšená koncentrace svalového CR je dále udržována jeho kontinuálním příjmem 2 – 3 g denně (Hultman et al. 1996). Napříč studie existuje důkaz, že zhruba 30 % jedinců nereaguje na suplementaci CR tzn. že nedokáží zvýšit své zásoby CR ve svaly, což naznačuje výrazné rozdíly ve svalovém metabolismu (Spriet, 1997; Greenhalf, 2000). Ukázalo se však, že souběžně zvýšený příjem sacharidů (CHO, 75 – 100 g) stimuluje akumulaci CR (Green et al. 1996 a, b) a to značně přispívá k dosažení maximální koncentrace svalového CR 160 mmol/kg DW. Navíc se prokázalo, že úvodní kreatinová nabírací fáze zvýšila odpověď na sacharidovou nabírací fázi (Nelson et al. 2001). Za předpokladu ukončení CR suplementace trvá 4 – 5 týdnů, než se hladina svalového CR navrátí k původním hodnotám (Hultman

et al. 1996). Mnoho studií uvádí souběžně zvýšený nárůst tělesné hmoty (BM) a to zhruba 1 kg u rychle nabíracího programu. Tento fakt je přičítán zejména zadržování tělesné vody a redukcí tvorby moči během úvodních dnů suplementace (Hultman et al. 1996).

Ve velkém množství studií byl zkoumán vliv CR suplementace na funkci svalů a fyzický výkon. Předmětem zkoumání těchto studií byli různorodí jedinci (věk, pohlaví, sportovní úroveň), různá tréninková zátěž i skutečnost, zda-li suplementace vyvolala vyšší kumulaci CR ve svalech a zda-li došlo k měřitelným adaptačním změnám. Často se jednalo o designy experimentálních studií s využitím placebo efektu, jindy byly po delších „očišťovacích obdobích“ (bez CR suplementace) použity crossover designy, které jsou však velmi náročné na provedení. Vědecké literatura zabývající se CR suplementací je natolik široká, že lze jen ztěžko zhodnotit výsledky veškerých provedených studií. Zvědavý čtenář je odkázán na souhrny studií (Burke et al. 2001; Greenhalf, 2000; Juhn, Tarnopolsky, 1999 a, b; Kraemer, Volek, 1999). Současné porozumění účinkům CR suplementace v souvislosti s fyzickou aktivitou je obsahem následujícího přehledu (Burke et al. 2001).

1. Hlavním a nesporně pozitivním účinkem CR suplementace pro účely sportu je urychlení resyntézy PCR během odpočinkové fáze mezi jednotlivými nástupy vysokointenzivní fyzické aktivity tzn. před započatím každé nové série fyzické aktivity jsou vyšší koncentrace PCR ve svalech. Příjem CR tak může zlepšit výkon u sportovních výkonů maximální intenzity trvajících od 6 do 30 s, které jsou přerušeny krátkými pauzami na regeneraci (20 s – 5 min). Normální úbytek v produkci síly na konci každého intenzivního cvičení je tak oddálen.
2. Per orální příjem CR nelze považovat za přínosný v souvislosti s jedenkrát provedeným sportovním výkonem (sprint), protože podíl PCR na tomto typu cvičení není limitujícím faktorem.
3. Odpověď sportovního výkonu na CR suplementaci výrazně kolísá v závislosti na subjektech zahrnutých do studie i mezi jednotlivými studiemi.
4. Nejprogresivnější odpověď na CR suplementaci byla shledána v laboratorních studiích za podmínek opakované vysokointenzivní svalové

práce izolovaného svalu nebo u sportovních činností, kde hmotnost sportovce sehrává podstatnou roli.

5. Teoreticky lze CR suplementaci považovat za přínosnou ve všech sportech, jejichž výkon spočívá ve vysokointenzivní krátkodobé aktivitě s krátkým intervalem odpočinku. Tomuto popisu odpovídají mnohé týmové sportovní hry včetně pálkovacích her. CR suplementace může stejně tak zlepšit sportovní výkon a dlouhodobou adaptaci u tréninkových programů založených na opakovaném cvičení o vysoké intenzitě. To může být výhodné napříč spektrem přípravného období různých sportovních odvětví jako jsou týmové hry. CR může nalézt uplatnění u všech sportovců využívajících v přípravě metod intervalového a silového tréninku např. plavci a sprinteři.
6. Od té doby, co byly v rámci mnohých sportovních odvětví provedeny studie s elitními sportovci, lze hovořit o výše uvedených pozitivních účincích CR jen v teoretické rovině. Zlepšení sportovního výkonu bylo totiž zaznamenáno pouze tam, kde existuje jistá závislost na tělesné hmotnosti např. běh, veslování, a to za předpokladu, že přírůstky síly převýší nevýhodné zvýšení tělesné hmotnosti. I tak dnešní literatura popisující účinky CR v souvislosti s těmito „na tělesné hmotnosti závislých sportech“ je značně nejednotná. Zlepšení výkonu tak velmi často nenastává ve sportovních hrách a to dokonce ani tehdy, pokud je skutečně dosaženo zvýšení svalové síly a rychlosti v souvislosti se suplementací CR v kombinaci s vhodným tréninkem.
7. Neexistuje důkaz, že CR suplementace dokáže zlepšit výkon ve vytrvalostních sportech.
8. Zatímco je známo, že dlouhodobé přírůstky svalové hmoty ve studiích s CR v kombinaci se silovým tréninkem jsou způsobeny přímou stimulací zvýšené myofibrilární proteinové syntézy, lepší schopnost vyrovnat se s adaptací na silový trénink nebo kombinace obou těchto faktorů není potvrzena. Navzdory tomu, že myšlenka přímé stimulace prostřednictvím CR suplementace byla nejdříve odmítána, novější studie naznačují bezprostřední ovlivnění myogenetických transkripčních faktorů (Hespel et al. 2001).

Spolu s nadšením, se kterým celý sportovní svět přijal CR, vyvstaly určité obavy o možných vedlejších účincích CR zvláště ve spojitosti s dlouhodobým užíváním jeho vysokých dávek. Byly diskutovány případy zvracení, žaludečních nevolností, bolestí hlavy a svalových křečí. Některé z těchto vedlejších účinků jsou velmi pravděpodobné a to především v souvislosti s retencí vody v buňkách kosterním svalu a pravděpodobně i v mozkových buňkách. Nynější dostupná literatura však nepředkládá žádné důkazy o těchto možných zvýšených rizicích užívání CR. Je však třeba uvést, že studie s dlouhodobým příjmem CR a s jeho vysokými dávkami překračující běžně používané množství, nebyly dosud provedeny. Třebaže se u CR suplementace všeobecně předpokládá možné poškození ledvin, tyto případy v minulosti nastaly pouze u pacientů s již potencionální ledvinovou dysfunkcí (Pritchard, Kalra, 1998). Poortmans a Francaux (1999) neshledali žádné negativní účinky CR suplementace na renální funkce. Organizace American College of Sport Medicine (2000) upozorňuje na možná rizika s platností do té doby, dokud nebudou provedeny kvalitní studie s dlouhodobou suplementací a na širší populačním vzorku. Na druhou stranu, nedávné varování French food safety agency o karcinogenitě CR bylo později negováno jinými zdroji s vyloučením potencionálních zdravotních rizik (Hespel et al. 2001).

2.2 BIKARBONÁT (SODA) A CITRÁT

Anaerobní glykolýza je primárním zdrojem paliva pro fyzickou aktivitu blízko maximální intenzitě s dobou trvání přibližně 20 – 30s. Celková kapacita tohoto systému je limitována výrazným nárůstem intracelulární acidity způsobené kumulací laktátu a vodíkatých iontů. Když je překročena intracelulární pufrací kapacita, laktát a vodíkaté ionty difundují do extracelulárního prostoru snad právě za podpory pH gradientu. Od roku 1930 je známo, že suplementační strategie, které snižují krevní pH (příjem kyselých solí) zároveň zhoršují výkon o vysoké intenzitě, zatímco příjem alkalických substancí zlepšuje tento výkon (Dennig et al. 1931; Dill et al. 1932). Tato strategie zvyšuje extracelulární nárazníkovou kapacitu a tím i nástup svalové únavy způsobené delším trváním anaerobního metabolismu. Celkově je prodloužena doba práce svalu, jelikož se sval dokáže účelněji vyrovnat s nastupující kumulací vodíkatých iontů.

Nejpopulárnějšími pufráčními prostředky jsou hydrogenuhličitan sodný (bikarbonát, jedlá soda) a citran sodný (citrát). Po více než 70 let sportovci užívají zvýšeného příjmu sody, buď ve formě produktu známého z domácnosti – jedlá soda, nebo jako farmaceutický močový alkalyzátor např. Ural. Nejčastějším postupem při suplementaci bikarbonátem je 0,3 g/kg BM 1 – 2 hod před zátěží, což se rovná zhruba 4 – 5 čajovým lžičkám jedlé sody. Užití jedlé sody není považováno za zdraví škodlivé, v ojedinělých případech byly zaznamenány případy žaludeční a střevní nevolnosti jako křeče a průjem. Konzumace bikarbonátu spolu s dostatečným množstvím vody (1 litr a více) je považována za prevenci hyperosmotického průjmu. Rovněž i citrát je obvykle přijímán v dávkách 0,3 – 0,5 g/kg BM.

Příjem bikarbonátu a citrátu je obvykle užitečnou strategií pro zlepšení výkonu ve sportovních disciplínách dosahujících téměř maximální intenzity po dobu trvání 1 – 7 min např. běh na 400 – 1500 m, plavání 100 – 400 m, kajak, veslování a kanoe. Sporty, které jsou založeny na opakovaných anaerobních výkonech, mohou též profitovat ze suplementace bikarbonátem. Příjem bikarbonátu a citrátu není u člověka v rozporu se zakázanými substancemi, ale není povolen v koňských a psích závodech. Je navíc totiž velmi nesnadné u sportovců stanovit užití bikarbonátu a citrátu, protože pH moči kolísá v závislosti na dietetickém charakteru stravy jako je vegetariánství nebo zvýšený příjem sacharidů (Heigenhauser, Jones, 1991).

Předložit přehled více než 50-ti studií o vlivu bikarbonátu a citrátu na sportovní výkon by značně převýšilo rámec této kapitoly (Heigenhauser, Jones, 1991; Linderman, Fahey, 1991; Maughan, Greenhaff, 1991; McNaughton, 2000). Meta-analýza (Matson, Tran, 1993) prakticky veškeré literatury spojené se suplementací bikarbonátu a citrátu předkládá některé zajímavosti. Tato analýza uvádí výsledky 29-ti randomizovaných, dvojitě slepých a crossover studií se suplementací bikarbonátu na fyzický výkon. Byly tetovány účinky 35-ti různých dávek (i víceúrovňové dávky) na celkovém souboru 285 probandů, jimiž byli zejména mladí muži a studenti. Byly zjištěny určité rozdíly v účinku a to v závislosti na velikosti dávky bikarbonátu a čase jeho příjmu. Nejpoužívanějším testem fyzického výkonu byla kontrolní měření na bicyklovém ergometru za podmínek časově různě dlouhých intervalů zátěže (od 30 s do 5 – 7 min) a různé intenzity, dále intervalové zátěže trvajících 1 min s krátkými pauzami na odpočinek.

V určitých studiích se zjišťovaly i další parametry (změny výkonu v určitém časovém úseku, celkově vykonaná práce, celková doba do naprostého vyčerpání za podmínek předem stanovené intenzity).

Výsledky této metaanalýzy předpokládají, že suplementace bikarbonátem vykazala celkově nižší pozitivní efekt na fyzický výkon s váženým účinkem o velikosti 0,44 tzn. že průměrně byla shledána v souvislosti s bikarbonátem o 0,44 směrodatné odchylky lepší odpověď na fyzický výkon, než tomu bylo v případě placebo. Na druhou stranu nebyla shledána výrazná souvislost mezi zvýšenou alkalizací krve, které bylo dosaženo v případě bikarbonátu, a fyzickým výkonem. Pozitivní účinky bikarbonátu se předpokládaly právě v těsném vztahu s metabolickou acidózou vznikající při zátěži, kde je důležitý především pH gradient na buněčné membráně plynoucí jednak z akumulace vodíkatých iontů intracelulárně a extracelulární alkalózy. Variabilita mezi jednotlivými studiemi zákonitě vede k závěru existence individuální odpovědi na příjem bikarbonátu, což předpokládá, že mechanismus působení bikarbonátu je mnohem složitější, než ten doposud presentovaný a výše uvedený. Některé teorie naznačují určitou tendenci k méně výrazné odpovědi na suplementaci bikarbonátu/citrátu u anaerobně trénovaných jedinců díky výkonnějšímu vnitřnímu nárazníkovému systému. Tento fakt souvisí i s pravděpodobným zhoršením těchto výkonů v důsledku vyšší spotřeby glykogenu plynoucí ze suplementace bikarbonátu/citrátu. Na druhou stranu, několik nových studií hodnotících efekt bikarbonátu a citrátu na základě specifických tréninkových programů u vrcholových sportovců tuto skutečnost nepotvrdilo (tabulka 1). Naopak, mnohé studie pracující s vrcholovými sportovci zaznamenaly zlepšení výkonu ve sportovních disciplínách, a to jak během krátkých výkonů (1-10 min) tak i při déletrvajících výkonech (30-60 min) o vysoké intenzitě (tabulka 1).

Do té doby, než další výzkum ozřejmí ty sportovní aktivity, které mohou těžit ze suplementace bikarbonátu a citrátu, je sportovcům doporučováno vyzkoušet si v tréninku příjem těchto látek pro kontrolu vlastní odezvy. Je však třeba počítat i s určitým experimentováním v rámci navození závodní situace tzn. s aplikací více dávek pro vyřazovací část závodu a pro finále. Sportovec by se měl zaměřovat nejen na potencionální zvýšení výkonu, ale též brát v úvahu možné nežádoucí účinky.

Tab. č. 1: Studie bikarbonátu a citrátu a jejich vliv na sportovní výkon

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
McNaughtan a kol. 1999	10 dobře trénovaných cyklistů mužů	300 mg/kg bikarbonátu	cyklistika 60 min.	ano	o 14% větší výkon s použitím bikarbonátu
Potteger a kol. 1998	9 cyklistů mužů	500 mg/kg citrátu	cyklistika 30 min.	ano	citrát zvýšil pH od ujetých 10 km a zvýšil výkon v úvodních 25 min
Stephens a kol. 2002	9 vytrvalostně trénovaných cyklistů mužů	300 mg/kg bikarbonátu	cyklistika 30 min. na 77% VO2 max. + výkon 30 min	ne	nárůst hladiny laktátu v krvi ale nebyl pozorován rozdíl ve využití svalového glykogenu nebo laktátu
Schabort a kol. 2000	9 vytrvalostně trénovaných cyklistů mužů	200 mg/kg, 400 mg/kg a 600 mg/kg citrátu	cyklistika 40 km obsahující 500m, 1km a 2km sprinty	ne	citrát zvýšil pH krve ale na výsledky sprintů i na celkový výkon na celé trati 40 km neměl vliv
Tryaki a Atterborn 1995	11 vysokoškolských běžců žen a 4 netréované	300 mg/kg bikarbonátu nebo citrátu	běh 600 m	ne	žádné zvýšení výkonu přes patrné změny v acido bazické rovnováze
Goldfinch a kol. 1968	6 trénovaných mužů	400 mg/kg bikarbonátu	běh 400 m	ano	zlepšení běžeckých časů, zvýšení pozátěžových hodnot pH
Wilkes a kol. 1963	6 univerzitních běžců mužů	300 mg/kg bikarbonátu	běh 900 m	ano	zlepšení běžeckých časů, zvýšení pozátěžových hodnot pH, laktátu a krevního bikarbonátu
Potteiger a kol. 1998	7 dobře trénovaných běžců mužů	300 mg/kg bikarbonátu a 500 mg/kg citrátu	běh 30 min na laktátové hranici + čas potřebný k 100% vyčerpání laktátu	ne	jak citrát tak bikarbonát zvýšily krevní pH během běhu pod laktátovou hranicí, žádné rozdíly ve výkonech v běhu do vyčerpání
Shave a kol. 2001	7 vrcholových běžců mužů a 2 vrcholových běžců žen	500 mg/kg citrátu	běh 3000m	ano	časy výkonů podstatně rychlejší u citrátu ve srovnání s placebem. Vysoké riziko gastrointestinální nouze
Gao a kol. 1988	10 vysokoškolských plavců	250 mg/kg bikarbonátu	plavání 5 x 100 yardů s 2 min. odpočinku	ano	rychlejší časy ve čtvrté a páté sérii
McNaughton a Cedaro 1991	5 vrcholových veslařů mužů	300 mg/kg bikarbonátu	veslování 6 min maximálním úsilím na ergometru	ano	nárůst v ujeté vzdálenosti, nárůst v laktátu

2.3 GLYCEROL

Glycerol je tříuhlíkatý alkohol, který je základem molekuly triglyceridů. Je uvolňován během lipolýzy a pomalu metabolizován a játrech a ledvinách. Sportovci nevyužívají glycerol jako zdroj energie, ale spíše jako hydratační prostředek. Per orální příjem glycerolu prostřednictvím glycerinu nebo jiných hyperhydratačních látek způsobuje snížení osmotického tlaku jeho výraznou absorpci a transport do všech částí těla. Jakmile je glycerol konzumován s větším objemem tekutiny, dochází i k jejímu vyššímu zadržování. Efektivní a doporučený hyperhydratační protokol spočívá v příjmu 1-1,5 g/kg glycerolu spolu s 25-35 ml/kg tekutiny. Díky jedné této dávce dojde ke zvětšení objemu tělesných tekutin přibližně o 600 ml a to především v důsledku redukce tvorby moče (Robergs, Griffin, 1998).

