

Univerzita Karlova

1. Lékařská fakulta

Studijní program: specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: nutriční terapie



Stefan Papanikolaou

Efektivita potravinových doplňků pro sportovce

The effectiveness of dietary supplements for athletes

Bakalářská práce

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

Praha, 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně pod vedením docenta Zdeňka Vilíkuse, CSc. a že jsem řádně uvedl a citoval všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání stejného nebo jiného titulu.

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

V Praze, 31. 7. 2017

Stefan Papanikolaou

Podpis

Poděkování

Děkuji Doc. Zdeňku Vilikusovi, CSc. za odborné vedení, rady a připomínky při zpracování mé bakalářské práce. Také chci poděkovat pracovníkům knihovny 1. lékařské fakulty za to, že studentům zajišťují přístup k vědeckým publikacím z celého světa.

Také děkuji MUDr. Františku Novákovi, PhD., který mi poskytnul cenné rady pro psaní systémového přehledu. Díky němu získala má práce na větší odbornosti.

PAPANIKOLAOU, Stefan. Efektivita potravinových doplňků pro sportovce. [The effectiveness of dietary supplements for athletes]. Praha, 2017. 36 s. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta. III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1.LF a VFN v Praze. Vedoucí práce doc. MUDr. Zdeněk Vilikus, CSc.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje účinnosti vybraných doplňků stravy pro sportovce. Látky, které jsem do své práce zařadil, jsem vybral na základě jejich rozšíření ve vybraných pražských sportovištích, které jsem k tomuto účelu navštívil. Následně jsem k takto vybraným látkám zpracoval systematický přehled s použitím vyhledávacího nástroje PubMed. Z výsledků jsem vyvodil, zda je látka pro sportovce využitelná a zaměřil jsem se i na to, pro které konkrétní jedince se takový doplněk hodí. Většina látek může mít pro sportovce přínos, i když někdy jiný, než bychom mohli zprvu očekávat. Některé látky jsou však vhodné pouze pro určité jedince či pouze za určitých okolností. Práce je spíše rešeršního charakteru a v závěru má jednoduchý a praktický manuál k vybraným účinným látkám. Zároveň tyto látky klasifikuji dle jejich přínosu pro jednotlivé typy sportovců.

Klíčová slova: doplňky stravy, sport, sportovní výkon, suplementy, účinné látky

Abstract

This thesis is dealing with a handful of supplements for athletes. To make the selection as useful as possible, I basically chose the supplements according to their representation in a few sport centers. On these foundations, I made the decision which supplements to research. Then I created system-reviews for each of the supplements using PubMed. The next step was to find out the real efficiency of these supplements. The aim of the conclusion was to say if each of the supplements is useful and for whom. Most of the supplements shown to be beneficial, though some of them in different ways than sometimes expected. An often issue may be that the supplements are useful only for specific use – for specific athletes, or under specific conditions. This thesis is more of a review essay, but in the end, there is a simple tutorial.

keywords: active ingredients, sport, sport performance, sport supplements, supplements

Obsah

1.	SLOVO ÚVODEM	6
2.	SPORTOVNÍ DOPLŇKY STRAVY	7
3.	CÍL.....	9
4.	METODOLOGIE.....	10
5.	ÚVOD K VYBRANÝM ÚČINNÝM LÁTKÁM	11
	5.1. <i>L-karnitin</i>	11
	5.2. <i>Glutamin</i>	11
	5.3. <i>Kreatin</i>	11
	5.4. <i>Beta-alanin</i>	12
	5.5. <i>Kofein</i>	12
5.	VÝSLEDKY.....	14
	6.1. <i>L-karnitin</i>	14
	6.2. <i>Glutamin</i>	18
	6.3. <i>Kreatin</i>	21
	6.4. <i>Beta-alanin</i>	25
	6.5. <i>Kofein</i>	29
6.	DISKUZE	34
	7.1. <i>L-karnitin</i>	34
	7.2. <i>Glutamin</i>	36
	7.3. <i>Kreatin</i>	37
	7.4. <i>Beta-alanin</i>	38
	6.5. <i>Kofein</i>	40
7.	PRAKTICKÁ DOPORUČENÍ	42
	8.1 <i>Doporučení pro vytrvalostní sportovce</i>	42
	8.2 <i>Doporučení pro silové sportovce</i>	43
7.	ZÁVĚR.....	44

1. Slovo úvodem

Téma sportovních doplňků jsem si vybral proto, že se sám o tuto oblast již delší dobu aktivně zajímám. Při mém zjišťování jsem velmi záhy zjistil, že se jedná o téma poměrně komplikované, ve kterém mezi sportovci, nesportovci i nutričními terapeuty koluje mnoho nepodložených nebo úplně mylných informací. Právě pro těžkou orientaci v relevantních zdrojích jsem si téma vybral k bakalářské práci. Má práce je sice spíše rešeršního charakteru, zato s velmi konkrétními a jednoduše použitelnými závěry.

2. Sportovní doplňky stravy

Jako doplňky stravy jsou v České republice označovány produkty obsahující konkrétní látky v koncentrovaných množstvích, které jsou konzumovány např. formou tablety, koncentrované tekutiny aj. Je důležité zdůraznit, že právě vysoká koncentrace a malá relativní velikost je u tohoto typu produktu důležitá. Nejedná se tedy např. o fortifikované potraviny, léčiva etc. Doplňky stravy mohou obecně obsahovat vitamíny, minerály ale i jiné látky, viz dále. Smyslem doplňku stravy je doplňovat určitou látku, kterou konzument není schopen v dostatečném množství získat buď kvůli nevyvážené stravě, nebo kvůli nízké koncentraci aktivní látky v potravinách. Nemůže tedy sám o sobě nikdy zastoupit pestrou stravu.

Sportovními doplňky stravy potom rozumíme ty doplňky, které cílí na různé aspekty sportu. Často to bývá zvýšení výkonu, nárůst svalové hmoty, snížení množství tělesného tuku, rychlejší regenerace mezi výkony, zvýšení hladiny testosteronu a další. Bývají prodávány buď jako jednotlivé účinné látky, nebo jako údajně synergistické směsi. Nepatří sem náhrady jídla jako jsou proteinové koncentráty, které bývají k potravinovým doplňkům často přiřazovány.

Zájem lidí na celém světě o doplňky stravy je vidět na tom, jaké jsou v tomto průmyslovém odvětví ekonomické výsledky. Za rok 2012 byly tržby v USA odhadnuty na asi 12 miliard dolarů[5]. Některé odhady dokonce mluví o více než 32 miliardách dolarů[156]. Z toho sportovní doplňky tvoří asi jednu pětinu. Podle analytické společnosti QuintilesIMS byly jen v České republice tržby za rok 2011 odhadnuty na více než 4,5 miliardy Kč. S takovou tržbou se může průmysl potravinových doplňků řadit mezi jedny ze světově největších průmyslových odvětví dneška. V USA používá doplňky stravy více než polovina dospělé populace[126]. I vzhledem k tomu je dobré vědět, zda jsou potravinové doplňky účinné a zda jsou jejich slibované účinky vědecky podloženy.

V práci se nezabývám možnou přítomností škodlivých látek v přípravcích, protože produkty legálně prodávané na našem trhu nesmí zdraví ohrozit. Zdravý člověk by tedy neměl mít obavy z jejich užívání. Doplňek stravy je definován v § 2 písm. g) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích jako: „*potravina, jejímž účelem je doplňovat běžnou stravu a která je koncentrovaným zdrojem vitaminů a minerálních látek nebo dalších látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem, obsažených v potravině samostatně nebo v kombinaci, určená k přímé spotřebě v malých odměřených množstvích*“. I přes „nutriční nebo fyziologický účinek“ v definici nemusí výrobce žádné účinky ani jiné vlastnosti dokládat. Pokud má člověk

jakékoliv zdravotní potíže, případně pochybnosti o produktu, měl by se za všech okolností poradit s lékařem či farmaceutem. Škodlivostí plynoucí z nízké kvality nebo špatného skladování se zabývá Státní zemědělská a potravinářská inspekce. Dále je také možné najít řadu nezávislých testů kvality. Předpoklad práce tedy je, že doplňky u nás legální cestou dostupné jsou v zásadě bezpečné.

3. Cíl

Cílem práce je přinést ucelený pohled na účinnost látek ve vybraných doplňcích stravy pro sportovce. Aby byla zaručena kvalita výstupů, musí být pro každou látku vypracován systematický přehled dostupných zdrojů. Zároveň chci čtenářům v krátké závěrečné kapitole, na základě zpracovaných dat, poskytnout jednoduchý praktický návod.

4. Metodologie

Na začátku práce jsem prošel množstvím pražských sportovišť, abych zjistil, jaké doplňky stravy zákazníkům nabízejí. Ty nejrozšířenější jsem následně vybral do své práce.

Vzhledem k teoretickému charakteru práce bylo třeba postupovat při výběru zdrojů jako při zpracovávání systematického přehledu. S ohledem k tomu jsem využil k vyhledání dostupných relevantních zdrojů vyhledávacího nástroje PubMed. U každého doplňku bylo nezbytné parametry hledání upravit tak, aby bylo možné nalézt pro každý doplněk co nejlepší výsledky. Přesný postup je popsán u každé látky zvlášť v kapitole výsledky.

Obecně se dá říci, že bylo postupováno následovně: Formulace otázky byla co nejjednodušší – tedy má-li konkrétní látka vliv na jakýkoliv parametr sportovního výkonu. Proto i klíčová slova byla volena co nejobecněji. Vždy jsem zvolil jako klíčové slovo název látky a dále jsem zvolil několik dalších klíčových slov, z nichž se vždy alespoň jedno muselo ve studii objevit. Těmito klíčovými slovy byla hesla jako např. sport, výkon, únava nebo regenerace. Zařazeny byly jen klinické studie na zdravých lidech, které zkoumaly vliv pouze samotné vybrané látky. Studie bez kontrolní skupiny byly z výběru vyřazeny. Tímto způsobem byly vyřazeny také studie, které zkoumaly jakoukoliv směs doplňků a mnoho studií, které probíhaly s lidmi trpícími různými onemocněními, často se jednalo o diabetické pacienty a pacienty se srdeční vadou. Dále byly také vyřazeny všechny studie, které probíhaly v nestandardních podmínkách, jako je například zvýšená vlhkost vzduchu, teplota nebo nadmořská výška. Zdroje jsou pouze v anglickém jazyce.

V diskusi se poté snažím získaná data interpretovat a najít různé spojitosti a případně faktory, které výsledky ovlivnily. Následuje jednoduchý závěr a jednoduché shrnutí, zda je možné látku doporučit, komu a případně jak ji užívat.

5. Úvod k vybraným účinným látkám

5.1. L-karnitin

Karnitin je derivát dvou esenciálních aminokyselin – lysinu a metioninu. Vyskytuje se ve dvou optických izomerech – L a D. Jako potravinový doplněk se používá izomer L, protože hraje důležitou roli v metabolismu mastných kyselin. D izomer v lidském těle žádnou funkci nemá. L-karnitin se podílí na přenosu mastných kyselin z intracelulární tekutiny do mitochondrií, kde jsou následně oxidovány. Bez L-karnitinu by se nemohly mastné kyseliny s dlouhým řetězcem do buňky dostat. Proto jsou mu přikládány schopnosti snížit podíl tělesného tuku. Tělo má schopnost si L-karnitin samo syntetizovat, ale současně je i přijímán v potravě. Nejvíce se, jak naznačuje jeho název, vyskytuje v mase, a to hlavně v mase hovězím.

5.2. Glutamin

Glutamin se většinou mezi sportovci bere jako vhodný doplněk po cvičení. Měl by urychlovat regeneraci po cvičení a také pomáhat při svalové syntéze, tedy zlepšit hypertrofii. Glutamin je velice důležitá aminokyselina, jejíž nedostatek, i když není esenciální, může být fatální. Účastní se proteosyntézy, je nezbytný pro detoxikaci amoniaku a tím pomáhá udržet dusíkovou rovnováhu organismu. Glutamin také slouží jako zdroj energie pro některé buňky imunitního systému a např. buňky sliznice střev. V kosterním svalstvu je to nejvíce zastoupená aminokyselina.

5.3. Kreatin

Kreatin monohydrát je jeden z nejlépe vědecky zdokumentovaných doplňků stravy vůbec. Jeho účinky jsou bezpečně prokázány a zároveň se jeví jeho užívání jako velice bezpečné. Je užitečný hlavně při anaerobních aktivitách, ale jak se budu dále zmiňovat, má i další pozitivní účinky, některé i mimo sport. Zásoby kreatinu jsou přirozeně ve svalech, hlavně kosterních, ale také v mozku. Suplementace kreatinem tyto zásoby zvyšuje až asi o polovinu. Tělo kreatin využívá k tvorbě kreatinfosfátu, což je molekula, která dokáže poskytnout rychle mobilizovatelnou zásobu fosfátu pro anaerobní tvorbu ATP z ADP. Bývá využit v prvních několika sekundách intenzivní zátěže, než tělo začne využívat glukózu. Naopak pokud je ATP nadbytek, je

přetvořeno na ADP a přebytečný fosfát zapracován do kreatinfosfátu. Díky svým vlastnostem je velice vhodný jako zdroj energie pro tkáň, kde bývá nepravidelná a velmi intenzivní zátěž, tedy právě kosterní svalstvo a mozek. Kreatin proto má kromě vlivu na sportovní výkon vliv i na neurologické funkce. I když se kreatin vyskytuje i v běžné stravě, jak název naznačuje, nalezneme ho především v mase a jiných živočišných produktech. Benefitů, které přináší suplementace, nelze dosáhnout jen běžnou stravou, a to kvůli jeho nízké koncentraci v potravinách. Suplementy se vyrábí synteticky a jsou tedy vhodné i pro vegany nebo vegetariány, u kterých může přinášet ještě o něco lepší výsledky. Výrobci u kreatinu inzerují zlepšení síly, výdrže. Pro to vše existují dobré důkazy, jak budu rozvádět dále. Někdy bývá zmiňován i vliv na množství svalové hmoty. Tady je ovšem problém s tím, že kreatin zvyšuje množství vody v těle a je proto těžké spolehlivě toto zkoumat. Dále je často zmíněná urychlená regenerace.

5.4. Beta-alanin

Beta-alanin je upravená neesenciální aminokyselina, stavební kámen karnosinu. Beta-alanin zvyšuje svalový výkon, hlavně mezi první a čtvrtou minutou zátěže. Navíc karnosin, jak se zdá, má další pozitivní účinky na zdraví, zřejmě jako antioxidant. Při požití je beta-alanin uložen jako karnosin a ten poté funguje jako pufr při poklesech pH.

