

Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Nutriční terapeut



Lucie Schöppelová

Vliv karnosinu a hydroxymethylbutyrátu na sportovní výkon ve světové literatuře.

The influence of carnosine and hydroxymethylbutyrate on sport's performance in the world literature.

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: doc. MUDr. Zdeněk Vilikus, CSc.

Praha, 2015

Poděkování:

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu práce doc. MUDr. Zdeňku Vilikusovi, CSc., za odborné vedení, cenné připomínky a čas, který mi věnoval v průběhu tvorby mé bakalářské práce. Poděkování patří i mým blízkým zejména za psychickou podporu a Ing. Aleně Saidlové za pomoc v začátcích tvorby mé práce.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Kladně, 27.07.2015

Lucie Schöppelová

Identifikační záznam:

SCHÖPPELOVÁ, Lucie. *Vliv karnosinu a hydroxymethylbutyrátu na sportovní výkon ve světové literatuře. [The influence of carnosine and hydroxymethylbutyrate on sport's performance in the world literature]*. Praha, 2015. 51s. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, Ústav tělovýchovného lékařství. Vedoucí závěrečné práce doc. MUDr. Zdeněk Vilikus CSc.

Abstrakt:

Název

Vliv karnosinu a hydroxymethylbutyrátu na sportovní výkon ve světové literatuře

Cíl

Cílem bakalářské práce je objasnit vliv karnosinu a hydroxymethylbutyrátu (HMB) na sportovní výkon ve světové literatuře.

Metodika

Tato práce je stylizována jako review světové literatury na výše uvedené téma. Metodou byla zvolena meta-analýza důvěryhodných kvalitativních i kvantitativních studií týkajících se karnosinu a HMB v souvislosti se sportem. Pro hledání studií byly použity lékařské elektronické databáze PubMed a EBSCO.

Výsledky

Meta-analýza prokazuje vliv suplementace β -alaninem na zvýšení hladiny karnosinu ve svalech, ale spíše neprokazuje vliv na zlepšování sportovního výkonu v důsledku vyšší hladiny karnosinu. Proto je zapotřebí provést další studie zkoumající vliv karnosinu na sportovní výkon. Z práce dále vyplývá, že suplementace HMB spolu s intenzivním tréninkem prokazatelně účinkuje na vylepšování sportovního výkonu, a také že HMB chrání svaly proti poškození způsobeným těžkým tréninkem.

Klíčová slova

Karnosin, hydroxymethylbutyrát, sportovní výkon, potravinové doplňky, suplementace, svaly

Abstract

Title

The influence of carnosine and hydroxymethylbutyrate on sport's performance in the world literature

The aim of the work

The aim of this bachelor thesis is to clarify influence of carnosine and hydroxymethylbutyrate (HMB) on sport's performance in the world literature.

Methodology

Presented thesis is mainly a literature review of the above topic. The data collection was done by meta-analysis of reliable quantitative and qualitative journals and studies where Carnosine and HMB in sports are concerned. Electronic databases PubMed and EBSCO were the main sources of the research.

Results

Meta-analysis shows, that β -alanine supplementation influences concentrations of muscle carnosine, but it rather not shows its influence on better sport's performance caused by higher level of muscle carnosine. Hence, it is necessary to conduct a few more studies to clarify influence of carnosine supplementation on sport's performance. Furthermore, the thesis proves that supplementation of HMB together with intensive training program has an efficient impact on the sport performance and that HMB protects muscles damage due to severe training.

Key words

Carnosine, hydroxymethylbutyrate, sports performance, dietary supplements, supplementation, muscles

Obsah

Úvod	10
1 Karnosin.....	11
1.1 Biochemie karnosinu	11
1.2 Působení karnosinu	12
1.2.1 Působení karnosinu na svaly.....	12
1.2.2 Karnosin jako neuroprotektant	14
1.2.3 Karnosin jako antioxidant	14
1.2.4 Karnosin jako ochránce bílkovin.....	14
1.2.5 Karnosin proti stárnutí.....	15
1.2.6 Další působení karnosinu.....	15
1.2.7 Karnosin jako doplněk stravy a lék	16
1.3 Význam karnosinu ve sportu	16
1.4 Karnosin a sport ve světové literatuře	16
1.4.1 „Suplementace β -Alaninu zvyšuje rychlost regenerace kosterních svalů, ale neposiluje jejich kapacitu.“	16
1.4.2 „Efekt suplementace β -alaninu na výsledek Wingate testu u univerzitních fotbalistek“	17
1.4.3 „Užívání β -alaninu zvyšuje obsah karnosinu ve svalech a zlepšuje specifickou zátěž vojáků.“	18
1.4.4 „Efekt 28 denní suplementace β -alaninu a kreatinu na hladinu svalového karnosinu, kompozici těla a sportovní výkon u rekreačně sportujících žen“	18
1.4.5 „Zvyšování hladiny karnosinu vlivem suplementace β -alaninem je účinnější u trénovaných svalů oproti netrénovaným svalům.“	19
1.4.6 „Vliv l-karnosinu na proantioxidační status u vrcholových kajakářů a kanoistů“	20
1.4.7 „Zdvojnásobení koncentrace karnosinu ve svalech laboratorně nezlepšuje výsledky hodinového testu na cyklistickém trenažéru.“	21

1.4.8	„Efekt suplementace β -alaninem a intervalového tréninku na klíčové fyziologické faktory těžkého sportovního výkonu“	21
1.4.9	„Suplementace β -alaninem nezlepšuje adaptaci kosterního svalstva vzhledem k šesti týdennímu sprinterskému intervalovému tréninku.“	22
1.4.10	„Trénování a zvýšení svalového karnosinu pomocí suplementace β -alaninem“	23
1.4.11	„Efekt jednorázového podání β -alaninu na anaerobní zátěž u žen cyklistek“ ²⁴	
1.4.12	„Důležitá role svalového karnosinu pro veslařský výkon“	24
2	Hydroxymethylbutyrát	26
2.1	Biochemie hydroxymethylbutyrátu	26
2.2	Působení hydroxymethylbutyrátu	28
2.2.1	Působení hydroxymethylbutyrátu na svaly	28
2.2.2	Mechanismus účinku hydroxymethylbutyrátu	29
2.2.3	Hydroxymethylbutyrát ve stáří	29
2.2.4	Další působení hydroxymethylbutyrátu	30
2.2.5	Hydroxymethylbutyrát jako doplněk stravy	30
2.3	Hydroxymethylbutyrátu a sport ve světové literatuře	30
2.3.1	„Vysoce intenzivní intervalový trénink a β -hydroxy- β -methylbutyrát ve formě volné kyseliny zvyšuje aerobní sílu a metabolický práh.“	30
2.3.2	„Efekt β -hydroxy- β -methylbutyrátu ve formě volné kyseliny a ponořování do studené vody po tréninku na ukazatele svalového poškození“ 31	
2.3.3	„Efekt metabolitu leucinu, β -hydroxy- β -methylbutyrátu, na svalový metabolismus během silového tréninku“	33
2.3.4	„Efekt užívání volné kyseliny β -hydroxy- β -methylbutyrátu a silového tréninku na akutní endokrinní odpověď“	34
2.3.5	„Vliv suplementace HMB a silového tréninku na reakci cytokinů v důsledku silového cvičení“	35

2.3.6	„Interakce HMB-FA a adenosintrifosfátu [ATP] pro svalovou hmotu, sílu a výkon u silových sportovců“	36
2.3.7	„Efekt dvanáctitýdenní suplementace HMB-FA na svalovou hmotu, sílu a výkon u silových sportovců“	37
2.3.8	„B-hydroxy- β -methylbutyrát volná kyselina snižuje ukazatele svalového poškození způsobeného tréninkem a zlepšuje proces zotavení u silově trénovaných mužů.“	38
2.3.9	„Efekt suplementace HMB na tělesnou stavbu, kondici a hormonální a zánětlivé mediátory u špičkových adolescentních volejbalistů a volejbalistek“ 39	
2.3.10	„Efekt devítitýdenní suplementace HMB na sílu a tělesnou kompozici u silově trénovaných mužů“	40
	Diskuse	42
	Závěr	45
	Seznam zkratk	46
	Použitá literatura.....	47

Úvod

Sport a sportovní výkon je společností i samotnými atlety hnán stále kupředu a často se od sportovců očekávají až heroické a v dřívější době nereálné výkony. Vše, co se týká sportu, se postupem času velmi zdokonalilo. To, jakou péči mají nyní vrcholoví sportovci, o tom by se dříve profesionálním atletům ani nesnilo. Díky vědě a výzkumu se zdokonalila jak technika pohybu, sportovní náčiní, oblečení a sportoviště, tak pohled na výživu, výživové doplňky a regeneraci.

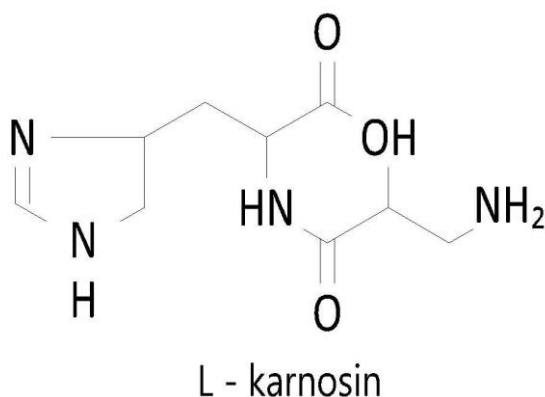
Bez doplňků stravy by dnešní profesionální sport, jak ho známe, nemohl existovat. I kvůli tomu je spousta sportovců, kteří volí špatnou cestu v podobě dopingu, protože se zdá být jednodušší a s rychlejším nástupem účinku, ale je spousta jiných alternativ, které jsou legální, jako i karnosin a HMB, jež nespádají do zakázaných látek českého antidopingového výboru. Právě karnosinem a hydroxymethylbutyrátem (HMB) se budeme podrobněji zabývat.

Tyto doplňky stravy by měly mít anabolické účinky na lidský organismus, ale jejich přesné působení není ještě zcela vyjasněné. Jak karnosin, tak HMB jsou metabolity aminokyselin, přičemž HMB je metabolitem esenciální aminokyseliny Leucinu a karnosin vzniká z β -alaninu. Oba doplňky se využívají v oblasti sportu pro zlepšování fyzických výkonů a podporování psychického stavu jedince z hlediska subjektivního vnímání zátěže. Dále se pak tyto doplňky užívají pro zefektivnění regenerace a pro lepší ochranu již vybudovaných svalů.

1 Karnosin

1.1 Biochemie karnosinu

Karnosin je látka tělu vlastní, je tedy 100% přírodní. Poprvé jeho strukturu určil na počátku 20. století ruský vědec W. S. Gulewitch. Je to dipeptid složený ze dvou aminokyselin a to β -alaninu a L-histidinu, tvořen v organismu pomocí enzymu karnosin-syntetázy. Reakce syntézy karnosinu probíhá nejvíce ve svalstvu a mozku. Další reakce karnosinu v organismu je jeho rozklad. Ten se děje v krvi pomocí enzymů dipeptidáz a karnosináz. Kladné účinky karnosinu jsou pravděpodobně způsobeny právě touto rozkladnou reakcí, kdy z karnosinu opět vzniká alanin a histidin. Nejvyšších koncentrací v lidském těle dosahuje karnosin v kosterních svalech, srdci, velkém mozku a mozečku. Naproti tomu se za normálních podmínek nevyskytuje v játrech, krevní plasmě, plicích a ledvinách. Výskyt karnosinu v krevní plasmě je sice za normálních okolností neměřitelný, ale při svalových poraněních se toto množství zvyšuje, a tím pádem by mohlo být zjištěné množství karnosinu v krevní plasmě indikátorem možného svalového poranění.[1] Zvýšené hodnoty karnosinu v krvi můžeme nalézt u novorozenců, dále v moči po požívání masitých pokrmů a hyperkarnosinémii můžeme nalézt u osob s mentální retardací.[2] Karnosin je velmi účinný antioxidant, který má vliv i na dobu skladovatelnosti masa. Čím více karnosinu maso obsahuje, tím delší je doba do zkažení [žluknutí] tohoto masa. Efektivnějšího antioxidačního výsledku docílíme v lidském těle suplementací karnosinu společně s dalšími antioxidanty, jako jsou např. vitamin C, zinek, selen a vitamin E. Toto pravidlo platí obecně: vždy je dobré užívat antioxidanty například společně s výše uvedeným vit. C.



Obr. 1: Chemický vzorec L-Karnosinu

zdroj: <http://www.lookchem.com/300w/201001/img/305-84-0.jpg>

Karnosin je také označován jako neuropeptid pro jeho ochranný vliv na CNS. Hlavním zdrojem karnosinu je pro nás konzumace masa, přičemž vstřebatelnost karnosinu z potravy je 30-70%. Při suplementaci karnosinu v čisté formě je však jeho vstřebatelnost více než 70 %. Absorbce karnosinu probíhá v jejunu a krví je distribuován do dalších tkání. Mezi hlavní biologické funkce karnosinu patří: udržení pH ve svaích při těžkém zatížení, chelátující efekt pro měď a zinek, antioxidant, prevence glykace, prevence karbonylace bílkovin, oddělování aldehydů, neurotransmitter a udržení funkce bio makromolekul při působení oxidativního stresu.[1]

1.2 Působení karnosinu

1.2.1 Působení karnosinu na svaly

Roku 1953 Rus S. E. Severin prokázal puřovací schopnosti karnosinu vůči kyselině mléčné v pracujících svaích. Dokázal také vyšší odolnost svalů proti únavě a vyšší kontraktilitu svalů při podávání karnosinu. Ve své studii Severin popsal tzv. „Severinův fenomén“. Tento fenomén poukazuje na rychlou regeneraci svalů díky karnosinu, kdy karnosin pomáhá ve svalu odbourávat již zmiňovanou kyselinu mléčnou a přebytek H^+ , čímž se snižuje pH ve svalu, a tím je způsobena svalová únava. Karnosin tedy pomáhá ve svaích udržovat acidobazickou rovnováhu. Díky antioxidačním vlastnostem může karnosin podporovat svalovou vitalitu, urychlovat zotavení po sprintech a zvyšovat svalovou vytrvalost a sílu. Karnosin takto pomáhá svou účastí v detoxikačních dějích, kdy odstraňuje škodlivé reaktivní aldehydy vzniklé v kosterních svaích peroxidací lipidů. 30% celkové puřovací kapacity lidského organismu představuje karnosin. A vzhledem k současným studiím bylo prokázáno, že zvýšením koncentrace karnosinu v těle může organismus puřovat H^+ ještě lépe. Tato vlastnost se potvrdila i při podávání karnosinu před zátěží.