Hyperhydratace vyvolaná příjmem glycerolu může být užitečná pro ty sporty, kde dochází k vysokým ztrátám tekutin. Jde zejména o to, aby se předešlo narušení termoregulace tj. při vysokointenzivním cvičení v horkém prostředí, kde dochází obrovským ztrátám potu a možnosti doplnění tekutin jsou poněkud limitovány. Tento způsob hydratace může být též užitečný při krátké regeneraci mezi jednotlivými koly sportovního výkonu, při důležitých a intenzivních tréninkových jednotkách nebo se může uplatnit jako strategie u sportů, kde sehrává roli tělesná hmotnost. Vědecké sledování se nejdříve zaměřilo na možnosti hyperhydratace u vytrvalostních sportů (tabulka 2).

Výsledky vědeckých studií předkládají nekonzistentní výsledky, což je dáno rozdílem v metodologickém přístupu. V některých studiích byla např. zkoumána schopnost glycerolu navýšit množství tekutiny po jednorázovém příjmu jednu hodinu před výkonem, jinde se stal předmětem zkoumání vliv glycerolu za podmínek omezeného příjmu tekutin (Inder et al. 1998). V současnosti se za neefektivnější strategii příjmu glycerolu považuje maximalizace retence tělních tekutin před výkonem, pokud dále nemůže dojít ke kompenzaci deficitu tekutin způsobených tělesnou aktivitou. V některých (ne ve všech) studiích tohoto typu, byla hyperhydratace na podkladě glycerolu spojena se zlepšením výkonu převážně u vrcholově trénovaných sportovců (Anderson et al. 2001; Coutts et al. 2002; Hitchins et al. 1999). Je však nutné podotknout, že vysvětlení tohoto účinku zatím nelze spojovat ani s možnými výhodami plynoucími ze zvýšené ztráty potu, ani z

lepší schopnosti rozptýlení tělesného tepla a utlumení srdečních a termoregulačních mechanismů. Proto by se další výzkum měl zaměřit na prokázání těchto faktů.

Mezi nepříznivé účinky suplementace glycerolu patří žaludeční nevolnost a bolesti hlavy, které mají původ ve zvýšení nitrolebečního tlaku. Dobře promyšlený a kvalitně provedený příjem může snížit riziko těchto zdravotních problémů, ačkoliv někteří jedinci jsou vůči nim náchylnější. Ačkoliv se zdá, že glycerolová hyperhydratace přináší určité výhody pro sportovce vytrvalostních disciplín zejména v horkém prostředí, suplementace by měla vždy probíhat za asistence sportovních lékařů a být používána jen při závodech po předchozí znalosti účinku na daného jedince a perfektně vyladěného suplementačního protokolu.

Tab. č. 2: Studie ovlivnění výkonu hyperhydratací vyvolanou glycerolem

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování glycerolu	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Anderson a kol. 2001	6 dobře trénovaných cyklistů mužů	1 g/kg s 20 ml/kg nízko kalorického roztoku	cyklistika 90 min + 15 min časovka v prostředí s teplotou 35C	ano	Zlepšení výkonu v 15 min časovce, žádné změny ve svalovém metabolismu, snížení konečnickové teploty v 90 min. zatížení
Hitchins a kol. 1999	9 dobře trénovaných cyklistů mužů	1 g/kg s 22 ml /kg zředěného sportovního nápoje, 2,5 hod. před zátěží	cyklistika 30 min stabilním tempem + 30 min časovka v prostředí s teplotou 32C	ano	Podání glycerolu zvýšil tělesnou vodu o 600 ml a zvýšil výkon o 5% v časovce, žádný rozdíl v kardiovaskulární termoregulaci
Inder a kol. 1999	9 vysoce trénovaných triatlonistů mužů	1 g/kg s 500 ml vody, 4 hod. před zátěží	cyklistika 60 min na 70% VO2 max s postupnou jízdou do vyčerpání	ne	Glycerol byl požit s malým množstvím vody, žádný nárůst vody v předzátěžovém stavu nebo v potu a moči během zatížení. Bez rozdílů v dosaženém času v jízdě do vyčerpání. U 3 probandů se objevily zažívací potíže s glycerolem
Montner a ko. 1996	11 mužů a 7 žen aktivních cyklistů	1,2g/kg s 26 ml/kg vody, 1hodina před zátěží, sportovní nápoje během zátěže	cyklistika na 60% VV max do vyčerpání	ano	Snížená srdeční činnost a zvýšený čas vyčerpání o 20%

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování glycerolu	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Latzka a kol. 1998	9 na teplo aklimatizovaných mužů	1,2 g/kg a 29 ml/kg vody, 1 hodina před zátěží	běh na běhátku na 55% VO ₂ max do vyčerpání nebo zvýšené konečnickové teploty, horké prostředí 35 C bez následného podávání tekutin	ano	Zvýšení tělesné tekutiny o 1400 ml, zvýšení času vyčerpání, změny ve výkonu neobjasněné ve ztrátách potu, srdeční činnosti nebo teplotě. Určité zažívací problémy a bolesti hlavy.
Coutts a kol. 2002	7 mužů a 3 ženy dobře trénovaní triatleti	1,2 g/kg + 25 ml/kg spotrovního nápoje, 2 hod. před zátěží	Olympijský triatlon, teplotní podmínky 25 až 30 C	ano	Pokles běžeckého výkonu mezi teplým a horkým prostředím byl vyšší u kontrolní skupiny než u glycerolové, největší rozdíly se objevovaly v horkých dnech. Hyperhydratace zvýšila zadržování pití a omezila močení

2.4 KOLOSTRUM

Kolostrum je na proteiny bohatá látka, která se vyskytuje v mateřském mléce po dobu několika dní po narození dítěte. Je to látka plná živin, imunoglobulinů a inzulínu podobné růstové faktory (IGF). Střevo novorozence je narozdíl od střeva dospělého člověka propustnější a absorbuje tak celé proteiny včetně imunoglobulinů. Tím se vytváří imunita dítěte. Některé firmy nedávno přišly s novými suplementy obsahující kolostrum, které je získáváno z kravského mléka.

V roce 1997 bylo publikováno několik vědeckých článků v nichž osmítýdenní suplementace výrobku obsahující kolostrum (BioenergieTM) zvýšila sérové hladiny IGF-1 na vzorku sportující populace (Mero et al. 1997). Na základě těchto výsledků vyvstaly následující otázky: zda-li dospělý organismus dokáže vstřebávat proteiny v intaktní formě a především zda-li opravdu tento suplement obsahuje IGF-1, anabolický hormon, který se nalézá na listině zakázaných látek IOC. Předpokládá se však, že problematika stanovení IGF-1 značně přispěla k výše uvedeným výsledkům studie. Tři po sobě následující studie nepotvrdily u sportovců ani dočasný (Kuipers et al. 2002), ani trvalý (Buckley et al. 2002; Coombes et al. 2002; Kuipers et al. 2002) vzestup hladiny IGF-1 v krvi

po suplementaci kolostra v dávce 60 g/den obsaženého obdobném výrobku (IntactTM). Na druhou stranu, další studie (Mero et al. 2002) zaznamenala 17 % nárůst sérového IGF-1 po té, co sportovci suplementovali po dobu dvou týdnů kolostrum (20 g/den) obsažené v dalším výrobku (DynamicTM). Na základě této studie bylo též zjištěno, že většina IGF-1 obsaženého v suplementu je spíše než vstřebána, degradována v prostředí gastrointestinálního traktu a že zvýšení plasmového IGF-1 za základě per orálního příjmu kolostra je způsobeno jeho stimulací na vnitřní syntézu IGF-1. Kolostrum se nenalézá na listině zakázaných látek IOC ani Mezinárodní dopingové federace. Ve studii (Kuipers et al. 2002) nebyl prokázán pozitivní dopingový nálezh ve vzorku moči v souvislosti se 4-týdenní suplementací kolostra v dávce 60 g/den.

Ještě nějaký čas potrvá, než bude kolostrum podrobena většímu počtu studií a jeho účinky podrobněji popsány v kvalitní literatuře. Za posledních 12 měsíců bylo publikováno několik studií, jejich seznam k říjnu 2002 se nalézá v tabulce 3. Několik studií pracovalo s dlouhodobou suplementací (8-9 týdnů) s fyzicky lehce aktivními jedinci (Buckley et al. 2002) až po vrcholově sportující jedince (Brinkworth et al. 2002; Hofman et al. 2002) za současně kvalitního monitoringu tréninku a stravy. Je však velmi těžké z těchto studií vyvozovat závěry, neboť jsou ve značné míře založeny na důvěře mezi sportovci a výzkumnými pracovníky. V každém případě, přehled dostupné literatury posuzující vliv kolostra na sportovní výkon není jednotný a konzistentní, pokud jde o dlouhodobou suplementace (tabulka č. 3).

Ve všech dostupných studiích se nalézá pouze minimum informací vedoucích k objasnění mechanismu, prostřednictvím kterého kolostrum může ovlivnit sportovní výkon. Někteří autoři se domnívají, že kolostrum může stimulovat absorpci živin přes stěnu střeva mechanismem stimulace střevní mukózy. Tento fakt je však předmětem spekulací. Vliv kolostra na hladinu krevního IGF-1 je spekulativní, ale byl by možným zdrojem zvýšení syntézy svalových bílkovin. V studii (Mero et al. 2002) se uvádí zvýšení slinných imunoglobulinů A (IgA), což je velice důležitý obranný faktor v boji proti virům, které napadají respirační a zažívací systém. Tyto výsledky jsou ovšem v přímém rozporu s předchozími studiemi (Mero et al. 1997). Lze v zásadě říci, že studie popisující pozitivní metabolickou či fyziologickou odpověď na předchozí suplementaci kolostra poněkud postrádají translokační prvek představující výhody

pro sportovní výkon (Antonio et al. 2001; Brinkworth et al. 2002; Mero et al. 1997). Změny v tělesné kompozici tj. nárůst aktivní hmoty v neprospěch tukové tkáně jsou při suplementaci kolostra rovněž rozporuplné. Zatímco ve studii Antonio et al. 2001 údajně došlo ve skupině přijímající kolostrum oproti placebo skupině k nárůstu čisté svalové hmoty, v jiných studiích (Brinkworth et al. 2002; Buckley et al. 2002; Coombes et al. 2002; Hofman et al. 2002) nebyly shledány jakékoliv rozdíly v tělesném složení mezi intervenovanou a placebo skupinou.

Jednoduše řečeno, kolostrum je „horkým“ suplementem ve světě sportu a rozhodně si zasluhuje další výzkum. Prozatím neexistují přesvědčivé důkazy, které by dokázaly vymezit možné příznivé dopady na sportovní výkon, chybí i informace o tom, která skupina sportovců by potenciálně mohla těžit ze suplementace kolostra. Uvědomíme-li si, že cena této látky je 25-70 \$ na týden za předpokladu 20-60 g kolostra na den a že za účelnou dobu suplementace se považuje alespoň doba 4 týdny, nejedná se v žádném o levnou záležitost.

Tab. č. 3: Studie hodnotící suplementaci kolostra na sportovní výkon

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování kolostria	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Buckley a kol. 2002	30 aktivních mužů (kolostrum - 17, placebo - 12)	8 týdnů 60 g/den	2x běh na běhátku, VO2 max - 30 min, pauza mezi zátěží 20 min, test proveden na začátku, po 4 týdnech a po 8 týdnech	4 týdny - ne, 8 týdnů - první běh ne, druhý běh ano	Trénink zlepšil výsledky testů u obou běhů po době 8 týdnů. Bez rozdílu mezi testovanou a kontrolní skupinou po 4 týdnech, i když je patrný pokles výkonu u druhého běhu u testované skupiny. Po 8 týdnech bez rozdílu ve výkonu v prvním běhu, ve druhém zlepšení výkonu u testované skupiny, zřejmě díky lepší regeneraci po prvním běhu.
Cornbes a kol. 2002	28 trénovaných cyklistů mužů (10 - vysoká dávka kolostria, 9 - nízká dávka kolostria, 9 - placebo)	8 týdnů 60 g/den u vysoké dávky, 20 g/den	1,5 hod./den cyklistika, test na začátku a po 8 týdnech - 2x VO2 max test s pauzou 20 min, 2 hodiny na 65% VO2 max + 12 min. časovka	ne pro jakýkoliv cyklistický maximální test, jinak ano	Malý ale nesignifikantní růst u VO2 max u všech skupin na konci 8. týdne, ale žádné rozdíly mezi skupinami. Výraznější zlepšení po 8 týdnech v časovce u obou kontrolních skupin

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování kolostria	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Brinkworth a kol. 2002	13 vrcholových veslařů žen, 7 - testovaná skupina, 6 - kontrolní skupina	9 týdnů 60 g/den	18 h/týden veslování + 3 týdny odolnostní trénink. Testy na začátku a po 9 týdnech - 2x postupný veslovací test s 15 min. odpočinku, interval 3x4 min. submaximálně + 4 min. maximálním úsilím	ne	Výkon se zlepšil po 9 týdnech u obou sledovaných skupin. Bez rozdílu mezi skupinami v maximálním výkonu.
Hofmann a kol. 2002	17 mužů a 18 žen vrcholových hokejistů (9 žen a 9 mužů - testovaná skupina, 8 žen a 9 mužů - placebo)	8 týdnů 60 g/den u vysoké dávky, 20 g/den	3 týdny trénink a 1/týden utkání, testy na začátku a po 8 týdnech - 5x10m sprint, skok vysoký z místa, člunkový běh, "sebevražedný" obratnostní test	5x10 m sprint ano, ostatní ne	U obou skupin žádné zlepšení ve všech disciplínách kromě 5x10m sprint. Signifikantní zlepšení v tomto běhu u obou skupin, u testované výraznější.
Antonio a kol. 2001	14 mužů a 8 žen odolně trénovaných	8 týdnů 20 g/den	3 týdny aerobní a odolnostní trénink, testy na začátku a po 8 týdnech - běhátkový běh do vyčerpání, bench press: 1 opakování max., submaximální opakování do vyčerpání	ne pro jakýkoliv cyklistický maximální test, jinak ano	U výkonu bez rozdílu u obou skupin

2.5 HMB

β -hydroxy- β -methylbutyrát (HMB), metabolit aminokyseliny leucinu, je považován v souvislosti se silový tréninkem za látku zvyšující nárůst svalové hmoty i síly a urychlující následnou regeneraci (Slater, Jenkins, 2000). Uvádí se, že HMB působí jako antikatabolický prostředek, který minimalizuje rozklad proteinů a poškození buněk při tělesné zátěži o vysoké intenzitě. Předpokládá se, že antikatabolické účinky, které jsou často spojené s nasycením leucinem, jsou v období stresu zprostředkovány právě díky HMB. Zájem o HMB pochází z prostředí studií provedených na zvířatech. Mnohé tyto studie, nikoliv však všechny, zaznamenaly nárůst jateční hmotnosti neboli efektu krmení, který je definován jako hmotnostní přírůstek na jednotku krmiva během období růstu zvířete (Slater, Jenkins, 2000). HMB byl poprvé ve světě sportu představen v polovině devadesátých let a již v roce 1998 zaznamenal nebývalého prodejního úspěchu, který se jen v USA odhadoval na 30-50 mil. \$ (Slater, Jenkins, 2000).

Ačkoliv byla suplementace HMB a její vliv na sportovní výkon podrobena vysokému počtu vědeckých studií, v tabulce č. 4 jsou shrnuty pouze ty, které byly publikovány v kvalitní vědecké literatuře a v kompletní verzi (ve full textu). V těchto studiích byl vliv suplementace HMB posuzován prostřednictvím změn tělesné kompozice a svalové síly. Nelze v nich však nalézt shodu pokud jde o mechanismus pozitivního působení suplementace HMB v souvislosti se silovým tréninkem. Nedávná metaanalýza shrnující výsledky těchto studií zaznamenala nárůst v aktivní hmotě (0,28 % za týden) a v přírůstcích síly (1,4 % za týden), avšak účinek těchto změn byl menší než 0,2 , což je významně málo (Nissen, Sharp, 2003). V dalších studiích monitorujících indexy svalového poškození po excentrické svalové práci při suplementaci HMB došlo k jejich snížení (Knitter et al. 2000) nebo se naopak žádný vliv nepodařilo prokázat (Paddon-Jones et al. 2001).

Je opravdu velmi nesnadné na základě současného výzkumu nalézt mezi jednotlivými studii jednotnou shodu. Jedna z teorií říká, že suplementace HMB je nejefektivnější v jejích raných fázích nového tréninkového programu, dále v případě netréňovaných jedinců, kteří začnou vykonávat silový trénink, a to prostřednictvím výrazného snížení katabolické odpovědi na předchozí zátěž, do úvahy připadá i potlačení důsledků zátěžových traumat plynoucích z nových tréninkových stimulů. Jakmile dojde k adaptaci na tréninkové podmínky, sníží se i katabolismus v důsledku tréninkové zátěže a suplementace HMB již nevykazuje prokazatelná pozitiva. Pokud by tomu tak nebylo, je nutné vysvětlit, proč má HMB pozitivní dopad spíše na nováčky v oblasti silového tréninku a ne na trénované jedince a dále proč se s pozitivními výsledky setkáváme v krátkodobých studiích tj. 2-4 týdny a ne v dlouhodobějších studiích (8 týdnů). Vzhledem k těmto skutečnostem a v rámci definování, za jakých okolností může být HMB účinný tréninkový suplement, je potřeba dalších studií.