5.5. Kofein

Kofein je alkaloid obsažený v různých rostlinách a je to patrně nejrozšířenější stimulant na světě. Je obsažen samozřejmě v kávě a čaji (hlavně zelený a černý), ale také v mnoha dalších rostlinách od kakaa, přes mátu až po fazole. Rostliny si ho tvoří, protože působí jako pesticid. Na člověka má ale také účinky. Působí především na centrální nervovou soustavu, dále také na srdce a jiné orgány. Mezi nejznámější a nejvyhledávanější účinky patří potlačení únavy a ospalosti. Vzhledem k jeho rozšířenosti a oblíbenosti bývá také častým terčem kritiky.

FDA ho také řadí mezi bezpečné látky. Kofein má také diuretické účinky, které ale při pravidelné konzumaci mizí, protože se vytváří tolerance na většinu účinků. Jediný přetrvávající účinek je potlačení ospalosti. Díky této toleranci sice netrpí lidé dehydratací, ale u sportovců je pro využití maximálního potenciálu kofeinu lepší ho využívat střídavě, případně cyklicky abstinovat. Tolerance navíc nefunguje v klasickém smyslu a větší dávka nepomáhá k původním

účinkům, které přicházely s nižší dávkou. Účinky se prostě nedostaví vůbec ani při enormním množství.

Ne na všechny účinky tato tolerance působí. Záleží na mechanismu účinku. Ty se v zásadě dají rozdělit na tři druhy. Například utlumení ospalosti funguje velice mechanicky, kdy kofein zabere místo na adenosinovém receptoru. Zvýšení hladiny adrenalinu už tolerance postihne. Sice tato reakce na kofein nevytizí úplně, ale sníží se. Jednak se sníží množství vylučovaného adrenalinu v reakci na kofein, a dále se sníží množství aktivních adrenergních receptorů. Bohužel mezi účinky způsobené tímto mechanismem patří většina těch vyhledávaných – zvýšená schopnost se soustředit, oxidace tuku, snížení chuti k jídlu a zvýšení síly. Zároveň je dobré zdůraznit, že tímto stejným mechanismem kofein také zvyšuje tlak a srdeční činnost, takže není třeba se obávat mezi lidmi rozšířeného „infarktu z přemíry kávy“ u zdravých lidí. Jak už jsem zmínil, tyto účinky úplně nezmizí, ale při pravidelné abstinenci od kofeinu a poté jeho cíleném znovuzáření budou tyto účinky opět silné, jako při první konzumaci, což může být u sportovců žádoucí. Poslední mechanismus je ovlivnění signální dráhy dopaminu ve striatu. Tento mechanismus způsobuje hlavně pocity euforie, který je ale u sportovců spíš nežádoucí.

5. Výsledky

6.1. L-karnitin

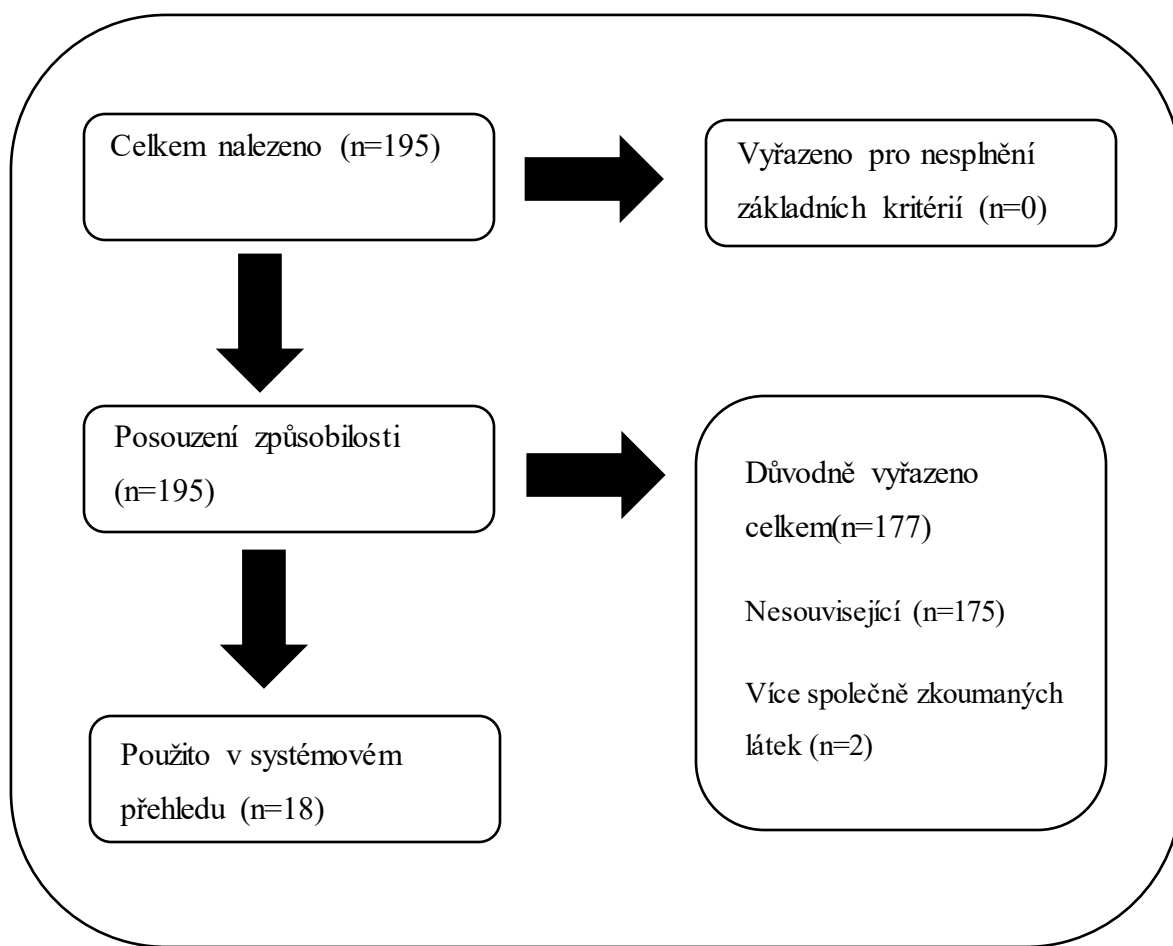
K vyhledání zdrojů byl použit MEDLINE pouze v anglickém jazyce za použití klíčových slov nebo medicínských termínů („MeSH Terms“). Vygenerovaný podrobný přehled vyhledávání vypadá následovně: "carnitine"[MeSH Terms] AND (("sports"[MeSH Terms] OR "sports"[All Fields] OR "weight"[All Fields] OR "sport"[All Fields]) OR ("regeneration"[MeSH Terms] OR "regeneration"[All Fields]) OR performance[All Fields] OR lean[All Fields] OR ("muscles"[MeSH Terms] OR "muscles"[All Fields] OR "muscle"[All Fields]) AND ("molecular weight"[MeSH Terms] OR ("molecular"[All Fields] AND "weight"[All Fields]) OR "molecular weight"[All Fields] OR "mass"[All Fields])) OR bodybuilding[All Fields] OR endurance[All Fields]) AND (Clinical Trial[ptyp] AND hasabstract[text] AND ("1960/01/01"[PDAT] : "2017/07/22"[PDAT]) AND "humans"[MeSH Terms])

Klíčová slova byla volena záměrně obecně a široce, za účelem nalezení co největšího množství relevantních zdrojů.

Má kritéria pro zařazení studie do bakalářské práce byla:

1. Klinická studie provedená na lidech.
2. Studie provedené v době od 1.1.1960 do 22.7.2017.
3. Účastníci studií museli být lidé bez zdravotních komplikací.
4. Studie musela být provedena za standardních podmínek, tedy ne např. za zvýšené okolní teploty, vlhkosti vzduchu, nadmořské výšky atd.
5. Byly zařazeny pouze studie zkoumající čistě l-karnitin bez jakýchkoliv dalších látek, tzn. ne směsi nebo energetické nápoje.
6. Byly zařazeny pouze studie s kontrolní skupinou.

Podle zvolených klíčových slov bylo nalezeno 195 studií. Použito jich bylo 18. Vyřazeno bylo 177 studií, z toho 2 byly vyřazeny proto, že při výzkumu byl l-karnitin podáván ještě s další látkou, 175 studií jsem vyřadil z toho důvodu, že dostatečně nesouvisely s tématem.



V roce 2014 proběhla studie, které se zúčastnilo 26 profesionálních fotbalistů. Ti dostali 3 nebo 4 g l-karnitinu a následně měli běžet do vyčerpání. Test po týdnu opakovali s placebem. Výsledky ukázaly, že účastníci s podaným l-karnitinem běželi rychleji, současně ti, kteří dostali dávku vyšší, byli ještě o něco rychlejší. Stejně tak u nich došlo k vyčerpání později než u účastníků, kteří dostali pouze placebo. [174]

Studie z roku 2011 zkoumala dlouhodobou suplementaci l-karnitinem v dávce 2 g dvakrát denně. Množství karnitinu ve svalu se zvýšilo a zároveň se zlepšil testovaným i výkon při cvičení. Účastníkům se výkon zvýšil v průměru o 11 %, kdy placebo skupina nezaznamenala zvýšení žádné. [246]

Výzkumu provedeného v roce 2008 se zúčastnilo 20 mužů, kteří dostávali po dobu dvou týdnů 2 g l-karnitinu denně. Účastníky po suplementaci čekal zátěžový test. Po něm měly snížené

hladiny amoniaku v krvi oproti kontrolní skupině. Z toho autoři studie vyvozují možný pozitivní vliv l-karnitinu na metabolický stres vyvolaný cvičením. [37]

V roce 1989 proběhla studie na dobře trénovaných sportovcích, kteří dostávali 1 g l-karnitinu buď těsně před výkonem, nebo po dobu tří týdnů každý den. Dle měření markerů byly sledované hodnoty pozitivně ovlivněny. [74]

V roce 2010 se studie zaměřila na svalové poškození způsobené cvičením. Výzkumu se zúčastnilo 18 lidí, kteří dostávali dávku 2 g l-karnitinu denně. Suplementace probíhala po dobu tří týdnů a k měření sloužilo silové zatížení dolní partie těla. Všechny sledované markery svalového poškození, jako je vznik volných radikálů nebo poškození svalových vláken včetně bolesti svalů po cvičení se výrazně zlepšily. Výkon při testu ale zůstal nezměněn. [113]

Na stejné téma probíhala další studie z roku 2009. I zde byly zkoumány markery svalového poškození. Markery oxidativního stresu byly až na výjimku nezměněny, stejně tak i fyzický výkon při testech. Jediný marker, který byl změněn, byl MDA, který ukazoval na snížení míry svalového poškození. [30]

Studie z roku 2000 zkoumala vliv l-karnitinu na hubnutí. Probíhala na 36 ženách po dobu 8 týdnů, kdy dostávaly dvakrát denně 2 g l-karnitinu. Následně měly 4 dny v týdnu 30 minut chodit. U žen nedošlo k žádným změnám v poměru tělesných tkání ani žádných jiných sledovaných markerů. [241]

V roce 1987 proběhla studie na netrénovaných jedincích. Ti dostávali po dobu dvou týdnů 2 g l-karnitinu denně. Autoři studie došli na základě získaných dat k závěru, že l-karnitin má malý efekt a tento není navíc konzistentní, protože u totožných jedinců docházelo ke zlepšení, avšak při opakování testu již ke zlepšení nedošlo. [105]

Studie z roku 1994 se zúčastnili dobře trénovaní plavci, kteří po dobu jednoho týdne dostávali dvakrát denně 2 g l-karnitinu. Hladina karnitinu v séru byla zvýšená, nicméně výsledky při měření fyzického výkonu změněny nebyly. [230]

Další studie, která se zaměřovala na účinky l-karnitinu, zkoumala vytrvalostně trénované sportovce. Ti byli testováni při běhu maratonu. Dostali 2 g l-karnitinu dvě hodiny před začátkem běhu a následně další 2 g l-karnitinu v polovině běhu. Hladina karnitinu v plazmě byla zvýšená, avšak na sportovce neměl tento stav žádný efekt. Studie zároveň testovala vliv l-

karnitinu na regeneraci, a to během druhého dnu po závodě. Ani zde výsledky studie nezaznamenaly jakékoliv zlepšení. [53]

Z mnou vybraných 18 studií potvrdilo alespoň jeden z účinků l-karnitinu 12 studií[37,74,87,105,113,122,148,174,212,239,243,246]. Naproti tomu 6 studií žádný účinek nenalezlo[38,53,220,230,241,245].