S postupujícím věkem klesá koncentrace karnosinu v organismu, a to vede ke snížení svalové síly a také vytrvalosti, čemuž můžeme částečně zabránit suplementací karnosinu. Karnosin dále udržuje kalciové kanály ve svalových buňkách otevřené, čímž napomáhá ke správnému chodu tzv. „kalciové pumpy“. Při nedostatečném množství karnosinu ve svalu se kalciové kanály začínají uzavírat. Spouštěče tohoto jevu jsou: zvýšená kyselost ve svalu, zvýšená peroxidace lipidů a nahromadění malondialdehydu. Všem spouštěčům však brání v rozvoji právě karnosin a je tudíž považován za žádoucí doplněk stravy pro sportovce. Důležité je hlavně to, že

karnosin není v současné době uznáván jako protizákonná látka, neboli doping, pro registrované sportovce. Jak již bylo zmíněno, karnosin z těla odplavuje škodlivé reaktivní aldehydy a taktéž potlačuje karboxylaci. Studie určily minimální koncentrace karnosinu pro zastavení peroxidace lipidů, které způsobují vznik aldehydů, toto množství je 2,5 mM, a k potlačení karboxylace je potřeba množství 1,0 mM karnosinu. Takových koncentrací jde při suplementaci karnosinem dosáhnout již po několika měsících, ale také až po třinácti měsících. Pro představu, podle Dr. Kučery: „Při podávání stravy obsahující 1,8% karnosinu stoupá jeho koncentrace ve svazech až 5x již po 8 týdnech.“.

Co se týká působení karnosinu na svalový aparát, nezůstává pole působnosti pouze u sportovců. Velmi důležitý význam na svalovou soustavu má karnosin v rámci stárnutí svalů a boji proti svalovým onemocněním. Obecně se od dvacátého do sedmdesátého roku života sníží svalová hmota přibližně o 20% a sníží se také svalová efektivita o dalších 20-40%. V tomto věkovém období se sníží koncentrace karnosinu ve svazech až na polovinu dřívějších hodnot. Nejpravděpodobněji spolu pokles hladiny karnosinu a pokles množství svalové hmoty přímo souvisí. Zastoupení karnosinu ve svalových vláknech je mnohem větší v tzv. „rychlých“ vláknech oproti vláknům „pomalým“. Výše zmiňovaný vědec Severin už v padesátých letech prokázal „in vitro“ (ve zkumavce) pomocí inkubovaných vyčerpaných svalových vláken, že dodání karnosinu způsobí skoro okamžité obnovení původní úplné svalové energie. A nyní tým australského Dr. MacFarlana provedl studii, kterou prokázal vliv karnosinu na zvýšení svalové síly a vytrvalosti. Úměra při užívání karnosinu je přímá: čím více karnosinu sval má, tím je lepší svalová vytrvalost a síla. Výsledky dalších studií prokázaly vliv suplementace karnosinem na tato onemocnění: amyotrofická laterální skleróza, FSH svalová dystrofie, Duchennova svalová dystrofie, polyomyositis, myastenia gravis, mitochondriální myopatie a svalová onemocnění zapříčiněná užíváním např. statinů.

Vliv na svalovou sílu a vytrvalost má karnosin i u srdečního svalu. Suplementace dokáže zvýšit jeho efektivitu až o 30% a zlepšuje kontraktilitu (a to i při ischemii) srovnatelně jako lék verapamil (což je blokátor kalciových kanálů). Účinek karnosinu na zotavení po hypoxii byl zkoumán ve studii na krysách, kdy byly krysy vystaveny programované hypoxii vyčerpáním kyslíku. Krysy nebyly schopny pohybu a poté jim byl zpět dodán kyslík do prostředí. Skupina krys, která byla suplementována

karnosinem, se zotavila po 4,3 minutách, nesuplementovaná skupina až po 6,3 minutách, což je podstatný rozdíl. [1]

1.2.2 Karnosin jako neuroprotektant

U Alzheimerovy choroby, Parkinsonovy choroby, schizofrenie, při depresivních poruchách a epilepsie je extrémní výskyt nežádoucích procesů v organismu, jako jsou oxidativní stres, glykace a karbonylace. Tyto procesy brání ve správném fungování neurotransmiterů. Jelikož karnosin redukuje uvedené procesy, a navíc sám plní funkci neurotransmiteru, může tedy do určité míry chránit před neurodegenerativními onemocněními mozku. [1]

1.2.3 Karnosin jako antioxidant

Jak již bylo uvedeno v kapitole dříve, karnosin má významné antioxidační účinky. Je ve vodě rozpustný a v těle reaguje v podstatě se všemi volnými radikály kyslíku. Brání tak v rozvoji oxidativního stresu. Působí jak preventivně proti vzniku oxidativního stresu, tak i následně, když už byly volné radikály, a tím pádem i další sloučeniny vznikající díky volným radikálům, vytvořeny. Karnosin je také protektantem buněčných membrán. Dále má schopnost snižovat koncentraci reaktivní formy thiobarbiturové kyseliny a má vliv na prodlužování funkčního cyklu DNA, bílkovin a lipidů. [1]

1.2.4 Karnosin jako ochránce bílkovin

Bílkoviny v průběhu života podstupují sebezničující procesy, za které může především karbonylace a dále volné radikály a glykace. Karbonylace je proces, jehož následkem je rozrušena bílkovinná struktura v tzv. proteolýze. Nastává tak denaturace bílkovin, nezvratné změny v bílkovinách vedoucí až k zániku buňky, karnosin však působí efektivně proti vlivům způsobujícím denaturaci bílkovin, jako jsou: karbonylace, volné radikály, glykace a další. Karnosin dokáže reagovat s karbonylovou skupinou, která vzniká právě při karbonylaci, vytvoří s ni addukt protein-karbonyl-karnosin a tímto způsobem nejen buňku ochrání, ale i ji dokáže nasměrovat ke znovuobnovení její struktury. Dr. Kučera vysvětlil fungování karnosinu na příkladu motoru: „Každý motor potřebuje pravidelnou výměnu oleje, protože při běhu motoru vznikají různé mikroskopické i větší částice vzniklé opotřebením [třením] povrchu. Olej obsahuje detergenty, které udržují tyto součásti rozpuštěné. Jakmile jsou ale tyto detergenty spotřebovány, dochází k shlukování

těchto odpadních látek, tyto pak následně ničí hladký povrch vnitřních součástí motoru, motor ztrácí na výkonu až do úplného selhání. Organismus potřebuje také účinnou metodu odstraňování zbytků látkové přeměny, hlavně zbytků zničených bílkovinných struktur. Toto bílkovinné „bahno, kal“ se hromadí- není-li odklizen- v buňce a způsobuje, že funkční životní cykly jsou zpomalovány až zastaveny. Buňka pak buď zastaví své dělení a odumře, anebo se dále reprodukuje ve své abnormální formě a může způsobit až degenerativní změny nebo maligní nádory.“ Karnosin jako antioxidant se liší od ostatních antioxidantů tím, že má vliv na karbonylaci a glykaci v organismu. Ostatní běžné antioxidanty tyto vlastnosti nevykazují. [1]

1.2.5 Karnosin proti stárnutí

Podle současných studií je karnosin schopen prodlužovat dobu mezi děleními buněk a také zvyšovat množství těchto dělení. Tím způsobuje delší dobu života buněk. Jak už bylo zmíněno s přímou úměrou, platí to i zde: čím více, tím bude buňka žít déle, protože bude více dělení a budou i větší intervaly mezi děleními. Dokazuje to pokus prováděný opět na myších. V tomto pokusu se suplementací karnosinem prodloužil život myši o 20% oproti myším kontrolním (nesuplementovaným). Celkově myši vypadaly zdravěji a mladší. Karnosin oddaloval běžné projevy stáří- kožní ulcerace, lordokýfózu páteře a léze kolem očí.[1]

1.2.6 Další působení karnosinu

Zcela jistě byl prokázán účinek karnosinu v podobě očních kapek na zpomalení stárnutí oka a následně i na vidění. 100% byl účinek prokázán u primárního senilního šedého zákalu a v 80% u rozvinutého šedého zákalu. Existují země světa (např. USA)[3], kde zcela normálně užívají karnosinové kapky na podporu léčby mnohých očních nemocí.

Podle novodobých poznatků víme, že karnosin má velký význam na potlačení tvorby ulcerací a erodí v žaludku a dvanáctníku. Již dříve se karnosin používal v léčbě a prevenci žaludečních vředů.

Jako další účinky karnosinu můžeme vyjmenovat: prevence nádorových onemocnění; urychlení hojení ran, tlumení příznaků post-iradiačního syndromu; tlumení zánětlivých procesů a podpora obranyschopnosti. [1]

1.2.7 Karnosin jako doplněk stravy a lék

V kombinaci se zinkem se karnosin doporučuje, jelikož má v této kombinaci pozitivní vliv na již vytvořené vředy v trávicím ústrojí a chrání sliznici trávicího traktu proti různým dráždivým látkám. U lidí s větší krvácivostí napomáhá srážlivosti a naopak u lidí s vyšší srážlivostí tzv. „ředí krev“.

Co se týče dávkování, dávky se pohybují od 100mg až do 2000mg. Záleží na účelu suplementace karnosinem. Nás však nejvíce zajímají dávky nejvyšší a to 1500-2000 mg denně. Tyto dávky se i přes neznámé nežádoucí účinky běžně nedoporučují, ale pro sportovce je toto dávkování v určitém omezeném časovém úseku žádoucí. [1]

1.3 Význam karnosinu ve sportu

Z předchozích odstavců je patrné, že hlavní význam karnosinu ve sportu tkví v jeho souvislostech se svalovou soustavou. Pravděpodobně zlepšuje svalovou vytrvalost a sílu, po sprintech zrychluje regeneraci a celkově působí příznivě na svalovou vitalitu. Karnosin vykazuje puřrovací efekt pro laktát neboli kyselinu mléčnou. Udržuje tak přirozené pH ve svalech a zabraňuje jejich překyselení, a tudíž i jejich celkovému vyčerpání a následně podporuje regenerační schopnosti těchto svalů. Karnosin také chrání svaly před poškozením tím, že napomáhá odstraňovat reaktivní aldehydy, které vznikají svalovou prací a s ní spojenou peroxidací lipidů. [1]

1.4 Karnosin a sport ve světové literatuře

1.4.1 „Suplementace β -Alaninu zvyšuje rychlost regenerace kosterních svalů, ale neposiluje jejich kapacitu.“

Dvojitě zaslepený výzkum byl prováděn na třiatvaceti mužích, na kterých byly uskutečněny testy před suplementací a po suplementaci β -alaninem. Doba suplementace byla 28 dní. Dvanácti mužům bylo podáváno 6,4 g karnosinu na den a jedenácti mužům bylo podáváno placebo. Placebo skupina byla průměrného věku 25,6 let, jedinci vážili průměrně 79,1 kg a měřili přibližně 1,80 m. V druhé skupině, suplementované β -alaninem byli jedinci s průměrným věkem 26,1 let, průměrnou váhou 82,4 kg a průměrnou výškou 1,79 m. Žádný ze zúčastněných mužů neužíval v minulých šesti měsících žádné doplňky stravy, nebyl zraněn v oblasti dolních končetin a nebyl v současnosti v systematickém tréninkovém vytížení. Testování také byli poučeni, aby dodržovali zhruba stejné fyzické zatížení, a také, aby neměnili

své stravovací návyky. 36 hodin před testováním nesměli požit alkoholické nápoje, museli se zdržet většího fyzického zatížení a nesměli přijmout kofein v den měření. V testech před a po byla zkoumána a zaznamenávána svalová síla v průběhu extenze v kolenu, a to při povolení svalu, a následně se stupňujícími záškuby (8x 300 Hz) stimulujících pomocí nervus femoralis, poté tetanická kontrakce po dobu 1s, 1-100 Hz pomocí povrchové stimulace svalu a naposledy maximální a výbušná, vůlí ovládaná kontrakce. V této studii nebyl prokázán efekt souvislosti vztahu síla-frekvence, což znamená, že suplementace karnosinem neměla dostatečný vliv na citlivost nebo uvolňování Ca^{2+} ve svaly, jak prokazovaly dřívější testy in vitro. Žádný účinek suplementace nebyl znát také u svalové odpovědi na vyvolávané kontrakce. Jediný výsledek suplementace karnosinem byl však pokles srdeční tepové frekvence u skupiny suplementovaných β -alaninem. Toto je možné vysvětlit zvýšeným vychytáváním Ca^{2+} do sarkoplazmatického retikula, což by mohlo mít význam pro další studie, zkoumající potenciál suplementace β -alaninem při vysokých intenzitách cvičení zahrnujících rychle svalové kontrakce. [4]

1.4.2 „Efekt suplementace β -alaninu na výsledek Wingate testu u univerzitních fotbalistek“

Tento výzkum zkoumal vliv suplementace karnosinem na Wingate test. Wingate test je anaerobní test zaměřující se na zjištění krátkodobých rychlostně-silových předpokladů sportovců. Test se provádí na bicyklovém ergometru, pokud posuzujeme dolní končetiny, anebo na klidovém ergometru, pokud posuzujeme horní končetiny. Stanovuje se maximální anaerobní výkon, aerobní kapacita, index únavy a pozátěžová koncentrace laktátu.[5] V této studii byly porovnávány výsledky tří Wingate testů jdoucích po sobě s pětiminutovou pauzou mezi každým testem a výsledky těch samých testů po 30 ti denním užívání 2,4 gramů β -alaninu denně. Suplementovaná skupina čítala deset fotbalistek a kontrolní, nesuplementovaná skupina osm fotbalistek. Výzkum prokázal značné zvýšení síly suplementovaných dívek oproti kontrolní skupině. Naproti tomu se ale výkonnost zlepšila pouze v prvním sprintu a míra laktátu se nelišila. Bylo také zjištěno, že suplementace β -alaninu zvyšuje průměrný výkon nejen v čase do třiceti sekund, ale i při po sobě opakujících se sprintech, což v této studii vyvozuje příznivý účinek suplementace β -alaninu pro fotbalisty, jelikož opakující se sprinty s menšími pauzami simulují reálný model zátěže při fotbalovém zápase.[6]

1.4.3 „Užívání β -alaninu zvyšuje obsah karnosinu ve svalech a zlepšuje specifickou zátěž vojáků.“