Tab. č. 4: Studie hodnotící suplementaci HMB na sportovní výkon

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování HMB	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Slater a kol. 2001	27 vrcholových veslařů a hráčů vodního póla mužů	placebo nebo 3 g/den po dobu 6 týdnů	Silový trénink 3 týdny + trénink souvisejících sportů, testy na začátku, po 3 a po 6 týdnech v bench pressu, leg pressu a shybech	ne u každého ze tří testovaných položek	U všech skupin došlo k růstu svalové síly bez viditelného rozdílu mezi jednotlivými skupinami. Bez rozdílu v moči nebo krevní plazmě.
Jowko a kol. 2001	40 netrénovaných mužů	placebo nebo 3 g/den HMB, HMB-kreatinu nebo kreatinu po dobu 3 týdnů	Silový trénink, testy na začátku a po 3 týdnech v síle v různých silových cvičeních	ano	Kreatin způsobil nárůst svalové síly, který byl u testované skupiny větší než u placebo skupiny. HMB redukuje úroveň plazmy a množství dusíku v moči
Vukovich a kol. 2001	9 trénovaných cyklistů mužů, přechodová studie	placebo, 3 g/den leucin nebo 3 g/den HMB	Cyklistický trénink, testy před po každém druhém týdnu na doplnění VO2	ano	Signifikantní růst v VO2max po podávání HMB
Panton a kol. 2000	39 mužů a 36 žen na různých výkonnostních úrovních	placebo nebo 3 g/den HMB po dobu 4 týdnů	Silový trénink 3 týdny, testy na začátku a po 4 týdnech, síla v různých silových cvičeních	ano	Výzkumná HMB skupina prokazovala růst svalové síly v horní polovině těla a úbytek tělesného tuku než kontrolní placebo skupina bez ohledu na pohlaví nebo tréninkovou úroveň
Gallagher a kol. 2000	37 netrénovaných mužů	placebo, 3 g/den nebo 6 g/den HMB po dobu 8 týdnů	Silový trénink po dobu 3 týdnů, testy na začátku a po 8 týdnech - 1 opakování do maxima v 10 různých cvičeních - maximální izometrická a isokinetická (izotonická) kontrakce	ne u maximálního opakování, ano u maximální izometrické a izotonické kontrakce	Bez rozdílu v silových výkonech při jednom opakování do maxima. Zlepšení výkonu u maximální izometrické a izotonické kontrakce u výzkumné skupiny 3 g/den než u kontrolní placebo skupiny a výzkumné skupiny 6 g/den. Pokles v plasmě patrný u HMB více než u placebo
Kreider a kol. 1999	40 silově trénovaných mužů	placebo, 16 g/den HMB, 3 g/den HMB po dobu 4 týdnů	Silový trénink 7 h/týden, testy na začátku a po 4 týdnech - bench press - leg press	ne u obou testovaných veličin	Bez rozdílu v růstu síly mezi skupinami nebo v úbytku tělesného tuku. Bez rozdílu mezi úrovní plazmy
Nissen a kol. 1996	41 netrénovaných mužů	placebo, 1,5 g/den nebo 3 g/den po dobu 3 týdnů	Silový trénink po dobu 3 týdnů, testy na začátku a po 3 týdnech - shyby	ano	Trn v růstu aktivní tělesné hmoty u testované skupiny, lepší výsledky v testu u testované skupiny v porovnání s kontrolní skupinou

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování HMB	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Nissen a kol. 1996	Silově trénovaní muži	3 g/den po dobu 7 týdnů	Silový trénink 2-3 hod-/den, testy na začátku a po 7 týdnech - bench press a dřep	ano u bench pressu, ne u dřepu	Kontrolní skupina na začátku vykazovala větší sílu v horní části těla. U výzkumné skupiny chyběl nárůst aktivní tělesné hmoty po 7 týdnech. Výživa nebyla kontrolována..

2.6 RIBÓZA

Ribóza je pentózový cukr, který je základem mnohých pro tělo důležitých látek včetně adenin nukleotidů – ATP, ADP a AMP. Ribózu je možné nalézt v běžné stravě, její čistá forma začala být v nedávné době používána ke komerčním účelům a našla si tak cestu do oblasti sportovní výživy. Per orálně přijatá ribóza je velmi rychle vstřebána a to i v případě příjmu poměrně velkého množství (100 g). Na druhou stranu, cena 700 \$ za kilogram ribózy představuje velice drahou formu sacharidů.

Metabolismus pentózy fosfátu je v lidském těle limitován vzájemnou přeměnou ribózy-5-fosfátu a glukózy, ribóza-5-fosfát může být přeměněna fosforibósyl pyrofosfát (PRPP), který je posléze uplatněn při syntéze zásoby adenin nukleotidů. Předpokládá se, že při nedostatku PRPP může dojít k utlumení těchto procesů a na druhou stranu se ukázalo, že infúze obsahující ribózu potencuje regeneraci ATP i funkční předpoklady pro výkonnost při kyslíkové nedostatečnosti srdečního svalu na zvířecím modelu (Op'T Eijnde et al. 2001). Dále se zjistilo, že sportovní aktivity o vysoké intenzitě způsobují snížení obsahu ATP ve svalu i snížení celkového počtu adenin nukleotidů. To je pravděpodobně způsobeno útlumem jejich novotvorby, která se nestačí vyrovnat masivním degradačním procesům nukleotidů. Per orální příjem ribózy zřejmě dokáže zvýšit celkový obsah nukleotidů i jejich syntézu, čímž je pravděpodobně dosaženo rychlejší regenerace po intenzivní zátěži významně snižující obsah adenin nukleotidů. U sportovních suplementů poskytujících 3-5 g ribózy v jedné dávce se uvádí „výrazně snížená doba regenerace ze 72 h na 12 h“ a ve spojitosti se suplementací kreatinu „nejdokonalejší způsob zajištění energie“. Objevilo se hned

několik studií ve formě konferenčních abstraktů zabývajících se suplementací ribózy u sportovců, jejichž trénink spočíval v opakované zátěži o vysoké intenzitě.

Do dnešního dne byla ve vědecké literatuře publikována pouze jedna full textová studie (Op T Eijnde et al. 2001). V této studii byl posuzován obsah adeninů ve svalu a změny v silovém projevu. Studie byla rozdělena na dvě části, mezi kterými následoval časový odstup 24 hodin. Každá tato část spočívala v sedmitýdenním tréninkovém programu s charakterem intermitentní zátěže ve dvou oddělených sériích. Při druhém sedmidenním cyklu přijímala část probandů 4 g ribózy/ placebo denně. První série vyvolala u všech testovaných probandů úbytek veškerých svalových nukleotidů, při druhé sérii došlo ke snížení svalového ATP o 20 %. Suplementace ribózou nevyvolala žádné změny vedoucí ke zvýšené regeneraci ATP ani nevyvolala žádné změny v nárůstu svalové síly s charakterem maximální intenzity (Op T Eijnde et al. 2001). Autoři uvádějí, že změny hladiny plazmové ribózy dosažené její suplementací byly natolik nízké, že ani nemohly signifikantně ovlivnit pozitivní tvorbu nukleotidů. Použité dávkování bylo přitom vyšší, než jaké je běžně doporučováno výrobcí sportovních suplementů. V této oblasti je potřeba dalších studií, konečná doporučení by měla však brát zřetel na praktické využití v souvislosti s vysokými výdaji za suplementy obsahující ribózu.

2.7 L-KARNITIN

První zprávy o karnitinu přicházejí z počátku dvacátého století. Tehdy byl považován za vitamín a tedy za esenciální komponentu stravy. Později se ukázalo, že karnitin může být tvořen v játrech a ledvinách a to z prekurzorů – aminokyselin lysinu a methioninu. Proto už dále za esenciální část stravy není považován. Většina živočišných zdrojů obsahuje přírodní karnitin, jeho obsah se však v průběhu vaření a celkové přípravy jídla ztrácí, čímž je ve skutečnosti velice složité odhadnout jeho příjem stravou. Ať už karnitin přijatý stravou nebo syntetizovaný tělem, vždy se jedná o L-isomer, který je transportován krevním řečištěm a ukládán zejména v srdečním a kosterním svalu. V těchto tkáních karnitin hraje důležitou úlohu v metabolismu tuků a sacharidů.

Karnitin je součástí enzymu karnitin palmityltransferáza I (CPT-I), karnitin palmityltransferáza II (CPT-II) a karnitin-acylkarnitintranslokáza (CAT). Tyto enzymy jsou důležité při transportu dlouhých řetězců mastných kyselin skrze

stěnu mitochondrie, kde se nalézá místo jejich oxidace. Na základě této skutečnosti se karnitin stal velice populární složkou mnohých sportovních suplementů. Nastala jeho propagace jakožto účinné látky snižující obsah tělesného tuku a zajišťující redukci tělesné hmotnosti. Zvýšená oxidace mastných kyselin může být skutečně pozitivním faktorem ve vytrvalostních sportech zejména tam, kde je tělo limitováno množstvím uskladněného glykogenu, který je za těchto podmínek ušetřen.

V průběhu cvičení karnitin hraje velice důležitou úlohu při produkci acetyl-CoA. Dochází k jeho přeměně na acetyl-karnitin a CoA, čímž karnitin napomáhá udržet nabídku CoA a snížit tak poměr acetyl-CoA: CoA. Pokud by suplementace karnitinem skutečně dokázala stimulovat tento proces, pak by zajisté došlo i ke stimulaci cyklu kyseliny citrónové. Dále by došlo i ke zvýšení aktivity enzymu pyruát dehydrogenázy, která je inhibována vysokou koncentrací CoA, a tím i k urychlení oxidativního metabolismu glukózy. Pravděpodobně by i dále byla snížena produkce laktátu, což by nesporně v pozitivním smyslu ovlivnilo sportovní výkon, kde dochází k vysoké produkci laktátu a tím i ke kumulaci vodíkatých iontů. Rozsáhlý přehled o funkci karnitinu je rozpracován v následujících publikacích: Cerretelli, Marconi, 1990; Clarkson, 1992; Heinonen, 1996; Wagenmakers, 1991).

Jestliže je svalová aktivita karnitinu nedostatečná, jako je tomu např. u vrozených vad metabolismu, jedinec projevuje anomálie v metabolismu tuků a je u něho snížena i schopnost fyzického výkonu. Suplementace karnitinem je v těchto případech formou terapie vedoucí k potlačení těchto symptomů. Zda-li ovšem nadměrný příjem karnitinu vede u zdravých jedinců ke stimulaci metabolismu a tím i ke zvýšení sportovního výkonu, je zcela odlišnou otázkou. Aby bylo možné v této souvislosti mluvit o pozitivním dopadu karnitinu, musel by být naplněn alespoň jeden nebo více z následujících předpokladů: těžký trénink snižuje optimální hladinu svalového karnitinu, suplementace karnitinem zvyšuje koncentraci svalového karnitinu, limitujícím faktorem v transportu mastných kyselin je právě karnitin, karnitin je limitujícím faktorem aktivity pyruát dehydrogenázy a tím i aktivity cyklu kyseliny citrónové. Ať tak či onak, napříč literaturou existují značné pochybnosti o potenci karnitinové stimulace ve spojitosti s urychlením metabolismu (Wagenmakers, 1991; Heinonen, 1996). Tato literatura předpokládá, že normální hodnoty karnitinu se zdají být naprosto

dostatečné, pokud jde o funkci CPT-1 a CPT-2 a že neexistuje žádný důkaz inhibice oxidace tuků v závislosti na transportu mastných kyselin. Je dále více než pravděpodobné, že pyruát dehydrogenáza je plně aktivní po dobu trvání fyzické zátěže o vysoké intenzitě. Jen těžko lze připustit možnost vyšší aktivity pyruát dehydrogenázy způsobné další nabídkou karnitinu.

Otázka optimální koncentrace karnitinu ve svalech je v případě sportovců zcela zásadní. Je známo, že fyzická aktivita podporuje uvolňování karnitinu do moči a skutečně existuje možnost vyšších ztrát karnitinu během intenzivního tréninku. Chybí však jakýkoli přesvědčivý důkaz o tom, že koncentrace svalového karnitinu může být zvýšena v důsledku jeho suplementace i přesto, že v mnohých studiích byla sledována vyšší hladiny plasmového karnitinu u probandů, kteří suplementovali 1-6 g/den (Cerretelli, Marconi, 1990; Wagenmakers, 1991; Heinonen, 1996). V tabulce č. 5 jsou uvedeny studie hodnotící vliv karnitinu na metabolické změny vyvolané fyzickou aktivitou a na samotný sportovní výkon. Z celkové bilance těchto studií lze vyčíst jen nepatrné důkazy o zvýšení sportovního výkonu během submaximální a maximální intenzity. Ačkoliv je hojně proklamován údajný pozitivní vliv karnitinu na množství tělesného tuku, v případě sportovců nebyla tato skutečnost dosud zkoumána.

Tab. č. 5: Studie s karnitinem

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování karnitinu	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Barnett a kol. 1994	9 netrénovaných mužů, přechodová studie	4 g/den po dobu 14 dní	cyklistika - 4 min jízda na 90% VO ₂ max + 5 x 1 min jízda na 115% VO ₂ max.	ne	Podávání látky nezvýšilo obsah svalového karnitinu. Beze změny v množství laktátu v průběhu submaximálního a nadmaximálního výkonu
Vulkovich a kol. 1994	9 netrénovaných mužů, přechodová studie	6 g/den po dobu 7 a 14 dní	cyklistika 60 min na 70% VO ₂ max. , výživa s vysokým obsahem tuků k podpoře dostupnosti lipidů	ne	Beze změny ve svalovém karnitinu po podání látky. Bez efektu ve využití dokonce i po dietní strategii k podpoře dostupnosti lipidů
Gorostiage a kol. 1969	10 vytrvalostně trénovaných mužů a žen, přechodová studie	2 g/den po dobu 28 dní	cyklistika 45 min. na 66% VO ₂ max. + 60 min zotavení v sedu	ano	Nevýznamný trend ke zvyšování přijímání O ₂ , srdeční tepové frekvence, krevního glycerolu

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování karnitinu	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Soop a kol. 1988	7 středně trénovaných mužů, přechodová studie	5 g/den po dobu 5 dní	cyklistika 120 min na 50% VO ₂ max.	ne	Bez účinku na svalové využívání substrátu po dobu cvičení nebo odpočinku
Cycno-Enguelle a kol. 1968	10 netrénovaných mužů, přechodová studie	2 g/den po dobu 4 týdnů	cyklistika 60 min na 50% VO ₂ max + 120 min. odpočinek	ne	Beze změn v fyziologických parametrech a krevních metabolitech
Decombaz a kol. 1993	9 netrénovaných mužů, přechodová studie	3 g/den po dobu 7 dní	cyklistika - 20 min. na 60% VO ₂ max.	ne	Metabolismus substrátu nebyl ovlivněn během submaximální zátěže dokonce ani po glykogenovém vyčerpání a situaci vysokého lipidového toku
Siliprandi a kol. 1990	10 středně trénovaných mužů, přechodová studie	přísně kontrolováno 2 g, 1 hodinu před cvičením	cyklistika - jízda do vyčerpání	ano	Růst času vyčerpání, karnitin redukoval růst laktátu a pyruvátu v plazmě po maximální práci. Ale dávkování a načasování pro využití přímo do svalu se zdá být nerealistické
Vecchiet a kol. 1990	10 středně trénovaných mužů, přechodová studie	přísně kontrolováno 2 g, 1 hodinu před cvičením	cyklistika - postupná jízda do vyčerpání	ano	Růst času a výkonu do vyčerpání. Pokles produkce laktátu a spotřeby kyslíku. Ale dávkování a načasování pro využití přímo do svalu se zdá být nerealistické
Greig a kol. 1987	9 netrénovaných mužů a žen, 10 netrénovaných mužů a žen, přechodová studie	2 g po dobu 4 týdnů, 2 g/den po dobu 2 týdnů	cyklistika - postupný test do vyčerpání	ne	Bez významné fyziologické změny. Změny ve výkonu byly malé.
Trappe a kol. 1994	20 vysoce trénovaných vysokoškolských plavců mužů	4 g/den po dobu 7 dnů	plavání 5 x 91,4m	ne	Bez rozdílu ve výkonech mezi skupinami a pokusy
Colombani a kol. 1996	7 vytrvalostně trénovaných atletů mužů, přechodová studie	2 g, 2 hodiny před během a na 20 km	maratónský běh + submaximální tes na výkon den po maratónu	ne	Beze změn v metabolismu nebo v dosaženém čase. Beze změn v regeneraci a výkonu v submaximálním testu následující den
Marconi a kol. 1985	6 středně trénovaných chodců mužů, přechodová studie	4 g/den po dobu 2 týdnů	běh, nadmaximální práce (odrazy) + ustálený VO ₂ max + submaximální běh	ano ?	Růst v VO ₂ max. O 6%. Avšak bez efektu na využití kyslíku nebo změny v akumulování laktátu po odrazech. Výsledek se zdá být rozporuplný

2.8 KOENZYM Q 10

Koenzym Q10 neboli ubichinon je neesenciální v tučích rozpustná látka, kterou lze nalézt zejména v živočišné stravě a v nízkých koncentracích i ve stravě rostlinné. V lidském těle je primárně uložena v mitochondriích kosterního a srdečního svalu. Koenzym Q10 představuje článek transportu elektronů při produkci ATP. Dále je součástí antioxidantního obranného systému mitochondrie, kde chrání buněčnou DNA a membrány. Některé srdeční a neuromuskulární dysfunkce jsou dávány do spojitosti právě s nedostatkem koenzymu Q10. U pacientů s ischemickou chorobou srdeční je signifikantně nižší koncentrace plazmového koenzymu Q10, jehož suplementací lze v tomto případě zvýšit tělesný výkon. Reklamní kampaň zaměřená na prodej suplementů obsahujících koenzym Q10 hlásá pocity svěžesti, životní energie a pocit mladosti. V případě sportovců je pak slibována podpora tvorby energie a snížení nepříznivých dopadů oxidativních procesů vznikajících při zátěži.