6.2. Glutamin

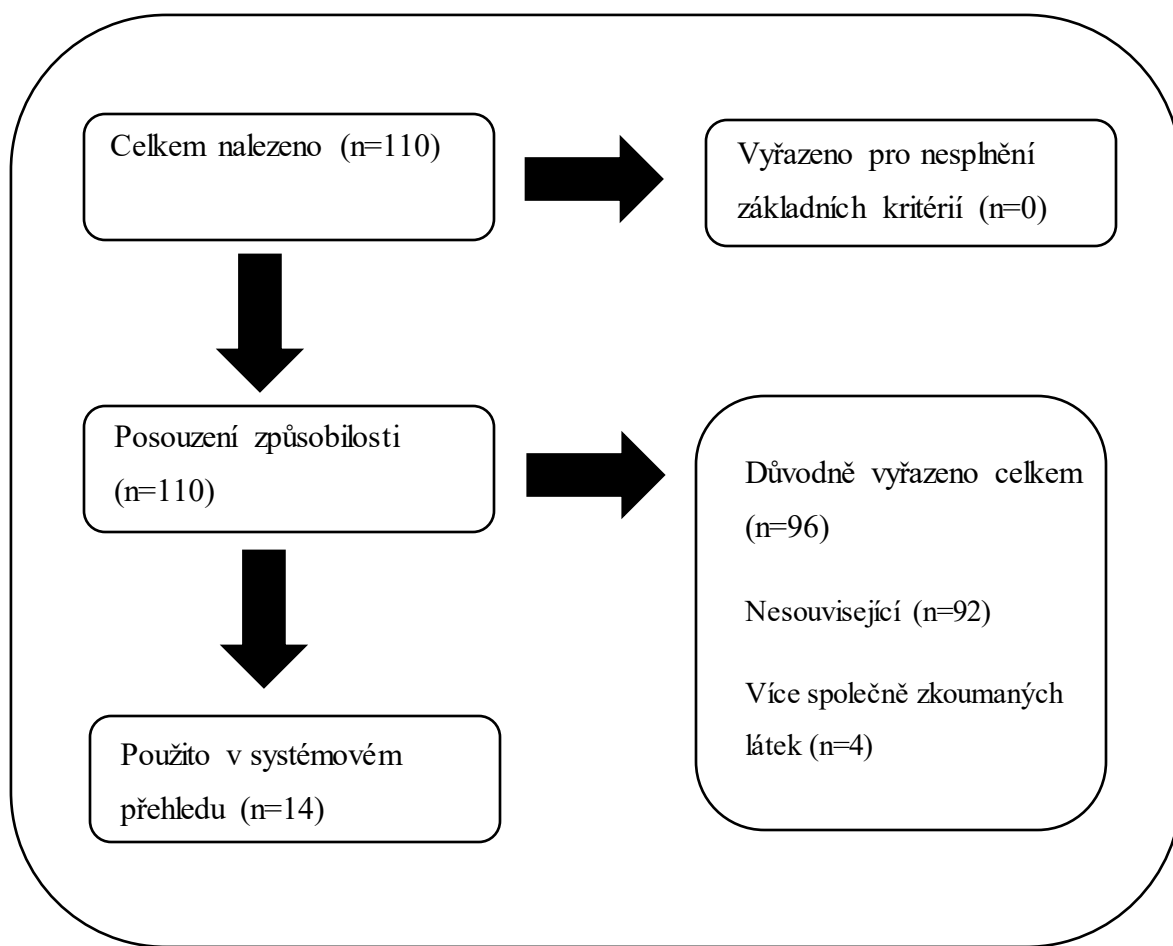
K vyhledání zdrojů byl použit MEDLINE pouze v anglickém jazyce za použití klíčových slov nebo medicínských termínů („MeSH Terms“). Vygenerovaný podrobný přehled vyhledávání vypadá následovně: "glutamine"[MeSH Terms] AND (("sports"[MeSH Terms] OR "sports"[All Fields] OR "sport"[All Fields]) OR bodybuilding[All Fields] OR resistance[All Fields] OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields]) OR ("athletes"[MeSH Terms] OR "athletes"[All Fields] OR "athlete"[All Fields]) OR ("power (psychology)"[MeSH Terms] OR ("power"[All Fields] AND "(psychology)"[All Fields]) OR "power (psychology)"[All Fields] OR "power"[All Fields]) OR lean[All Fields] OR (("muscles"[MeSH Terms] OR "muscles"[All Fields] OR "muscle"[All Fields]) AND ("molecular weight"[MeSH Terms] OR ("molecular"[All Fields] AND "weight"[All Fields]) OR "molecular weight"[All Fields] OR "mass"[All Fields])) OR (("muscles"[MeSH Terms] OR "muscles"[All Fields] OR "muscle"[All Fields]) AND loss[All Fields])) AND (Clinical Trial[ptyp] AND hasabstract[text] AND ("1960/01/01"[PDAT] : "2017/07/22"[PDAT]) AND "humans"[MeSH Terms]) AND (Clinical Trial[ptyp] AND hasabstract[text] AND ("1960/01/01"[PDAT] : "2017/07/22"[PDAT]) AND "humans"[MeSH Terms])

Klíčová slova byla volena záměrně obecně a široce, za účelem nalezení co největšího množství relevantních zdrojů.

Má kritéria pro zařazení studie do bakalářské práce byla:

1. Klinická studie provedená na lidech.
2. Studie provedené v době od 1.1.1960 do 22.7.2017.
3. Účastníci studií museli být lidé bez zdravotních komplikací.
4. Studie musela být provedena za standardních podmínek, tedy ne např. za zvýšené okolní teploty, vlhkosti vzduchu, nadmořské výšky atd.
5. Byly zařazeny pouze studie zkoumající čistě glutamin bez jakýchkoliv dalších látek, tzn. ne směsi nebo energetické nápoje.
6. Byly zařazeny pouze studie s kontrolní skupinou.

Podle zvolených klíčových slov bylo nalezeno 110 studií. Použito jich bylo 14. Vyřazeno bylo 96 studií, z toho 4 byly vyřazeno proto, že při výzkumu byl glutamin podáván ještě s další látkou a dále 92 studií jsem vyřadil z toho důvodu, že dostatečně nesouvisely s tématem.



Účinky glutaminu na sportovce sledovala studie z roku 2015, která probíhala na 16 sportovcích, polovina mužů a polovina žen. Jednalo se o crossover studii. Byla použita dávka 0,3 g glutaminu na 1 kg váhy a den. Účastníci brali tuto dávku glutaminu 3 dny. Studie ukázala, že glutamin účastníkům zvýšil sílu a zároveň snížil bolest svalů po cvičení. Během opakovaných testů také dokázal zajistit obnovu síly svalů mezi zátěžemi. Efekt se dostavil u mužů i u žen, ale obnova síly byla vyšší u mužů. [158]

Další studie sledující účinky glutaminu na sportovce probíhala v roce 1999, ta testovala účastníky, kteří obdrželi 8 g glutaminu po vyčerpávajícím cvičení zaměřeném na vyčerpání zásob glykogenu. Dvě hodiny po cvičení bylo množství dostupné glukózy v krvi o 25 % vyšší a také množství dostupného glykogenu ve svalech a játrech se zvýšil oproti placebo. [33]

V roce 2015 probíhala studie zaměřující se na vliv suplementace glutaminem na funkci imunitního systému během velmi náročného tréninku. Zúčastnilo se jí 24 sportovců, kteří měli

6 týdnů náročného tréninku a každý den brali 10 g glutaminu. Výsledky ukázaly, že glutamin nejspíše dokáže obnovit imunitní funkce a zmenšit imunosupresivní účinky náročného tréninku. [211]

Studie z roku 2013 se zaměřila na účinky glutaminu na svalové poškození a funkce imunitního systému u sportovců. Zúčastnilo se jí 26 judistů, kteří po dobu 2 týdnů dostávali 3 g glutaminu denně. Glutamin dokázal snížit svalové poškození a také imunosupresivní efekt cvičení. [200]

V roce 2007 proběhla studie na vytrvalostních běžcích, které se zúčastnilo 15 mužů. Ti měli za úkol běžet dvě hodiny. U skupiny s glutaminem, která dostala 1 g na 1 kg váhy a den, byla během druhé hodiny snížena hladina amoniaku v krvi. [46]

Studie z roku 1996 se zaměřovala na vliv suplementace glutaminem na infekční choroby u sportovců. Studie se zúčastnilo 200 sportovců (studii však dokončilo jen 151 z nich), kde k infekcím byli nejnáchylnější nejnáročněji cvičící z nich (např. ultra maratonci nebo elitní veslaři). Sportovci dostali nápoj s glutaminem hned po cvičení a další o dvě hodiny později. U skupiny s glutaminem dostalo infekční onemocnění jen 20 % sportovců ze skupiny. Oproti tomu u skupiny s placebem dostalo infekční onemocnění asi polovina účastníků. [47]

Studie z roku 2002 zkoumala vliv glutaminu na výkon při silovém sportu. Účastníci dostali 0,3 g glutaminu na 1 kg váhy, a to hodinu před výkonem. Následně měli cvičit různé cviky zaměřené na sílu spodní i horní poloviny těla až do vyčerpání. Glutamin dle výsledků nepřinesl žádné změny. [8]

Další studie z roku 2001 nepotvrdila účinek glutaminu. Jednalo se o studii na 31 sportovcích, kteří po dobu 6 týdnů dostávali 0,9 g glutaminu na 1 kg váhy. Výsledky skupiny s glutaminem se nelišily ani ve výkonu, ani ve skladbě tělesných tkání, ani v degradaci svalové tkáně. [42]

V roce 1998 proběhla studie na 8 zdravých mužích, která zkoumala vliv hladiny glutaminu na imunitní funkce. Jedna skupina glutamin obdržela, druhá ne. I když hladina glutaminu v plazmě byla ve skupině, která glutamin obdržela, vyšší, markery imunitních funkcí byly u obou skupin velmi podobné. [191]

Z mnou vybraných 14 studií účinek glutaminu pro sportovce potvrdilo 8 studií [15,33,46-48,158,200,211]. Naproti tomu 6 studií žádný účinek nenalezlo [8,42,111,150,191,247].

6.3. Kreatin

K vyhledání zdrojů byl použit MEDLINE pouze v anglickém jazyce za použití klíčových slov nebo medicínských termínů („MeSH Terms“). Vygenerovaný podrobný přehled vyhledávání vypadá následovně: ("creatine"[MeSH Terms] OR "creatine"[All Fields]) AND monohydrate[All Fields]) AND (("sports"[MeSH Terms] OR "sports"[All Fields] OR "sport"[All Fields]) OR bodybuilding[All Fields] OR (lean[All Fields] AND ("molecular weight"[MeSH Terms] OR ("molecular"[All Fields] AND "weight"[All Fields]) OR "molecular weight"[All Fields] OR "mass"[All Fields])) OR (("muscles"[MeSH Terms] OR "muscles"[All Fields] OR "muscle"[All Fields]) AND ("molecular weight"[MeSH Terms] OR ("molecular"[All Fields] AND "weight"[All Fields]) OR "molecular weight"[All Fields] OR "mass"[All Fields])) OR strength[All Fields] OR endurance[All Fields] OR ("athletes"[MeSH Terms] OR "athletes"[All Fields] OR "athlete"[All Fields])) AND (Clinical Trial[ptyp] AND hasabstract[text] AND ("1960/01/01"[PDAT] : "2017/07/22"[PDAT]) AND "humans"[MeSH Terms])

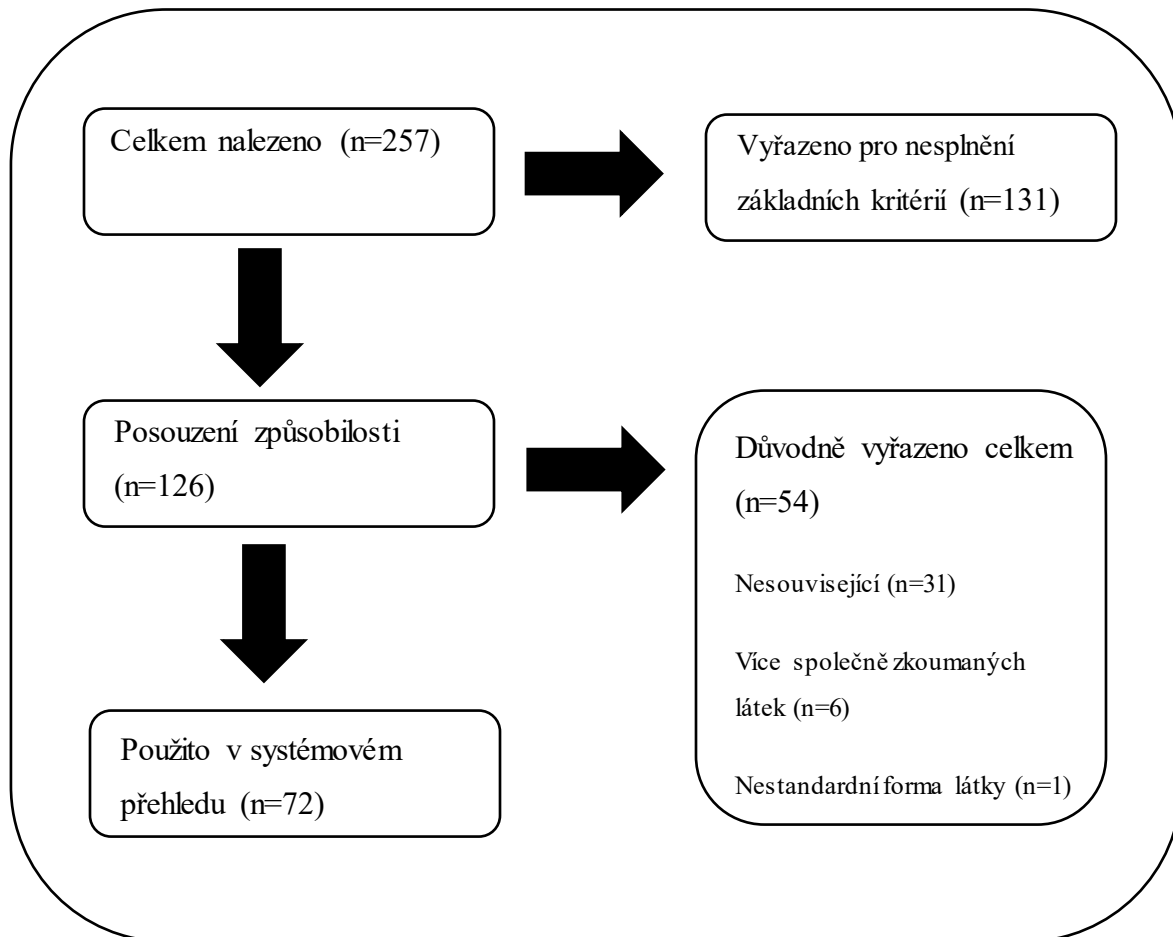
Klíčová slova byla volena záměrně obecně a široce, za účelem nalezení co největšího množství relevantních zdrojů.

Má kritéria pro zařazení studie do bakalářské práce byla:

1. Klinická studie provedená na lidech.
2. Studie provedené v době od 1.1.1960 do 22.7.2017.
3. Účastníci studií museli být lidé bez zdravotních komplikací.
4. Studie musela být provedena za standardních podmínek, tedy ne např. za zvýšené okolní teploty, vlhkosti vzduchu, nadmořské výšky atd.
5. Byly zařazeny pouze studie zkoumající čistě kreatin bez jakýchkoliv dalších látek, tzn. ne směsi.
6. Studie se musely zaměřit na tzv. „real world“ výsledky, tedy ne např. na biologické markery.
7. Studie se musela užívat pouze kreatin monohydrát. Méně běžné formy nebyly zahrnuty.
8. Byly zařazeny pouze studie s kontrolní skupinou.

Podle zvolených klíčových slov bylo nalezeno 126 studií. Použito jich bylo 72. Vyřazeno bylo 54 studií, z toho 6 bylo vyřazeno proto, že při výzkumu byl kreatin podáván ještě s další látkou, 15 studií jsem vyřadil proto, že kreatin byl sice testován samostatně na zdravých lidech, ale za

nestandardních podmínek. Jedna studie byla vyřazena, protože požívala jinou formu kreatinu než monohydrát. Konečně 31 studií jsem vyřadil z toho důvodu, že dostatečně nesouvisely s tématem.