Další dvojité zaslepená studie byla provedena na devatenácti vojácích z elitní jednotky izraelské obranné síly. Vojáci byli ze stejné jednotky a byli dobrovolně vybráni a následně náhodně rozděleni do dvou skupin. První skupina vypadala takto: výška cca 1,76m; váha cca 72,1kg; věk cca 19,6 let, a byla suplementovaná 6g β -alaninu denně, zatímco druhá kontrolní skupina vypadala takto: výška cca 1,79m; váha cca 76,4kg; věk cca 20,2 let, a konzumovala 6g placebo (rýžové mouky). Doba trvání suplementace byla 30 dní. Testování bylo prováděno v zázemí vojenské jednotky a sestávalo se z několika vojenských cvičení. Konkrétně dobrovolníci podstupovali 2,5 km běh, 1 min sprint a 50 m přenášení, opakovaný 30 m sprint v bojové výstroji [helma, vesta s municí, útočná puška], přičemž mezi každým sprintem a po posledním sprintu byla testována přesná střelba a následně po posledním sprintu střelbě byla testována souvislá střelba po dobu dvou minut pro zjištění kognitivních funkcí ve stresové situaci. Tento rozsáhlý test byl prováděn před suplementací a následně po třiceti dnech suplementace. V testech byl pozorován obsah karnosinu ve svalech a mozku. Výsledky této studie prokázaly účinnost suplementace β -alaninem díky zvýšení výskytu karnosinu v trojhlavém svalu lýtkovém během třicetidenního vysoce intenzivního tréninku. Navíc bylo prokázáno zlepšení času v úseku 50 m nesení a zlepšení kognitivních funkcí. Toto zjištění podpořilo již známý fakt, že suplementace karnosinem má význam u vojáků nebo obecněji u osob vysoce fyzicky aktivních. Na výsledky mělo vliv i to, že tito vojáci byli primárně zaměřeni na trénink dolní poloviny těla a zde také probíhalo měření (lýtkový sval). Žádné zlepšení však nebylo zaznamenáno ve výsledcích 2,5 km běhu, 1 min sprintu ani opakovaných sprintů a střelbě. [7]

1.4.4 „Efekt 28 denní suplementace β -alaninu a kreatinu na hladinu svalového karnosinu, kompozici těla a sportovní výkon u rekreačně sportujících žen“

Výzkum zaměřující se na vliv suplementace β -alaninem v kombinaci s kreatinem a bez něj byl prováděn na rekreačně aktivních ženách, tudíž ne na vrcholových sportovcích. Rekreačně aktivní žena byla definována tím, že musela alespoň v minulých třech měsících minimálně třikrát týdně sportovat (běh, kolo, brusle, aerobic atd.) po dobu minimálně 30 minut. Počet testovaných žen byl 32 a doba suplementace 28 dní. Ženy byly náhodně rozděleny do čtyř skupin: pouze β -alanine

(n=8), pouze kreatin (n=8), β -alanin a kreatin současně (n=9) a placebo skupina (n=7). Testované ženy dostávaly 0,1g β -alaninu na kg tělesné váhy ve druhém až čtvrtém týdnu výzkumu, a 0,3g kreatinu na kg v prvním týdnu a dále ve druhém až čtvrtém týdnu 0,1g kreatinu na kg tělesné váhy. První testy probíhaly v 7. den a druhé testování probíhalo ve 28. den suplementace. Testoval se obsah svalového karnosinu a kreatinu z m. vastus lateralis, dále tělesná kompozice, $VO_2\max$ na bicyklovém ergometru, obsah laktátu a Wingate test. Ve výsledcích výzkumu bylo pozorováno, že nárůst obsahu karnosinu ve svalech nebyl nijak závažný oproti předešlým studiím, což by však mohlo být přisouzeno nedostačujícímu dávkování β -alaninu a dále možností rozlišných potřeb mužů a žen na suplementaci. Výzkum také neprokázal výrazné změny v oblasti tělesné kompozice, aerobní a anaerobní výkonnosti a ani v oblasti obsahu fosfagenu v těle. Z této studie by se však dalo soudit, že je potřeba větších dávek β -alaninu pro významnější výsledky. Týká se to zejména žen bez významného řízeného tréninkového cyklu. Studie sice neprokázala výrazný vliv suplementace β -alaninu na zlepšení sportovního výkonu u rekreačně sportujících žen, ale dala podnět pro provedení rozsáhlejší studie s většími dávkami β -alaninu a s delší dobou suplementace. [8]

1.4.5 „Zvyšování hladiny karnosinu vlivem suplementace β -alaninem je účinnější u trénovaných svalů oproti netrénovaným svalům.“

Studie zkoumající zvyšování hladiny karnosinu ve svalech trénovaných a netrénovaných byla prováděna na třiceti pěti dobrovolně vybraných mužích (deset nespportovců, deset silničních cyklistů, deset plavců a pět rychlostních kanoistů). Všichni ze sportovců trénovali minimálně 8 hodin týdně specifických tréninků (kolo, bazén, kajak) a naopak nespportovci museli být dále neaktivní po dobu suplementace. Nikdo ze zúčastněných nedržel speciální dietu, nebyl vegetarián a nebral žádné další doplňky po dobu tří měsíců před zahájením studie. Suplementováno bylo 6,4 g pomalu se uvolňujícího BA po dobu 23 dnů. Během studie žádný z dobrovolníků nezaznamenal jakékoliv nežádoucí účinky. Před suplementací a také po ní byl měřen obsah karnosinu ve dvou hlavách trojhlavého svalu lýtkového (m. soleus a m. gastrocnemius) a ve svalu deltovém. Co se týká výsledků, u nespportovců byl zaznamenán výrazný nárůst koncentrace karnosinu jak v deltovém svalu, tak i ve svalu lýtkovém. Nebyl však znát velký rozdíl mezi absolutním a relativním nárůstem v porovnání ruce - nohy. Při počátečním testování nebyl rozdíl mezi koncentrací

karnosinu v deltovém svalu napříč sportovními skupinami, ale v lýtkovém svalu byla koncentrace podstatně nižší u cyklistů oproti nesportovcům a kajakářům. Největší nárůst koncentrace karnosinu byl pozorován v lýtkovém svalu u cyklistů a plavců oproti nesportovcům a kajakářům. Plavci také měli vyšší absolutní nárůst v deltovém svalu v porovnání s cyklisty a nesportovci. V musculus soleus však nebyl pozorován velký rozdíl napříč skupinami. Absolutní zvýšení koncentrace karnosinu v nohách bylo nejvyšší u cyklistů a plavců. U kajakářů byla pozorována tendence vyššího nárůstu v horní polovině těla a naopak u cyklistů v dolní polovině těla v souvislosti se zaměřením jejich sportovní disciplíny na danou část těla. Z výsledků byla vyzorována negativní korelace. Čím nižší byla počáteční koncentrace karnosinu, tím vyšší byl její vzestup způsobený suplementací. U musculus soleus nebyl pozorován výrazný rozdíl mezi skupinami, což je ale dáno podstatou typu tohoto svalu, jelikož nesportovci a i sportovci tento sval neustále využívají při chůzi a podobně, je to totiž sval tonický (je téměř neustále v napětí). Díky uvedené studii bylo zjištěno, že zvyšování hladiny karnosinu ve svalech (tzv. loading) je skoro dvojnásobně účinnější u specificky trénovaných skupin svalů. [9]

1.4.6 „Vliv l-karnosinu na proantioxidační status u vrcholových kajakářů a kanoistů“

Studie se zúčastnilo čtrnáct mužů z Polska. Všichni testovaní byli elitní sportovci národního kajakářského a kanoistického týmu. Muži byli suplementováni 4 gramy karnosinu na den po dobu 14 dnů. Z důvodu testování byly odebírány vzorky krve a to vždy před fyzickým testem, 30 minut, 24 hodin a 48 hodin po fyzickém testu, který obnášel 2000 m ve vlastní disciplíně (kajak, kánoe). V krvi byly pozorovány například tyto látky: peroxid vodíku, oxid dusný, glutathion disulfid, superoxid dismutáza, markery RONS (reactive oxygen and nitrogen free radicals) aktivity a antioxidační status. Nebyly zaznamenány žádné patřičné změny v koncentraci peroxidu vodíku a oxidu dusného a aktivitě superoxidu dismutázy při zvýšeném přísunu karnosinu. Na druhou stranu karnosin zabránil nárůstu markerů RONS aktivity a glutathion sulfidu, a také dokázal zvýšit redoxní status po cvičení. Tyto výsledky ukazují, že by orální suplementace karnosinem mohla zlepšovat antioxidační ochranu u vysoce trénovaných sportovců. [10]

1.4.7 „Zdvojnásobení koncentrace karnosinu ve svalech laboratorně nezlepšuje výsledky hodinového testu na cyklistickém trenažéru.“

V minulosti bylo prokázáno, že dlouhodobé užívání β -alaninu, a tudíž zvýšení svalového karnosinu, má pozitivní vliv na krátkodobé cvičení o vysoké intenzitě. Tato náhodná, placebem kontrolovaná studie, se zabývala účinkem suplementace β -alaninem na dlouhodobější fyzickou zátěž. Vzorkem pro studii bylo 27 dobře trénovaných triatlonistů, kteří byli suplementováni po dobu šesti týdnů buď placebem, nebo 6,4 g β -alaninem za den. Před a po suplementaci byla zjišťována hladina svalového karnosinu (z m. soleus a m. gastrocnemius), fyzický výkon a množství laktátu ve svalech. Stejně jako tomu bylo v předchozích studiích, hladina karnosinu ve svalech stoupla v závislosti na suplementaci. Dále byl také zjištěn pozitivní vliv na vyrovnávání se organismu s acidózou. Hlavním výsledkem studie však bylo, že zvýšení svalového karnosinu nemělo pozitivní vliv na zlepšení výkonu podávaného při jedno-hodinovém cyklistickém testu u dobře trénovaných sportovců. [11]

1.4.8 „Efekt suplementace β -alaninem a intervalového tréninku na klíčové fyziologické faktory těžkého sportovního výkonu“

Předpokladem pro tuto studii byl fakt, že β -alanin by mohl zvyšovat hladinu karnosinu ve svalech, zlepšovat pufrovací schopnost svalů a potlačovat acidózu během náročného testu na rotopedu, a dále fakt, že intenzivním tréninkem lze zvýšit fyzickou odolnost vůči zátěži. Dalším předpokladem bylo, že suplementace β -alaninem v souvislosti s tréninkem o vysoké intenzitě by měla být velkou výhodou pro podání lepšího výkonu. Studie se zúčastnilo šestnáct aktivních mužů, kteří podstoupili dva druhy testů na cyklistickém trenažéru ve třech fázích studie. První testy probíhaly před suplementací, druhé po suplementaci β -alaninem či placebem a poslední testy probíhaly po jedenáctidenním bloku vysoko intenzivního cvičení (9 lekcí, 4x4 minuty), který následoval po suplementaci 3,2g β -alaninu denně ve čtyřech 800mg dávkách. Celková doba studie byla 12 týdnů a z toho deset týdnů suplementace. Oba testy byly prováděny na cyklistickém trenažéru. Jeden z testů simuloval narůstající zátěž a druhý z testů byl devadesáti sekundový náročný test na úrovni 110% maximálního výkonu. Karnosin byl měřen za pomoci spektroskopu a energetický výdej během maximálního testu byl sledován z deficitu kyslíku v dechu. Před a po testu byla také prováděna biopsie z čtyřhlavého svalu stehenního (vastus

lateralis). Výsledkem bylo zjištění, že suplementace β -alaninem zvýšila hladinu svalového karnosinu, nebyla však ovlivněna pufrovací schopnost svalů. Během devadesátisekundového testu ale β -alanin zvýšil aerobní energetický podíl, snížil kyslíkový deficit a množství laktátu ve svalech, a zároveň neměl vliv na pH svalů. β -alanin dále zlepšil motivaci a vnímání vysoko intenzivní zátěže oproti kontrolní placebo skupině. Nebyly rozpoznány žádné významné rozdíly mezi skupinami po tréninkové části studie. Závěrem ze studie tedy vyplývá, že suplementace β -alaninem nemá významný vliv na pufrovací schopnost, ale má žádoucí účinky při velmi náročných fyzických výkonech, a zároveň působí pozitivně na psychický stav sportovců v těžších fázích tréninku.[12]

1.4.9 „Suplementace β -alaninem nezlepšuje adaptaci kosterního svalstva vzhledem k šesti týdennímu sprinterskému intervalovému tréninku.“

Jak je známo, opakované, několika kolové, vysoce intenzivní cvičení má příznivý vliv na zvyšování oxidační kapacity a zlepšování sportovního výkonu a β -alanin se považuje za jeden z podpůrných prostředků pro zlepšování fyzického výkonu. V této studii se tudíž snažili zjistit výsledek sloučení těchto aspektů: dlouhodobá suplementace β -alaninem a intenzivní intervalový trénink. Zkoumaným vzorkem bylo 24 aktivních avšak netrénovaných mužů ve věku od 21 do 25 let. Podáváno bylo 3,2 g β -alaninu denně nebo placebo (v každé skupině bylo 12 mužů) po dobu deseti týdnů. Po absolvování 4 týdnů pouze suplementace začali muži podstupovat i šestitýdenní tréninkový režim. Každá ze třech lekcí za týden obsahovala 4-6 Wingate testů- 30s zátěž na cyklistickém trenažéru s maximální intenzitou proložených 4 minutovým odpočinkem a další cvičení. Před a po šestitýdenním tréninkovém cyklu muži podstoupili testování.

Z biopsie stehenního svalu byl zjištěn nárůst hladiny karnosinu u suplementované skupiny, oproti tomu se hladina karnosinu u placebo skupiny nezměnila. Tréninkovým cyklem bylo dosaženo zvýšení cytochrom c oxidázy a $VO_2\max$ a zlepšení výsledků fyzických testů. V konečném testování však nebyl rozdíl mezi suplementovanou a placebo skupinou. Je ale možné že efekt suplementace byl zastíněn efektem samotného intenzivního fyzického výcviku. [13]

1.4.10 „Trénování a zvýšení svalového karnosinu pomocí suplementace β -alaninem“

Studie zveřejněná v květnu tohoto roku se zabývala vlivem typu tréninku, se současným podáváním β -alaninu, na zvyšování koncentrace karnosinu v kosterních svalech. Vědci zkoumali rozdíly mezi velkým objemem cvičení v tréninku a tréninkem zaměřeným na kratší úseky s maximálním vypětím sil. Do studie bylo zapojeno 28 mužů. Žádný z nich nebyl profesionální sportovec, jen pouze někteří sportovali rekreačně (1-3x týdně běh, kolo...). Muži byli rozděleni do tří skupin. Kontrolní skupina čítala deset mužů v průměrném věku 22 let, průměrné výšce 178cm a průměrné váze 72,4kg. Každá tréninková skupina byla složena z 9 mužů, přičemž „objemová skupina“ měla průměrný věk 21,6 let, váhu 77kg a výšku 180cm a „rychlostní skupina“ měla průměrné hodnoty 21,7 let, 80,4kg a 180cm. Suplementace trvala 23 dní a všichni muži užívali 6,4g β -alaninu denně rozdělených do 4 denních dávek. Tři dávky se měly užívat s hlavním jídlem a čtvrtá dávka před tréninkovou lekcí u trénujících skupin. Hladina svalového karnosinu byla měřena spektroskopicky, a to před suplementací a následně na konci studie a byla měřena z m. soleus a m. gastrocnemius vastus medialis. Objemový trénink spočíval v 75-90 minutovém souvislém šlapání o intenzitě 35-45% maxima na cyklistickém trenažéru 3x týdně po dobu 3 týdnů. Vysoce intenzivní trénink probíhal také 3x týdně po dobu 3 týdnů, ale spočíval ve 3-5 opakováních 30s intervalů šlapání taktéž na cyklistickém trenažéru o intenzitě 165% maxima s čtyřminutovými pauzami pro vydýchání a rychlé zotavení za pomoci pomalejšího vyšlapávání na trenažéru.