Souhrn vědecké literatury posuzující účinek koenzymu Q10 na metabolické procesy při tělesné zátěži a jako antioxidantu je v tabulce č. 6. Na základě této literatury je možné konstatovat pouze minimální účinky koenzymu Q10 na sportovní výkonem. Studie provedené v Karolínském Institutu ve Švédsku souhlasně podporují názor, že koenzym Q10 má *ergolytické* neboli negativní účinky na vysokointenzivním sportovní výkonu i tréninkovou adaptaci (Malm et al. 1997; Malm et al. 1996; Svennson et al. 1999). Tyto studie přinesly výsledky o zvýšeném poškození vlivem oxidativních procesů vznikajících při vysokointenzivní zátěži při suplementaci koenzymu Q10 u netrénovaných jedinců. 22-denní suplementace a souběžný vysoointenzivní trénink zvýšili oxidativní poškození, které bylo stanoveno měřením koncentrace kreatin kinázy (zvýšeno) a malondialdehydu (Malm et al. 1997; Malm et al. 1996). Začlo se spekulovat, zda-li se za těchto okolností koenzym Q10 neprojevuje spíše jako prooxidant než antioxidant. Na konci suplementační fáze bylo zjištěno, že se tréninková adaptace za podmínek vysokointenzivního zátěže u intervenované skupiny oproti placebo skupině snížila (Mahl et al. 1997).

Budoucí studie by měly dále ověřovat účinky koenzymu Q10 na sportovní výkon a trénink. V současnosti nelze sportovcům doporučit při intenzivní zátěži

suplementaci koenzymu Q10. Příjem antioxidantů je komplexem, v jehož souvislosti zůstává mnoho nevyřešených otázek.

Tab. č. 6: Studie suplementace koenzymu Q10

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování koenzymu Q10	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Svensson a kol. 1999	17 dobře trénovaných mužů	110 mg/den po dobu 20 dní	cyklistika - 30 s max. tempo + 10 x 10 s max. tempo	ne	Podání substrátu zvýšilo plazmu, ale ne svalový koenzym Q10. Neovlivnil ani katabolismus purinu
Kaikkonen a kol. 1996	36 středně trénovaných běžců mužů	90 mg/den po dobu 3 týdnů + vitamin E	běh, maratón (test)	ne	Beze změn v ukazatelích kyslíku a svalových poškození v následném maratónském běhu
Nielsen a kol. 1999	7 dobře trénovaných triatletů mužů	100 mg/den po dobu 6 týdnů + vitamin E a C	cyklistika - postupný VO ₂ max test do vyčerpání	ne	Bez účinku na maximální spotřebu kyslíku nebo svalový metabolismus
Malm a kol. 1997	18 mužů	120 mg/den po dobu 22 dní	cyklistika, anaerobní trénink + submaximální test prováděný po 2 dnech od podání látky	ne	Koenzym Q10 prokázal negativní účinky na anaerobní výkon v cyklistice
Weston a kol. 1997	18 trénovaných cyklistů a triatletů	1 mg/kg/den po dobu 28 dní	cyklistika - normální trénink po dobu 28 dní během podávání doplňku. Postupný test do vyčerpání před a po braní látky	ne	Koenzym Q10 prokázal negativní účinky na výsledky v testech
Malm a kol. 1996	15 zdravých mužů	120 mg/den po dobu 22 dní	cyklistika, anaerobní trénink + submaximální test prováděný po 2 dnech od podání látky	ne	Koenzym Q10 prokázal negativní účinky na anaerobní výkon v cyklistice
Laaksonen a kol. 1995	11 mladých a 8 starších trénovaných mužů, přechodová studie	120 mg/den po dobu 6 týdnů	cyklistika - dlouhodobý vytrvalostní test do vyčerpání	ne	Beze změny v koncentraci ve svalovém koenzymu Q10 jako výsledku podávání koenzymu Q10. Negativní účinky na prodloužení času vyčerpání
Snider a kol. 1992	11 vysoce trénovaných triatletů, přechodová studie	100 mg/den po dobu 4 týdnů + vitamin E, inosin, cytochrom c	běh 90 min stejným tempem na 70% VO ₂ max a cyklistika stejným tempem na 70% VO ₂ max do vyčerpání	ne	Bez rozdílu v čase do vyčerpání. Bez rozdílu v krevním metabolismu

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování koenzymu Q10	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Braun a kol. 1991	10 cyklistů mužů	100 mg/den po dobu 8 týdnů	cyklistika - postupný test do vyčerpání před a po braním doplňku	ne	Výkon vzrostl u obou skupin po tréninkové etapě. Koenzym Q10 neměl na výkon ani na žádné měřitelné parametry žádný vliv
Ylikoski a kol. 1997	25 běžců na lyžích mužů na národní úrovni	90 mg/den po dobu 6 týdnů	běh na lyžích, chůze s tyčemi do vyčerpání	ano	Koenzym Q10 přispěl ke zvýšení VO ₂ max. Růst aerobních a anaerobních prahů. Během podávání přípravku nebylo cvičení kontrolováno

2.9 ŽENŠEN

Ženšen se již po dlouhá léta uplatňuje jako suplement zdravé výživy. Existuje hned několik druhů: americký, sibiřský, korejský (Bahrke, Morgan, 1994). Zatímco většina těchto ženšenů si je příbuzná, jedná se o druh *Panax*, ruský a sibiřský ženšen pochází z jiné rostliny (*Eleutherococcus senticosus*). Za nejcennější část rostliny jsou považovány kořeny, které obsahují množství chemicky si podobných steroidních glykosidů (saponin chemicals), známých jako ženšenoidy. Právě tyto látky byly v ženšenu identifikovány jako biologicky aktivní. Chemické složení komerčních suplementů se značně různí na základě použitého druhu ženšenu, způsobu pěstování rostlin, období sklizně, způsobu sušení a konzervování i postupu při přípravě supplementu. Navíc některé preparáty obsahují ještě další aditiva jako vitamíny, minerály a další bylinné extrakty.

Ženšen našel široké využití v bylinné medicíně orientálních kultur při oddálení únavy, uvolnění bolestí hlavy i při podpoře duševního zdraví a vitality. Východní vědci popisují ženšen jako „adaptogen“ neboli látku, která dokáže normalizovat vnitřní prostředí poté, co bylo vystaveno sérii stresů. Předpokládají, že adaptogen v rámci svého účinku odhaluje určitý nedostatek specifity, přičemž může zvýšit nebo naopak snížit reakci na stresor. Tento přístup představuje odlišnou filosofii v chápání fyziologie člověka v porovnání s tradiční západní medicínou.

Sportovci využívají ženšen pro snížení únavy, zlepšení aerobního výkonu a svalové síly, jako podporu mentálního zdraví a zlepšenou regeneraci. Tabulka č. 7

shrnuje několik kompletně publikovaných studií, ve kterých byl zkoumán vliv ženšenu a produktů obsahujících ženšen v souvislosti se sportovním výkonem. Ačkoliv existují i další studie zabývající se suplementací ženšenu (Bahrke, Morgan, 1994; Dowling et al. 1996), tyto nebyly do přehledu zahrnuty díky nedostatům v designu výzkumu (chybí kontrolní nebo placebo skupina) nebo díky absenci podrobností plynoucích z publikování v nemateřském jazyce.

Pouze nízký počet provedených studií a zejména takových, které by ověřovaly vliv ženšenu u výkonnostních sportovců, nutí konstatovat, že problematika suplementace ženšenu a sportovního výkonu není prozkoumána. Velikou překážkou je v tomto ohledu variabilita obsahu látek v jednotlivých komerčně distribuovaných suplementech. V jedné studii byl zkoumán obsah ženšonoidů u 50 suplementů, přičemž bylo zjištěno, že u 44 z nich jejich obsah kolísá od 1,9% do 9,0 %. U 6 z nich byla dokonce koncentrace ženšonoidů natolik nízká, že byla pod úrovní měřitelnosti (Chong, Oberholzer, 1998). Z toho vyplývá, že i navzdory možné vědecké průkaznosti o pozitivních účincích ženšenu na sportovní výkon, sportovci nemohou mít jednak jistotu správného dávkování, ale ani si nemohou být jisti druhem aktivních látek, z kterých jsou preparáty s obsahem ženšenu vyráběny. Sportovci by si dále měli být vědomi rizika kontaminace nežádoucími látkami u suplementů připravovaných z bylinných zdrojů, které je vyšší, než u ostatních suplementů. Opravdu, dvě nezávislé studie odhalily ve dvou komerčně distribuovaných suplementech obsah efedrinu, stimulantu, který je opředen možností pozitivního dopingového nálezu (Chong, Oberholzer, 1988; Cui et al. 1994). V současnosti neexistují žádné důkazy ve smyslu opodstatněné suplementace ženšenu jako možné stimulace sportovního výkonu a urychlené regenerace.

Tab. č. 7: Suplementace ženšenu a sportovní výkon

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování ženšenu	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Engels a Wirth 1997	37 zdravých mužů	200 mg/den nebo 400 mg/den po dobu 8 týdnů	cyklistika - submaximální a maximální cyklistický test	ne	Beze změn v srdeční tepové frekvenci nebo RER při submaximální nebo maximální zátěži

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování ženšenu	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Ziembra a kol. 1999	15 fotbalistů mužů	350 mg/den po dobu 6 týdnů	cyklistika - postupný test do vyčerpání, Měření reakčního času u každého stupně	ne u postupného testu do vyčerpání, ano u reakčního času	Beze změny v laktátové hranici nebo VO2max. Avšak zlepšený reakční čas u submaximálního zatížení
Allen a kol. 1998	28 zdravých mužů a žen	200 mg/den po dobu 3 týdnů	cyklistika - postupný test do vyčerpání,	ne	Žádné pozitivní ovlivnění celkového výkonu ani úrovně laktátu při submaximální zátěži ani VO2max
Morris a kol. 1996	8 aktivních mužů a žen, přechodová studie	8 mg/kg/den nebo 16 mg/kg/den po dobu 1 týdne standardní ženšenový preparát	cyklistika - až do vyčerpání při zátěži 75% VO2max	ne	Žádné změny v čase do vyčerpání nebo v metabolických parametrech.
Dowling a kol. 1996	20 vysoce trénovaných běžců mužů i žen	60 kapek/den maximální doporučená dávka nebo Ruský ženšen po dobu 6 týdnů	běh - test na 10 min stabilním tempem, 10 km závod.	ne	Žádné změny v metabolických charakteristikách v závodě. Nízká statistická hodnota měření nemusí zachytit malé změny
Peiralist a kol. 1991	aktivní muži, přechodová studie	2 kapsle/den po dobu 6 týdnů Ginsana 115 (ženšen, vitamíny, minerály)	běh - postupný test do vyčerpání	ano (bylo to způsobeno ženšenem nebo jinými látkami?)	Zvýšení VO2max. a redukce spotřeby O2 na submaximálním zatížení
McNaughton a kol. 1989	30 aktivních mužů a žen, přechodová studie	1 g/den x 6 týdnů, Čínský ženšen nebo Ruský ženšen	tělesné testování - VO2max, síla stisku, prsního svalu a kvadricepsu	ano (bylo to způsobeno ženšenem nebo jinými látkami?)	Znatelný nárůst u VO2max a síly stisku a prsního svalu u Čínského ženšenu. Náznaky zlepšení u Ruského ženšenu

2.10 INOSIN

Inosin je neesenciální komponentou stravy, která je obsažena v kvalitních zdrojích potravy včetně např. kvasnic a vnitřností. Existují určité teorie, podle kterých by suplementace inosinu mohla zvyšovat sportovní výkon. Inosin je prekurzorem nukleotid inosin monofosfátu (IMP), který může zvyšovat koncentraci ATP. Inosin zřejmě navyšuje obsah 2,3-difosfoglycerátu v červených krvinkách, což může vyvolat zvýšené uvolňování kyslíku do svalů prostřednictvím přesunu na oxyhemoglobin. Dále se u inosinu předpokládá vasodilatační účinek a antioxidační působení (více informací ve studiích:

Williams et al. 1990; Starling et al. 1996). Na druhou stranu je nutné konstatovat, že ve všech těchto případech se jedná o hypotetické situace, které dosud nebyly prokázány v rámci vědeckých studií.

Nejširší podporou suplementace inosinu jsou dobrozdání pocházející od samotných sportovců (zejména pak ruských a sportovců ze zemí bývalého východního bloku) a také z kulturistických časopisů. Jeden velmi populární magazín, Muscle&Fitness, publikoval studii 6-ti týdenní suplementace inosinu na 4 trénovaných sportovcích (Colgan, 1988). Studie na podkladě double blind crossover designu shledala přírůstky síly plynoucí z této suplementace. Tato studie však nikdy nebyla publikována v kvalitní vědecké literatuře. Postrádá totiž určité detaily, čímž její validitu lze jen těžko odhadovat. Sportovci prý při suplementaci inosinu uváděli nervozitu a únavu.

Inosin byl též součástí multisložkového preparátu, u něhož nebyli shledány jakékoliv pozitivní účinky na sportovní výkon u triatlonistů (Snider et al. 1992); tato studie je zařazena do přehledu studií s koenzymem Q10. Tři studie s izolovanou suplementací inosinu neprokázaly výše uvedené metabolické změny ani pozitivní vztah ke zlepšení sportovního výkonu u trénovaných sportovců (McNaughton et al. 1999; Starling et al. 1996; Williams et al. 1990). Ačkoliv v těchto studiích nebyly přímo měřeny svalové substráty, obsahové změny v koncentraci ATP by pravděpodobně nezlepšily sportovní výkon, pokud by hladina ATP nebyla snížena v důsledku cvičení až na hranici únavy.

Ve dvou z uvedených studií vykázali probandi ze skupiny placebo lepších výsledků v testech posuzujících výkon o vysoké intenzitě než probandi suplementující inosin. Na základě těchto výsledků se předpokládá, že inosin může snížit pohybovou aktivitu o vysoké intenzitě (Starling et al. 1996; Williams et al. 1990). Možný mechanismus snížení výkonu spočívá ve zvýšení formace IMP ve svalech a to v období odpočinku i během cvičení. Vysoká hladina IMP byla shledána jako průvodní jev fyzické únavy ve množství studií, navíc se ukázalo, že IMP tlumí aktivitu ATPázy (Sahlin, 1992). Je možné, že zvýšené klidové hodnoty svalového IMP snížily dobu trvání cvičení o vysoké intenzitě a způsobily předčasnou únavu. Tato teorie může být podpořena pouze přímým měřením svalových nukleotidů. Dalším možným činitelem ve smyslu snížení výkonu je zvýšená hladina kyseliny močové, která je produktem degradace inosinu. Dva dny suplementace inosinem neovlivnily změny v koncentraci kyseliny močové, kdežto

5-ti a 10-ti denní příjem inosinu téměř zdvojnásobil její hladinu oproti normálním hodnotám (McNaughtan et al. 1999; Starling et al. 1996; Williams et al. 1990). Při trvalé suplementaci inosinu proto vyvstává otázka zdravotního rizika, neboť vysoká hladina kyseliny močové způsobuje dnu. Na základě výše uvedených skutečností - absence pozitivního ovlivnění výkonu a možná zdravotní rizika, existuje u sportovců pouze nízká opodstatnitelnost suplementace inosinu.

Tab. č. 9: Suplementace inosinu a sportovní výkon

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování inosinu	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
McNaughton a kol. 1999	7 dobře trénovaných mužů, přechodová studie	10000 mg po dobu 5 a 10 dnů	cyklistika 5 x 6s, 30s a 20 min časovka	ne	Žádné zlepšení ve sprinterských časech ani v časovce
Sratling a kol. 1996	10 závodních cyklistů mužů	5000 mg/den po dobu 5 dní	cyklistika - Wingate test, 30 min jízda svým tempem, nadmaximální sprint do únavy	ne	Bez rozdílu ve Wingate testu a 30 min. jízdě. Žádný účinek v oddálení únavy
Williams a kol. 1990	9 vysoce trénovaných vytrvalců běžců mužů a žen	6000 mg/den po dobu 2 dní (maximální doporučená dávka)	běh - submaximální rozcvička, soutěživé běh na 3 míle, běh do maxima	ne	Bez účinku na běh na 3 míle, VO2max nebo jiné ukazatele. Negativní účinek při běhu do maxima

2.11 VĚTVENÉ AMINOKYSELINY (BCAA)

Během osmdesátých let se přípravky s obsahem izolovaných aminokyselin staly komerčně nejúspěšnějšími suplementy a to i navzdory chybějícím důkazům, že by snad volné formy aminokyselin měly vyšší účinnost v procesu zažívání a vstřebávání než aminokyseliny vyskytující se v intaktních proteinech tj. v každodenním jídle. Mnohé tyto speciální produkty s obsahem aminokyselin jsou poměrně drahé, přičemž příjem aminokyselin může být snadno dosaženo v rámci denní stravy za mnohem přijatelnější cenu. Na druhou stranu se populární teorie přiklání k myšlence speciální úlohy některých aminokyselin v průběhu sportovního výkonu a jeho regenerace.

Všeobecný zájem o větvené aminokyseliny (suplementy označené jako BCAA obsahující leucin, izoleucin a valin) je postaven na jejich důležité úloze

v metabolismu bílkovin. BCAA jsou ve svalech odpovědné za transaminaci pyruátu na alanin, který je dále přeměněn v játrech na glukózu v rámci Coriho cyklu. Během cvičení se významně zvyšuje oxidace těchto aminokyselin, výzkumné studie hodnotící stanovení proteinového obratu využívají právě velmi často kinetiku leucinu. Suplementy s obsahem BCAA jsou považovány za prostředky vedoucí ke zlepšené regeneraci po cvičení, ačkoliv neexistuje jediný důkaz o jejich jedinečném vlivu, který by zapříčinil zvýšený obrat v proteinovém katabolismu. Namísto toho, příjem sacharidů a proteinů obsažených v každodenním jídle nebo suplementech např. v tekuté formě, je považován jako vhodná strategie v rámci pozátěžové regenerace.