Účinkům kreatinu na sílu a změny v poměru tělesných tkání se věnovala studie z roku 2001 sledující 30 dobrovolníků. Studie trvala jeden měsíc a účastníci byli rozděleni do tří skupin: na skupinu s kreatinem, skupinu s kreatinem a silovým cvičením a skupinu s placebem a silovým cvičením. Samotný kreatin dokázal zlepšit některé sledované markery, nicméně kreatin spolu se silovým cvičením dokázal zvýšit nárůst svalové hmoty a také výrazně zvýšit sílu u některých cviků. [9]

Výzkum z roku 2004 se zaměřil na systém rozpoznávání osob, na které má kreatin účinky a na které nemá. Zúčastnilo se ho 11 mužů a autoři je rozdělili podle výsledků do tří skupin: na účastníky s odpovědí, s částečnou odpovědí a bez odpovědi. Všichni účastníci před tím

dostávali 0,3 g kreatinu na 1 kg váhy na den. U osob s odpovědí přinesla suplementace zvýšení síly a zlepšení některých dalších měřených markerů. Osoby bez odpovědi nezaznamenaly zvýšení síly a zároveň pro ně byl typický jiný poměr typů svalových vláken. [222]

V roce 2003 proběhla studie trvající osm týdnů, a to na 29 sportovcích, kteří měli kontrolovat dietu a tréninkový plán. Skupina s podaným kreatinem měla vysoký přírůstek tzv. „lean body mass“. Zároveň měli výrazně zlepšený výkon při skoku do výšky a cyklistických testech. [159]

Studie z roku 2003 zapojila do výzkumu účinků kreatinu 28 účastníků, kteří byli všichni starší 65 let. Studie trvala po dobu 14 týdnů. Jedna skupina účastníků dostávala 5 g kreatin monohydrátu denně, druhá skupina dostávala placebo. Obě skupiny měly za úkol třikrát týdně posilovat. U obou skupin došlo k výraznému zlepšení u sledovaných markerů, tedy množství svalové hmoty a síla. U skupiny se suplementem však došlo k výrazně většímu zvýšení množství svalové hmoty, zároveň se zvýšila i celková hmotnost. Studie zároveň našla drobné rozdíly mezi účinky na muže a ženy. [39]

V roce 2007 proběhla studie zkoumající vliv kreatinu na hráče rugby. Výzkum trval osm týdnů a účastníci dostávali denně dávku 0,01 g kreatinu na 1 kg váhy. Měřeno bylo rozložení tělesných tkání, svalové výdrže a svalové síly. Hráči následně podstupovali běžný přípravný trénink a sportovní utkání. Skupina s kreatinem se zlepšila při silových cvicích, ale rozložení tělesných tkání zůstalo nezměněné. Nedošlo ke zlepšení ani u aerobní výdrže. [125]

Výzkum provedený v roce 1999 na 16 elitních hokejistech zkoumal vliv kreatinu na sportovní výkon. Hokejisté dostávali po dobu 5 dní 25 g kreatin monohydrátu denně. Následujících 10 týdnů dostávali již dávku nižší, a to 5 g této látky denně. K měření výkonu byly použity velmi krátké sprinty na kole a na bruslích. Jak sprinty na kole, tak sprinty na ledě se zlepšily zhruba o 10 %. Autoři toto zlepšení označují jako velmi významné. [140]

Studie z roku 1997 se účastnilo 18 plavců, kteří po dobu devíti dní dostávali dávku 21 g kreatin monohydrátu denně. K měření výkonu sloužil plavecký test s následným testem sprintu na kole. Autoři našli u skupiny s kreatinem výrazné zlepšení, a to jak při plaveckých testech, tak při sprintování na kole. [107]

V roce 2005 proběhla studie na 40 fyzicky aktivních mužích, ti dostávali po dobu šesti dní 6 g kreatin monohydrátu denně. Účastníci byli před začátkem a po ukončení suplementace podrobena velmi krátkým opakovaným sprintům. Nebyly zaznamenány změny ve výkonu,

tělesných tkáních či síle. Jediný změněný parametr byl vnímaná únava, která byla u skupiny s kreatinem výrazně nižší. [119]

Výzkum z roku 2004 proběhl s 19 mladými fyzicky aktivními muži, kteří po dobu pěti dní dostávali 20 g kreatin monohydrátu. Suplementace nepřinesla změny ani v hmotnosti nebo množství vody v těle. Především pak nezměnila výkon při sprintu. Nejenže nedošlo ke změně výkonu, ale nebyly zaznamenány ani žádné změny sledovaných krevních markerů. [137]

Studie z roku 2006, která probíhala deset týdnů, zkoumala 26 silově sportujících žen. Skupina s doplňkem dostávala 0,03 g kreatinu na 1 kg tělesné váhy. Účastnice po dobu výzkumu silově trénovaly. I když cvičení přineslo výrazné zlepšení ve všech sledovaných parametrech, kreatin žádný z parametrů neovlivnil. [83]

Celkem alespoň jeden pozitivní účinek potvrdilo 48 studií[7,9,17,23-24,32,39,57-58,96,106-107,110,112,119,125,131,138,140-143,149,151-152,154,159,165,167,173,175,185,187,190,192,194,196,210,216,222,226-227,237-238,240,242,244,252]. Naproti tomu zlepšení nezaznamenalo 24 studií[14,25,27,41,54-56,65,83,89,102,137,146-147,169,171,188,204,215,217,223,228,232,248].

6.4. Beta-alanin

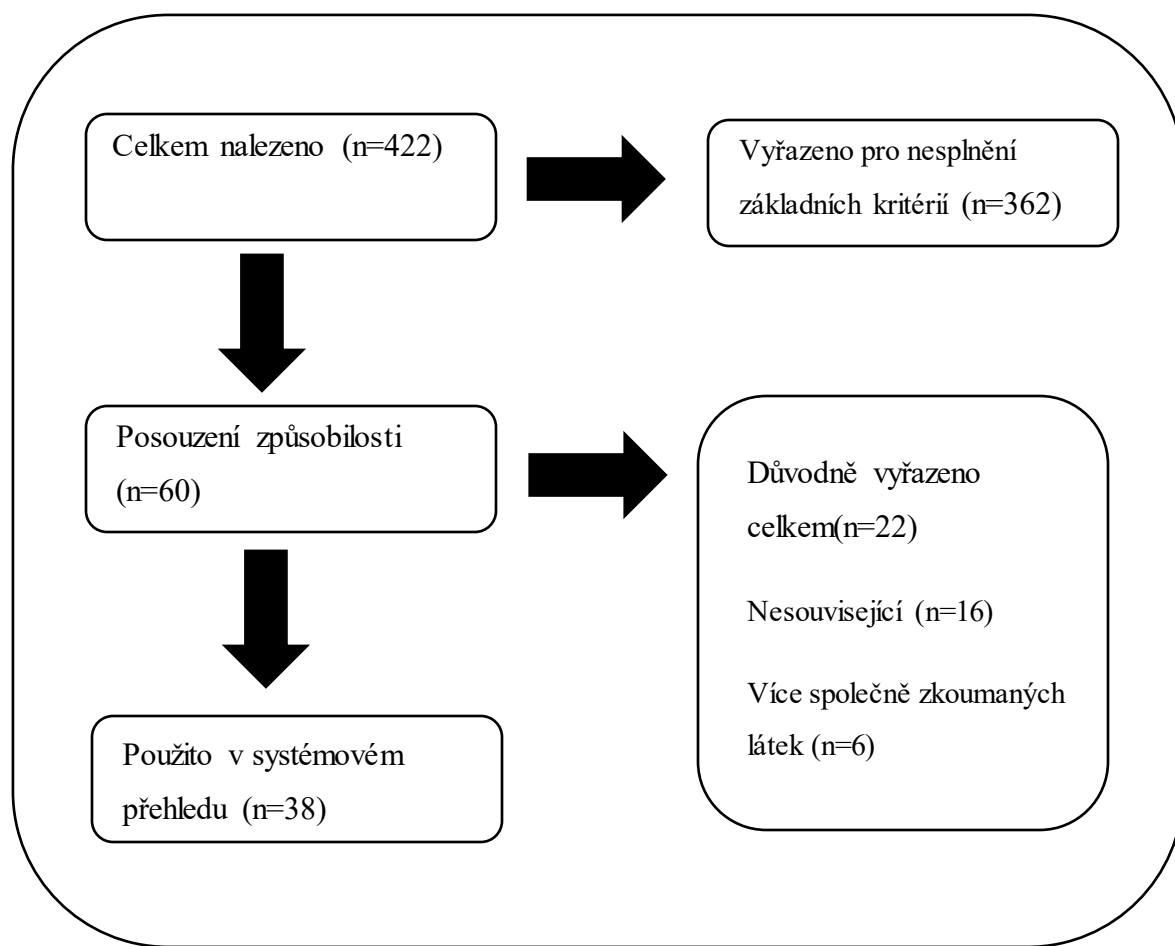
K vyhledání zdrojů byl použit MEDLINE pouze v anglickém jazyce za použití klíčových slov nebo medicínských termínů („MeSH Terms“). Vygenerovaný podrobný přehled vyhledávání vypadá následovně: "beta-alanine"[MeSH Terms] AND (("sports"[MeSH Terms] OR "sports"[All Fields] OR "sport"[All Fields]) OR ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields]) OR bodybuilding[All Fields] OR strength[All Fields] OR ("power)"[MeSH Terms] OR ("power"[All Fields] AND ")"[All Fields]) OR "power)"[All Fields] OR "power"[All Fields]) OR ("lifting"[MeSH Terms] OR "lifting"[All Fields]) OR endurance[All Fields] OR performance[All Fields] OR ("muscles"[MeSH Terms] OR "muscles"[All Fields] OR "muscle"[All Fields]) OR (("power)"[MeSH Terms] OR ("power"[All Fields] AND ")"[All Fields]) OR "power)"[All Fields] OR "power"[All Fields]) AND output[All Fields])) AND (Clinical Trial[ptyp] AND hasabstract[text] AND ("1960/01/01"[PDAT] : "2017/07/22"[PDAT]) AND "humans"[MeSH Terms])

Klíčová slova byla volena záměrně obecně a široce, za účelem nalezení co největšího množství relevantních zdrojů.

Má kritéria pro zařazení studie do bakalářské práce byla:

1. Klinická studie provedená na lidech.
2. Studie provedené v době od 1.1.1960 do 22.7.2017.
3. Účastníci studií museli být lidé bez zdravotních komplikací.
4. Studie musela být provedena za standardních podmínek, tedy ne např. za zvýšené okolní teploty, vlhkosti vzduchu, nadmořské výšky atd.
5. Byly zařazeny pouze studie zkoumající čistě beta-alanin bez jakýchkoliv dalších látek, tzn. ne směsi.
6. Studie se musely zaměřit na tzv. „real world“ výsledky, tedy ne např. na biologické markery.
7. Byly použity pouze studie s kontrolní skupinou

Podle zvolených klíčových slov bylo nalezeno 60 studií. Použito jich bylo 38. Vyřazeno bylo 22 studií, z toho 6 bylo vyřazeno proto, že při výzkumu byl beta-alanin podáván ještě s další látkou. 16 bylo vyřazeno, protože dostatečně nesouviseli s tématem.



Vlivem beta-alaninu na svalovou sílu, vytrvalost a rozložení poměru tělesných tkání se zabývala studie z roku 2016. Zúčastnilo se jí 16 předem netrénovaných žen. Ty podstoupily 8 týdenní progresivní silový trénink, během kterého dostávaly 3,4 g beta-alaninu denně. Jak autoři očekávali, došlo u všech účastnic ke zlepšení sledovaných parametrů. Beta-alanin ale ovlivnil pouze jeden ze sledovaných faktorů, a to počet opakování při cvičení na stroji legpress. Zde došlo k významnému zvýšení počtu opakování. Jiné účinky, ať už pozitivní či negativní, suplementace nepřinesla. [176]

Studie z roku 2015 na 22 trénovaných ženách ve věku kolem 50 let se také zaměřila na vliv beta-alaninu na sportovní výkon. Účastnice dostávaly po dobu jednoho měsíce beta-alanin v dávce 800 mg denně. Tato dávka dokázala u žen výrazně oddálit vyčerpání, a tedy zlepšit sportovní výkon, konkrétně náročnou jízdu na kole. Skupina s doplňkem zaznamenala asi 20% zlepšení jak u času k vyčerpání, tak u celkové vykonané práce. Kontrolní skupina s placebem měla zlepšení jen 1-2%. [93]

Další studie se zaměřila na účinky beta-alaninu a také na to, zda je ovlivňuje úroveň kondice. Zúčastnilo se jí 40 mladých mužů, kteří byli rozřazeni na trénované cyklisty a netréňované. Poté byli náhodně přiřazeni do skupiny s doplňkem a bez. Skupina s beta-alaninem dostávala denně dávku 6,4 g, a to po dobu 4 týdnů. K měření byl použit opakovaný půl minutový cyklistický test s maximální snahou a tří minutovou přestávkou mezi dalším výkonem. Jak skupina trénovaných, tak skupina netréňovaných mužů s beta-alaninem zaznamenala oproti kontrolním skupinám s placebem výrazné zlepšení. Nejhorší výsledky zaznamenala skupina netréňovaných bez doplňku, kde se výkon naopak zhoršil. U trénovaných sportovců bez doplňku nedošlo ke změnám žádným. Autoři dochází k závěru, že suplementace beta-alaninem zlepšuje výkon při krátkém, intenzivním a opakovaném výkonu nehlédě na kondici jedince. [63]

Studie z roku 2008 se zaměřila na vliv beta-alaninu na sílu. Celkem se jí zúčastnilo 8 silově trénovaných mužů, kdy část dostávala 4,8 g beta-alaninu denně po dobu jednoho měsíce. Výsledky skupiny s beta-alaninem byly výrazně lepší než výsledky kontrolní skupiny. Celková vykonaná práce u cvičení byla u kontrolní skupiny velmi podobná. U skupiny s doplňkem se ale velmi zvýšila, zhruba o 25 %. I když se u této skupiny zvýšila i maximální síla, největší zlepšení bylo zaznamenáno u počtu opakování před selháním, to činilo zhruba 20 %. Změny v množství svalové hmoty byly u skupiny s doplňkem lepší, ale zanedbatelné. Studie také sledovala hladiny hormonů, které zůstaly beta-alaninem nezměněné. [116]

Studie ze stejného roku od lehce obměněného týmu autorů se zaměřila na sílu při cvičení a únavu. Účastnili se jí fotbalisté a trvala měsíc, kdy skupina s doplňkem dostávala 4,5 g beta-alaninu denně. U silového cvičení bylo zaznamenáno výrazné zvýšení celkového odvedeného výkonu. Zároveň se ukázal trend ke snížení vnímané únavy. Autoři došli k závěru, že vzhledem k tomu, že beta-alanin umožnil odcvičit větší množství opakování a zároveň snižoval vnímanou únavu, tak by výhody suplementace byly ještě zřetelnější. [118]

Studie na veslařích z roku 2013 došla k závěru, že suplementace 6,4 g beta-alaninu po dobu jednoho měsíce přináší velmi výrazné zlepšení ve sportovním výkonu. Zlepšení navíc bylo velmi konzistentní napříč testovanou skupinou. [114]

Studie provedená v roce 2010 rovněž na veslařích došla také k závěru, že suplementace přináší zlepšení. Zúčastnilo se jí 18 elitních veslařů. Ti dostávali buď placebo, nebo 5 g beta-alaninu denně po dobu sedmi týdnů. Ještě před začátkem suplementace byla měřena hladina karnosinu ve vybraných svaích. Naměřené hodnoty korelovaly s naměřeným časem při kvalifikačním

testování. Po suplementaci byly hladiny karnosinu ve svalech zvýšené. Opět toto zvýšení korelovalo s měřeným výkonem. Před suplementací byla testovaná skupina nepatrně pomalejší, naopak po suplementaci byla skupina s beta-alaninem rychlejší. Autoři na základě získaných dat navrhuji, že by se podle hladiny karnosinu ve svalech dal odhadovat veslařský výkon. [13]