Ze studie vyplynulo, že nebyly žádné rozdíly v absolutním nárůstu karnosinu v lýtkovém a stehenním svalu napříč skupinami. Byly pozorovány rozdíly mezi průměrným nárůstem karnosinu v obou zmiňovaných svalech dohromady. Nárůst byl větší u obou trénujících skupin oproti netrénující kontrolní skupině, avšak nebyl zjištěn další rozdíl mezi trénujícími skupinami. Z výsledků studie tedy vyplývá, že ať už jde o trénink o velkém objemu cvičení a nízké intenzitě, nebo trénink o vysoké intenzitě a malém objemu cvičení, nezvýší se hladina karnosinu významně více pro jeden druh tréninku v obou testovaných svalech (m. soleus, m. gastrocnemius). Typ tréninku tedy nemá vliv na nárůst karnosinu ve svalech po suplementaci β -alaninem.

[14]

1.4.11 „Efekt jednorázového podání β -alaninu na anaerobní zátěž u žen cyklistek“

Helsinská studie byla vytvořena na základě nedostatku informací o akutním podávání β -alaninu před výkonem. Je spousta studií zkoumajících dlouhodobé užívání β -alaninu avšak téměř žádná zkoumající akutní užívání. Již dříve bylo zjištěno, že ženy jsou schopny těžit více z dlouhodobého podávání β -alaninu než muži, a tak je možné, že mohou lépe využít právě i akutní dávku β -alaninu. Z tohoto důvodu byla tato studie prováděna na ženách. Výzkumu se zúčastnilo dvanáct závodně aktivních cyklistek v průměrném věku 26,6 let. Byly rozděleny do dvou skupin po šesti. Jedné skupině bylo před testem podáno 34 g dextrózy a druhé skupině 1,6 g β -alaninu s 34 g dextrózy. Po třiceti minutách od podání β -alaninu či placebo zkoumané objekty podstoupili tři po sobě jdoucí Wingate testy s dvouminutovým aktivním odpočinkem po každém Wingate testu, který spočívá v 30s maximálního výkonu. V průběhu testu byly měřeny hodnoty, jako je např. index únavy nebo maximální síla, ihned po 30s úseku byl měřen laktát, srdeční frekvence a hodnocena míra námahy cyklistkou a tyto hodnoty byly zkoumány následně i po dvouminutovém aktivním odpočinku.

Co se týče subjektivního hodnocení námahy, to se prokazatelně snížilo hned po prvním a druhém Wingate testu a následně i po aktivním odpočinku po prvním a druhém testu u suplementovaných žen, ale tato změna nebyla pozorována u třetího testu. U všech ostatních sledovaných hodnot nebyly zjištěny žádné prokazatelné změny. Z výzkumu tedy vyplývá, že akutní dávka β -alaninu u trénovaných žen má vliv na psychickou stránku zátěže vzhledem k pozorovanému změněnému pohledu na namáhavost anaerobní zátěže, ale nemá vliv na hlavní fyziologické faktory anaerobní zátěže. [15]

1.4.12 „Důležitá role svalového karnosinu pro veslařský výkon“

Belgická studie publikovaná v říjnu 2010 se zabývala mírou souvislosti svalového karnosinu a veslařského výkonu. Ve výzkumu bylo zapojeno 18 elitních veslařů [z toho jedna žena], kteří dostávali buď placebo nebo 5g/den β -alaninu po dobu sedmi týdnů. Testy obsahu karnosinu ve svazech byly prováděny před a po suplementaci a to z musculus soleus a musculus gastrocnemius vastus medialis pomocí protonové magnetické rezonanční spektroskopie. Studie byla rozdělena do dvou částí. V první

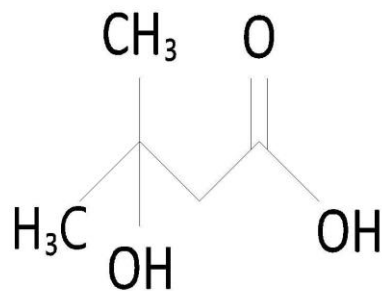
částí bylo úkolem zjistit vztah hladiny svalového karnosinu na rychlost projetí několika tras (100m, 500m, 2000m a 6000m). V této části, které se účastnilo o jednoho muže víc, se ukázalo, že jedinci s vyšším obsahem karnosinu ve svalech byli rychlejší než ti s nižším obsahem karnosinu ve svalech. Druhá část studie se pak týkala vlivu suplementace β -alaninem na veslařský výkon. 18 účastníků bylo rozděleno do dvou skupin na základě výsledků 2000m testu, váhy, výšky, věku a obsahu karnosinu ve svalech. Veslaři během studie trénovali tak, jak byli zvyklí. Průměrný věk pro suplementovanou skupinu byl 24,2 let, váha 83,7 kg a výška 189,8 cm a pro placebo skupinu byly hodnoty: věk 21,7 let, váha 81,2 kg a výška 185,6 cm. Zmiňovaných 5 g β -alaninu denně bylo rozděleno na pět dávek v dvouhodinových intervalech. V této části studie účastníci podstoupili 2000m test na veslařském trenažéru se souběžným monitorováním srdeční frekvence a měření laktátu. Veslařský test obsahoval navíc standardizované dvacetiminutové zahřátí. Měření laktátu probíhalo po zahřátí, bezprostředně po 2000m a po 3 minutách zotavení.

Podle měření karnosinu před a po suplementaci se prokázal vliv suplementace β -alaninem na zvýšení koncentrace karnosinu ve svalech oproti kontrolní placebo skupině. Navíc se ukázalo, že čím vyšší byl obsah karnosinu ve svalu, tím rychlejší byl výsledek na jednotlivých tratích. Měření laktátu v krvi však nezjistilo žádné změny ani v jednom ze tří měření a tudíž z této studie vyplývá, že suplementace β -alaninem nemá obecně vliv na množství laktátu v krvi u trénovaných jedinců. U 2000m testu veslování pak zjistili rozdíl mezi suplementovanou a kontrolní skupinou. Ta suplementovaná se oproti placebo skupině zlepšila o 4,3s. Je proto možné vidět vliv karnosinu ve svalech na zlepšení veslařů na specifické trati dlouhé 2000m. Na ostatních tratích zlepšení po suplementaci vidět nebylo.[16]

2 Hydroxymethylbutyrát

2.1 Biochemie hydroxymethylbutyrátu

Esenciální aminokyselina s rozvětveným řetězcem neboli BCAA (branched chain amino acid), jako je leucin, tvoří spolu s izoleucinem a valinem více než třetinu svalových bílkovin. Svým působením je nejvíce zajímavý leucin. Má důležitou roli v metabolismu bílkovin, udržuje hladinu glukózy, reguluje inzulin a také napomáhá regeneraci po zátěži. Antikatabolický účinek leucinu a metabolitu leucinu (ketoisokarpoátu) je znám přes 35 let. Vznik hydroxymethylbutyrátu probíhá z ketoisokarpoátu (KIC) v cytosolu. Po přeměně leucinu na KIC se dále KIC metabolizuje v isovaleryl-CoA pomocí dehydrogenázy v mitochondriích nebo v β -hydroxy- β -methylbutyrát právě v cytosolu pomocí dioxygenázy. Za vznik HMB je přímo odpovědná KIC dioxygenáza, jejíž koncentrace je v játrech až 20x vyšší než v ostatních tkáních. Normálně je v cytosolu HMB nejprve přeměněno do podoby β -hydroxy- β -methylbutyrát-CoA, který může být dále využit i pro syntézu cholesterolu. Za standardních podmínek je pak pouze 5 % leucinu metabolizováno do podoby HMB, což ale bylo zjištěno při studiích na zvířatech. Pro představu by člověk musel přijmout 60 g leucinu, aby v těle získal 3 g HMB. Koncentrace HMB v krevní plasmě je normálně 1-4 μ M, ale suplementací leucinu může vzrůst až 5-10 násobně z původní hodnoty. Kinetika HMB by se mohla také změnit úpravou diety, a to konkrétně v závislosti na příjmu makronutrientů. Předpokládá se, že HMB by mohlo být částečně důvodem již dříve vyzkoumaného příznivého působení suplementace leucinem. Existují studie zjišťující, že suplementace HMB má antikatabolické, anabolické a lipolytické účinky. Neexistuje však žádný výzkum zabývající se tím, zda má exogenní přísun HMB vliv na metabolismus amino kyselin s rozvětveným řetězcem (BCAA).

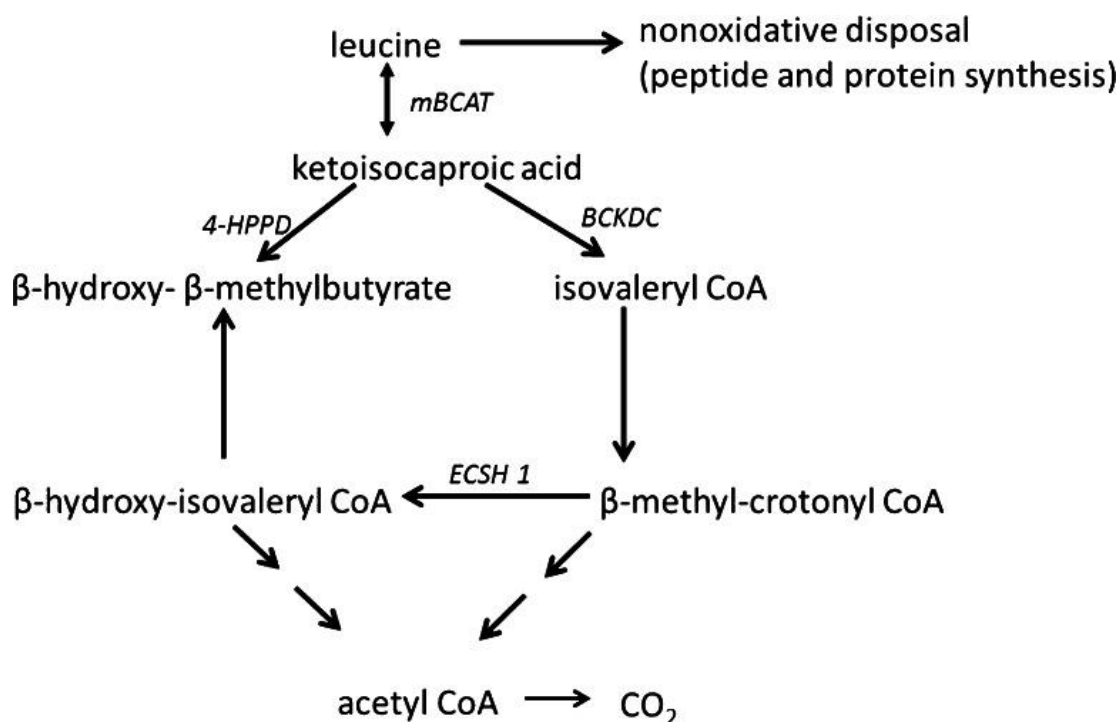


β - hydroxymethylbutyrát (HMB)

Obr. 2: Chemický vzorec HMB

Zdroj: <http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.is.cuni.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=57cc9428-607e-41a7-b0ae-d1c94a151155%40sessionmgr115&vid=4&hid=110>

Suplementace HMB ve sportu se nepoužívá nijak zvlášť dlouho - začala se využívat teprve s rokem 1997 díky objevenému účinku snižování proteolýzy neboli rozkladu bílkovin a zvyšování svalové hmoty. HMB je také od této doby užíváno jako inhibitor transaminace leucinu a látka potlačující degradaci bílkovin. Tyto účinky nejsou známy u jiných aminokyselin (izoleucin a valin), což potvrzuje klíčovou roli HMB pro zmíněné děje v organismu. Vliv HMB na proteolýzu a syntézu bílkovin byl studován například na drobných zvířatech. Svalové proužky krys byly testovány v tekutém médiu po přidání HMB a u mláďat se ukázalo, že nárůst proteinové syntézy byl 20 % a naopak se snížila proteolýza o 80 %. Bylo také prokázáno, že u myši s modelem Duchennovy svalové dystrofie HMB samo o sobě nebo v kombinaci s kortikosteroidy zlepšuje funkčnost svalů a snižuje retroperitoneální ukládání tuku. HMB sice redukuje svalovou atrofii a dokáže podpořit svalovou hypertrofii díky inhibici svalové degradace, ale přímý efekt na myogenezi svalů dosud nebyl zkoumán. [20,28,29,30,31,32,33,34]



Obr. 3: Metabolismus leucinu u savců (mBCAT mitochondriální branched-chain aminotransferase, BCKDC branched-chain ketoacid dehydrogenase complex, 4-HPPD 4-hydroxy-phenylpyruvatedioxygenase, ECSH1 short-chain enoyl-CoA hydratase)

Zdroj: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezproxy.is.cuni.cz/pmc/articles/PMC4412734/figure/Fig1/>

2.2 Působení hydroxymethylbutyrátu

2.2.1 Působení hydroxymethylbutyrátu na svaly

Jedním z hlavních účinků HMB je jeho působení na svaly. Díky tomu se jeho suplementace využívá zejména v silových odvětvích sportu. HMB má pozitivní vliv na zmírňování rozkladu svalové tkáně a s tím také souvisí vliv na tvoření nových svalových vláken. Problémem je fakt, že všechny jednoznačné studie byly prováděny na zvířatech, a tak je přesný efekt HMB na člověka ještě ne zcela prozkoumaný. Vždy trvá roky i desítky let, aby se prokázal pozitivní či negativní vliv jakéhokoliv suplementu včetně všech možných vedlejších účinků a stejné je to i u hydroxymethylbutyrátu. [29]

Mimo zmiňované vlivy některé studie ukazují, že HMB má kladný vliv na tukuprostou hmotu, konkrétně na její zvyšování. Svalová hmotu se pak výrazněji zvětšuje za pomoci tělesné aktivity a speciálně pak při posilování. To spěje k lepší funkci svalů, a tělo, respektive svaly, jsou schopny vyprodukovat větší sílu a napomáhají

tak do budoucnosti k dalším svalovým přírůstkům. Zajímavé je, že podle jedné studie měla suplementace HMB efektivnější účinky při krátkodobějším tréninku (méně než 6 týdnů) a později v 7. týdnu se efekt suplementace HMB snižoval. [29]