Uvádí se, že příjem BCAA během fyzické aktivity snižuje únavu neboli oddaluje nástup „centrální únavy“ tzn. nejedná se o svalovou únavu, nýbrž o únavu na podkladě z CNS na úrovni neurotransmiterů. Je však nesmírně složité podrobit lidský mozek přímým testům v období zátěže, studie zaměřené na centrální únavu jsou tak odsouzeny pouze na monitorování nepřímých markerů jako například stanovení koncentrace prekurzorů plazmových neurotransmiterů. Lze též monitorovat účinky některých látek, které jsou v rámci působení neurotransmiterů známy jako agonisté či antagonisté. Jedna z populárních teorií dává do souvislosti centrální únavu se zvýšenou hladinou mozkového serotoninu, což nastává v okamžiku většího množství volného tryptofanu, který je schopen přestupovat skrze bariéru mezi mozkem a krví (Davis, 1995). Důležitým faktorem v tomto zvýšeném vstřebávání tryptofanu je nárůst poměru plasmového tryptofanu ku BCAA, neboť všechny tyto látky se váží na stejné mozkové přenašeče. Uvedený poměr se však během cvičení mění v důsledku oxidace BCAA při svalové práci. To však není vždy stejné, neboť zvýšení hladiny volných mastných kyselin (FFA), které nastává během zátěže, vytěsňuje tryptofan z jeho vazebného místa na molekule albuminu a přispívá k nárůstu koncentrace plasmového volného tryptofanu. Předpokládá se, že suplementace BCAA během cvičení může zabránit poklesu plasmových BCAA, zmírnit tak vzestup volného tryptofanu na úkor BCAA a snížit pravděpodobnost nástupu únavy v souvislosti se zvýšenými hladinami mozkového serotoninu.

V tabulce č.10 je přehled studií posuzujících účinek suplementace BCAA bezprostředně před nebo během vytrvalostní zátěže. Ačkoliv se zdá, že suplementace BCAA je na podkladě těchto studií opodstatněná, některé studie

byly na základě metodologických nedostatků kritizovány (Davis, 1995). V některých z nich se například jakkoli neregistroval příjem tekutin ani souběžný příjem sacharidů během zátěže (Blomstrand et al. 1991a), zjištěné účinky mnohdy byly otázkou využitelnosti pro sport např. obecná zkouška kognitivních funkcí nebo se staly obětí umělých statistických procedur, kde k rozdělení „randomizovaného výběru“ subjektů nastalo podle libovolného výsledného času (Blomstrand et al. 1991a). V ostatních, lépe ošetřených studiích, nebyly shledány žádné průkazné výsledky, že by suplementace BCAA vedla ke zlepšení výkonu vytrvalostního charakteru.

Pro přesvědčivé potvrzení možných pozitiv plynoucích ze suplementace BCAA během vytrvalostní zátěže, je potřeba srovnat příjem samotných BCAA, příjem kombinace BCAA a sacharidů a příjem pouze sacharidů. Jde především o to, že příjem sacharidů během cvičení minimalizuje nežádoucí změny poměru plasmového volného tryptofanu a BCAA mechanismem potlačení vzestupu FFA (Davis et al. 1992). Do dnešní doby je takových studií jen velice skromně a jejich výsledky jsou nepřesvědčivé. I přes tuto skutečnost se již objevily sportovní nápoje obsahující kombinaci BCAA a sacharidů. Na jedné webové stránce (www.enduroxr4.com) propagující takový produkt, jsou na základě nepublikované studie uvedeny výsledky tříhodinového testu na bicyklovém ergometru u vrcholových cyklistů, kdy nápoj obsahující kombinaci aminokyselin a sacharidů ve srovnání s nápojem obsahujícím pouze sacharidy zlepšil vytrvalostní výkon. Uvádí se, že mechanismus zlepšení výkonu spočívá v „šetření svalového glykogenu“, který je zprostředkován působením aminokyselin, které zvyšují odpověď insulinu a zvyšují utilizaci plasmové glukózy. Z krátkého popisu použité metodologie v uvedené studii ovšem vyplývá, že ať už přímá či nepřímá měření utilizace svalového glykogenu nebyla pro podporu této teorie provedena. Ačkoli tyto nové produkty představující „důležitý pokrok ve výzkumu sportovních nápojů“, které se těší nemalé oblibě u sportovců i jejich trenérů, je potřeba se před konečným verdiktem opírat o kompletně publikované studie provedené za podmínek kvalitního výzkumu.

Tab. č. 10: Suplementace BCAA a sportovní výkon

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování BCAA	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Mittleman a kol. 1998	13 středně trénovaných mužů a žen, přechodová studie	9,4g (ženy) nebo 15,8g (muži)	cyklistika v horku (34 C) čas do vyčerpání na 40% VO ₂ max.	ano	Zvýšení času do vyčerpání u BCAA. Růst u krevní BCAA a pokles krevního trptofanu: BCAA. Náznaky k vyšší koncentraci amoniaku v krvi. Bez rozdílu v pohlaví
Blomstrand a kol. 1997	7 trénovaných cyklistů, přechodová studie	90 mg/kg	cyklistika - 60 min na 70% VO ₂ max. + 20 min. časovka - test CWT po zátěži	ne u zátěže, ano u testu CWT po zátěži	Bez rozdílu v časovce. Index poznávacích funkcí (CWT) zlepšen po cvičení u testované BCAA skupiny
Madsen a kol. 1996	9 dobře trénovaných cyklistů mužů, přechodová studie	3,5 L 5% glukózy nebo 5% glukózy s 18 g BCAA	cyklistika -100 km časovka	ne	Bez rozdílu ve výkonech v jednotlivých časovkách. Krevní BCAA a amoniak vyšší při podání BCAA
Davis a kol. 1999	8 aktivních mužů a žen, přechodová studie	CHO + 7 g BCAA nebo CHO nebo placebo konzumováno před/v průběhu/po	běh - vytrvalostní člunkový běh do vyčerpání	ne	CHO nebo CHO + BCAA zvýšil čas do únavy v porovnání s kontrolní placebo skupinou. Žádné další zlepšení ale při podání BCAA nenastalo
Blomstrand a kol. 1991a	25 přespolních běžců mužů, 193 maratónských běžců mužů	16 g (maratón) nebo 7,5 g (přespolní běh)	maratón nebo 30 km přespolní běh - běžecký čas, test CWT po přespolním běhu	ano u obou sledovaných charakteristik	Výkon v CWT testu se zlepšil u testované BCAA skupiny po přespolním běhu. Pomalejší běžci běželi rychleji v testované BCAA skupině.
Blomstrand a kol. 1991b	6 fotbalistů žen, přechodová studie	6% CHO + 7,5 g BCAA nebo CHO samotné	fotbalové utkání - test CWT ihned po utkání	ano	Zlepšení v CWT testu po utkání po dávkách CHO + BCAA

2.12 TRIGLYCERIDY SE STŘEDNĚ DLOUHÝMI ŘETĚZCI

Triglyceridy se středními řetězci (medium-chain triglycerides – MCT) jsou tuky obsahující středně dlouhé mastné kyseliny (MCFA) s řetězci od 6-ti do 10-ti uhlíkatých jednotek. Jsou vstřebávány a metabolizovány rozdílným způsobem než je tomu u mastných kyselin s dlouhými řetězci, které tvoří většinu našeho příjmu tuku ze stravy. MCT mohou být vstřebány skrze stěnu střeva za nižší podpory žluče a pankreatické šťávy než triglyceridy s dlouhými řetězci, MCFA jsou poté vstřebány do portálnímu oběhu. MCFA nepotřebují k transportu do mitochondrie

asistenci karnitinu. V klinické výživě jsou suplementy obsahující MCT vyráběny z jader palmového a kokosového oleje a jsou předepisovány pacientům, jež mají různé poruchy vstřebávání a metabolismu lipidů. Ve světě sportu zastávají MCT místo snadno absorbovatelného a lehce oxidovatelného zdroje energie. Pro kulturisty se jedná o variantu tuku, která představuje nižší riziko ukládání tukových zásob. Je nutné podotknout, že úloha MCT v rámci přirozené stravy nebyla u sportovců dosud zjišťována.

Další úlohou MCT ve sportu je poskytovat pohotovému zdroj energie během vytrvalostní a ultravytrvalostní zátěže, což by teoreticky mělo ušetřit zásoby glykogenu. Jeukendrup a jeho kolegové (1995) uvádějí, že souběžný příjem MCT a CHO během vytrvalostní zátěže zvýšil poměr oxidace MCT zřejmě díky zvýšení jeho absorpce (maximální úroveň oxidace MCT bylo dosaženo mezi 120 – 180 min cvičení, hodnoty dosahovaly 0,12g/min).

Ty studie, kde příjem vysokého množství MCT zvýšil koncentraci volných plazmových mastných kyselin, čímž bylo umožněno delší uchování glykogenu, skutečně uvádějí zlepšení výkonu ke konci dlouhodobé vytrvalostní aktivity (van Zyl et al. 1996). Na druhou stranu, tyto metabolické a tím i fyzické výhody mohou být poněkud utlumeny za předpokladu vysokých počátečních hladin insulinu jako například v případě příjmu stravy bohaté na sacharidy před výkonem (Goedecke et al.; Angus et al. 2000). Na celé záležitosti je však problematická schopnost jednotlivce tolerovat vyšší příjem MCT olejů, poněvadž to skýtá určitý zásah do metabolismu. Jeukendrup et al. (1995) zjistil, že gastrointestinální tolerance na MCT oleje je limitována dávkou asi 30 g, což by znamenalo zhruba podíl 3 – 7 % na celkovém energetickém výdeji při dlouhodobých vytrvalostních aktivitách. V případě vyššího příjmu jednotlivé subjekty studie uváděly gastrointestinální reakce od nespécifických těžkostí (van Zyl et al. 1996) až po omezení k výkonu (Jeukendrup et al. 1998). Rozdíly tolerance gastrointestinálního traktu mezi studiemi i v rámci jednotlivých studií mohou odrážet rozdíly v délce MCT olejů v jednotlivých suplementech nebo zvýšenou odolnost některých sportovců vůči MCT olejům díky jejich stálému užívání. Režim a intenzita zátěže mohou též do značné míry ovlivnit gastrointestinální symptomy.

V přehledu studií si je možné povšimnout, že ačkoliv jsou některé sacharidové pasty obohaceny MCT oleji, neexistuje žádný přesvědčivý důkaz o

potencionálních výhodách toho konkrétního výrobku. Navíc je teoretická užitečnost limitována pouze na malou část populace sportovců, kteří se věnují ultravytrvalostním disciplínám a vyvinuli u sebe jistou toleranci k MCT olejům. Suplementace MCT oleji v souvislosti s dlouhodobými vytrvalostními sportovními výkony musí být prověřena dalším výzkumem a je též zapotřebí věnovat zvýšenou pozornost gastrointestinální odpovědi před tím, než bude možnou dál přesvědčivou odpověď.

Tab. č. 12: Studie se suplementací MCT olejů ve spojitosti s příjmem sacharidů a při dlouhodobých vytrvalostních výkonech

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování MCT	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Angus a kol. 2000	8 vytrvalostně trénovaných cyklistů, triatlonistů mužů	1 l za hod s 6% CHO + 4% MCT (vs 6% CHO nebo placebo), celkový příjem MCT = 42 g za hodinu nebo 120 g	cyklistika 100 km časovka (cca 3 hod.)	ne	CHO zlepšilo výkon v porovnání s placebo skupinou, ale přidání MCT nemělo žádné pozitivní účinky. 4 probandi měli po požití MCT zažívací potíže. Bez rozdílu v oxidaci tuků. Potlačení v oxidaci tuků mohlo být způsobeno vysokou intenzitou cvičení nebo předcvičebním jídlem, které způsobilo vysoké koncentrace inzulinu
Goedecke a kol. 1999	9 vytrvalostně trénovaných cyklistů mužů	1,6 l 10% CHO nebo 10% CHO + 1,7% MCT nebo 10% CHO + 3,4% MCT, celkový příjem MCT = 26 nebo 52 g	cyklistika 2 h na 63% VO ₂ max. + 40 km časovka (cca 70 min.)	ne	Bez rozdílu ve výkonu v časovce, 2 probandi měli u vyššího příjmu MCT zažívací problémy.
Jeukendrup a kol. 1998	9 vytrvalostně trénovaných cyklistů, triatletů mužů	20 ml/kg 10% CHO nebo 10% CHO + 5% MCT nebo placebo, celkový příjem MCT = 86 g	cyklistika 2 h na 60% VO ₂ max. + časovka (cca 15 min)	ne	Bez rozdílu mezi CHO, CHO + MCT a placebem (cca 14 min.) ale podání samotného MCT poškodilo výkon (17,3 min.). MCT + CHO vykazovalo lehce vyšší oxidaci tuků než CHO samotné. Žádný rezervní glykogen.
van Zyl a kol. 1996	6 vytrvalostně trénovaných cyklistů	2 l 4,3% MCT nebo 10% CHO nebo 10% CHO + 4,3% MCT, celkový příjem MCT = 86 g	cyklistika 2 h na 60% VO ₂ max. + 40 km časovka (cca 70 min)	ano	MCT + CHO zlepšilo výkon na časovce (65,1 min.). Došlo i k uchování glykogenu po podání MCT + CHO

2. 13 CHROMIUM PIKOLINÁT

Chrom je pro tělo esenciálním prvkem, který je potřebný ve stopovém množství. Přírodní zdroje potravin obsahující chrom jsou kvasnice, ořechy, luštěniny, některé ovoce a zelenina, čokoláda a též víno a pivo. Mnoho zemí jako například Austrálie nestanovila pro chrom doporučený denní příjem (DRI – dietary reference intake). Vedle toho v USA instituce Food and Nutrition Board stanovila odhadovanou bezpečnou denní dávku (ESADDA – estimated safe and adequate daily dietary allowance) na množství 50 - 200 $\mu\text{g}/\text{den}$ (National research council, 1989). Velká část publikací o výživě odhaduje, že běžný příjem chromu u běžné populace je pod výše uvedeným rozmezím, což ovšem může být způsobeno nedostatkem spolehlivých informací o koncentraci chromu v jednotlivých potravinách. Předpokládá se, že doporučení ESADDA jsou nastavena uměle vysoko (Clarkson, 1997). Existují určité důkazy o tom, že každodenní trénink může zvýšit ztráty chromu močí. To předpokládá i zvýšené požadavky na příjem chromu. Na druhou stranu se může za těchto podmínek vyvinout kompenzačně zvýšená absorpce a zadržování chromu (Clarkson, 1997). Stejně tak jako i u dalších mikronutrientů se u sportovců s omezeným energetickým příjmem může vyvinout nedostatečnost chromu.

Jednou z nejlépe popsaných rolí chromu v organismu je jeho potentnost pro správnou funkci inzulínu potažmo pro vstřebávání glukózy a aminokyselin svalem (Stoecker, 1996). Jedinci s nedostatkem chromu velmi často reagují zlepšením růstu, lepší se i jejich tolerance ke glukóze v reakci na suplementaci chromu (Stoecker, 1996). Stejně tak i sportující populace velice dobře reaguje na suplementaci chromu, pokud nastala jeho nedostatečnost. Obchod s doplňky sportovní výživy je však, pokud jde o suplementy obsahující chrom, postaven na nepotvrzených informacích - údajně zvýšený obrat glukózy, aminokyselin a mastných kyselin umožňuje jedinci dosáhnout dramatického přírůstku svalové hmoty, síly a dále snížit tělesný tuk.

Suplementy obsahující chrom jsou k dostání ve třech různých formách, jako chromium nikotinát, chlorid a pikolinát. Chromium pikolinát je považován za biologicky nejaktivnější formu, jeho účinnost byla veřejně debatována mezi držiteli patentu na jedné straně a experty na příjem minerálů na straně druhé (Evans, 1993; Levafi et al. 1992; Levafi, 1993). Obavy spojené se suplementací

chrómu plynou ze skutečnosti, že chrom může potencionálně „svádět boj o vstřebání“ se železem vazbou na transferin a tím dostat jedince s chronicky vysokým příjmem chrómu do nedostatečnosti železa (Lukaski et al. 1996). Některé studie (Lukaski et al. 1996), ne však všechny (Campbell et al. 1997), uvádějí snížení obsahu železa v důsledku suplementace chromium pikolinátu.

V tabulce č. 13 jsou předloženy výsledky studií hodnotících účinky suplementace chromium pikolinátu na tělesnou kompozici a fyzický výkon. Tento seznam nezahrnuje studie, jež měly za následek všeobecný vyšší zájem o chromium pikolinát. Na subjektech těchto studií zapojených do aerobního (Evans, 1993) a silového tréninku (Evans, 1989) byl zaznamenán signifikantní přírůstek aktivní tělesné hmoty. Tyto studie byly ovšem již v minulosti kritizovány pro metodologické nedostatky jako např. absence kontrolní skupiny, nevhodná kontrola stravy a tréninkového zatížení, nespolehlivost a nízká senzitivity metod využitých ke stanovení tělesného složení (Levafi et al. 1992; Levafi, 1993). Zbývající literatura neposkytuje jediný důkaz přírůstku síly, nárůstu aktivní tělesné hmoty nebo snížení tělesného tuku kromě těchto změn dosažených v průběhu studie tréninkovým procesem. V žádném případě nelze souhlasit s reklamním tvrzením, že je chromium pikolinát „legálním anabolikem“. Existují situace, kdy může pravděpodobně suplementace chrómu být užitečným prostředkem při léčbě jedinců s nedostatečným příjmem stravy.