Studie, která také zkoumala vliv beta-alaninu na veslaře za velmi podobných podmínek, tedy při měsíčním denním příjmu 80 mg / kg hmotnosti (tedy asi 6,4 g) nenašla výrazné zlepšení. Výkon se sice zlepšil v úseku 750 m – 1 000 m, ale vliv na celkový čas nutný k zvládnutí 2 000 m závodu byl nakonec podobný. Skupina s beta-alaninem sice byla nepatrně rychlejší, ale autoři tento čas nepovažují za statisticky významný. [76]

Studie na plavcích z roku 2013 také došla k závěru, že zlepšení suplementací beta-alaninem je příliš malé, než aby bylo statisticky významné. [129]

Studie, které se zúčastnilo 27 dobře trénovaných cyklistů, zjistila po 6 týdenní denní suplementaci 6,4 g beta-alaninu změnu v laboratorních hodnotách, který se ale nepřenesl do výsledků při sportovním výkonu. I když se jasně zvýšila hladina karnosinu, což ovlivnilo i množství laktátu ve svalu po námaze, hodinový cyklistický test zůstal beze změn. [128]

Studie, které se zúčastnilo 50 mužů, která sledovala vliv beta-alaninu na výkon při sprintu nenašla vůbec žádné změny. Oproti předchozí studii nebyly změněny ani hladiny laktátu v krvi. Výkon také zůstal nezměněn. Dávkování bylo 1,6 g třikrát denně po dobu 4 týdnů. [207]

Studie z roku 2015, která se zaměřila na okamžitý efekt beta-alaninu před výkonem, zjistila, že takovéto nárazové užití nezmění výkon, ale pomáhá snížit vnímanou únavu po námaze. Dávka byla nastavena na 1,6 gramu látky a k testu bylo užito náročného cyklistického sprintu. [95]

Celkem alespoň jeden z pozitivních účinků potvrdilo 26 studií[13,22,36,43,62-64,67,75,93-94,108-109,114,116,118,121,144,162,172,176,197,208-209,217-218]. Naproti tomu žádné zlepšení nezaznamenalo 12 studií[49,76-77,95,117,128-129,136,202-203,207,221].

6.5. Kofein

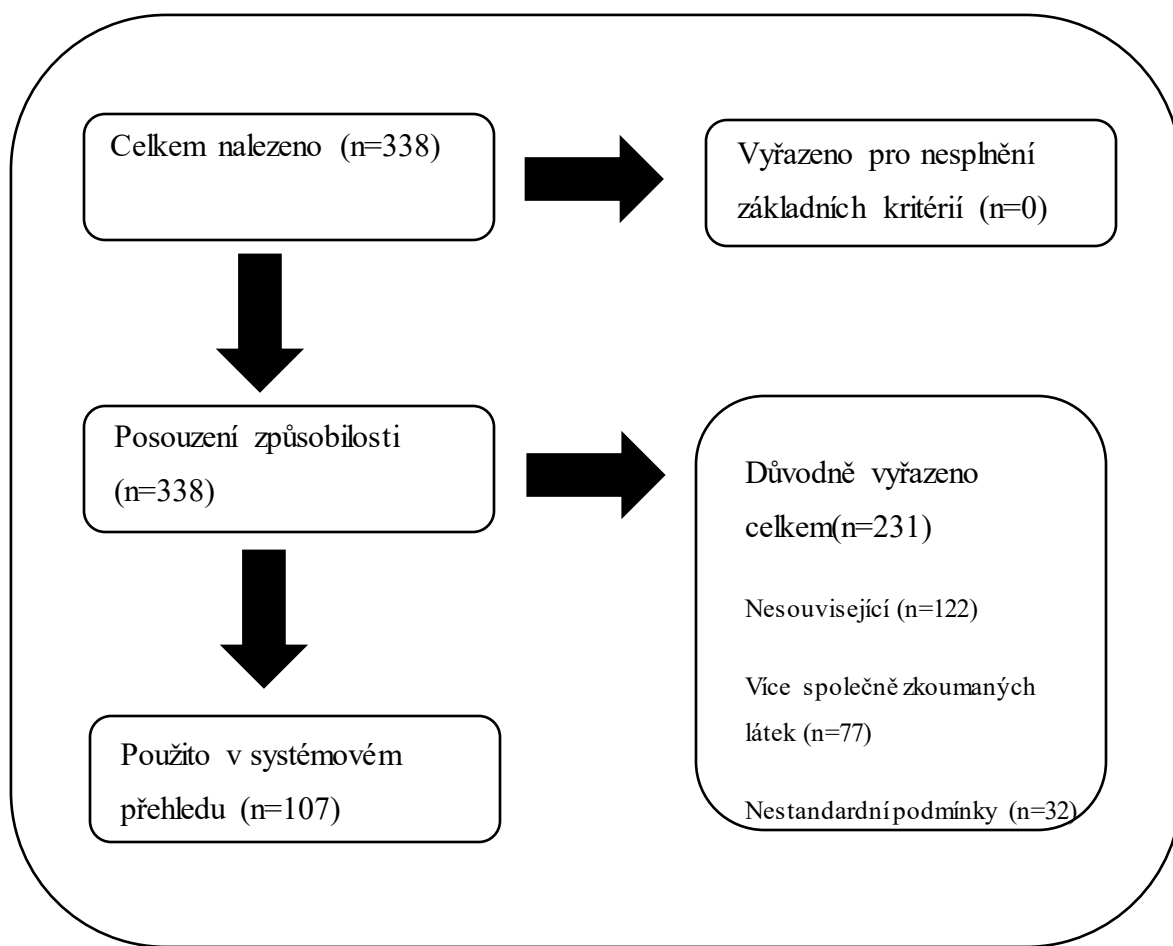
K vyhledání zdrojů byl použit MEDLINE pouze v anglickém jazyce za použití klíčových slov nebo medicínských termínů („MeSH Terms“). Vygenerovaný podrobný přehled vyhledávání vypadá následovně: "caffeine"[MeSH Terms] AND ("sports"[MeSH Terms] OR "sports"[All Fields] OR "sport"[All Fields]) AND (Clinical Trial[ptyp] AND hasabstract[text] AND ("1960/01/01"[PDAT] : "2017/07/22"[PDAT]) AND "humans"[MeSH Terms])

Klíčová slova byla volena záměrně obecně a široce, za účelem nalezení co největšího množství relevantních zdrojů.

Má kritéria pro zařazení studie do bakalářské práce byla:

1. Klinická studie provedená na lidech.
2. Studie provedené v době od 1.1.1960 do 22.7.2017.
3. Účastníci studií museli být lidé bez zdravotních komplikací.
4. Studie musela být provedena za standardních podmínek, tedy ne např. za zvýšené okolní teploty, vlhkosti vzduchu, nadmořské výšky atd.
5. Byly zařazeny pouze studie zkoumající čistě kofein bez jakýchkoliv dalších látek, tzn. ne směsi nebo energetické nápoje.
6. Kofein byl podán buď v tabletě, nebo v nápoji, nikoliv jinak.
7. Studie se musely zaměřit na tzv. „real world“ výsledky, tedy ne např. na biologické markery.
8. Byly zařazeny pouze studie s kontrolní skupinou.

Podle zvolených klíčových slov bylo nalezeno 338 studií. Použito jich bylo 107. Vyřazeno bylo 228 studií, z toho 77 bylo vyřazeno proto, že při výzkumu byl kofein podáván ještě s další látkou, 32 studií jsem vyřadil proto, že kofein byl sice testován samostatně na zdravých lidech, ale za nestandardních podmínek. Konečně 119 studií jsem vyřadil z toho důvodu, že dostatečně nesouvisely s tématem.



Účinky kofeinu při vytrvalostním sportu byly předmětem mnoha vědeckých výzkumů. Jedna ze studií z roku 2008 zkoumala šest dobře trénovaných jedinců, kteří měli za cíl v jedné hodině ujet na stacionárním kole co největší počet kilometrů. Sportovci dostali dávku 6 mg čistého kofeinu na 1 kg váhy, a to zhruba hodinu před samotným výkonem. Výsledkem studie bylo, že cyklistům se nezvýšil srdeční tep, ale jedincům, kteří užili kofein, se zvýšil jejich výkon zhruba o 5 %.[166]

Další studie z roku 2008 zkoumala efektivitu podaného kofeinu podle velikosti podané dávky. Studie se zúčastnilo 13 cyklistů, kteří měli za úkol jet vkuse dvakrát 15 minut. Zkoumány byly dávky kofeinu: 1 mg kofeinu na 1 kg váhy, 2 mg kofeinu na 1 kg váhy a 3 mg kofeinu na 1 kg váhy. Výsledkem bylo zjištění, že 2 mg kofeinu na 1 kg váhy člověka zvýšily výkon o 4 %. Dávka 3 mg kofeinu na 1 kg váhy člověka zvýšila výkon o 3 % a konečně 1 mg kofeinu na 1 kg váhy neměl žádný účinek. I mezi vyššími dávkami byly mezi jednotlivými sportovci rozdíly. [139]

Jiná studie, která proběhla v roce 2006, zkoumala vliv kofeinu na běh délky 8 km. Jednalo se o dvojitě zaslepenou crossover studii. Dávka kofeinu byla podána sportovcům hodinu před výkonem a jednalo se o 3 mg kofeinu na 1 kg váhy člověka. Studie ukázala zlepšení výkonu po podání kofeinu o 1,2 %. Po výkonu byla zjištěna u sportovců, kterým byl kofein podán, zvýšená hladina laktátu v krvi. [35]

Výzkum z roku 2011 podrobil sportovce výkonu závodního veslování. Opět se jednalo o crossover studii. Zúčastnilo se jí osm dobře trénovaných veslařů. Při použití 6 mg na 1 kg váhy člověka se výkon sportovců při plavbě na 2000 metrů zlepšil o 2 %. [45]

Studie z roku 2012 se věnovala výkonu sportovců v jízdě na kole na 10 km, zúčastnili se jí muži i ženy. Účastníci obdrželi dávku 5 mg kofeinu na 1 kg váhy člověka. Dávka zlepšila v průměru výkon zhruba o 1,8 %. I v této studii byly zjištěny interindividuální rozdíly. Studie zjistila ještě zvýšení srdečního pulsu po užití kofeinu, nicméně vnímaná únava byla podobná. [10]

V roce 2014 proběhla studie s 8 účastníky, kteří byli dobře trénovanými lyžaři. Test proběhl na stacionárních kolech, úkolem účastníků bylo během 10 minut podat maximální výkon. 75 minut před testem bylo účastníkům podáno buď placebo, nebo 3 či 4 mg kofeinu na 1 kg váhy člověka. Test probíhal dva dny za sebou. Oba dny došlo ke zlepšení o 4-5 %. Druhý den došlo k ještě lepšímu výsledku než v den první. Zároveň první den došlo k většímu svalovému poškození u skupiny která obdržela kofein než u kontrolní skupiny s placebem. Této skupině se ale i přes toto svalové poškození podařilo druhý den podat podobný výkon. [214]

Včetně výše zmíněných studií bylo v mém výzkumu pozitivně vyznívajících ve prospěch užívání kofeinu při vytrvalostních sportech celkem 50 studií z mnou vybraných.

Studie z roku 1998 zkoumala účastníky, kteří měli za úkol jet na stacionárním kole, a to až do vyčerpání. Hodinu a půl před výkonem dostali dávku 5 mg na 1 kg váhy kofeinu. Studie však ukázala, že tato dávka neměla žádný výrazný efekt na výkon sportovců. [19]

Výzkum z roku 1975 zkoumal svalovou výdrž u žen, které měly jet na stacionárním kole až do vyčerpání. Dostaly 4, 7 nebo 10 mg kofeinu na 1 kg váhy. Ani jedna z dávek však výsledky nijak neovlivnila. Nezměnil se ani objektivní výkon, ani vnímaná únava, ani žádný jiný měřený ukazatel. [181]

Studie provedená v roce 1987 zjišťovala výkon 7 studentů po tom, co jim bylo podáno shodně 200 mg kofeinu. Úkolem sportovců byl běh na běžicím pásu až do vyčerpání. Výsledek však po podání kofeinu nebyl změněn. [201]

Mnou vybrané studie většinou dávaly za úkol účastníkům sportovat až do vyčerpání, a to často buď na kole, nebo na běžicím pásu. Častý byl také typ testu kdy se za určitý čas měla urazit maximální vzdálenost, nebo prostý závod na čas.

Studie z loňského roku zkoumala vliv kofeinu na 54 silových sportovcích, kteří měli za úkol cvičit tlak na lavici a legpress. Po této zátěži je čekal ještě sprint na kole v délce 10 vteřin. Po 48 hodinách se test opakoval s tím, že sportovci před ním dostali buď kofein v dávce 300 mg (což bylo 3-5 mg na 1 kg váhy), nebo kávu (která obsahovala 300 mg kofeinu), nebo placebo. Placebo či kofein jim byl podán 30 minut před výkonem. Kofein zlepšil sílu při legpressu i při sprintu. Při tlaku na lavici ke změnám nedošlo. Kofein v dehydrované podobě byl účinnější než kávový nápoj. [231]

Studie z roku 2016, která probíhala na šesti sportovcích, kteří hodinu před testem dostali dávku kofeinu 6 mg na 1 kg váhy. Test spočíval ve skocích do výšky a skupina s kofeinem měla zhruba o 5 % lepší výsledky. I přes to studie nezjistila zvýšené svalové poškození u skupiny, která obdržela dávku kofeinu. [189]

V roce 2014 proběhla studie na 16 silově sportujících mužích. Použita byla dávka 6 mg kofeinu na 1 kg váhy. Zkoumán byl vliv kofeinu na různé svaly těla se zaměřením na horní a dolní polovinu. Studie zjistila zlepšení napříč partiemi. Pro horní i dolní polovinu těla byl však účinek kofeinu shodný. [229]

Studie probíhající v roce 2014 testovala 11 silových sportovců, byla dvojitě zaslepená a crossover. Účastníci dostali hodinu před testem 5 mg kofeinu na 1 kg váhy. Následně cvičili silové cviky jako je tlak na lavici, mrtvý tah, dřep a další, a to až do úplného vyčerpání. Kofein účastníkům výrazně snížil vnímanou únavu a bolest po cvičení a zároveň zvýšil výkon zhruba o 5 %. [81]

13 vysokoškolských studentů bylo zkoumáno v rámci studie z roku 2008. Ti měli za úkol cvičit extenzi v kolenu po dávce 6 mg kofeinu na 1 kg váhy. Cvičení probíhalo vždy jen na jednu nohu. Zde kofein přinesl zlepšení o 10 %. Zároveň byl ve studii zkoumán i stav svalu, který byl

v době testu zraněný. Sportovci byli podrobena cvičení i se zraněním. U zraněné nohy však nedošlo k žádnému účinku kofeinu. [178]

Studie z roku 2008 zaměřující se na to, zda kofein může zlepšit výkon jednoho sprintu, ale i více sprintových výkonů za sebou. U nejrychlejšího běhu bylo zlepšení po podané dávce 5 mg kofeinu na 1 kg váhy hodinu před výkonem o 1,4 %, což zároveň zvýšilo únavu o 1,2 %. Zároveň se i zvýšila srdeční frekvence. I u dalších sprintů došlo ke zlepšení. [88]

Včetně výše zmíněných studií bylo v mém výzkumu pozitivně vyznívajících ve prospěch užívání kofeinu při silových sportech celkem 32 studií z mnou vybraných.