S narůstáním svalové hmoty přímo souvisí i snižování obsahu tuku v těle díky suplementaci HMB. Zmenšování tukové hmoty může být způsobeno zlepšením oxidace tuků a zrychlením metabolismu na podkladě příjmu HMB. Možný efekt na šetření nebo zlepšení funkčnosti oxidativních organel má HMB, protože se ukázalo, že právě HMB může zlepšit sportovní výkon závislý na oxidačním systému. [29]

2.2.2 Mechanismus účinku hydroxymethylbutyrátu

Mechanismus působení HMB je obecně považován jako stabilizování sarkolemy a také snižování proteolytických dějů ve svalech. Zmiňovaná stabilizační funkce sarkolemy je známa jako tzv.: „hypotéza cholesterolové syntézy“ (cholesterol synthesis hypothesis). Podle této hypotézy mají zničené svalové buňky nedostatečnou kapacitu pro tvorbu cholesterolu pro běžné fungování buňky, jako je třeba udržování soudržnosti sarkolemy. Tento jev je důležitý pro svalová vlákna, která jsou závislá na endogenně vytvořeném cholesterolu. Hypotéza ukazuje, že navýšení intramuskulárního HMB může navýšit potřebný substrát pro syntézu nového cholesterolu dále využívaného k formování a stabilizaci funkce sarkolemy. Bylo také zjištěno, že HMB je spojeno se snížením celkového a LDL cholesterolu, což hypotézu ještě potvrzuje. Problém však je, že toto snížení platí pouze v případě hypercholesterolemie a také pouze se současným přísunem vápníku, který by se mohl částečně podílet na tomto efektu snižování hladiny cholesterolu v krvi. [29]

2.2.3 Hydroxymethylbutyrát ve stáří

Účinky HMB spojené s nabýváním svalové hmoty a ztráty hmoty tukové se sice nejvíce dotýkají oblasti sportu, a tudíž mladých lidí a dospělých, ale další důležitou oblastí je i stáří. Ve stáří se totiž často objevuje nemoc zvaná sarkopenie. Je to nemoc obecně způsobená právě stářím a projevuje se ztrácením svalové hmoty, síly a celkově funkčnosti svalů a snižuje se tím kvalita života seniorů. Otázkou tedy je, zda má suplementace HMB stejné účinky i pro starší osoby. Pro prokázání této myšlenky bylo provedeno několik studií, kde bylo zjištěno, že suplementace HMB má podobné účinky i ve stáří. Vědci zjistili vyšší nárůsty svalové hmoty u suplementovaných starších jedinců oproti osobám dostávajícím placebo. Stejný trend byl také

pozorován u ztráty tukové hmoty, která po suplementaci HMB klesala stejně jako u mladších lidí. [29]

2.2.4 Další působení hydroxymethylbutyrátu

Další z oblastí působení HMB jsou nemocní. Jedna studie prokázala snížení svalového úbytku způsobeného autoimunitním onemocněním, jako je například AIDS. HMB také zlepšilo stav kachektických onkologických pacientů. Z budoucího zkoumání této oblasti by se teoreticky mohla zlepšit doba přežití takových pacientů a zlepšení úrovně jejich života v pozdějších stádiích nemoci. [29]

U zvířat prokázala suplementace HMB zlepšení imunitních odpovědí a celkového stavu imunitního systému. [29]

2.2.5 Hydroxymethylbutyrát jako doplněk stravy

Jako optimální dávka se zatím ukázala 3 g HMB/den nebo 38 mg HMB na kilogram tělesné váhy k dosažení co nejlepších výsledků suplementace. Nižší dávka se ukázala jako méně efektivní, ale zároveň i použití vyšší dávky (6 g HMB/den) neukázalo efektivnější výsledky než dávky 3 g. Způsob podání se nejvíce osvědčil v podobě tří gramových dávek užívaných s hlavními jídly. HMB není doposud považován jako dopingová látka, tudíž se může volně konzumovat i registrovanými sportovci. Další dobrou zprávou je fakt, že suplementace HMB doposud nezná žádné vedlejší účinky. [29]

2.3 Hydroxymethylbutyrátu a sport ve světové literatuře

2.3.1 „Vysoce intenzivní intervalový trénink a β -hydroxy- β -methylbutyrát ve formě volné kyseliny zvyšuje aerobní sílu a metabolický práh.“

Devatenáct mužů a patnáct žen se zúčastnilo studie zkoumající závislost HIIT (=high intensity interval training) a β -hydroxy- β -methylbutyrové kyseliny na zvyšování aerobní síly a metabolického prahu. Zúčastnění byli vybráni na základě hodnot VO_2max . Muži museli mít VO_2max lepší než 35 ml x kg⁻¹ x min⁻¹ a ženy lepší než 30 ml x kg⁻¹ x min⁻¹. (VO_2max je ukazatel aerobní vytrvalosti. Znamená výši spotřebovaného kyslíku v mililitrech na kilogram tělesné váhy za minutu. [17]) Všichni účastníci neměli v poslední době svalové ani kosterní zranění a byli celkově zdraví. V této dvojité zaslepené placebo studii byli účastníci rozděleni do tří skupin:

kontrolní skupina, placebo skupina s HIIT tréninkem a HMBFA (hydroxy-methylbutyrát free acid) s HIIT tréninkem. Skupiny s HIIT tréninkem absolvovaly čtyřtýdenní soubor vysoce intenzivního intervalového tréninku o třech trénincích týdně. Každý trénink o intenzitě 80-120% se skládal z pěti až šesti opakování o 2 minutách výkonu ku 1 minutě aktivního odpočinku na cyklistickém trenažéru. Testovaní z kontrolní skupiny byli požádáni pokračovat ve svých dosavadních aktivitách po dobu čtyř týdnů. Všem suplementovaným byly podávány 3 gramy β -hydroxy- β -methylbutyrátu ve formě volné kyseliny s pomerančovou příchutí a všem placebo testovaným 3 gramy placebo v pomerančové příchuti. Náhodně vybraní navíc byli požádáni, aby užíli tři dávky HMB nebo placebo v tréninkový den a to tak, že jednu dávku užíli 30 minut před výkonem, druhou hodinu po výkonu a třetí dávku tři hodiny po výkonu. Po dobu studie byla u testovaných měřena hodnota $VO_2\max$, dýchací práh, čas do vyčerpání a bod respirační kompenzace.

Bylo zjištěno, že skupina suplementovaná HMBFA získala lepší hodnoty $VO_2\max$ a dýchacího prahu oproti placebo a kontrolní skupině. Obě tréninkové skupiny zaznamenaly zlepšení vůči kontrolní skupině v čase do vyčerpání a v hodnotě bodu kompenzace dýchání, nebyl však rozdíl mezi suplementovanou skupinou a placebo skupinou. Žádné významné rozdíly nebyly viděny ani v tělesné stavbě napříč všemi skupinami. Podle zmiňovaných výsledků ze studie vyplývá, že kombinace HIIT tréninku a suplementace HMBFA zlepšuje aerobní kondici u mužů a žen v rozmezí 19-24 let a že suplementace HMBFA v kombinaci s HIIT může zlepšovat hodnoty $VO_2\max$ a dýchacího prahu více než samotný HIIT trénink.[18]

2.3.2 „Efekt β -hydroxy- β -methylbutyrátu ve formě volné kyseliny a ponořování do studené vody po tréninku na ukazatele svalového poškození“

Na floridské univerzitě vědci zkoumali čtyřicet rekreačně silově sportujících mužů a jejich markery svalového poškození po silovém tréninku, konkrétně po dřepování. Byl pozorován vliv užívání volné kyseliny β -hydroxy- β -methylbutyrátu se současným ponořováním končetin do studené vody na míru regenerace svalových vláken po zátěži. Vzorek byl vybrán podle věku (18-35 let), zkušeností se silovým tréninkem (minimum jeden rok, speciálně se dřepy) a schopností dřepovat s váhovým ekvivalentem jejich tělesné váhy. Nikdo z účastněných mužů nebyl sportovec na soutěžní úrovni. Všichni účastníci podepsali protokol, kde byl mimo jiné vysvětlen zákaz navštěvovat saunu, masáže, jakoukoliv další regenerační metodu a například i

provádět strečink po dobu trvání studie. Dále účastníci nesměli užívat žádné další doplňky stravy během studie. Muži byli náhodně rozděleni do čtyř skupin: pouze HMB-FA (volná kyselina β -hydroxy- β -methylbutyrátu), pouze placebo, HMB-FA s ponořováním do studené vody a placebo s ponořováním do studené vody. Každá skupina čítala deset mužů a skupiny se nelišily ve věku, váze, výšce, procentech tuku v těle, tréninkovými zkušenostmi a testovanou maximální silou. Výzkumný protokol obsahoval čtyři odlišná laboratorní testování. Při první návštěvě sportovci podstoupili testování maximální síly při dřepu s osou na zádech, mrtvém tahu a dřepu ve výpadu s osou na zádech (split squat). Před druhým testováním byli muži požádáni zdržet se jakéhokoliv cvičení po dobu 72 hodin a museli být po deseti hodinách lačnění (lačnění platilo i pro třetí a čtvrtou návštěvu). Během druhé návštěvy probíhalo cvičení čtyř setů již zmíněných cviků s odpočinkem 90 sekund mezi sety. Dřepy byly prováděny s váhou 80 % maxima a ostatní dva cviky se 70 % dříve naměřeného maxima. Sportovci byli slovně popoháněni k tomu, aby udělali co nejvíc opakování v každém setu, přičemž maximum opakování bylo deset. Třetí návštěva probíhala 24 hodin po druhém měření a poslední návštěva pak po 48 hodinách od druhého měření. V těchto testováních sportovci podstupovali čtyři sety pouze dřepů ve stejné koncepci jako v druhém měření.

Jedna dávka HMB-FA nebo placebo byla podána 30 minut před každým cvičením a dále pak dvě a šest hodin po druhé a třetí návštěvě v laboratoři. Každá dávka obsahovala 1g HMB-FA či 1g placebo. Krevní vzorky, subjektivní hodnocení bolesti a regenerace byly shromažďovány v pěti časových bodech: před cvičením, ihned po cvičení, 30 minut po cvičení a 24 a 48 hodin po cvičení (což znamená těsně před třetím a čtvrtým testováním). Co se týče ponořování do studené vody, skupiny zahrnující ponořování spodní poloviny těla podstupovali toto ponořování následně po cvičení, a to do vody s ledem o teplotě 10-12°C. Muži museli vydržet být ponořeni 10 minut.

Nebyly zjištěny žádné rozdíly mezi skupinami v hodnotách kreatin kinázy, ale skupina placebo s ponořováním vykazovala výrazné zvýšení myoglobinu 30 minut po cvičení oproti HMB-FA a placebo skupině a také HMB-FA skupina s ponořováním prokázala větší zvýšení myoglobinu ve srovnání s HMB-FA a placebo skupinou. C-reaktivní protein (CRP) byl prokazatelně vyšší 24 hodin po cvičení u skupiny s placebem a ponořováním oproti oběma suplementovaným skupinám, ale nebyly zaznamenány rozdíly v hodnotách interleukinu-6 a interleukinu-10. Skupina HMB-FA s

ponořováním zaznamenala jako jediná vzestup průměrné síly při opakováních. Z výsledků vyplývá, že ponořování do studené vody zvyšuje hodnotu myoglobinu, zatímco HMB-FA může zmírňovat nárůst CRP zánětlivého faktoru v kombinaci s užitím ledové vody. Ukázalo se, že kombinace ledové vody a suplementace HMB-FA podpořila regeneraci ve srovnání s ostatními skupinami, ale samotné užití HMB-FA nebo ponořování do studené vody nevedlo k prokazatelnému zlepšení regenerace oproti placebo skupině.[19]

2.3.3 „Efekt metabolitu leucinu, β -hydroxy- β -methylbutyrátu, na svalový metabolismus během silového tréninku“

Americká studie byla rozdělena do dvou dílčích menších studií. Studie 1 se zabývala závislostí mezi různými dávkami HMB, silovým tréninkem a různými hodnotami bílkovin v dietě. Studie číslo 2 se zabývala specifitěji pouze závislostí nejvyšší dávky HMB a intenzivního silového tréninku. Pro studii číslo 1 bylo pečlivě vybráno čtyřicet jedna mužů ve věku 19-29 let a pro druhou studii třicet dva dobrovolníků ve věku 19-22 let. V první studii byl váhový průměr 82,7 kg a výškový průměr 181 cm. V druhé byl pak váhový průměr 99,3 kg a výškový průměr 185 cm. Dobrovolníci byli selektováni na základě anamnézy. Nesměli být diabetici, kardiaci, osoby s onemocněním jater, ledvin nebo plic, obezitologičtí pacienti nebo osoby s kosterním zraněním v minulosti a navíc, pro studii 1, se dobrovolníci nesměli účastnit řízeného silového tréninkového programu v uplynulých třech měsících.

Ve studii číslo 1 byli dobrovolníci rozděleni do šesti skupin: kontrolní (6 osob), kontrolní s 1,5 g HMB/den, kontrolní se 3 g HMB/den, vysoko proteinová, vysoko proteinová s 1,5 g HMB/den a vysoko proteinová se 3 g MHB/den. Zkoumaní věděli, do které z proteinových kategorií patří, ale nevěděli, jaký je jejich příjem HMB. Tréninkový plán trval 3 týdny a zahrnoval 5 tréninků na horní polovinu těla a 5 tréninků na dolní polovinu těla. Tréninky byly uzpůsobeny tak, aby procvičily každou svalovou skupinu jednou nebo dvakrát týdně a posilování probíhalo za pomoci vlastní váhy i váhy přidané. HMB byl podáván v podobě jeho kalciové soli. Z naměřených hodnot v průběhu studie vyplynulo, že suplementace HMB prokazatelně snižuje svalovou proteolýzu způsobovanou námahou a hodnotu kreatin fosfokinázy v plazmě. Dále se díky suplementaci HMB zvyšovala zvedaná váha v trénincích v každém testovaném týdnu.

V druhé studii se skoro všichni zkoumaní již v minulosti účastnili nějaké formy cvičebního programu. Tréninkový program této části studie spočíval v šesti trénincích týdně o dvou až třech hodinách a tréninky byly zaměřeny na všechny hlavní svalové skupiny. Dále byla v plánu zahrnuta aerobní aktivita nejméně 3x týdně. Dieta v této studii nebyla nijak limitována. Suplementace byla tvořena dávkou 3 g HMB/den nebo placebem. Tato část studie probíhala sedm týdnů se suplementací po celou dobu trvání. Výsledky studie ukázaly výrazný nárůst tukuprosté hmoty oproti nesuplementované skupině.