Tab. č. 13: Studie suplementace chromia pikolinátu na změny sportovního výkonu a tělesné kompozice

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování chromium pikolinátu a typ zátěže	Měření	Zlepšení výkonu	Výsledek
Walker a kol. 1998	20 vysokoškolských zápasníků	200 mg/den po dobu 14 dní, 14 denní silový a vytrvalostní trénink	Testy na začátku a po 14 dnech - maximální síla - složení těla - Wingate test - VO2 max na běhátku	ne u všech sledovaných charakteristik	Žádné pozitivní ovlivnění výkonů nebo složení těla, které by nebylo dosažitelné samotným tréninkem

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování chromium pikolinátu a typ zátěže	Měření	Zlepšení výkonu	Výsledek
Lukaski a kol. 1996	36 netrénovaných mužů	3,4 mmol/den (cca 200 mg/den) chromium pikolinátu nebo chloridu po dobu 8 týdnů, 8 týdenní tréninkový program	Testy na začátku a po 8 týdnech - síla - složení těla - obsah železa v těle	ne u všech sledovaných charakteristik	Žádné pozitivní účinky na aktivní tělesnou hmotu, tělesný tuk nebo sílu. Bez rozdílu v přípravcích obsahujících chromium pikolinát. Trend k ubývání množství železa při brání chromium pikolinátu
Hallmark a kol. 1996	16 netrénovaných mužů	200 mg/den po dobu 12 týdnů, 12 týdenní silový tréninkový program	Testy na začátku a po 12 týdnech - síla - složení těla	ne u všech sledovaných charakteristik	Žádné rozdíly ve složení těla při brání nebo nebrání přípravku. Síla vzrostla nezávisle na přípravku
Trent a Thieding-Cancel 1995	95 služebně aktivních příslušníků námořnictva mužů i žen	400 mg/den po dobu 16 týdnů, 16 týdenní fyzický kondiční program	Testy na začátku a po 16 týdnech - složení těla	ne u všech sledovaných charakteristik	Žádné rozdíly ve složení těla nebo změnách hodnot tuku mezi sledovanými skupinami (Tělesné složení měřeno antropometricky)
Clancy a kol. 1994	36 vysokoškolských hráčů am. Fotbalu	200 mg/den po dobu 9 týdnů, 9 týdenní předsezónní silový a vytrvalostní tréninkový program	Testy na začátku, uprostřed a po 9 týdnech - síla - složení těla	ne u všech sledovaných charakteristik	Žádné pozitivní změny v aktivní tělesné hmotě, složení těla nebo síle v porovnání s kontrolní skupinou
Hasten a kol. 1992	59 vysokoškoláků mužů a žen	200 mg/den po dobu 12 týdnů, 12 týdenní silový tréninkový program	Testy na začátku a po 12 týdnech - síla - složení těla	ne u síly, ne u složení těla (ale nárůst aktivní tělesné hmoty u žen)	Bez rozdílu ve změnách síly. Vyšší aktivní tělesná hmotu u žen, které braly doplněk, žádný vliv u mužů. Bez rozdílu na ztráty tělesného tuku

2.14 PROHORMONY

Anabolické steroidy jsou kontrolovaná skupina farmaceutických prostředků, které se nalézají na listině zakázaných látek IOC. Liberalizace suplementů po roce 1994 v USA (Dietary Supplement Health and Education Act) v podobě uvolnění předchozích zákonů způsobila zaplavení trhu novou skupinou látek – prohormonů, jež mohou být v těle přeměněny na testosteron a anabolický steroid nadrolon (Blue, Lombardo, 1999). Jedná se o látky zahrnuté do metabolických cest steroidů jako androstendion, DHEA, 19-norandrostendion a další. Každý

z nich má teoretickou androgenní aktivitu a stejně tak i přímou účast na produkci testosteronu. Předpokládá se tedy, že příjem těchto prohormonů zvyšuje produkci testosteronu. Některé látky obsažené v bylinách jako např. *Saw palmetto* a *Tribulus Terrestris* jsou též považovány za sloučeniny s anabolickou aktivitou, blokují aromatizaci steroidů na periférii, nedochází tudíž k jejich přeměně na estradioly a to vede k vyšší produkci testosteronu. Důkaz praktického využití těchto teorií vychází z omezených a již historických pramenů – kupříkladu patent k androstendionu je založen na případě dvou pacientek ze šedesátých let (Mahesh, Greenblatt, 1962). Předpokládané zvýšení androgenní aktivity zapříčinilo, že se produkty obsahující prohormony počaly honosit a veřejně propagovat jako prostředky proti stárnutí navracející tělu vitalitu. Ve sportovním světě se tyto látky staly běžnými složkami sportovních suplementů – pro svůj údajný vliv na nárůst hmoty a síly, urychlené spalování tuků, zvýšené libido a posílení imunity.

Produkty obsahující prohormony jsou v zemích jako je USA volně dostupné v prodeji. Jsou však volně dostupné i v takových zemích, kde není trh do takové míry liberalizován jako v USA. Tyto suplementy lze nejčastěji sehnat na dobírku pomocí internetu. Jak již bylo uvedeno dříve, tyto produkty postrádají kvalitní popis výrobku a často chybí výčet obsažených látek. Jsou i případy kontaminace dalších druhů suplementů neurčitým množstvím prohormonů. V této souvislosti vyvstává důležitá otázka - nežádoucí účinky sportovních suplementů a stejně tak problém „nezaviněného dopingu“. Prohormony a další příbuzné substance androgenních steroidů jsou zakázány Mezinárodní olympijskou federací (IOC) . Na druhou stranu, jednotlivé sportovní organizace mohou tyto látky vypustit ze z vlastního seznamu zakázaných látek. Tak například Mark McGwire šokoval veřejnost svým prohlášením, že během své výtečné sezóny v roce 1998 zneužíval androstendion – v profesionálním baseballu tato látka není ilegální.

Sportovci, kteří jsou přistiženi při užívání látek na bázi prohormonů, se dopouštějí porušování anti-dopingových zásad, čímž mohou čelit závažným trestům. Je ovšem také pravdou, že užívání látek na bázi prohormonů, nemusí automaticky vést k pozitivnímu dopingovému nálezu (rozbor moči). Do dnešní doby provedené studie posuzující exkreci těchto látek, uvádějí velice rozporuplné výsledky – někteří zdaleka ne však všichni probandi, kteří suplementovali preparáty s obsahem prohormonů, vykázali změny v koncentraci testosteronu a epitestosteronu v moči. U všech tak nebyla překročena hranice pro vzájemný a

povolený poměr 6:1 (Bosy et al. 1998; Uralets, Gillette, 1999). Naopak, po jednorázovém příjmu 19-norandrostendionu byly zjištěny vysoké koncentrace metabolitů nandrolonu po dobu 7 – 10 dní (Uralets, Gillette, 1999). Nedávná zpráva (IOC 2002b) hodnotící složení suplementů sportovní výživy uvedla, že 15 % všech vzorků bylo kontaminováno prohormony, které mohou u sportovců vést k pozitivnímu dopingovému nálezu.

V tabulce č. 14 je uveden přehled nedávných studií hodnotících vliv trvalé suplementace produktů obsahujících prohormony či příbuzné látky u lidí s fyzickou aktivitou a u sportovců. Na základě těchto výsledků se zdá, že obsah prohormonů v komerčních suplementech je velice variabilní, což se zdá být velice důležitým faktorem. Současná literatura poskutek je jen málo důkazů o tom, že trvalý příjem rozličných prohormonů ovlivňuje zvýšení hladiny testosteronu v krvi, přinejmenším alespoň u mladých a zdravých mužů, kteří konzumují tyto látky v doporučeném rozmezí. Ačkoliv takový příjem sice zvyšuje hodnoty těchto látek v krvi, zdá se, že jejich účinky jsou pouze krátkodobé bez schopnosti převést je ve zvýšenou hladinu cirkulujícího testosteronu. Daleko prohloubenějšího účinku lze zřejmě u určitých objektů dosáhnout vyššími dávkami (Leder et al. 2000). K nepřesvědčivým výsledkům nevedly ani studie hodnotící okamžitou odpověď na příjem suplementů s obsahem prohormonů, nedošlo k žádoucímu zvýšení testosteronu ani poté, co byly zvýšeny plazmové hladiny různých prekurzorů testosteronu (Brown et al. 1999b; King et al. 1999), což opět neplatilo u vysokých dávek (Earnest et al. 2000). Většina těchto exogenních metabolitů končí díky procesu aromatizace přeměnou na estradioly; dokonce i současný příjem bylinných extraktů, u kterých byla předpokládána inhibice aromatizace (*Tribulus terrestris*, *Saw palmetto*, chrysin a indol-3-karbinol) nezvýšili hladiny cirkulujícího testosteronu (Brown et al. 1999a).

Není tudíž překvapením, že absence zvýšených hladin testosteronu nezaznamenala v mnohých studiích mezi pokusnou a kontrolní/placebo skupinou žádný rozdíl v odpovědi na silový trénink. Jiná studie zahrnující metody pro stanovení kinetiky svalových proteinů neshledala po příjmu androstendionu (100 mg/den) žádné přesvědčivé důkazy zvýšeného proteinového anabolismu (Rasmussen et al. 2000). Ve srovnání s kontrolní skupinou se sice vyskytly určité náznaky zvýšeného obrátu svalových proteinů (zvýšená syntéza na základě zvýšeného rozpadu). Rozdíly však byly tak nepatrné, že ani nemohly vést

k zvýšení svalových bílkovin. Předpokládá se ovšem, že suplementace některých prohormonů působí na zvýšení hladiny estrogenů a tím snižuje hladinu HDL cholesterolu (Ballantyne et al. 2000; Brown et al 1999a; King et al. 1999; Leder et al. 2000; Rasmussen et al. 2000). Tyto účinky, které se ovšem netýkají zdravých jedinců, byly zjištěny při suplementaci androstendionu (Ballantyne et al. 2000; Brown et al 1999a; King et al. 1999; Leder et al. 2000; Rasmussen et al. 2000), nikoliv však při suplementaci DHEA (Brown et al. 1999b). Do dnešní doby bylo provedeno jen velice málo studií hodnotící účinky 19-norandrostendionu a příbuzných látek v souvislosti se změnami koncentrace sérových hormonů, změnami v tělesném složení a sportovním výkonu.

Všeobecně lze přijmout fakt neexistence přesvědčivého důkazu, že suplementy na bázi prohormonů mohou nabídnout zlepšení sportovního výkonu. Na druhou stranu bylo poukázáno na skutečnost, že dávky prohormonů použitých ve studiích přesahující doporučení samotných výrobců, jsou ve srovnání s dávkami, které užívají sportovci velmi nízké (Yesalsis, 1999). Bylo též poukázáno, že velmi rozdílné výsledky lze očekávat od vrcholově trénovaných sportovců oproti netrénovaným a začátečníkům. Kupříkladu silové přírůstky netrénovaného jedince mohou být zpočátku již tak vysoké, mohou proto samy o sobě maskovat účinek prohormonů a na druhou stranu se mohou projevit u vrcholově trénovaného jedince, který v procesu tréninku dosáhl plató. Účinek příjmu prohormonů u starších osob, které mají díky vyššímu věku snížené hladiny testosteronu, by si zasluhoval kvalitní výzkum. Stejně tak nebyl účinek prohormonů nikdy zkoumán u žen. Ačkoliv současná literatura nemluví o ergogenním vlivu těchto látek, vědcům je připomínáno, že ani první vědecké zprávy hodnotící vliv anabolický steroidů neshledaly u těchto látek jakékoli pozitivní účinky na nárůst síly a sportovní výkon; jednalo se o neúspěch vědeckého zkoumání vedle úspěšných praktik samotných sportovců (Yesalsis, 1999). Přesto nelze opomenout negativní potenci prohormonů na metabolismus estradiolů a lipidů. Spolu s důkazy o chabých výrobních praktikách mnozí experti volají po zastavení nebo přehodnocení prodeje těchto produktů.

Tab. č. 14: Studie s kontinuálním příjmem prohormonů a příbuzných látek

Studie	Výzkumný soubor	Dávkování prohormónů	Typ zátěže	Zlepšení výkonu	Výsledek
Van Gammeren a kol. 2001	16 silově trénovaných mužů	100 mg/den 19-norandrostenedionu + 56 mg/den 19-norandrostenedionu nebo placebo (multivitamin, minerály) po dobu 8 týdnů	Silový trénink 4 dny/týden, testy na začátku a po 4 týdnech - bench press	ne	Bez rozdílu v síle, složení těla nebo obvodech těla mezi skupinami nebo v čase v průběhu tréninkového programu. Žádné změny u svěžesti a naopak únavy
Wallace a kol. 1999	40 vytrvalostně trénovaných mužů	100 mg/den DHEA nebo 100 mg/den androstenedionu nebo placebo po dobu 12 týdnů	Silový trénink, testy na začátku, po 4 a po 8 týdnech - měření vytrvalostní síly na horní a dolní polovině těla	ne	Ani DHEA ani androstenedion nevykázal větší účinky na složení těla a výkon než jaké předvedla kontrolní placebo skupina. Žádný nárůst koncentrace krevního testosteronu v reakci na prohormony. Žádné změny v tukových charakteristikách
Brown a kol. 1999a	netrénovaní muži	150 mg/den DHEA, 300 mg/den androstenedionu a herbalu, saw palmetta, chrysinu a indol-3-carbiollu nebo placebo po dobu 8 týdnů	Silový trénink, testy na začátku, po 4 a po 8 týdnech - měření vytrvalostní síly na horní a dolní polovině těla	ne	Látky nevyšly hladinu krevního testosteronu. Nárůst v síle a aktivní tělesné hmotě dosažené silovým tréninkem nebyl větší než u kontrolní placebo skupiny. Podání látek podpořilo růst krevních estrogenů a pokles HDL cholesterolu
Brown a kol. 1999b	20 zdravých mužů	150 mg/den DHEA nebo placebo (rýžové kapsle) po dobu 8 týdnů	Silový trénink, testy na začátku, po 4 a po 8 týdnech - měření vytrvalostní síly na horní a dolní polovině těla	ne	Bez rozdílu v tréninkových výsledcích u nárůstu svalové síly a aktivní tělesné hmoty nebo poklesu tělesného tuku mezi skupinami. Žádný nárůst koncentrace krevního testosteronu po podání DHEA
King a kol. 1999	20 zdravých mužů	300 mg/den androstenedionu nebo placebo (rýžové kapsle) po dobu 8 týdnů	Silový trénink 3 dny/týden, testy na začátku, po 4 a po 8 týdnech - měření vytrvalostní síly na horní a dolní polovině těla	ne	Bez rozdílu v tréninkových výsledcích u nárůstu svalové síly a aktivní tělesné hmoty nebo poklesu tělesného tuku mezi skupinami. Žádný nárůst koncentrace krevního testosteronu po podání androstenedionu, namísto toho nárůst hladiny estrogenů a podle hladiny HDL cholesterolu

2.15 KOFEIN

Kofein je drogou těšící se společenskému uznání, která je rozšířena po celém světě. Je nejznámějším zástupcem skupiny methylxantinů, přírodních

stimulačních látek, které jsou obsaženy v listech, ořeších a semenech určitých rostlin. Nejznámějšími zdroji kofeinu ve stravě jsou čaj, káva, čokoláda a kolové nápoje. Ty průměrně poskytují 30 mg – 100 mg kofeinu v jedné porci, zatímco obvyklé medikamenty (bez předpisu) obsahují 100 – 200 mg v jedné tabletě. Nedávné uvedení kofeinu (nebo guarany) jako součást energetických nápojů, cukrářských výrobků a sportovních suplementů zvýšilo příležitost sportovců konzumovat kofein jako součást každodenní stravy i jako ergogenní látku.

V mnohých zprávách je diskutován účinek kofeinu na centrální nervový systém, srdeční sval, diurézu, kosterní sval a uvolňování a aktivitu adrenalinu (Graham, 2001a,b; Spriet, 1997; Tarnopolsky, 1994). Kofein ovlivňuje kosterní sval hned na několika úrovních: změny v metabolismu kalcia, aktivita sodík-draslíkové pumpy, zvýšení cyklického AMP a přímé ovlivnění enzymů jako např. glykogen fosforyláza. Zvýšená aktivita katecholaminů a přímý účinek kofeinu na cAMP mohou vyvolat zvýšenou lipolýzu v tukové a svalové tkáni. To má za následek zvýšení plasmových volných mastných kyselin a lepší dostupnost intramuskulárních triglyceridů. Předpokládá se, že zvýšená potentnost oxidace tuků během výkonu s mírnou intenzitou, může ušetřit aktuální zásoby glykogenu. Kofein též může zlepšit sportovní výkon prostřednictvím ovlivnění CNS např. sníženým vnímáním vyvíjeného úsilí nebo zapojením vyššího počtu motorických jednotek. Látky podobné kofeinu jako paraxantin a theofylin mohou v těle vyvolávat podobné reakce. Zkoumat suplementaci kofeinu je poměrně komplexní záležitostí a je velmi nesnadné posuzovat účinky kofeinu izolovaně. Nehledě k tomu, že existuje značná variabilita mezi jednotlivci.

Mezi sportovci je kofein vyhledáván již po dobu nejméně jednoho století, avšak první kontrolované studie byly provedeny teprve před asi 40 lety. Prvotní výzkum na začátku sedmdesátých let se zaměřoval na účinky v souvislosti a metabolismem a dále na ovlivnění výkonu na vytrvalostních disciplínách. Nový zájem o suplementaci kofeinu byl zaznamenán v průběhu devadesátých let, kdy se studie zaměřily na jeho účinek při sportovních výkonech jako je sprint (s dobou trvání do 90 s), krátkodobý výkon (s dobou trvání do 5 min) a dlouhodobý výkon (s dobou trvání 20 min). Snadno by byl překročen rámec této kapitoly, kdybychom měli sumarizovat obrovský výčet vědecké literatury v souvislosti s kofeinem. Čtenáře proto odkazujeme na nedávné souhrny vědeckých prací

(Graham, 2001a, b; Spriet, 1997; Tarnopolsky, 1994) a na následující důležité body.