V roce 2009 probíhala studie na 19 hráčích americké národní fotbalové ligy. Zkoumala účinky 5 mg kofeinu na 1 kg váhy, který byl podán 60 minut před výkonem. Účinky byly zkoumány na různě dlouhé sprinty a na tlak na lavici. Výsledky byly nezměněné, i když u několika málo účastníků došlo ke zlepšení při tlaku a při delším sprintu. [251]

Studie z roku 2012 na 17 trénovaných mužích testovala výkon na 10 vteřinových sprintech v různých dávkách kofeinu (v dávkách 2, 4, 6, 8 a 10 mg kofeinu na 1 kg váhy podaných hodinu před výkonem). Přestože hladina kofeinu v séru respektovala velikost vstupní dávky, žádná z dávek na výkon vliv neměla. [91]

Studie z roku 2006 testovala 17 účastníků s dávkou 6 mg kofeinu na 1 kg váhy v 60 vteřinových cyklistických sprintech. Nedošlo ke změnám až na hladinu laktátu v krvi, který byl u skupiny s kofeinem výrazně vyšší. Autoři dělají závěr, že by kofein mohl snížit anaerobní výkon sportovců. [59]

Mnou vybrané studie z oblasti účinku kofeinu na sílu jedince se používaly často klasické silové cviky, jako je dřep se zátěží nebo tlak na lavici. Zkoumala se maximální síla při jednom opakování, případně počet zvládnutých opakování s velkou vahou, a to většinou v rozmezí 5-10 opakování. Často byl zkoumán také sprint, který lze zařadit mezi silové výkony.

Studií, které alespoň některé účinky kofeinu potvrdily bylo celkem 86 [1,4,6,10-12,16,18,20-21,26,28-29,34-35,40,44-45,50,60-61,66,69-73,78-82,84-86,88,90,92,97-101,115,120,123-124,127,130,132-135,139,145,155,157,161,163-164,166,168,170,177-179,182-184,186,189,193,195,198-199,205-206,213-214,219,224,229,231,233,235-236]. Naproti tomu výhody neprokázalo jen 21 studií [2-3,19,31,51-52,59,68,91,103-104,153,160,180-181,201,225,234,249-251].

6. Diskuze

7.1. L-karnitin

Z výsledků studií mě zaujalo, že ačkoliv se l-karnitin běžně doporučuje jako pomocník při hubnutí, našel jsem na toto téma pouze jednu relevantní studii, a to navzdory tomu, že jsem hubnutí zařadil mezi vyhledávaná klíčová slova. Tato jedna studie navíc účinek l-karnitinu na hubnutí nepotvrdila. Na druhou stranu je třeba říci, že studie, byť byla rozsáhlá a dávka l-karnitinu byla standardní, intenzita pohybové aktivity, kterou byla suplementace doprovázena, byla velmi nízká. Tento fakt mohl ovlivnit výsledek samotné studie. Na základě této jedné studie věnující se vlivu l-karnitinu na hubnutí můžeme říci pouze to, že suplementace se zařazením krátkých úseků chůze je neefektivní. Pokud by byl použit intenzivnější tréninkový plán, mohly by být výsledky značně odlišné.

Někdo by mohl vznést otázku, zda nemohly kontrolní skupiny mít z běžné stravy takový přísun karnitinu, že by to ovlivnilo výsledky. Bohužel ani na kreatin nejbohatší potravina, hovězí maso, nemá zdaleka takový obsah kreatinu, že by se z běžné stravy, ani cíleně, dalo získat srovnatelné množství. I na nejmenší dávku, která se ve studiích ukázala jako účinná, by bylo třeba zkonsumovat denně asi kilogram hovězího masa, nebo třeba dva a půl litru kravského mléka.

Co se týče výsledků studií z oblasti regenerace svalů po pohybové zátěži, nalezneme studie, které účinky tohoto suplementu potvrzují, ale i vyvracejí. Dávkování u všech studií bylo víceméně podobné. Můžeme upozornit na fakt, že ve studii, která užití l-karnitinu doporučuje, bylo nastavené dávkování dokonce až čtyřikrát nižší, než bylo běžné. Přesto byl účinek l-karnitinu potvrzen. Z toho můžeme dovozovat, že dávkování nebude limitujícím faktorem. Stejně tak jím nebude ani věk, protože studií se účastnily všechny věkové skupiny. Pozitivní je, že studie sledovaly více markerů, protože např. přesnost bio markeru oxidativního stresu MDA bývá zpochybňována. Zajímavé je, že výsledky studií zaměřených na regeneraci jsou značně ambivalentní, některé ukazovaly na velmi výrazný efekt l-karnitinu, některé nezaznamenaly žádný. Z výsledků studií mi není zřejmé, proč k takovým rozdílům dochází. Pokud bychom však měli učinit závěr na základě počtu studií účinek potvrzující a vyvracející, **značně převažují ty, které l-karnitin pro účely regenerace svalů po pohybovém zatížení doporučují.**

Výsledky z oblasti účinku l-karnitinu na výkon jsou nejrozporuplnější. Některé studie ukázaly zlepšení až o 10 %. Což můžeme považovat za velmi významné. Další však vliv na výkon nenalezly. Protože však žádná studie nezaznamenala zhoršení výkonu a tento byl vždy buď stejný, či lepší a s přihlédnutím k tomu, že vliv l-karnitinu na regeneraci svalů je spíše potvrzený, můžeme tento suplement pro sportovce doporučit s tím, že potenciálně může zlepšit i samotný výkon.

Závěrem bych tedy l-karnitin pro sportovce mohl spíše doporučit, avšak spíše pro jiné účely, než se běžně užívá. Jeho hlavní pomocí by mohlo být přispění k lepší regeneraci svalů po zátěži, nemůžeme vyloučit ani možnost zlepšení výkonu. Otázka jeho významu při hubnutí zůstává otevřená pro další výzkum. Potenciálně vzhledem ke zlepšení regenerace a snad i výkonu by tyto dva aspekty mohly dle mého názoru v důsledku konečně přispět i k mírné pomoci při hubnutí za současného zařazení náročnějšího tréninku.

7.2. Glutamin

Glutamin se v mnou vybraných relevantních studiích ukázal jako efektivnější spíše u vytrvalostních sportovců a dále u sportovců, kteří trénují extrémně namáhavě. Naproti tomu u silových sportovců byly jeho účinky rozporuplné.

Nicméně je třeba říct, že výsledky jsou prozatím spíše neprůkazné. Pro jakékoliv závěry máme málo relevantních zdrojů. Dostupné zdroje jsou často protichůdné, jak ukazují například studie zaměřené na imunitu u sportovců, kdy nalezneme solidní výzkumy tvrdící v podstatě opak.

Efektivitu glutaminu potvrzuje bezpečně studie využívající dotazník na stav sportovce po cvičení a jeho odolnost vůči infekcím. Výsledek je sice slibný, nicméně metoda dotazníku je nespolehlivá, a proto bychom v tuto chvíli neměli bez dalších potvrzujících výzkumů dělat závěry.

Laboratorní studie jsou, jak jsem již naznačil, protichůdné. Jejich nedostatkem ale může být, že mohou z měření vynechat některé markery, které by však glutamin mohl ovlivnit (ať už pozitivně, či negativně).

Relevantní studie, které jsem vybral, současně používají velmi podobnou metodiku výzkumu. Dávkování se ve studiích pohybovalo kolem 0,3 g glutaminu na 1 kg váhy člověka. Dávka byla podávána přibližně 60 minut před výkonem. U vytrvalostních sportovců trval test většinou kolem dvou hodin. Studie zkoumající vliv na imunitu často měřily množství cirkulujících bílých krvinek. Přesto jsou výsledky často protichůdné. Nemohu tedy proto např. uzavřít, že glutamin se zdál být funkční kvůli jiným podmínkám studií.

Vzhledem k výše uvedenému se glutamin nedá doporučit sportovcům, kteří mají za cíl hypertrofii a zlepšení výkonu obecně. **Jediný opravdu jednoznačný závěr potvrzuje přínos glutaminu pro snížení hladiny amoniaku v krvi po velmi náročných výkonech** jako je např. fotbalový zápas nebo vytrvalostní závod. Tento efekt má ochranný vliv proti případným toxickým účinkům amoniaku v krvi na CNS. Vliv na regeneraci a obranyschopnost není prozatím dostatečně prokázán. V tuto chvíli ale nejsou známy ani žádné vedlejší účinky, proto jeho užívání především extrémně trénujícími sportovci není chybou a může mít svůj potenciál.

7.3. Kreatin

Nejprve bych chtěl zmínit, že výsledky studií mohou být ovlivněny tím, že někteří jedinci na kreatin vůbec nereagují. Jejich výsledky mohou zkreslovat závěry studií. U těchto osob nehledě na množství nedochází k nástupu účinků. Některým jedincům však naopak stačí i velmi malé dávky kreatinu denně, aby se projevil jeho potenciál. Se znalostí tohoto faktu tedy musíme přistupovat ke všem výsledkům.

Při mém studiu relevantních zdrojů jsem dospěl k názoru, že zdaleka největší využití má kreatin při nabírání svalové hmoty. To potvrdilo mnoho výzkumů a ty, které tento efekt nepotvrdily, mají potenciálně několik nedostatků. Nad to studií, které pozitivní vliv kreatinu na nárůst svalové hmoty nenalezly, je minimum. Nedostatky těchto studií jsem spatřoval například v tom, že některé skupiny účastníků neměly vůbec za cíl nárůst svalové hmoty, a proto jsme ho nemohli ani očekávat. **Vzhledem k tomu považuji účinek kreatinu na podporu hypertrofie za prokázaný.** Kreatin pravidelně vedl k navýšení celkové hmotnosti a zvýšení množství vody v těle, ale žádná ze studií nezaznamenala zvýšení množství tělesného tuku vlivem kreatinu. Zároveň je voda držena ve svalech, nikoliv v podkoží, a tudíž suplementace kreatinem nekazí estetický dojem.

Kreatin byl často zkoumán u sprinterů, protože sprint má velké nároky na anaerobní kapacitu jedince, což by teoreticky kreatin mohl zlepšovat. V praxi jsou ale výsledky velmi rozporuplné, a i když několik studií zlepšení zaznamenalo, většina účinek nezjistila. **Otázka vlivu kreatinu na sprint zůstává otevřená a dát jednoznačné doporučení nelze.**

V rámci zpracování výsledků relevantních studií jsem našel možný nedostatek většiny výzkumů v tom, že kontrolní skupiny dostávaly obyčejné placebo, nicméně výsledky by byly dle mého názoru zajímavější, pokud by kontrolní skupiny dostávaly dávku bílkovin.

7.4. Beta-alanin

Na začátek bych rád upozornil na to, že provádět zaslepenou studii u beta-alaninu je dosti náročné, ne-li nemožné. Beta-alanin totiž krátce po požití vyvolává, byť neškodný, velmi zřetelný vedlejší účinek, a to „mravenčení“ pokožky – parestezie. Běžně trvá asi půl hodiny. Není mi znám způsob, jak tento účinek imitovat v placebo tabletách. Navíc v mnou vybraných studiích bylo většinou použito klasické placebo, jako např. dextróza a o imitaci tohoto účinku se autoři studie nesnažili. Ten je přitom popisován už u dávek větších než jeden gram. Pro vyhnutí se tomuto vedlejšímu účinku je buď možné celodenní dávku rozdělit na několik dávek, které budou vždy pod jeden gram, nebo použít beta-alanin s postupným uvolňováním. Ani jeden postup nebyl ve studiích použit, proto si myslím, že účastníci museli vědět, zda mají placebo nebo účinnou látku. To by potenciálně mohlo zkreslit výsledky.

Dobrou zprávou je, že podle dostupných dat se zdá, že jakékoliv závěry, které si člověk bude z vybraných studií dělat, jsou u beta-alaninu aplikovatelné napříč věkem, pohlavím i kondicí.

Opět se sešlo množství studií, které se zaměřovaly na různé typy sportů a zátěže. Co jim bylo většinou společné, byla dlouhodobá suplementace beta-alaninem. Ta totiž působí tak, že zvyšuje množství karnosinu ve svalech, a právě ten by měl být zodpovědný za všechny potenciální benefity beta-alaninu. Na podání jedné dávky těsně před výkonem se zaměřila jediná studie a jediným zjištěným účinkem byla snížená vnímaná únava. Lepší tedy bude držet se spíše dlouhodobé suplementace.

Nejkonzistentněji potvrzený se zdá být účinek beta-alaninu na výdrž při silovém výkonu. Při klasických silových cvičích dokázal beta-alanin zvýšit množství vykonaných opakování asi o 25 %, což je opravdu velké zlepšení. Taková změna může jedincům užívající beta-alanin z dlouhodobého hlediska přinést oproti soupeřům značnou výhodu. Navíc studie zaznamenaly změny v muskulatuře sportovců, ačkoliv je pravdou, že hypertrofii ovlivňuje mnoho faktorů a velmi výrazně celková strava. Myslím si, že při vhodně zvolené stravě, spolu se zvýšenou zátěží a užíváním beta-alaninu by mohl mít poměrně výrazné účinky i při budování svalové hmoty. **Pro silové sportovce bych beta-alanin tedy doporučil.** Účinná dávka byla ve studiích použita mezi 5-6,4 gramy denně, tedy denní dávka kolem 5 gramů denně je adekvátní.

Pro sportovce jako jsou **sprinteři nebo veslaři na 2 000 metrů** byly výsledky méně konzistentní. Nevím, čím si tuto ambivalenci vysvětlit, protože množství studií na obou stranách je podobné a většinou používají podobné dávkování i testy. Některé studie, které

srovnávaly i výkony během těchto výkonů zjistily, že beta-alanin může přinést zlepšení na určitých částech trati, ale konečný výkon zůstane nezměněn. To by se snad dalo vysvětlit tím, že zvětšení puffrové kapacity, kterou suplementace přináší, má své jasné limity. Zároveň pokud je zátěž příliš krátká, kolem půl minuty, není množství metabolitů takové, aby byl puffr potřeba, takže beta-alanin nemůže žádné výsledky přinést. Na druhou stranu i pro takto krátké výkony se našly studie potvrzující zlepšení. Proto si myslím, že udělat jednoznačný závěr není možné. Tito sportovci mívají často jako složku své přípravy silový trénink, kde se beta-alanin může velmi dobře uplatnit, ale jako pomocník **přímo při výkonu se zdá být nespolehlivý**. Pro beta-alanin vhodná doba zátěže by se dala najít např. u hokejistů. Tam by teoreticky mohl beta-alanin také přinést znatelné zlepšení. Bohužel studie zkoumající hokejisty není k dispozici, takže se jedná pouze o domněnku.