Závěrem lze říci, že suplementace 1,5 g i 3 g HMB/den dokáže částečně zmírnit námahou způsobenou svalovou proteolýzou a svalové poškození a může dopomoci lepším přírůstkům v oblasti svalové funkčnosti související se silovým tréninkem. [20]

2.3.4 „Efekt užívání volné kyseliny β -hydroxy- β -methylbutyrátu a silového tréninku na akutní endokrinní odpověď“

V rámci studie prováděné v roce 2014 na floridské univerzitě vědci zjišťovali vliv suplementace HMB-FA a silového tréninku na endokrinní odpověď organismu. Do tohoto výzkumného procesu se zapojilo dvacet silových sportovců, mužů. Jejich průměrné základní údaje byly 22,3 let, 180 cm a 73 kg. Muži byli náhodně rozděleni do dvou skupin, kdy jedna skupina dostala 1 g HMB-FA a druhá skupina 1 g placebo 30 minut před zátěžovým silovým testem. Všichni ze zúčastněných sportovců museli mít minimálně rok zkušeností se silovým tréninkem, a to zejména s dřepovými cviky a nesměli užívat jakékoliv jiné doplňky stravy během účasti ve studii. Studie byla koncipována pouze do dvou návštěv. Při první návštěvě laboratoře se u sportovců testovalo maximum při jednom opakování, konkrétně u těchto cviků: dřep s osou na zádech, mrtvý tah a split squat s osou na zádech. Před druhým měřením byli muži 72 hodin bez výrazné fyzické zátěže. Při druhém setkání sportovci podstoupili trénink spodní poloviny těla, který se skládal ze čtyř setů všech tří zmiňovaných cviků. Dřep s osou na zádech byl prováděn v 80 % váhového maxima a další dva cviky v 70 % váhového maxima každého účastníka. Mezi každým setem byla 90s dlouhá pauza a počet opakování závisel na fyzické kondici účastníka, maximálně však bylo 10 opakování v každém setu. Celková délka tréninku byla 45 minut. Krevní testy byly prováděny před cvičením, ihned po cvičení a dále pak 30 minut po cvičení, kdy byli testováni po celou půl hodinu mezi posledními měřeními v poloze vleže na zádech. V krevních vzorcích byly pozorovány tyto hodnoty: testosteron, růstový faktor, insulinu podobný růstový faktor (IGF-1) a insulin.

Analýzou vzorků byly zjištěny prokazatelné nárůsty hodnot testosteronu, růstového faktoru a insulínu ihned po cvičení oproti hodnotám před cvičením, a dále byly zjištěny nárůsty hodnot růstového faktoru a insulínu po 30 minutách po cvičení. Významné interakce se objevily u obou skupin sportovců u hodnoty růstového faktoru - ihned po cvičení byl růstový faktor prokazatelně vyšší u skupiny suplementovaných HMB-FA oproti skupině suplementované placebem. Výzkum potvrdil zvýšený růstový faktor a IGF-1 u HMB-FA suplementované skupiny v porovnání s placebo skupinou. Tato dvojitě zaslepená randomizovaná studie zjistila, že akutní suplementace HMB-FA 30 min před těžkým silovým tréninkem zvyšuje odpověď růstového faktoru, a to vede k podpoření hypotézy, že HMB suplementace má anabolické účinky. [21]

2.3.5 „Vliv suplementace HMB a silového tréninku na reakci cytokinů v důsledku silového cvičení“

V minulém roce proběhla studie zabývající se reakcí cytokinů na silový trénink a tím, jak se jejich reakce změní s přidáním HMB do diety. Dvojitě zaslepená a randomizovaná studie se soustředila konkrétně na vliv dvanáctitýdenní suplementace HMB současně s dvanáctitýdenním silovým tréninkovým programem. Měření cytokinů probíhalo před zátěží, ihned po zátěži a následně 30 minut po zátěži. Standardizované testovací cvičení se provádělo před začátkem studie, v polovině studie (tréninkového programu) a na konci studie. Účastníků bylo sedmnáct, byli to sportovně založení a zdraví muži, kteří ale aktuálně v posledních šesti měsících nepodstupovali žádný silový trénink. Byli vybráni na základě několika zjištěných hodnot (věk, váha, výška, výskoku a psychická aktivita) a byli náhodně rozděleni do dvou skupin. Placebo skupinu tvořilo 9 osob a jejich průměrné hodnoty byly: váha: 77,4 kg a výška: 172,6 cm. Suplementovaná skupina pomocí doplňku, který mimo jiné obsahoval 1,5 g vápenaté soli HMB, byla složena z 8 mužů a jejich průměrné hodnoty byly: váha: 78,1 kg a výška: 176,4 cm. Účastníci nesměli užívat žádné léky nebo doplňky stravy, které by zkreslily měření, museli být nekuřáci a nesměli užívat katabolické ani anabolické hormony. Tréninkový program se sestával z 36 tréninkových lekcí o různé intenzitě i objemu v každém z dvanácti tréninkových týdnů. Každý trénink obsahoval variace různých cviků, ale vždy po třech až pěti setech s 2-3 minutovým odpočinkem mezi sety. Počet opakování závisel na váze: 12-14 opakování u lehkých vah, 8-10 u středně těžkých vah a 3-5 opakování u těžkých vah. Již zmiňované testovací cvičení probíhalo po osmi hodinách lačnění a vypadalo

takto: 6 setů dřepů s osou na zádech po 10 opakováních s pauzou 2 minuty mezi sety a o váze 80 % maxima naměřeného týden před každým testováním.

Výstupem této studie bylo, že aminokyselinový suplement obsahující HMB může mít příznivý vliv na svalový růst a obnovu svalů, díky vlivu na odpověď cytokinů na specifickou zátěž, a že by HMB suplementace mohla být účinná ke správné opravě nebo přestavbě při poškození svalů v důsledku akutní nebo chronické zátěže. [22]

2.3.6 „Interakce HMB-FA a adenosintrifosfátu [ATP] pro svalovou hmotu, sílu a výkon u silových sportovců“

Další z mnoha výzkumů prováděných na univerzitě v Tampě zjišťoval, pomocí randomizované dvojité zaslepené a dietou kontrolované studie, vzájemné působení HMB-FA s ATP na zlepšování výkonnosti silových sportovců. Výzkum probíhal 12 týdnů a členil se do tří tréninkových fází. Fáze 1 trvala 8 týdnů a byla tvořena tréninkovým plánem o třech posilovacích trénincích týdně. Druhá i třetí fáze trvala každá pouze 2 týdny, ale cvičení bylo intenzivnější. V druhé fázi byly silové tréninky každý den s výjimkou neděle a v třetí fázi byl tréninkový objem opět snížen na tři tréninky do týdne. Svalová hmota a celková tělesná kompozice byla měřena na začátku studie a dále na koncích čtvrtého, osmého a dvanáctého týdne. Svalová síla a výkon byl měřen ve stejných obdobích jako předchozí a navíc ještě na konci devátého a desátého týdne (v období nejintenzivnějšího tréninku). Dále byly v průběhu studie měřeny hodnoty, jako jsou například CRP, kreatin kináza, kortizol, testosteron nebo poměr 3-methylhistidinu a kreatininu v moči. Vzorkem pro tuto studii byli opět muži se zkušenostmi se silovým tréninkem v průměrném věku 21,7 let. Muži byli rozděleni do skupiny dostávající placebo (22 let, 180,9 cm, 87,1 kg a BMI= 26,4) a skupiny dostávající HMB-FA a ATP (21,4 let, 177,2 cm, 81,9 kg a BMI= 26,1). Zkoumaní museli být nekuřáci a nesměli v obě trvání studie užívat protizánětlivé látky a další výkon podporující látky. Dietní opatření byly následující. Účastníci studie nesměli užívat žádné doplňky stravy 3 měsíce před zahájením studie a dva týdny před začátkem byl vytvořen každému muži dietní plán skládající se z 25 % bílkovin, 50 % sacharidů a 25% tuků. Suplementovaná skupina dostávala 3 g HMB-FA rozdělené do 3 denních dávek a zároveň s HMB-FA ještě 400 mg ATP v jedné denní dávce před tréninkem. Účastníci byli instruováni užívat dávku supplementu nebo placebo před obědem, před večeří a 30 minut před tréninkem a v netréninkový den brali třetí dávku 30 minut před snídaní.

Svalová hmota stoupla u suplementovaných jedinců o 12,7 % a nárůst síly podporovaný tréninkem a suplementací byl 23,5 %. V další radě zkoumaný skok do výšky a výsledek Wingate testu se také zlepšili více u suplementovaných v porovnání s placebo skupinou. Nárůst po dvanácti týdnech byl 21,5 % u skoku vysokého a 23,7 % u Wingate testu. Ve fázi intenzivního tréninku byl pokles svalové síly a výkonnosti u suplementované skupiny 1,3 %, ačkoliv u placebo skupiny byl pokles 4,3 až 5,7 %. Z výsledků tedy vyplývá, že suplementace HMB-FA v kombinaci s ATP a silovým tréninkem výrazně zvyšuje přírůstky svalové hmoty a její sílu a výkon a dále také snižuje typické svalové poškození během fáze intenzivního tréninku. Tímto je tedy zřejmé, že HMB-FA a ATP jsou společně vhodným doplňkem stravy pro vojáky anebo sportovce, kteří trénují tak intenzivně a soustavně jako například profesionální sportovci. [23]

2.3.7 „Efekt dvanáctitýdenní suplementace HMB-FA na svalovou hmotu, sílu a výkon u silových sportovců“

Na stejné univerzitě jako předchozí výzkum byl vytvořen i tento výzkum. Je velmi podobný tomu předchozímu, ale zabývá se působením pouze HMB-FA na lidský organismus, konkrétně na svalovou hmotu, sílu a výkon silových sportovců. Studie je členěna taktéž do 3 dílčích fází podle intenzity a soustavnosti tréninku. První fáze byla osm týdnů tréninků třikrát týdně, druhá obsahovala intenzivní tréninky šestkrát týdně a poslední třetí fáze byla tvořena opět třemi tréninky za týden. Na počátku studie a dále na konci čtvrtého, osmého, devátého, desátého a dvanáctého týdne byly měřeny hodnoty svalové hmoty, tělesné kompozice, síly, výkonu, kreatin kinázy, testosteronu a kortizolu. Do studie bylo zapojeno 20 trénovaných mužů rozdělených do placebo skupiny (9 mužů) a suplementované skupiny (11 mužů) v průměrném věku 21,6 let. Jejich váha a výška byla: placebo- 87,1 kg, 180,9 cm a suplementovaní- 83,1 kg, 179 cm. Mezi skupinami nebyly žádné výrazné rozdíly, co se týče věku, váhy, výšky ani BMI na počátku studie. Zúčastnění byli nekuřáci a neužívali žádné protizánětlivé léky a podporující látky, stejně tak jako 3 měsíce před zahájením studie neužívali žádné nutriční doplňky. Síla byla určována pomocí maximální váhy na jedno opakování (dřep, benchpress, mrtvý tah), složení těla bylo měřeno vždy ve stejný čas, nalačno, špičkový výkon byl zjišťován modifikovaným Wingate testem a měřen byl také vertikální výskok. Suplementace se skládala ze tří dávek HMB-FA nebo placebo denně, o celkovém obsahu 3 g HMB-FA/den. Jedna dávka se v tréninkový den užívala 30 minut před tréninkem a další dvě dávky

s obědem a večeří. V případě netréninkového dne se všechny tři dávky užívaly vždy s velkým jídlem, tudíž se snídaní, obědem a večeří. Již dva týdny před začátkem studie dostal každý z účastníků individuální dietní plán složený z živin v poměru: 25 % bílkoviny, 50 % sacharidy a 25 % tuky. Po reálném vyhodnocení stravy účastníků se ukázalo, že dieta se skládala z 22 % bílkovin, 45 % sacharidů a 33 % tuků bez rozdílu mezi skupinami.

Suplementace HMB-FA v kombinaci s dvanáctitýdenním tréninkovým cyklem zvýšila celkovou sílu (benchpress, dřep, mrtvý tah) o 18 % oproti placebo skupině, u které byl nárůst pouze 6 %. Špičkový výkon Wingate testu se zlepšil o 18 % u suplementovaných ku 12 % u placebo skupiny. Podobné zlepšení bylo znát i u vertikálního výskoku, kdy se suplementovaná skupina zlepšila o 19 % a placebo jen o 12 %. U intenzivní tréninkové fáze byl zaznamenán regres celkových 4,5 % u placebo skupiny, ale pouhých 0,4 % u HMB-FA suplementovaných. Významný posun byl viděn v oblasti tělesné kompozice, kdy suplementovaní měli vyšší nárůst svalové hmoty a větší úbytek tukové hmoty oproti mužům užívajícím placebo. Z výsledků je patrné, že suplementace HMB-FA v kombinaci se silovým tréninkem významně zvyšuje poměr svalové hmoty k hmotě tukové, zvyšuje sílu a výkonnost svalů v porovnání s placebo suplementovanou skupinou. HMB-FA dokonce zmírňuje ničivé účinky tréninku na svaly ve fázi intenzivního a soustavného tréninku ve srovnání s placebo skupinou. [24]

2.3.8 „B-hydroxy- β -methylbutyrát volná kyselina snižuje ukazatele svalového poškození způsobeného tréninkem a zlepšuje proces zotavení u silově trénovaných mužů.“

Studie zahrnující zkoumání silově trénovaných jedinců a jejich suplementaci HMB-FA byla provedena na dvaceti trénovaných mužích. Jejich průměrný věk byl 21,6 let. Účastníci byli nekuřáci a neužívali žádné protizánětlivé léky a ani žádné tréninkově podpůrné látky. Na začátku studie byla u testovaných změřena maximální váha pro dřep, benchpress a mrtvý tah a dále byla vypočítána celková síla z hodnot maximální váhy pro již zmiňované cviky. Testovaní dostali buď 3 g HMB-FA nebo 3 g placebo rozdělené do 3 denních dávek, kdy jedna dávka se užívala 30 minut před tréninkem a další dvě dávky s obědem a večeří. Suplementace probíhala pouze jeden den, šlo o zkoumání akutní dávky HMB. Tréninkový plán se skládal ze tří setů o dvanácti opakováních s minutovou pauzou mezi každým setem a cviky byly tyto: dřepy, benchpress, mrtvý tah, shyby a další (celkově 9 cviků). Analýza markerů probíhala

pomocí krevních testů. Krevní vzorky byly nabírány před tréninkem, po dvanácti hodinách lačnění a dále po 48 hodinách po tréninku. Nabírány byly tyto látky: kreatin kináza, 3-methylhistidin, testosteron, kortizol a bylo zjišťováno subjektivní vnímání regenerace. Muži dodržovali dietu určenou stejně jako u minulých studií a ta se skládala z 25 % bílkovin, 50 % sacharidů a 25 % tuků. Stejně jako u předchozích studií nesměli účastníci užívat jakékoliv doplňky stravy po dobu 3 měsíců do začátku studie.