1. Existují poměrně silné důkazy o tom, že kofein zlepšuje vytrvalostní výkon. Poskytuje dále malý nikoliv však zanedbatelný profit napříč různými druhy sportovních výkonů. Neexistuje však dosud jednotný souhlas, pokud jde o mechanismus zlepšení sportovního výkonu, ale je velmi nepravděpodobné, že je důsledkem tzv. metabolické teorie (zvýšená oxidace tuků a šetření glykogenu během cvičení). Na místo toho, změny ve vnímání únavy a úsilí nebo přímý účinek na sval mohou podepřít změny ve výkonu. Většina studií s kofeinem a jeho ovlivněním výkonu se odehrávala v laboratorním prostředí; studie hodnotící změnu výkonu u vrcholových sportovců během tréninku v reálném prostředí či za podmínek závodu jsou velmi řídké. Kofein může zlepšit sportovní výkon, je ale především užitečným prostředkem v podmínkách tréninku dovolující sportovci vykonat kvalitnější trénink.
2. Existuje přesvědčivý důkaz, především na základě nedávných studií (Cox et al. 2002; Kovacs et al. 1998), že příznivé účinky kofeinu nastávají již při nižších dávkách (1- 3 mg/kg tělesné hmotnosti, asi 70 – 150 mg), v případě že je kofein přijat těsně před nebo během zátěže. Naproti tomu nejsou žádné důkazy, že by se s dalším příjmem kofeinu (nad uvedené dávky) zvyšoval jeho příznivý účinek (Cox et al. 2002; Pasmaan et al. 1995). Tyto výsledky byly zaznamenány ve studiích, kde se příjem kofeinu hodinu před závodem pohyboval od 6 do 9 mg/kg tělesné hmotnosti. Předmětem dalšího zkoumání je určit efektivní dávky kofeinu vzhledem k maximalizaci sportovního výkonu.
3. Účinky plynoucí ze suplementace kofeinu jsou individuální záležitostí. Někteří jedinci prakticky nereagují, u některých se objevují negativní odezvy jako třes, zrychlený tep a bolesti hlavy. Tyto účinky byly zaznamenány v souvislosti s příjmem vyšších dávek (6 – 9 mg/kg).

V roce 1984 byl kofein znovu vrácen na listinu zakázaných látek IOC. Koncentrace kofeinu v moči odebrané bezprostředně po závodě nesměla překročit hladinu 15 µg/ml, v roce 1988 byla dokonce tato hladina snížena na 12 µg/ml. Hranice pozitivního nálezu pro kofein byla v tomto případě nastavena tak, aby

bylo možné předejít případným komplikacím z dávek přijatých v běžném životě např. pití kávy (Delbeke, Debackere, 1984). Studie dokumentovaly, že při dávkách 5 – 6 mg/kg by hranice pozitivního nálezu (12 µg/ml) být dosažena neměla, kdežto od 9 mg/kg je pozitivní nález více než pravděpodobný (Pasman et al. 1995). Je dnes už těžké určit, zda tyto tendence měly vést k prevenci před nežádoucími účinky vysokých dávek kofeinu, či vyloučit v rámci etiky možné výhody plynoucí z příjmu kofeinu. S ohledem na vývoj sportovní medicíny i praktický přístup sportovců se současná situace užívání kofeinu elitními sportovci stala velice zmatečnou. Současný Antidopingový kodex zakázaných látek a metod je v záležitosti kofeinu dvojznačný, může být chápán (především v podmínkách závodu) jako naprostý zákaz příjmu kofeinu, ale též i jako povolený příjem nepřekračující koncentraci kofeinu v moči 12 µg/ml (IOC 2002a). Tyto interpretace mohou vést k velmi širokým závěrům, jeden extrémní přístup může znamenat naprostou restrikcí příjmu kofeinu potažmo všech nápojů obsahujících kofein (kolové nápoje, čaj, káva) v den závodu a porušení těchto zásad by představovalo „zahrávání si“ se zakázanými substancemi. Na základě druhého extrémního přístupu je sportovcům povoleno přijímat kofein ve vysokých dávkách až do okamžiku, kdy u nich bude překročena hranice 12 µg/ml.

Pouze malé procento plasmového kofeinu (~ 1%) unikne metabolickým pochodům a je tak exkretováno do moči v nezměněném stavu. Schopnost odbourávat kofein je výrazně individuální záležitostí i otázkou rozdílných podmínek (Birkett, Miners, 1991). Koncentrace exkrece kofeinu v moči jsou dány celou řadou faktorů včetně velikosti dávky kofeinu, jeho metabolického odbourávání i době sběru moči v závislosti na příjmu kofeinu. Na základě této variability lze tvrdit, že velikost koncentrace kofeinu v moči není přesvědčivým ukazatelem jeho přijímané dávky. Sportovní výkon však může být stimulován už při celkově nižších dávkách kofeinu mnohdy i pod úrovní vyskytující se v běžném sociálním životě. Tyto dávky pravděpodobně povedou i k nízkým koncentracím kofeinu v moči.

Existují naprosto přesvědčivé důkazy, že kofein je ergogenickým prostředkem v širokém poli sportovních odvětví a fyzických aktivitách. Jeho konzumace je součástí běžné stravy, objevuje se i široké paletě specializovaných doplňků pro sportovce. Definování suplementačního protokolu a určení sportovních aktivit, které mohou nejvíce těžit z příjmu kofeinu, si zasluhuje

dalších studií. Kofein by si též zaslouhoval pevné zakotvení v současném antidopingovém kodexu. Navzdory faktu, že je akceptován a konzumován naprostou většinou celé populace, jeho příjem a užití sportovci vyvolává řadu otázek.

3. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝZKUM SUPLEMENTŮ SPORTOVNÍ VÝŽIVY

Je nepochybné, že by se sportovci měli zajímat o výživové doplňky a předkládat své nároky na výživový průmysl, zejména pak vyžadovat vědecky ověřené důkazy o správnosti výzkumů a studií. Zde je předložen soubor faktorů, které by měla každá studie obsahovat a měly by být zváženy při každém hodnocení vědeckého výzkumu nebo studie. (JEUKENDRUP, A., GLEESON, M., 2004).

Má studie jasnou hypotézu?

Dobře sestavená studie má jasnou hypotézu a silný, dobře postavený teoretický základ. Některé práce tento požadavek ovšem nesplňují. Při posuzování suplementu musí být dáno dostatečné množství proměnných. Čím více proměnných je zkoumáno, tím je větší šance, že se některé z nich budou měnit. Prezentace výsledků studie by měla být vědecky zdůvodněná. Například, bikarbonát sodný může zlepšit vyrovnávací kapacitu, která může velmi pozitivně ovlivnit výsledek v běhu na 800m. Avšak v déletrvajícím výkonu, jako je např. triatlonový Ironman se nedá účinek bikarbonátu sodného vědecky dokázat.

Je studie zaměřená na hodnocení změn v buněčných Strukturách, zvířatech nebo lidském organismu?

Často jsou výsledky odhadnuty na základě nálezů v buněčné úrovni. Tyto in vitro experimenty nám velmi výrazně pomáhají v pochopení metabolismu a molekulárních reakcí. Avšak situace in vivo mohou být velmi rozdílné. Například testy prováděné ve zkumavkách nejsou vypovídající o skutečných hormonálních změnách probíhajících v živém organismu. Také, svalové buňky v těle se mohou chovat jinak než izolované svalové buňky, vypreparované z těla ven. Dokonce i když je testováno živé zvíře, jeho metabolismus se může velmi lišit od metabolismu člověka. Krysy mají relativně velké zásoby svalového glykogenu a velmi malé zásoby mezisvalového triacylglycerolu v porovnání s člověkem.

Výživa s vysokým obsahem tuku u krys jasně zvyšuje zátěžovou kapacitu. Na druhou stranu, nejsou žádné důkazy, že by tomu tak bylo také u člověka. Takže výsledky z různých typů studií nemůžou být jednoduše převedeny na lidskou populaci.

Můžeme výsledky naměřené u zkoumaného souboru zobecnit na širší populaci?

Koenzym Q10 zlepšuje VO_2 max. a odolnost na zátěž u kardiaků, ale nemá žádný účinek u zdravých jedinců. Dodávání vanadu zvyšuje citlivost na insulin (snižuje odolnost na insulin) u pacientů s 2. typem diabetu, ale nezdá se být efektivní u zdravých jedinců s normální inzulínovou citlivostí. Tyto příklady ukazují, jak se výsledky mohou lišit u cílové skupiny, kde může být rozdílný věk, pohlaví, složení těla nebo úroveň výkonnosti než u zkoumané skupiny.

Byly zvažovány všechny proměnné?

V ideální studii, všechny proměnné a podmínky jsou identické, tak aby jediné rozdíly mezi jednotlivými měřeními byly dány jen působením zkoumaného subjektu. Potom můžeme s jistotou přisoudit všechny zjištěné změny zkoumanému subjektu. Například pokud je zkoumán účinek kofeinu a podmínky v prostředí se liší u zkoumané a kontrolní skupiny, zjištěné změny a výsledky mohou být stejně tak přisuzovány účinku kofeinu jako rozdílným podmínkám, ve kterých se test prováděl.

Byla studie ověřena s využitím placebo?

Pokud zkoumaný subjekt má předchozí znalosti nebo zkušenosti se zkoumaným problémem, jeho výsledky mohou být značně ovlivněny. Správným výběrem, se proto vyhneme ve studii jakýmkoliv předpojatostem. Avšak, je někdy velmi složité najít odpovídající placebo, zejména pak u určitých výživových doplňků. Na příklad amino-kyselina s rozvětveným řetězcem (BCAA) má velmi hořkou chuť a je proto velmi složité najít placebo s podobnou velmi

hořkou chutí. V tomto případě může zkoumaný subjekt odhadnout, co bere a tato jeho vědomost může ovlivnit výsledek.

Byla ve studii použita vhodná metodika měření?

Vytrvalost (čas do vyčerpání) má velkou odlišnost v jednotlivých dnech. Metody využívané k měření těchto odlišností nemusí odhalit malé rozdíly ve výkonech. Podobně, některé měření tělesných dispozic bývají chybná, takže nemohou být schopny odhalit malé změny v tukové nebo tuku prosté tkáni. Pokud je ve studii řečeno, že daný doplněk nemá žádný účinek, je možné, že konkrétní metoda použitá ve studii není dost citlivá na to, aby zachytila drobné odchylky a změny. Malé změny ve výkonu (méně než 3%), které jsou nezachytitelné v laboratorních podmínkách mohou rozhodnout o sportovním úspěchu nebo porážce.

Byl použit typ studie s cross over designem?

V přechodovém typu studie představují stejné subjekty výzkumný i kontrolní soubor, dovolující provádět srovnání přímo na jedné osobě. Ačkoliv tento typ studie může způsobovat určité komplikace, zejména pokud testovaná látka, která vyvolává efekty v těle až po dlouhé době, je podána před placebem, je tato studie považována za ideální. Selhání přechodového typu studie nemusí nutně poškozovat důvěryhodnost závěrů. Je ale velmi pravděpodobné, že variabilita mezi více subjekty ve zkoumaných proměnných bude větší než u jednoho subjektu. Proto, pokud není přechodový typ studie využit je třeba otestovat mnohem víc subjektů, abychom dosáhli stejného stupně jistoty, že výsledky námi zjištěné jsou validní, tedy platné.

Jaká byla opora výběru a jakým způsobem byli jednotliví probandi rozřazeni do skupin?

Pokud jsou sledované subjekty rozděleny do skupin samy podle svého uvážení, je možné, že dané rozdělení bude ovlivněno předpojatostí subjektů. Například ve výzkumu účinku chrómu na hubnutí, byly subjekty, které chtěly

zhubnout motivovány k tomu, aby byly přiřazeny do výzkumné skupiny než, aby zůstaly pouze v kontrolní (placebo) skupině.

Potvrzují závěry získané z konkrétní studie i jiné výzkumy?

Pokud jeden výzkum přinese výsledky o účinku určitého výživového doplňku, může to být pravda. Avšak pokud tento výsledek potvrdí více studií, bude doplněk velmi pravděpodobně podobný efekt skutečně mít. Čím více studií, které jsou na dané téma vypracovány, čím větší různorodost zkoumaných subjektů a čím větší rozmanitost ve způsobu podávání doplňku, tím jsou závěry obecnější a mají větší platnost.

Byla studie recenzována?

Práce zasílané k publikování do vědeckých časopisů a publikací podstupují přísnou kontrolu od 2-3 posuzovatelů, kteří jsou obvykle v dané problematice experty. Hodnotí práci podle určitých, specifických kritérií. Kvalitní výzkum snese kritiku recenzentů a ohodnocení kolegů. Články publikované v časopisech nebo spotřebitelsky orientované internetové stránky nejsou odborně recenzovány a jsou proto plné chyb a nepravdivých tvrzení.

4. ZÁVĚR

V této práci jsme se pokusili o kritický pohled na problematiku sportovní výživy. Podali jsme přehled v současnosti nejužívanějších suplementů sportovní výživy, přičemž veškerá tvrzení pocházejí z exaktní vědecké literatury. I přesto, že v minulosti bylo provedeno nepřehledné množství studií, není možné o jednotlivých suplementech podat konečné resumé. Zřejmě teprve delší časové období, další vědecké studie nám pomohou k optimalizaci výživy u různých jedinců i v rámci jednotlivých sportovních odvětví, a jistě i k přesnější aplikaci doplňků sportovní výživy.

Vědeční pracovníci v oblasti sportu velmi často pozorují chaotické počínání některých sportovců a jejich trenérů, pokud jde o příjem suplementů. K tomu přispívá prakticky nikde nekončící šíře produktů hlásající zaručený úspěch na cestě zlepšování sportovního výkonu. Jen chabá regulace na trhu s těmito výrobky umožňuje, že se právě trenéři i sportovci stávají obětí reklamních kampaní, které jsou povětšinou založeny na přehnaně zveličených pozitivních účincích těchto produktů. Na druhou stranu, vědecký svět identifikoval několik skupin látek, které skutečně mohou pomoci ve zlepšování sportovního výkonu.

Jen systematický přístup ve vzdělávání sportovců a jejich trenérů o příchozích suplementech a sportovní stravě vůbec, zaopatření sportovců a celých týmů těmito látkami, může sportovcům napomoci k úspěšnému užívání zmiňovaných látek a tím k dosažení optimálního výkonu.

5. LITERATURA

- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position Statement: The physiological and health consequences of oral Cr supplementation. *Med Sci Sports Exerc*, 2000, č. 32, str. 706 – 17.
- ANDERSON MJ, COTTER JD, GARNHAM AP, CASLEY DJ, FEBBRAIO MA. Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulation and metabolism in the heat. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2001, č. 11, str. 315 – 33.
- ANGUS DJ, HARGREAVES M, DANCEY J, FEBBRAIO MA. Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance. *J Appl Physiol*, 2000, č. 88, str. 113 – 19.
- ANTONIO J, SANDERS MS, VAN GAMMEREN D. The effects of bovine colostrum supplementation on body composition and exercise performance in active men and women. *Nutrition*, 2001, č. 17, str. 243 – 7.
- BAHRKE MS, MORGAN WP. Evaluation of the ergogenic properties of ginseng. *Sports Med*, 1994, č. 18, str. 229 – 48.
- BALLANTYNE CS, PHILLIPS SM, MACDONALD JR, TARNOPOLSKY MA, MACDOUGALL JD. The acute effects of androstenedione supplementation in healthy young males. *Can J Appl Physiol*, 2000, č. 25, str. 68 – 78.
- BIRKETT DJ, MINERS JO. Caffeine renal clearance and urine caffeine concentrations during steady-state dosing. Implications for monitoring caffeine intake during sports events. *Br J Clin Pharmacol*, 1991, č. 31, str. 405 – 8.
- BLUE JG, LOMBARDO JA. Steroids and steroid-like compounds. *Clin Sports Med*, 1999, č. 18, str. 667 – 89.
- BLOMSTRAD E, HASSMEN P, EKBLUM B, NEWSHOLME EA. Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise - effects on performance and on plasma concentration of some amino acids. *Eur J Appl Physiol*, 1991a, č. 63, str. 83 – 8.

- BOSY TZ, MOORE KA, POLKIS A. The effect of oral dehydroepiandrosterone (DHEA) on the urine testosterone/epitestosterone (T/E) ratio in human male volunteers. *J Anal Toxicol*, 1998, č. 22, str. 455 – 9.
- BRINKWORTH GD, BUCKLEY JD, BOURDON PC, GULBIN JP, DAVID AZ. Oral bovine colostrum supplementation enhances buffer capacity but not rowing performance in elite female rowers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2002, č 12, str. 349 – 63.
- BROWN GA, VULKOVICH MD, REIFENRATH TA, ET AL. Effects of anabolic precursors on serum testosterone adaptations to resistance training in young men. *Int J Sports Nutr*, 1999a, č. 10, 1 – 30.
- BROWN GA, VULKOVICH MD, SHARP RL, REIFENRATH TA, PARSONS KA, KING DS. Effect of oral DHEA on serum testosterone and adaptations to resistance training in young men. *J Appl Physiol*, 1999b, č. 87, str. 2274 – 83.
- BUCKLEY JD, ABBOTT MJ, BRINKWORTH DG, WHYTE PBD. Bovine colostrum supplementation during endurance running training improves recovery, but not performance. *J Sci Med Sport*, 2002, č. 5, str. 65 – 79.
- BURKE LM. An interview with Dr Gary Green about supplements and doping problems from an NCAA perspective. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2001, č. 11, str. 397 – 400.
- CAMPBELL WW, BEARD JL, JOSEPH LJ, DAVEY SL, EVANS WJ. Chromium picolinate supplementation and resistive training by older men: effects on iron-status and hematologic indexes. *Am J Clin Nutr*, 1997, č. 66, str. 644 – 9.
- CERRETELLI P, MARCONI C. L-carnitine supplementation in humans. The effects on physical performance. *Int J Sports Med*, 1990, č. 11, str. 1 – 14.
- CHANUTIN A. The fate of creatine when administered to man. *J Biol Chem*, 1926, č. 67, str. 29 – 37.
- CHONG SKT, OBERHOLZER VG. Ginseng - is there a clinical use in medicine? *Postgrad Med J*. 1988, č. 65, str. 841 – 6.
- CLARKSON PM. Nutritional ergogenic aids: carnitine. *Int J Sport Nutr*, 1992, č. 92, str. 185 – 90.