Pro vytrvalce, jako je například běh na 10 km, se jeví beta-alanin také nespolehlivě a dalo by se říci, že pro ně nemá žádný význam. Zlepšení tohoto druhu výkonu se od beta-alaninu vzhledem k povaze jeho účinku příliš neočekává a zřejmě i proto se na měření dlouhodobé vytrvalosti zaměřilo jen minimum studií. Ty došly k závěru, že zlepšení nepřináší. Ke zlepšení došlo pouze u trati na 4 km, a to navíc nebylo příliš významné. **Na základě těchto dat bych užívání vytrvalcům za účelem zlepšení výkonu nedoporučil.**

Úplný závěr je tedy takový, že by beta-alanin v dávce kolem 5 gramů denně měl být velmi užitečný pro silové sportovce. U krátkých intenzivních sportů, jako jsou sprinty, jsou výsledky nekonzistentní. U vytrvalců je zlepšení naopak konzistentně nulové.

6.5. Kofein

Kofein je rozšířený a oblíbený doplněk, jeho obliba je v podstatě pochopitelná, protože pro využití kofeinu u vytrvalostních sportů je celá řada pozitivně vyznívajících studií. Naopak studií, které žádný účinek kofeinu nepotvrdily, byla necelá pětina z mnoha vybraných relevantních studií zaměřujících se na účinky kofeinu na výdrž sportovců.

U studií, které účinek kofeinu zpochybňují, jsou sportovcům podávány v podstatě stejné dávky kofeinu jako ve studiích, které jeho účinky zaznamenaly. Problémem tedy zřejmě nebude dávkování. Metodologicky byly tyto studie taktéž dobře vystavěny, některé byly i crossover. Odpověď bychom snad mohli hledat v interindividuálních rozdílech, které byly patrné a občas i zdůrazňované ve studiích, které účinky kofeinu potvrzovaly. Rozdíly mezi jedinci a jejich reakce na podanou látku jsou značné a nedají se ani konkrétně určit, protože zřejmě nesouvisí ani s pohlavím, věkem či stupněm trénovanosti. Tyto individuální rozdíly tedy mohly být příčinou, proč se v některých studiích účinky kofeinu neprokázaly.

Z mého výzkumu z vybraných relevantních studií tedy vyplývá, že se kofein dá doporučit vytrvalostním sportovcům. Měl by přinést zlepšení výkonu mezi jedním a pěti procenty, a to v dávce od 2 do 6 mg kofeinu na 1 kg váhy, nižší dávky se neosvědčily. Vyšší dávky kofeinu už mohly zvyšovat riziko vedlejších účinků, a navíc oproti nižší dávce už zlepšení výkonu nebylo tak výrazné.

Účinky kofeinu ovlivňuje i požití jídlo, např. pokud je kofein podáván se sacharidy, nástup účinků kofeinu je pomalejší. Tyto detaily však některé studie nezmiňovaly. I to tedy mohlo ovlivnit některé negativní výsledky studií. Na druhou stranu se dají účinky kofeinu vcelku precizně sledovat oproti jiným sportovním doplňkům, kde hraje roli více faktorů. Takovým doplňkem jsou např. větvené aminokyseliny BCAA, kde hraje velkou roli i celkový jídelníček.

Poměr studií, které pozitivní účinky našly a nenašly je zhruba 3:1. Stejně jako u zkoumání účinků kofeinu u vytrvalostních sportů, tak i u silových studie vyznívají ve prospěch jeho užívání.

I zde se můžeme domnívat, že studie, které neprokázaly žádný účinek kofeinu, mohly být ovlivněny jednak jídlem, které účastníci před studií pozřeli a dále mohly mít vliv již zmíněné individuální rozdíly mezi účastníky studií. Je zřejmě možné, že na některé osoby má kofein velmi malý nebo žádný účinek.

Zajímavé je, že velká část negativně vyznívajících studií používala ve svých testech velmi krátké sprinty (zhruba 10 vteřin) nebo standardizovaný wingate test, který trvá 30 sekund. Je tedy možné, že kofein nemá prostor účinkovat při velmi krátkých výkonech, které trvají pouze v řádu vteřin.

Některé studie naznačují, že se jeví účinněji při zapojení většího počtu svalů (obzvláště na nohou), ale pro takový závěr není zdaleka dostatek důkazů. Dosavadní studie jsou v tomto ohledu spíše rozporuplné.

Z výsledků studií také není zcela jasné, zda použít dehydrovanou formu kofeinu nebo vypít kofein v kávovém nápoji. Platné argumenty nalezneme pro užití obou z těchto forem, ale pokud by chtěl například 80 kg sportovec získat dávku 6 mg kofeinu na 1 kg váhy, musel by vypít zhruba 6 šálků espressa. Z tohoto pohledu se tedy jeví jako pohodlnější užití kapslí.

Většina relevantních studií používala opět dávku kofeinu mezi 2-6 mg na 1 kg váhy, podáván byl většinou 30-60 minut před výkonem. Z mnou vybraných relevantních studií valná většina účinek kofeinu potvrdila, a tedy ho můžeme silovým sportovcům doporučit. Kofein navíc v těchto dávkách nemá vedlejší účinky na zdravého jedince.

7. Praktická doporučení

U doporučení je třeba zdůraznit, že aby mohly doplňky fungovat, musí mít v první řadě co doplňovat. Samy o sobě výhody nepřinášejí. Nejen, že doplňky stravy samozřejmě nemohou nahradit pestrou stravu, ale v kontextu sportu také nemohou nahradit pilný trénink a správnou stravu. Ať už je cíl jedince zlepšit výkon, svalová hypertrofie, zbavení se tukové tkáně nebo cokoliv jiného, vždy bude hrát hlavní roli trénink a strava. Pokud je ale oboje správně nastavené, můžou vhodně zvolené doplňky tuto snahu ulehčit.

Následující doporučení vychází z mé rešerše relevantních studií.

8.1 Doporučení pro vytrvalostní sportovce

Pro vytrvalostní sportovce **lze doporučit užívání kofeinu před výkonem**. Kofein pomáhá oddálit únavu a tím mohou sportovci dosáhnout rychlejších časů nebo prodloužení výkonu. Dávkování je 4-6 mg kofeinu na 1 kg tělesné váhy. Nicméně je třeba počítat s tím, že účinky kofeinu při dlouhodobém a pravidelném užívání slábnou. Pro navrácení účinků je třeba zhruba týden abstinovat. Proto pokud vytrvalostní sportovec plánuje využít účinků kofeinu pro závod, je dobré mít tento nedostatek na paměti.

Dále je možné zařadit **suplementaci l-karnitinem, který zlepšuje regeneraci mezi tréninky** a potenciálně může dopomoci i k lepšímu výkonu. Užívá se v dávce 2 g denně.

Glutamin se zdá být potenciálně užitečný, jeho hlavní výhodou by mělo být zlepšení regenerace a ochrana organismu před infekcemi. Při užívání pomáhá chránit organismus před negativními účinky některých metabolitů, které se tvoří po náročném výkonu. Náročný výkon zároveň dočasně oslabuje imunitu, čemuž glutamin pomáhá částečně předcházet. Nicméně přímý vliv na výkon glutamin nemá.

Kreatin a beta-alanin nemůžeme vytrvalostním sportovcům doporučit.

8.2 Doporučení pro silové sportovce

Pro zvýšení kapacity sportovce, a tedy nejspíše i pro rychlejší dosažení sledovaného cíle, se velmi účinně jeví dlouhodobá suplementace beta-alaninem v dávce kolem 5 mg denně. Je třeba počítat s neškodným vedlejším účinkem v podobě mravenčení kůže, které trvá zhruba 30 minut po aplikaci.

Pro zvětšení síly a urychlení hypertrofie je užitečný kreatin monohydrát. Pro dlouhodobou suplementaci by měla stačit denní dávka mezi 3-6 g. Při suplementaci trvajícím jen v řádu několika týdnů je nejefektivnější dávka kolem 20 g kreatinu denně. Velké dávky kreatinu však mohou způsobovat zažívací potíže. Jiné vedlejší účinky jsou velmi vzácné.

Kofein užitý před cvičením by měl dovolit intenzivnější trénink, zvýšit sílu a oddálit únavu. Tento efekt může být pro silové sportovce velmi žádoucí. Vhodná dávka kofeinu je 4-6 mg kofeinu na 1 kg tělesné váhy zhruba hodinu před výkonem. V těchto dávkách může kofein přinášet i nepříjemné vedlejší účinky, a to zvláště lidem, kteří nejsou pravidelnými pijáky kofeinových nápojů. Těmito vedlejšími účinky jsou především bušení srdce, pocení nebo motání hlavy.

Pro silové sportovce je možné zařadit i **l-karnitin, jehož hlavní účinek spočívá ve zrychlení regenerace svalů po tréninku.** To může silovým sportovcům umožnit rychlé zotavení, a tedy častější trénink. Pro jiné účely bych l-karnitin silovým sportovcům nedoporučil. Dávkování l-karnitinu je ideálně 2 g denně.

Navzdory své popularitě mezi silovými sportovci bych **nedoporučil užívání glutaminu,** který, jak vyplývá ze studií, nemá dostatečný účinek. Uplatnění by mohl nalézt pouze u opravdu velmi intenzivně trénujících jedinců.

7. Závěr

Ve své práci jsem zjistil, jaké konkrétní účinky mají mnou vybrané látky. Potvrdil jsem či vyvrátil odůvodněnost jejich užívání. Pro praxi jsem pak na základě těchto vědecky ověřených výsledků vytvořil praktický návod pro sportovce či trenéry. Má práce je výjimečná v tom, že v sobě soustředí systematické přehledy těch nejrozšířenějších sportovních doplňků a uvádí na pravou míru jejich účinky. Některé účinky látek však i nadále zůstávají sporné a jsou otevřené dalšímu výzkumu. Můj cíl práce byl tedy naplněn.

Seznam použité literatury

- [1] Aedma, M., Timpmann, S., & Oopik, V. Effect of caffeine on upper-body anaerobic performance in wrestlers in simulated competition-day conditions. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23(6), 601-609. (2013)
- [2] Ahrens, J. N., Crixell, S. H., Lloyd, L. K., & Walker, J. L. The physiological effects of caffeine in women during treadmill walking. *J Strength Cond Res*, 21(1), 164-168. (2007)
- [3] Ahrens, J. N., Lloyd, L. K., Crixell, S. H., & Walker, J. L. The effects of caffeine in women during aerobic-dance bench stepping. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 17(1), 27-34. (2007)
- [4] Ali, A., O'Donnell, J., Foskett, A., & Rutherford-Markwick, K. The influence of caffeine ingestion on strength and power performance in female team-sport players. *J Int Soc Sports Nutr*, 13, 46. (2016)
- [5] Analytics, T. (2015). TABS Study Projects U.S. Vitamin & Supplement Market at \$11.8 Billion. from <http://www.tabsanalytics.com/blog/tabs-study-projects-u.s.-vitamin-supplement-market-at-11.8-billion>
- [6] Anderson, M. E., Bruce, C. R., Fraser, S. F., et al. Improved 2000-meter rowing performance in competitive oarswomen after caffeine ingestion. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 10(4), 464-475. (2000)
- [7] Anomasiri, W., Sanguanrungrasirikul, S., & Saichandee, P. Low dose creatine supplementation enhances sprint phase of 400 meters swimming performance. *J Med Assoc Thai*, 87 Suppl 2, S228-232. (2004)
- [8] Antonio, J., Sanders, M. S., Kalman, D., Woodgate, D., & Street, C. The effects of high-dose glutamine ingestion on weightlifting performance. *J Strength Cond Res*, 16(1), 157-160. (2002)
- [9] Arciero, P. J., Hannibal, N. S., 3rd, Nindl, B. C., Gentile, C. L., Hamed, J., & Vukovich, M. D. Comparison of creatine ingestion and resistance training on energy expenditure and limb blood flow. *Metabolism*, 50(12), 1429-1434. (2001)
- [10] Astorino, T. A., Cottrell, T., Lozano, A. T., Aburto-Pratt, K., & Duhon, J. Increases in cycling performance in response to caffeine ingestion are repeatable. *Nutr Res*, 32(2), 78-84. (2012)
- [11] Astorino, T. A., Martin, B. J., Schachtsiek, L., Wong, K., & Ng, K. Minimal effect of acute caffeine ingestion on intense resistance training performance. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1752-1758. (2011)
- [12] Astorino, T. A., Terzi, M. N., Roberson, D. W., & Burnett, T. R. Effect of two doses of caffeine on muscular function during isokinetic exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(12), 2205-2210. (2010)
- [13] Baguet, A., Bourgois, J., Vanhee, L., Achten, E., & Derave, W. Important role of muscle carnosine in rowing performance. *J Appl Physiol (1985)*, 109(4), 1096-1101. (2010)
- [14] Barnett, C., Hinds, M., & Jenkins, D. G. Effects of oral creatine supplementation on multiple sprint cycle performance. *Aust J Sci Med Sport*, 28(1), 35-39. (1996)
- [15] Bassini-Cameron, A., Monteiro, A., Gomes, A., Werneck-de-Castro, J. P., & Cameron, L. Glutamine protects against increases in blood ammonia in football players in an exercise intensity-dependent way. *Br J Sports Med*, 42(4), 260-266. (2008)
- [16] Bazzucchi, I., Felici, F., Montini, M., Figura, F., & Sacchetti, M. Caffeine improves neuromuscular function during maximal dynamic exercise. *Muscle Nerve*, 43(6), 839-844. (2011)