Výsledky ukázaly, že kreatin kináza vzrostla podstatně více u placebo skupiny (329 %) oproti suplementované skupině (104 %). Ve stejném trendu bylo subjektivní vnímání regenerace, kdy u placebo skupiny se subjektivně regenerace zhoršila podstatně více ve srovnání s HMB-FA skupinou. Odbourávání svalů bylo nižší u suplementované skupiny, ale žádné změny nebyly pozorovány v hodnotách testosteronu, kortizolu nebo CRP. Z tohoto výzkumu vyplývá, že podání HMB-FA před výkonem u trénovaných osob může zmírnit svalová poškození a může psychicky podpořit sportovce k lepším výkonům v tréninku. [25]

2.3.9 „Efekt suplementace HMB na tělesnou stavbu, kondici a hormonální a zánětlivé mediátory u špičkových adolescentních volejbalistů a volejbalistek“

Izraelská studie zkoumala vliv HMB na vzorku 29 izraelských juniorských volejbalistů. Konkrétně se studie zúčastnilo 14 dospívajících dívek a 15 dospívajících chlapců ve věku 13,5-18 let. Všichni ze zúčastněných byli členy izraelského národního týmu a výzkum probíhal v rané fázi volejbalové sezóny, konkrétně prvních 7 týdnů závodní sezóny. Volejbalisti a volejbalistky byli rozděleni do dvou skupin po čtrnácti účastnících (1 vystoupil ze studie z rodinných důvodů), kdy suplementovaná skupina dostávala 3 g HMB/den a placebo skupina dostávala 3g placeba. Studie byla dvojitě zaslepená, tudíž hráči, trenéři ani rodiče nevěděli, kdo se nachází v jaké skupině a dozvěděli se to až na po ukončení sběru dat. Dávka byla určena pouze do jedné denní dávky a to při ranním tréninku. Sportovci spolu trénovali 18-22 hodin týdně a trénink byl koncipován jako klasický volejbalový trénink (síla, výkon, aerobní i anaerobní cvičení). Účastníci také museli dodržovat předem určenou dobu spánku (8 hodin denně) a všichni se stravovali společně, tudíž měli všichni sportovci stejné podmínky. Ve studii byly měřeny například tyto parametry: výška výskoku, síla, aerobní výkon, anaerobní výkon, růstový hormon, laktát, kortizol nebo testosteron.

Ve studii byl zjištěn větší nárůst tukuprosté hmoty u suplementovaných oproti kontrolní skupině. Suplementace HMB vedla ke zvýšení isokinetické síly ve flexi kolene u dominantní i nedominantní nohy, avšak v extenzi kolene a flexi a extenzi v lokti nebyly zaznamenány žádné závažné rozdíly. Významně lepší výsledek byl zjištěn u HMB skupiny u Wingate anaerobním testu bez efektu na únavu volejbalistů. Co se týče aerobního testu, HMB skupina nevykazovala významné rozdíly oproti placebo skupině. Ostatní naměřené hodnoty také neměly prokazatelné rozdíly mezi skupinami. HMB tedy neprokázalo vliv na zánětlivé mediátory a hormony. Jasně však je, že suplementace HMB má vliv na přírůstky svalové hmoty u adolescentů a také zlepšuje svalovou sílu a anaerobní výkon. HMB nemá vliv na aerobní kapacitu adolescentů a nemění se hodnoty zánětlivých mediátorů a hormonů. [26]

2.3.10 „Efekt devítitýdenní suplementace HMB na sílu a tělesnou kompozici u silově trénovaných mužů“

Randomizovaná, dvojitě zaslepená studie testující efekt suplementace HMB u trénovaných mužů za pomoci dávky 3 g HMB denně. Celkem studie trvala 11 týdnů, z toho první dva týdny, respektive na začátku těchto týdnů, probíhalo pouze měření aktuální síly a tělesné stavby a zbylých devět týdnů probíhal navíc tréninkový program s užíváním HMB nebo placebo. 34 mužů minimálně s jedním rokem zkušeností se silovým tréninkem bylo vybráno v různých fitness centrech na Novém Zélandu, studii dokončilo pouze 22 z nich. Skupina suplementovaných čítala 13 účastníků a placebo skupina 9 účastníků. Testovaní byli v průměrném věku 24 let a průměrně měli 3,9 let zkušeností se silovým tréninkem bez jakýchkoliv soutěžních ambicí v bodybuildingu, vzpěračství a podobně. Trénovali 66 minut 3,3 x týdně v průměru. Svalová síla byla měřena po dvanácti hodinách v klidu způsobem jednoho opakování maximální váhy a to u benchpressu, bicepsového zdvihu s oporou paží a extenzi v kolenou. Tělesná stavba byla měřena po 4 hodinách lačnění, 12 hodinách abstinence a močení 30 minut před měřením. Měření na konci studie bylo prováděno u každého muže ve stejnou denní dobu. Tréninkový program byl složen z 3 tréninků týdně a v každém tréninku bylo 9 cviků ve 2-3 setech o 5-15 opakováních s 30-90s pauzami. Dieta nebyla nijak omezena a účastníci byli požádáni, aby pokračovali ve svých běžných stravovacích zvyklostech.

Celkově byl nárůst síly u HMB suplementované skupiny zanedbatelný, avšak u extenze v kolenou byl tento nárůst významný a to o 9,1 %, oproti tomu vliv suplementace na zlepšení síly horní poloviny těla nebyl v podstatě žádný. U

suplementovaných byl sice zaznamenán pokles tukové hmoty, ale nárůst svalové hmoty byl téměř neměřitelný [pouhých 0,2 % v průměru]. Můžeme tedy konstatovat, že suplementace HMB u tréninkově zkušených jedinců má význam na posílení dolní poloviny těla a snížení poměru tuku v těle, ale nemá vliv na nabývání svalové hmoty a posílení horní poloviny těla. [27]

Diskuse

V dnešní době jsou aminokyselinové doplňky stravy, jako je karnosin a hydroxymethylbutyrát, v oblasti sportu poměrně dobře známy. Z mého pohledu sportovce, který se pohybuje i v oblasti silového sportu, je ale určitě více známý právě HMB.

Je známo, že se doposud neprokázaly žádné nežádoucí účinky ani u jednoho z doplňků. Je ale patrné, že k prokázání nežádoucích vlivů na člověka jsou ještě zapotřebí léta zkoumání působení a interakcí těchto doplňků.

Z uvedených studií týkajících se karnosinu můžeme zjistit, že suplementace β -alaninem má zaručeně vliv na vzrůstající hladinu karnosinu ve svalech, ale zároveň spíše nemá vliv na jakékoliv zlepšování výkonnosti u sportovců. Pro přesnější přehled si rozebereme výsledky vyplývající z výše uvedených výzkumů. Doba suplementace se pohybovala v širokém rozmezí- od akutní jednorázové dávky až k deseti týdnům užívání. Z celkových dvanácti studií byla doba suplementace dvakrát 23 dní, dvakrát 28 dní, dvakrát 30 dní a dvakrát také 70 dní. Jednou se objevila suplementace v akutní dávce, dále čtrnáctidenní, 42 denní a 49 denní. Dávka suplementovaného β -alaninu byla od nízkých 1,6 g na den až po 6,4 g na den. Nejčastěji byla použita právě dávka nejvyšší, a to 6,4 g karnosinu na den, která byla použita ve čtyřech studiích z dvanácti. Většina studií byla prováděna na vzorku trénovaných mužů (7 studií), ale 3 studie zkoumaly efekt karnosinu na ženách, přičemž dvě z těchto studií podstoupily trénované ženy a jednu nesportovně založené ženy. Vliv suplementace β -alaninem na zvýšení koncentrace svalového karnosinu byl potvrzen v sedmi výzkumech z dvanácti a nepotvrzen byl pouze v jedné studii, kde byl ale zohledněn možný vliv nízkého dávkování a krátká doba suplementace. Ve zbývajících čtyřech studiích nebyly změny koncentrace karnosinu ve svalech zaznamenávány. Z několika studií vyplynulo, že suplementace β -alaninem má mnohem větší význam na koncentraci karnosinu ve svalech, na které je trénink zaměřen, například: cyklisti zaznamenali nejvyšší nárůsty ve svalech dolních končetin a naopak kajakáři ve svalech horních končetin. Čtyři ze zkoumaných studií se zabývaly množstvím laktátu ve svalech po zátěži v souvislosti s karnosinem. Tři studie neprokázaly vliv suplementace, ale jedna studie prokázala vliv suplementace β -alaninem na snížení hladiny laktátu ve svalech po zátěži. Ostatní studie se laktátem nezabývaly. Dvě studie se zaměřily na subjektivní vnímání zátěže a obě také

potvrdily souvislost mezi suplementací a zlepšením subjektivního vnímání zátěže a motivace při zátěži. V žádné ze zkoumaných studií však bohužel nebyl zjištěn jednoznačně kladný vliv suplementace β -alaninem na zvyšování fyzické výkonnosti.

Na rozdíl od karnosinu byly studie zkoumající hydroxymethylbutyrát jednoznačnější. Většina studií o HMB potvrdila hypotézu příznivého působení HMB na sportovní výkon. Sedm z deseti studií se navíc shodovalo i v suplementované dávce a tou byly 3 g HMB/den, další dvě studie podávaly dávku 1 g HMB/den a poslední pak využila dávku 1,5 g vápenaté soli HMB/den. Doba trvání studie byla spíše dlouhodobější, i když dvě studie zkoumaly akutní podání suplementu. Nejčastěji suplementace probíhala 84 dní a to ve třech studiích. Další doby suplementace byly 63 dní, dvakrát 49 dní, dvakrát 28 dní, akutní podání a poslední studie zkoumala vliv na regeneraci svalů akutním podáním HMB celkově po osmi tréninkových jednotkách. Z výše popsaných výzkumů je patrné, že HMB má vliv na sportovní výkon hlavně když se kombinuje s velmi intenzivním tréninkem, proto je logické, že vliv HMB byl testován vždy na profesionálních sportovcích nebo fyzicky trénovaných jedincích. Vzhledem k povaze doplňku (anabolické účinky), byly studie až na dvě výjimky, kdy byly studie prováděny na dospívajících chlapcích a dívkách a na mužích a ženách současně, prováděny na dospělých mužích.

Jednoznačně bylo prokázáno narůstání svalové hmoty díky suplementaci HMB, jelikož to potvrdilo 6 z 10 studií. Ostatní studie byly buď jednorázové anebo se přímo přírůstky svalové hmoty nezabývaly. Byl prokázán i vliv HMB na regeneraci, ochranu svalů, snižování proteolýzy a také subjektivního vnímání únavy. V šesti z celkových deseti studií bylo prokázáno, že suplementace HMB podporuje minimálně jeden z výše uvedených jevů, zároveň však dvě studie tyto vlivy nepotvrdily. Jako další z nejprůkaznějších účinků byl vliv HMB na zlepšení výsledků Wingate testu, což značí pozitivní vliv HMB na anaerobní schopnosti. Oproti tomu vliv na aerobní výkon nebyl potvrzen ve studii týkající se dospívajících dívek a chlapců. Předpokládaný vliv HMB na snižování množství tukové tkáně v těle byl taktéž potvrzen a to ve dvou studiích a zároveň žádná ze zbývajících studií nesvědčila proti tomuto vlivu HMB. Co se týče svalové síly, zlepšení celkové síly bylo potvrzeno ve dvou studiích a dále konkrétní síla v dolní polovině těla byla potvrzena jednou studií. Se silou v nohách také souvisí zlepšení výsledků vertikálního výskoku, které bylo potvrzeno ve dvou výzkumech z deseti. Působení suplementace HMB na svaly (sílu, budování svalové hmoty) nebylo potvrzeno také ve dvou studiích, ale pouze v případě působení HMB na horní

polovinu těla. Po jedné studii pak bylo viděno zlepšení $VO_2\text{max}$ a také zvýšení hodnoty růstového faktoru a insulínu. Vliv suplementace na hladinu testosteronu je ale sporný. Jedna studie vliv HMB na hodnotu testosteronu sice potvrdila, ale jedna tento vliv negovala.

Vzhledem k nejednoznačnosti významu suplementace β -alaninem si myslím, že je zapotřebí provést ještě mnoho detailních studií týkajících se vlivu karnosinu na sportovní výkon. Podle mého názoru by se budoucí výzkumy měly zaměřit hlavně na silově rychlostní disciplíny, jelikož v mém sběru dat se objevila právě i jedna studie, která potvrdila vliv karnosinu na silově rychlostní výkon. Na druhou stranu, co se hydroxymethylbutyrátu týče, výsledky studií byly mnohem jednoznačnější než u karnosinu. Nicméně ale ani pole působení HMB není určitě zcela probádané, a tudíž by bylo zapotřebí dále dopodrobna vyzkoumat přesné účinky HMB konkrétně na silový trénink a regeneraci po něm, jelikož ze sběru dat vyplynulo, že HMB pomáhá právě při tomto druhu sportovního výkonu.

Závěr

Práce koncipovaná jako meta-analýza založená na shromažďování dat z již dříve publikovaných světových studií se zabývala vlivem karnosinu a hydroxymethylbutyrátu na sportovní výkon. V práci bylo zjištěno, že karnosin a hydroxymethylbutyrát jsou metabolity aminokyselin, a že by měly mít anabolické účinky. Tato vlastnost však byla prokázána pouze u HMB, kdy bylo ve studiích potvrzeno narůstání svalové hmoty díky suplementaci a současnému intenzivnímu silovému tréninku, a zároveň ubývání hmoty tukové. U karnosinu se tento jev zkoumal nejčastěji okolo 30 dní, kdežto u HMB studie probíhaly nejčastěji 12 týdnů. Významně se lišila i suplementovaná dávka, která ale byla určena podle využitelnosti těchto suplementů. Nejčastější dávkou bylo 6,4 g u karnosinu (respektive β -alaninu) a 3 g u HMB. Jelikož jsou karnosin a HMB brány jako sportovní doplňky stravy, je logické, že byly studovány nejčastěji v kombinaci s tréninkem, který byl u HMB často vysoce intenzivní. Oba doplňky byly také nejčastěji testovány buď na sportovně založených mužích, nebo na profesionálních sportovcích. Pozitivním zjištěním je, že ani v jedné ze zkoumaných studií nebyly zaznamenány vedlejší účinky suplementace jak karnosinem tak HMB.

Karnosin, konkrétně, zaznamenal nejprůkaznější výsledky v narůstání koncentrace svalového karnosinu. Jako dalším kladným účinkem se ukázal vliv suplementace β -alaninem na lepší subjektivní vnímání zátěže. Nevýhodou suplementace karnosinem však je jeho dosud neprokázaný výrazný vliv na zlepšování sportovní výkonnosti. Z tohoto důvodu bych spíše nedoporučila užívání karnosinu jako doplňku stravy pro zlepšení výkonnosti, přestože vedlejší účinky zatím nejsou známy.