- COLGAN M.. Inosine - the latest Weider-sponsored research. *Muscle & Fitness*, 1988, č. 49(1), str. 94 – 6.
- COOMBES JS, CONACHAR M, AUSTEN SK, MARSHALL PA. Dose effects of oral bovine colostrum on physical work capacity in cyclists. *Med Sci Sports Exerc*, 2002, č. 34, str. 1184 – 8.
- COUTTS A, REABURN P, MUMMERY K, HOLMES M. The effect of glycerol hyperhydration on Olympic distance triathlon performance in high ambient temperatures. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2002, č. 12, str. 105 – 19.
- COX GR, DESBROW B, MONTGOMERY P, ANDERSON ME, BRUCE CR, MACRIDES TA, MARTIN DT, MOQUIN A, ROBERTS A, HAWLEY JA, BURKE LM. Difference protocols of caffeine intake enhance performance of prolonged cycling. *J Appl Physiol* 2002, č. 93, str. 990 – 9.
- CUI J, GARLE M, ENEROTH P, BJORKHEM I. What do commercial ginseng preparations contain? *Lancet*, 1994, č. 344, str. 134.
- DAVIS JM. Carbohydrates, branched-chain amino acids and endurance: the central fatigue hypothesis. *Int J Sport Nutr*, 1995, č. 5(suppl.), str. S29 – S38.
- DAVIS JM, BAILEY SP, WOODS JA, GALIANO FJ, HAMILTON M, BARTOLI WP. Effects of carbohydrate feedings on plasma free tryptophan and branched-chain amino acids during prolonged cycling. *Eur J Appl Physiol*, 1992, č. 65, str. 513 – 19.
- DELBEKE FT, DEBACKERE M. Caffeine: use and abuse in sports. *Int J Sports Med*, 1984, č.5, str. 179 – 82.
- DENNIG H, TALBOT JH, EDWARDS GT, DILL B. Effects of acidosis and alkalosis upon the capacity for work. *J Clin Invest*, 1931, č. 9, str. 601 – 13.
- DILL DB, EDWARDS HT, TALBOT JH. Alkalosis and the capacity for work. *J Biol Chem* 1932, č. 97, str. 58 – 9.
- DOWLING EA, REDONDO DR, BRANCH JD, JONES S, MCNABB G, WILLIAMS MH. Effect of *Eleutherococcus senticosus* on submaximal and maximal exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*, 1996, č. 28, str. 482 – 9.

- EARNEST CP, OLSON MA, BROEDER CE, BRUEUL KK, BACKHAM SG. In vivo 4-androstene-3,17-dione and 4-androstene-30,170-diol supplementation in young men. *Eur J Appl Physiol*, 2000, č. 81, str. 229 – 32.
- EVANS GW. The effect of chromium picolinate on insulin controlled parameters in humans. *Int J Biosocial Med Res*, 1989, č. 11, str. 163 – 80.
- EVANS GW. Chromium picolinate is an effective, efficacious and safe supplement. *Int J Sport Nutr*, 1993, č. 3, str. 117 – 19.
- GOEDECKE JH, ELMER-ENGLISH R, BENNIS SC, SCHLOSS I, NOAKES TD, LAMBERT EV. Effects of medium-chain triacylglycerol ingested with carbohydrate on metabolism and exercise performance. *Int J Sport Nutr*, 1999, č. 9, str. 35 – 47.
- GRAHAM TE. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Med*, 2001a, č. 31, str. 765 – 807.
- GRAHAM TE. Caffeine, coffee and ephedrine: impact on exercise performance and metabolism. *Can J Appl Physiol*, 2001b, č. 26, str. S103 – S109.
- GREEN AL, HULTMAN E, MACDONALD IA, SEWELL DA, GREENHAFF PL. Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle creatine accumulation during supplementation in man. *Am J Physiol*, 1996a, č. 271, str. E812 – E826.
- GREEN AL, MACDONALD IA, GREENHAFF PL. The effects of creatine and carbohydrate on whole body creatine retention in vegetarians. *Proc Nutr Soc*, 1997, č. 56, str. 81A.
- GREEN AL, SIMPSON EJ, LITTLEWOOD JJ, MACDONALD IA, GREENHAFF PL. Carbohydrate ingestion augments creatine retention during creatine feeding in man. *Acta Physiol Scand*, 1996b, č. 158, str. 195 – 202.
- GREENHAFF PL. Creatine. In: Maughan RJ, ed. *Nutrition in Sport*. Oxford: Blackwell Science, 2000, str. 367 – 78.
- HARRIS RC, SODERLUND K, HULTMAN E. Elevation of creatine in resting and exercise muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci*, 1992, č. 83, str. 367 – 74.
- HEIGENHAUSER GFJ, JONES NJ. Bicarbonate loading. In: Lamb DR, Williams MH, eds. *Perspectives in Exercise Science and Sports*

- Medicine*. Vol 4. *Ergogenics*. Carmel, IN: Cooper Publishing Group, 1991, str. 183 – 212.
- HEINONEN OJ. Carnitine and physical exercise. *Sports Med*, 1996, č. 22, str. 109 – 32.
- HESPEL P , OPT EIJNDE B, BEREVE W, RICHTER EA. Creatine supplementation: exploring the role of the creatine kinase/phosphocreatine system in the human muscle. *Can J Appl Physiol*, 2001, č. 26(suppl.), str. S79 – S102.
- HITCHINS S, MARTIN DT, BURKE LM, YATES K, FALLON K, HAHN A, DOBSON GP. Glycerol hyperhydration improves cycle time trial performance in hot humid conditions. *Eur J Appl Physiol*, 1999, č. 80, str. 494 – 501.
- HOFMAN Z, SMEETS R, VERLAAN G, VAN DER LUGT R, VERSTAPPEN PA. The effect of bovine colostrum supplementation on exercise performance in elite field hockey players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2002 (in press).
- HULTMAN E, SODERLUND K , TIMMONS JA, CEDERBLAD G, GREENHAFF PL. Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol*, 1996, č. 81, str. 232 – 7.
- INDER WJ, SWANNEY MP, DONALD RA, PRICKETT TCR, HELLEMANS J. The effect of glycerol and desmopressin on exercise performance and hydration in triathletes. *Med Sci Sports Exerc*, 1998, č. 30, str. 1263 – 9.
- INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE. Olympic Movement Anti-Doping Code, 2002, <http://www.olympic.org/uk/index_uk.asp>.
- INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE. Official press release. IOC Nutritional supplements study points to need for greater quality control, 2002, <http://www.olympic.org/uk/index_uk.asp>.
- JEUKENDRUP AE, SARIS WHM, SCHRAUWEN P, BROUNS F, WAGENMAKERS AJM. Metabolic availability of medium-chain triglycerides coingested with carbohydrates during prolonged exercise. *J Appl Physiol*, 1995, č. 79, str. 756 – 62.
- JEUKENDRUP AE, THIELEN JJHC, WAGENMAKERS AJM, BROUNS F, SARIS WHM. Effects of MCT and carbohydrate ingestion during

- exercise on substrate utilisation and subsequent performance. *Am J Clin Nutr*, 1998, č. 67, str. 397 – 404.
- JUHN MS, TARNOPOLSKY M. Oral creatine supplementation and athletic performance: a critical review. *Clin J Sport Med*, 1998a, č. 8, str. 286 – 97.
- JUHN MS, TARNOPOLSKY M. Potential side-effects of oral creatine supplementation: a critical review. *Clin J Sport Med*, 1998b, č. 8, str. 298 – 304.
- KING DS, SHARP RL, VUKOVICH MD. Effect of oral androstenedione on serum testosterone and adaptations to resistance training in young men. *Jama*, 1999, č. 281, str. 2020 – 8.
- KNITTER AE, PANTON L, RATHMAHER JA, PETERSEN A, SHARP R. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle damage after a prolonged run. *J Appl Physiol*, 2000, č. 89, str. 1340 – 4.
- KOVACS EM, STEGEN JHCH, BROUNS F. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J Appl Physiol*, 1998, č. 85, str. 709 – 15.
- KRAEMER W, VOLEK JS. Creatine supplementation: its role in human performance. *Clin Sports Med*, 1999, č. 18, str. 651 – 66.
- KUIPERS H, VAN BREDA E, VERLAAN G, SMEETS R. Effects of oral bovine colostrum supplementation on serum insulin-like growth factor 1 levels. *Nutrition*, 2002, č. 18, str. 566 – 7.
- LEDER BZ, LONGCOPE C, CATLIN DH, AHREN B, SCHOENFELD DA, FINKELSTEIN JS. Oral androstenedione administration and serum testosterone concentrations in young men. *J Am Med Assoc*, 2000, č. 283, str. 779 – 782.
- LEFAVI RG. Response to Evans—chromium picolinate. *Int J Sport Nutr*, 1993, č. 3, str. 120 – 2.
- LEFAVI RG, RICHARD AA, KEITH RE, WILSON GD, MCMILLAN JL, STONE MH. Efficacy of chromium supplementation in athletes: emphasis on anabolism. *Int J Sport Nutr*, 1992, č. 2, str. 111 – 22.
- LINDERMAN J , FAHEY TD. Sodium bicarbonate ingestion and exercise performance. *Sports Med*, 1991, č. 11, str. 71 – 7.

- LUKASKI HC, BOLONCHIK WW, SIDERS WA, MILNE DB. Chromium supplementation and resistance training: effects on body composition, strength, and trace element status of men. *Am J Clin Nutr*, 1996, č. 63, str. 954 – 65.
- MAHESH VB, GEENBLATT RB. The in vivo conversion of dehydroepiandrosterone and androstenedione to testosterone in the human. *Acta Endocrinol*, 1962, č. 41, str. 400 – 6.
- MALM C, SVENSOON M, EKBLÖM B, SJODIN B. Effects of ubiquinone-10 supplementation and high intensity training on physical performance in humans. *Acta Physiol Scand*, 1997, č. 161, str. 379 – 84.
- MALM C, SVENSOON M, SJOBERG B, EKBLÖM B, SJODIN S. Supplementation with ubiquinone-10 causes cellular damage during intense exercise. *Acta Physiol Scand*, 1996, č. 157, str. 511 – 12.
- MATSON LG, TRAN ZT. Effects of sodium bicarbonate ingestion on anaerobic performance: a meta-analytic review. *Int J Sports Nutr*, 1993, č. 3, str. 2 – 28.
- MAUGHAN R, GREENHAFF P. High intensity exercise performance and acid–base balance: the effect of diet and induced alkalosis. In: Brouns F, ed. *Advance in Nutrition and Top Sport. Med Sports Sci*, 1991, č. 32, str. 147 – 65.
- MCNAUGHTON LR, DALTON B, TARR J. Inosine has no effect on aerobic or anaerobic cycling performance. *Int J Sport Nutr*, 1999, č. 9, str. 333 – 44.
- MCNAUGHTON LR. Bicarbonate and citrate. In: Maughan RJ, ed. *Nutrition in Sport*. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2000, str. 379 – 92.
- MERO A, KAHKONEN J, NYKANEN T, PARVIAINEN T, JOKINEN I, TAKALA T, NIKULA T, RASI S, LEPPALUOTO J. IGF-1, IGA and IgG responses to bovine colostrum supplementation during training. *J Appl Physiol*, 2002, č. 93, str. 732 – 9.
- MERO A, MEIKULAINEN H, RISKI J, PAKKANEN R, AALTO J, TAKALA T. Effects of bovine colostrum supplement on serum IGF-1, IgG, hormone and saliva IgA during training. *J Appl Physiol*, 1997, č. 83, str. 1144 – 51.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Recommended Dietary Allowances*. Washington DC: National Academy Press, 1989.
- NELSON AG, ARNALL DA, KOKKONEN J , DAY R, EVANS J. Muscle glycogen supercompensation is enhanced by prior creatine supplementation. *Med Sci Sports Exerc*, 2001, č. 33, str. 1096 – 100.
- NISSEN SL, SHARP RL. Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *J Appl Physiol*, 2003 (in press).
- OP' T EIJNDE B, VAN LEEMPUTTE B, BROUNS F, AT AL. No effects of oral ribose supplementation on repeated maximal exercise and de novo ATP resynthesis. *J Appl Physiol*, 2001, č. 91, str. 2275 – 81.
- PADDON-JONES D, KEECH A, JENKINS D. Short-term β -hydroxy- β -methylbutyrate supplementation does not reduce symptoms of eccentric muscle damage. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2001, č. 11, str. 442 – 50.
- PASMAN WJ, VAN BAAK MA, JEUKENDRUP AE, DE HAAN A. The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J Sports Med*, 1995, č. 16, str. 225 – 30.
- POORTMANS JR, FRANCOAUX M. Long-term oral creatine supplementation does not impair renal function in healthy athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 1999, č. 31, str. 1108 – 10.
- PRITCHARD NR, KALRA PA. Renal dysfunction accompanying oral creatine supplements. *Lancet*, 1998, č. 351, str. 1252 – 3.
- RASMUSSEN BB, VOLPI E, GORE DC, WOLFE RR. Androstenedione does not stimulate muscle protein anabolism in young healthy men. *J Clin Endocrinol Metab*, 2000, č. 85, str. 55 – 9.
- ROBERGS RA, GRIFFIN SE. Glycerol: biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. *Sports Med*, 1998, č. 26, str.145 – 67.
- SAHLIN K. Metabolic aspects of fatigue in human skeletal muscle. In: Marconnet P, Komi PV, Saltin B, Sejersted OM, eds. *Muscle Fatigue Mechanisms in Exercise and Training*. Vol 34. Basel: Karger, 1992, str. 54 – 68.

- SLATER GJ, JENKINS D. β -hydroxy β -methylbutyrate (HMB) supplementation and the promotion of muscle growth and strength. *Sports Med*, 2000, č. 30, str. 105 – 16.
- SNIDER I , BAZZARRE TL, MURDOCH SD, GOLDFARB A. Effects of coenzyme athletic performance system as an ergogenic aid on endurance performance to exhaustion. *Int J Sport Nutr* 1992, č. 2, str. 272 – 86.
- SPRIET LL. Ergogenic aids: recent advances and retreats. In: Lamb DR, Murray R, eds. *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine: Vol 10. Optimizing Sports Performance*. Carmel, IN: Cooper Publishing Company, 1997, str. 185 – 238.
- STARLING RD, TRAPPE TA, SHORT KR, SHEFFIELD-MOORE M , JOSZI AC, FINK WJ, COSTILL DL. Effect of inosine supplementation on aerobic and anaerobic cycling performance. *Med Sci Sports Exerc*, 1996, č. 28, str. 1193 – 8.
- STOECKER BJ. Chromium. In: Ziegler EE, Filer LJ, eds. *Present Knowledge in Nutrition*. 7th edn. Washington: *ILSI Press*, 1996, str. 344 – 52.
- SVENNISON M, MALM C, TONKONOGI M , EKBLUM B, JSODIN B, SAHLIN K. Effect of Q10 supplementation on tissue Q10 levels and adenine nucleotide catabolism during high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr*, 1999, č. 9, str. 166 – 80.
- TARNOPOLSKY MA. Caffeine and endurance performance. *Sports Med* 1994, č. 18, str. 109 – 25.
- URALETS VP, GILLETTE PA. Over-the-counter anabolic steroids 4-androsten-3,17-dione; 4-androsten-3 β ,17 β -diol; and 19-nor-4-androsten-3,17-dione: excretion studies in men. *J Anal Toxicol*, 1999, č. 23, str. 357 – 66.
- VAN ZYL CG, LAMBERT EV, HAWLEY JA, NOAKES TD, DENNIS SC. Effects of medium-chain triglyceride ingestion on fuel metabolism and cycling performance. *J Appl Physiol*, 1996, č. 80, str. 2217 – 25.
- WAGENMAKERS AJM. carnitine supplementation and performance in man. In: Brouns F, ed. *Advances in Nutrition and Top Sport: Medicine and Sport Science*. Basel: Karger, 1991, str. 110 – 27.

- WILLIAMS MH, KREIDER R, HUNTER DW, SOMMA ET, SHALL LM, WOODHOUSE ML, ROKITSKI L. Effect of inosine supplementation on 3-mile treadmill run performance and *Med Sci Sport Exerc*, 1990, č. 22, str. 517 – 22.
- WILLIAMS M, KREIDER R, BRANCH JD. Creatine. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.
- YESALSIC CE. Medical, legal, and societal implications of androstenedione. *Jama*, 1999, č. 281, str. 2043 – 4.
- FOŘT, P. *Zdrví a potravní doplňky*. 1. vydání. Praha: EUROMEDIA GROUP, k.s. – Ikar, 2005. ISBN 80-249- 0612- 0.
- JEUKENDRUP, A., GLEESON, M. *Sport nutrition: An intruductoin to energy production and performance*. 1. vydání. (USA): Human kinetics, 2004. ISBN 0- 7360- 3404- 8