U hydroxymethylbutyrátu byl téměř jednoznačně prokázán pozitivní vliv na silový výkon. Dále byl u HMB pozorován vliv na zrychlení regenerace svalů a jejich ochranu před poškozováním způsobeným těžkým tréninkem. Vzhledem k výsledkům z práce vyplývá, že HMB je vhodným doplňkem stravy pro silové sportovce a lze jej doporučovat pro zlepšení výkonnosti v době tréninkové přípravy.

Seznam zkratek

AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome
ATP	Adenosintrifosfát
BA	β -alanin
BCAA	Branched Chain Amino Acid
BMI	Body Mass Index
CNS	Centrální nervový systém
CoA	Koenzym A
CRP	C reaktivní protein
EBSCO	bibliografická a fulltextová elektronická databáze
FSH svalová dystrofie	Fascioskapulohumerální svalová dystrofie
HIIT	High Intensity Interval Training
HMB	Hydroxymethylbutyrát
HMB-FA	Volná kyselina hydroxymethylbutyrátu
IGF-1	Inzulinu podobný růstový faktor 1
KIC	Ketoisokaproát
LDL cholesterol	Low Density Lipoprotein Cholesterol
PubMed	Medicínská bibliografická elektronická databáze
RONS	Reactive Oxygen and Nitrogen Free Radicals
VO ₂ max	Maximální aerobní kapacita

Použitá literatura

1. Kučera, M. (2006). *Karnozin: rešeršní přehled*. Dostupné z http://www.drkucera.eu/upload_doc/karnozin_resersni_prehled.pdf
2. Arndt, T. (2009). *Karnosin*. Dostupné z: <http://www.celostnimediceina.cz/karnosin.htm>
3. http://www.amazon.com/Relentless-Improvement-Carnosine-Eye-Drops/dp/B00756SMTS/ref=sr_1_1?rps=1&ie=UTF8&qid=1438019422&sr=8-1&keywords=carnosine+drops [cit. 2015-22-05]
4. Hannah, R., Stannard, R., Minshull, C., Artioli, G., Harris, R., Sale, C., Moran, D., Fukuda, D., Shelef, I., Carmom, E., & Ostfeld, I. (2015-03-01). B-Alanine supplementation enhances human skeletal muscle relaxation speed but not force production capacity. *Journal of Applied Physiology*, vol. 118(issue 5), pp. 604-612. DOI: 10.1152/jappphysiol.00991.2014.
5. Pyšná, D. & Pyšný, L. Wingate test. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné výchovy a sportu*. [cit. 2015-25-05]. Dostupné z: <https://pf.ujep.cz/~pysnad/fyziologie/index.html>
6. Rodríguez, F., Delgado, A., Lobos, P., Aranda, V. & Cristi-Montero, C. (2015). Efectos de la suplementación con β-alanina en tests de Wingate en jugadoras universitarias de fútbol femenino. *Nutrición Hospitalaria*, 31 (1), 430-435. Dostupné z: <http://www.aulamedica.es/nh/pdf/7479.pdf>
7. Hoffman, J., Landau, G., Stout, J., Hoffman, M., Shavit, N., Rosen, P., Moran, D., Fukuda, D., Shelef, I., Carmom, E., & Ostfeld, I. (2015). B-Alanine ingestion increases muscle carnosine content and combat specific performance in soldiers. *Amino Acids*, vol. 47(issue 3), pp. 627-636. DOI: 10.1007/s00726-014-1896-7.
8. Kresta, J., Oliver, J., Jagim, A., Fluckey, J., Riechman, S., Kelly, K. ... Kreider, R. (2014). Effects of 28 days of beta-alanine and creatine supplementation on muscle carnosine, body composition and exercise performance in recreationally active females. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, vol. 11(issue 1), pp. 55-. DOI: 10.1186/s12970-014-0055-6.
9. Bex, T., Chung, W., Baguet, A., Stegen, S., Stautemas, J., Achten, E., Derave, W., Fukuda, D., Shelef, I., Carmom, E., & Ostfeld, I. (2014-01-15). Muscle carnosine loading by beta-alanine supplementation is more pronounced in trained vs. untrained muscles. *Journal of Applied Physiology*, vol. 116(issue 2), pp. 204-209. DOI: 10.1152/jappphysiol.01033.2013.
10. Slowinska-Lisowska, M., Zembron-Lacny, A., Rynkiewicz, M., Rynkiewicz, T., Kopec, W., Achten, E., Derave, W., Fukuda, D., Shelef, I., Carmom, E., &

- Ostfeld, I. (2014). Influence of l-carnosine on pro-antioxidant status in elite kayakers and canoeists. *Acta Physiologica Hungarica*, vol. 101(issue 4), pp. 461-470. DOI: 10.1556/APhysiol.101.2014.008.
11. Chung, W., Baguet, A., Bex, T., Bishop, D., Derave, W., Achten, E., Derave, W., Fukuda, D., Shelef, I., Carmom, E., & Ostfeld, I. (2014-06-01). Doubling of Muscle Carnosine Concentration Does Not Improve Laboratory 1-Hr Cycling Time-Trial Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, vol. 24(issue 3), pp. 315-324. DOI: 10.1123/ijsnem.2013-0125.
 12. Gross, M., Boesch, C., Bolliger, C., Norman, B., Gustafsson, T., Hoppeler, H., & Vogt, M. (2014). Effects of beta-alanine supplementation and interval training on physiological determinants of severe exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 114(issue 2), pp. 221-234. DOI: 10.1007/s00421-013-2767-8.
 13. Cochran, A., Percival, M., Thompson, S., Gillen, J., MacInnis, M.,... Gibala, M. (2015). Beta-alanine supplementation does not augment the skeletal muscle adaptive response to six weeks of sprint interval training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab. (epub ahead of print)*. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26008634>
 14. Bex, T., Chung, W., Baguet, A., Achten, E., Derave, W., Hoppeler, H., & Vogt, M. (2015-05-07). Exercise Training and Beta-Alanine-Induced Muscle Carnosine Loading. *Frontiers in Nutrition*, vol. 2(issue 2), pp. -. DOI: 10.3389/fnut.2015.00013.
 15. Glenn, J., Smith, K., Moyon, N., Binns, A., Gray, M., Hoppeler, H., & Vogt, M. (2015). Effects of Acute Beta-Alanine Supplementation on Anaerobic Performance in Trained Female Cyclists. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, vol. 61(issue 2), pp. 161-166. DOI: 10.3177/jnsv.61.161.
 16. Baguet, A., Bourgois, J., Vanhee, L., Achten, E., & Derave, W. (2010-10-12). Important role of muscle carnosine in rowing performance. *Journal of Applied Physiology*, vol. 109(issue 4), pp. 1096-1101. DOI: 10.1152/jappphysiol.00141.2010.
 17. In Benson, R., Connolly, D. (2012). *Trénink podle srdeční frekvence: jak zvýšit kondici, vytrvalost, laktátový práh, výkon*. (1. vyd., pp. 26-27). Praha: Grada.
 18. Robinson, E., Stout, J., Miramonti, A., Fukuda, D., Wang, R., Townsend, J., Mangine, G., Fragala, M., & Hoffman, J. (2014). High-intensity interval training and β -hydroxy- β -methylbutyric free acid improves aerobic power and metabolic thresholds. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, vol. 11(issue 1), pp. 16-. DOI: 10.1186/1550-2783-11-16.
 19. Gonzalez, A., Stout, J., Jajtner, A., Townsend, J., Wells, A., Beyer, K., Boone, C., Pruna, G., Mangine, G., Scanlon, T., Bohner, J., Oliveira, L., Fragala, M., &

- Hoffman, J. (2014). Effects of β -hydroxy- β -methylbutyrate free acid and cold water immersion on post-exercise markers of muscle damage. *Amino Acids*, vol. 46(issue 6), pp. 1501-1511. DOI: 10.1007/s00726-014-1722-2.
20. Niessen, S., Sharp, R., Ray, M., Rathmacher, J. A., Rice, D., Fuller Jr, J. C., Connelly, A. S., Abumrad, N. (1996-11-01) Effect of leucine metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *Journal of Applied Physiology*, vol. 81(issue 5), pp. 2095-2104. Dostupné z: <http://jap.physiology.org/content/81/5/2095>
21. Townsend, J., Hoffman, J., Gonzalez, A., Jajtner, A., Boone, C., Robinson, E., Mangine, G., Wells, A., Fragala, M., Fukuda, D., Stout, J., Oliveira, L., Fragala, M., & Hoffman, J. (2015). Effects of β -Hydroxy- β -methylbutyrate Free Acid Ingestion and Resistance Exercise on the Acute Endocrine Response. *International Journal of Endocrinology*, vol. 2015(issue 6), pp. 1-7. DOI: 10.1155/2015/856708.
22. Kraemer, W., Hatfield, D., Comstock, B., Fragala, M., Davitt, P., Cortis, C., Wilson, J., Lee, E., Newton, R., Dunn-Lewis, C., Häkkinen, K., Szivak, T., Hooper, D., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2014-08-20). Influence of HMB Supplementation and Resistance Training on Cytokine Responses to Resistance Exercise. *Journal of the American College of Nutrition*, vol. 33(issue 4), pp. 247-255. DOI: 10.1080/07315724.2014.911669.
23. Lowery, R., Joy, J., Rathmacher, J., Baier, S., Fuller, J., Shelley, M., Jäeger, R., Purpura, M., Wilson, S., Wilson, J., Häkkinen, K., Szivak, T., Hooper, D., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2015). Interaction of Beta-Hydroxy-Beta-Methylbutyrate Free Acid (HMB-FA) and Adenosine Triphosphate (ATP) on Muscle Mass, Strength, and Power in Resistance Trained Individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 33(issue 4), pp. 1-. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000482.
24. Wilson, J., Lowery, R., Joy, J., Andersen, J., Wilson, S., Stout, J., Duncan, N., Fuller, J., Baier, S., Naimo, M., Rathmacher, J., Szivak, T., Hooper, D., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2014). The effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 114(issue 6), pp. 1217-1227. DOI: 10.1007/s00421-014-2854-5.
25. Wilson, J., Lowery, R., Joy, J., Walters, J., Baier, S., Fuller, J., Stout, J., Norton, L., Sikorski, E., Wilson, S., Duncan, N., Zanchi, N., Rathmacher, J., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2013). B-Hydroxy- β -methylbutyrate free acid reduces markers of exercise-induced muscle

- damage and improves recovery in resistance-trained men: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *British Journal of Nutrition*, vol. 110(issue 03), pp. 538-544. DOI: 10.1017/S0007114512005387.
26. Portal, S., Zadik, Z., Rabinowitz, J., Pilz-Burstein, R., Adler-Portal, D., Meckel, Y., Cooper, D., Eliakim, A., Nemet, D., Wilson, S., Duncan, N., Zanchi, N., Rathmacher, J., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2011). The effect of HMB supplementation on body composition, fitness, hormonal and inflammatory mediators in elite adolescent volleyball players: a prospective randomized, double-blind, placebo-controlled study. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 111(issue 9), pp. 2261-2269. DOI: 10.1007/s00421-011-1855-x.
27. Thomson, J., Watson, P., Rowlands, D., Pilz-Burstein, R., Adler-Portal, D., Meckel, Y., Cooper, D., Eliakim, A., Nemet, D., Wilson, S., Duncan, N., Zanchi, N., Rathmacher, J., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2009). Effects of Nine Weeks of β -Hydroxy- β - Methylbutyrate Supplementation on Strength and Body Composition in Resistance Trained Men: a prospective randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 23(issue 3), pp. 827-835. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181a00d47.
28. Manjarrez-Montes-de-Oca, R., Torres-Vaca, M., González-Gallego, J., Alvear-Ordenes, I. (2015). El β -Hidroxi- β -metilbutirato (HMB) como suplemento nutricional (I): metabolismo y toxicidad. *Nutrición Hospitalaria*. Vol. 31 (issue 2). pp. 590-596. Dostupné z: <http://www.aulamedica.es/nh/pdf/8432.pdf>
29. Wilson, G., Wilson, J., Manninen, A., Pilz-Burstein, R., Adler-Portal, D., Meckel, Y., Cooper, D., Eliakim, A., Nemet, D., Wilson, S., Duncan, N., Zanchi, N., Rathmacher, J., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2008). Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review. *Nutrition*, vol. 5(issue 1), pp. 1-. DOI: 10.1186/1743-7075-5-1.
30. Zanchi, N., Gerlinger-Romero, F., Guimarães-Ferreira, L., De Siqueira Filho, M., Felitti, V., Lira, F., Seelaender, M., Lancha, A., Nemet, D., Wilson, S., Duncan, N., Zanchi, N., Rathmacher, J., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2011). HMB supplementation: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. *Amino Acids*, vol. 40(issue 4), pp. 1015-1025. DOI: 10.1007/s00726-010-0678-0.
31. Slater, G. J., Jenkins, D. (2000). β -Hydroxy- β - Methylbutyrate (HMB) supplementation and the promotion of muscle growth and strenght. *Sports Medicine*. Vol. 30 (issue 2). pp 105-116. Dostupné z:

<http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.is.cuni.cz/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=2cf718b6-c842-4477-ad28-4e6753c4627f%40sessionmgr110&vid=16&hid=106>

32. Kornasio, R., Riederer, I., Butler-Browne, G., Mouly, V., Uni, Z., Halevy, O., Seelaender, M., Lancha, A., Nemet, D., Wilson, S., Duncan, N., Zanchi, N., Rathmacher, J., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2009). B-hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) stimulates myogenic cell proliferation, differentiation and survival via the MAPK/ERK and PI3K/Akt pathways: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research*, vol. 1793(issue 5), pp. 755-763. DOI: 10.1016/j.bbamcr.2008.12.017.
33. Vukovich, M., Slater, G., Macchi, M., Turner, M., Fallon, K., Boston, T., Rathmacher, J., Lancha, A., Nemet, D., Wilson, S., Duncan, N., Zanchi, N., Rathmacher, J., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2001). B-hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) kinetics and the influence of glucose ingestion in humans: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, vol. 12(issue 11), pp. 631-639. DOI: 10.1016/S0955-2863(01)00182-6.
34. Holecek, M., Muthny, T., Kovarik, M., Sispera, L., Fallon, K., Boston, T., Rathmacher, J., Lancha, A., Nemet, D., Wilson, S., Duncan, N., Zanchi, N., Rathmacher, J., Flanagan, S., Looney, D., White, M., Volek, J., & Maresh, C. (2009). Effect of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on protein metabolism in whole body and in selected tissues: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 47(issue 1), pp. 255-259. DOI: 10.1016/j.fct.2008.11.021.