- [17] Becque, M. D., Lochmann, J. D., & Melrose, D. R. Effects of oral creatine supplementation on muscular strength and body composition. *Med Sci Sports Exerc*, 32(3), 654-658. (2000)
- [18] Behrens, M., Mau-Moeller, A., Heise, S., Skripitz, R., Bader, R., & Bruhn, S. Alteration in neuromuscular function of the plantar flexors following caffeine ingestion. *Scand J Med Sci Sports*, 25(1), e50-58. (2015)
- [19] Bell, D. G., Jacobs, I., & Zamecnik, J. Effects of caffeine, ephedrine and their combination on time to exhaustion during high-intensity exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 77(5), 427-433. (1998)
- [20] Bell, D. G., & McLellan, T. M. Effect of repeated caffeine ingestion on repeated exhaustive exercise endurance. *Med Sci Sports Exerc*, 35(8), 1348-1354. (2003)
- [21] Bell, D. G., & McLellan, T. M. Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *J Appl Physiol (1985)*, 93(4), 1227-1234. (2002)
- [22] Bellinger, P. M., & Minahan, C. L. The effect of beta-alanine supplementation on cycling time trials of different length. *Eur J Sport Sci*, 16(7), 829-836. (2016)
- [23] Bembien, M. G., Bembien, D. A., Loftiss, D. D., & Knehans, A. W. Creatine supplementation during resistance training in college football athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 33(10), 1667-1673. (2001)
- [24] Bembien, M. G., Tuttle, T. D., Bembien, D. A., & Knehans, A. W. Effects of creatine supplementation on isometric force-time curve characteristics. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1876-1881. (2001)
- [25] Bermon, S., Venembre, P., Sachet, C., Valour, S., & Dolisi, C. Effects of creatine monohydrate ingestion in sedentary and weight-trained older adults. *Acta Physiol Scand*, 164(2), 147-155. (1998)
- [26] Birnbaum, L. J., & Herbst, J. D. Physiologic effects of caffeine on cross-country runners. *J Strength Cond Res*, 18(3), 463-465. (2004)
- [27] Bivier, C. J., Jensen, R. L., Schmidt, W. D., & Watts, P. B. The effect of creatine on treadmill running with high-intensity intervals. *J Strength Cond Res*, 17(3), 439-445. (2003)
- [28] Black, C. D., Waddell, D. E., & Gonglach, A. R. Caffeine's Ergogenic Effects on Cycling: Neuromuscular and Perceptual Factors. *Med Sci Sports Exerc*, 47(6), 1145-1158. (2015)
- [29] Bloms, L. P., Fitzgerald, J. S., Short, M. W., & Whitehead, J. R. The Effects of Caffeine on Vertical Jump Height and Execution in Collegiate Athletes. *J Strength Cond Res*, 30(7), 1855-1861. (2016)
- [30] Bloomer, R. J., & Smith, W. A. Oxidative stress in response to aerobic and anaerobic power testing: influence of exercise training and carnitine supplementation. *Res Sports Med*, 17(1), 1-16. (2009)
- [31] Bond, V., Gresham, K., McRae, J., & Tearney, R. J. Caffeine ingestion and isokinetic strength. *Br J Sports Med*, 20(3), 135-137. (1986)
- [32] Bosco, C., Tihanyi, J., Pucspk, J., et al. Effect of oral creatine supplementation on jumping and running performance. *Int J Sports Med*, 18(5), 369-372. (1997)
- [33] Bowtell, J. L., Gelly, K., Jackman, M. L., Patel, A., Simeoni, M., & Rennie, M. J. Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise. *J Appl Physiol (1985)*, 86(6), 1770-1777. (1999)
- [34] Boyett, J. C., Giersch, G. E., Womack, C. J., et al. Time of Day and Training Status Both Impact the Efficacy of Caffeine for Short Duration Cycling Performance. *Nutrients*, 8(10). (2016)
- [35] Bridge, C. A., & Jones, M. A. The effect of caffeine ingestion on 8 km run performance in a field setting. *J Sports Sci*, 24(4), 433-439. (2006)

- [36] Brisola, G. M., Artioli, G. G., Papoti, M., & Zagatto, A. M. Effects of Four Weeks of beta-Alanine Supplementation on Repeated Sprint Ability in Water Polo Players. *PLoS One*, 11(12), e0167968. (2016)
- [37] Broad, E. M., Maughan, R. J., & Galloway, S. D. Carbohydrate, protein, and fat metabolism during exercise after oral carnitine supplementation in humans. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(6), 567-584. (2008)
- [38] Broad, E. M., Maughan, R. J., & Galloway, S. D. Effects of four weeks L-carnitine L-tartrate ingestion on substrate utilization during prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 15(6), 665-679. (2005)
- [39] Brose, A., Parise, G., & Tarnopolsky, M. A. Creatine supplementation enhances isometric strength and body composition improvements following strength exercise training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58(1), 11-19. (2003)
- [40] Bruce, C. R., Anderson, M. E., Fraser, S. F., et al. Enhancement of 2000-m rowing performance after caffeine ingestion. *Med Sci Sports Exerc*, 32(11), 1958-1963. (2000)
- [41] Burke, L. M., Pyne, D. B., & Telford, R. D. Effect of oral creatine supplementation on single-effort sprint performance in elite swimmers. *Int J Sport Nutr*, 6(3), 222-233. (1996)
- [42] Candow, D. G., Chilibeck, P. D., Burke, D. G., Davison, K. S., & Smith-Palmer, T. Effect of glutamine supplementation combined with resistance training in young adults. *Eur J Appl Physiol*, 86(2), 142-149. (2001)
- [43] Carpentier, A., Olbrechts, N., Vieillevoys, S., & Poortmans, J. R. beta-Alanine supplementation slightly enhances repeated plyometric performance after high-intensity training in humans. *Amino Acids*, 47(7), 1479-1483. (2015)
- [44] Carr, A., Dawson, B., Schneiker, K., Goodman, C., & Lay, B. Effect of caffeine supplementation on repeated sprint running performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 48(4), 472-478. (2008)
- [45] Carr, A. J., Gore, C. J., & Dawson, B. Induced alkalosis and caffeine supplementation: effects on 2,000-m rowing performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 21(5), 357-364. (2011)
- [46] Carvalho-Peixoto, J., Alves, R. C., & Cameron, L. C. Glutamine and carbohydrate supplements reduce ammonia increase during endurance field exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*, 32(6), 1186-1190. (2007)
- [47] Castell, L. M., & Newsholme, E. A. The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged, exhaustive exercise. *Nutrition*, 13(7-8), 738-742. (1997)
- [48] Castell, L. M., Poortmans, J. R., & Newsholme, E. A. Does glutamine have a role in reducing infections in athletes? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 73(5), 488-490. (1996)
- [49] Cochran, A. J., Percival, M. E., Thompson, S., et al. beta-Alanine Supplementation Does Not Augment the Skeletal Muscle Adaptive Response to 6 Weeks of Sprint Interval Training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 25(6), 541-549. (2015)
- [50] Cole, K. J., Costill, D. L., Starling, R. D., Goodpaster, B. H., Trappe, S. W., & Fink, W. J. Effect of caffeine ingestion on perception of effort and subsequent work production. *Int J Sport Nutr*, 6(1), 14-23. (1996)
- [51] Collomp, K., Ahmaidi, S., Audran, M., Chanal, J. L., & Prefaut, C. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate Test. *Int J Sports Med*, 12(5), 439-443. (1991)
- [52] Collomp, K., Caillaud, C., Audran, M., Chanal, J. L., & Prefaut, C. [Effect of acute or chronic administration of caffeine on performance and on catecholamines during maximal cycle ergometer exercise]. *C R Seances Soc Biol Fil*, 184(1), 87-92. (1990)

- [53] Colombani, P., Wenk, C., Kunz, I., et al. Effects of L-carnitine supplementation on physical performance and energy metabolism of endurance-trained athletes: a double-blind crossover field study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 73(5), 434-439. (1996)
- [54] Cooke, M. B., Brabham, B., Buford, T. W., et al. Creatine supplementation post-exercise does not enhance training-induced adaptations in middle to older aged males. *Eur J Appl Physiol*, 114(6), 1321-1332. (2014)
- [55] Cornish, S. M., Chilibeck, P. D., & Burke, D. G. The effect of creatine monohydrate supplementation on sprint skating in ice-hockey players. *J Sports Med Phys Fitness*, 46(1), 90-98. (2006)
- [56] Cramer, J. T., Stout, J. R., Culbertson, J. Y., & Egan, A. D. Effects of creatine supplementation and three days of resistance training on muscle strength, power output, and neuromuscular function. *J Strength Cond Res*, 21(3), 668-677. (2007)
- [57] Cribb, P. J., Williams, A. D., & Hayes, A. A creatine-protein-carbohydrate supplement enhances responses to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 39(11), 1960-1968. (2007)
- [58] Cribb, P. J., Williams, A. D., Stathis, C. G., Carey, M. F., & Hayes, A. Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 298-307. (2007)
- [59] Crowe, M. J., Leicht, A. S., & Spinks, W. L. Physiological and cognitive responses to caffeine during repeated, high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 16(5), 528-544. (2006)
- [60] Cruz, R. S., de Aguiar, R. A., Turnes, T., Guglielmo, L. G., Beneke, R., & Caputo, F. Caffeine Affects Time to Exhaustion and Substrate Oxidation during Cycling at Maximal Lactate Steady State. *Nutrients*, 7(7), 5254-5264. (2015)
- [61] Da Silva, V. L., Messias, F. R., Zanchi, N. E., Gerlinger-Romero, F., Duncan, M. J., & Guimaraes-Ferreira, L. Effects of acute caffeine ingestion on resistance training performance and perceptual responses during repeated sets to failure. *J Sports Med Phys Fitness*, 55(5), 383-389. (2015)
- [62] Danaher, J., Gerber, T., Wellard, R. M., & Stathis, C. G. The effect of beta-alanine and NaHCO₃ co-ingestion on buffering capacity and exercise performance with high-intensity exercise in healthy males. *Eur J Appl Physiol*, 114(8), 1715-1724. (2014)
- [63] de Salles Painelli, V., Saunders, B., Sale, C., et al. Influence of training status on high-intensity intermittent performance in response to beta-alanine supplementation. *Amino Acids*, 46(5), 1207-1215. (2014)
- [64] del Favero, S., Roschel, H., Solis, M. Y., et al. Beta-alanine (Carnosyn) supplementation in elderly subjects (60-80 years): effects on muscle carnosine content and physical capacity. *Amino Acids*, 43(1), 49-56. (2012)
- [65] Delecluse, C., Diels, R., & Goris, M. Effect of creatine supplementation on intermittent sprint running performance in highly trained athletes. *J Strength Cond Res*, 17(3), 446-454. (2003)
- [66] Denadai, B. S., & Denadai, M. L. Effects of caffeine on time to exhaustion in exercise performed below and above the anaerobic threshold. *Braz J Med Biol Res*, 31(4), 581-585. (1998)
- [67] Derave, W., Ozdemir, M. S., Harris, R. C., et al. beta-Alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. *J Appl Physiol (1985)*, 103(5), 1736-1743. (2007)
- [68] Desbrow, B., Barrett, C. M., Minahan, C. L., Grant, G. D., & Leveritt, M. D. Caffeine, cycling performance, and exogenous CHO oxidation: a dose-response study. *Med Sci Sports Exerc*, 41(9), 1744-1751. (2009)

- [69] Desbrow, B., Biddulph, C., Devlin, B., Grant, G. D., Anoopkumar-Dukie, S., & Leveritt, M. D. The effects of different doses of caffeine on endurance cycling time trial performance. *J Sports Sci*, 30(2), 115-120. (2012)
- [70] Diaz-Lara, F. J., Del Coso, J., Garcia, J. M., Portillo, L. J., Areces, F., & Abian-Vicen, J. Caffeine improves muscular performance in elite Brazilian Jiu-jitsu athletes. *Eur J Sport Sci*, 16(8), 1079-1086. (2016)
- [71] Diaz-Lara, F. J., Del Coso, J., Portillo, J., Areces, F., Garcia, J. M., & Abian-Vicen, J. Enhancement of High-Intensity Actions and Physical Performance During a Simulated Brazilian Jiu-Jitsu Competition With a Moderate Dose of Caffeine. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(7), 861-867. (2016)
- [72] Doherty, M., Smith, P., Hughes, M., & Davison, R. Caffeine lowers perceptual response and increases power output during high-intensity cycling. *J Sports Sci*, 22(7), 637-643. (2004)
- [73] Doyle, T. P., Lutz, R. S., Pellegrino, J. K., Sanders, D. J., & Arent, S. M. The Effects of Caffeine on Arousal, Response Time, Accuracy, and Performance in Division I Collegiate Fencers. *J Strength Cond Res*, 30(11), 3228-3235. (2016)
- [74] Dragan, I. G., Vasiliu, A., Georgescu, E., & Eremia, N. Studies concerning chronic and acute effects of L-carnitina in elite athletes. *Physiologie*, 26(2), 111-129. (1989)
- [75] Ducker, K. J., Dawson, B., & Wallman, K. E. Effect of beta-alanine supplementation on 800-m running performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23(6), 554-561. (2013)
- [76] Ducker, K. J., Dawson, B., & Wallman, K. E. Effect of beta-alanine supplementation on 2000-m rowing-ergometer performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23(4), 336-343. (2013)
- [77] Ducker, K. J., Dawson, B., & Wallman, K. E. Effect of Beta alanine and sodium bicarbonate supplementation on repeated-sprint performance. *J Strength Cond Res*, 27(12), 3450-3460. (2013)
- [78] Duncan, M. J., Clarke, N. D., Tallis, J., Guimaraes-Ferreira, L., & Leddington Wright, S. The effect of caffeine ingestion on functional performance in older adults. *J Nutr Health Aging*, 18(10), 883-887. (2014)
- [79] Duncan, M. J., & Oxford, S. W. Acute caffeine ingestion enhances performance and dampens muscle pain following resistance exercise to failure. *J Sports Med Phys Fitness*, 52(3), 280-285. (2012)
- [80] Duncan, M. J., & Oxford, S. W. The effect of caffeine ingestion on mood state and bench press performance to failure. *J Strength Cond Res*, 25(1), 178-185. (2011)
- [81] Duncan, M. J., Stanley, M., Parkhouse, N., Cook, K., & Smith, M. Acute caffeine ingestion enhances strength performance and reduces perceived exertion and muscle pain perception during resistance exercise. *Eur J Sport Sci*, 13(4), 392-399. (2013)
- [82] Duncan, M. J., Thake, C. D., & Downs, P. J. Effect of caffeine ingestion on torque and muscle activity during resistance exercise in men. *Muscle Nerve*, 50(4), 523-527. (2014)
- [83] Ferguson, T. B., & Syrotuik, D. G. Effects of creatine monohydrate supplementation on body composition and strength indices in experienced resistance trained women. *J Strength Cond Res*, 20(4), 939-946. (2006)
- [84] Fisher, S. M., McMurray, R. G., Berry, M., Mar, M. H., & Forsythe, W. A. Influence of caffeine on exercise performance in habitual caffeine users. *Int J Sports Med*, 7(5), 276-280. (1986)
- [85] Foskett, A., Ali, A., & Gant, N. Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 19(4), 410-423. (2009)

- [86] French, C., McNaughton, L., Davies, P., & Tristram, S. Caffeine ingestion during exercise to exhaustion in elite distance runners. Revision. *J Sports Med Phys Fitness*, 31(3), 425-432. (1991)
- [87] Giamberardino, M. A., Dragani, L., Valente, R., Di Lisa, F., Saggini, R., & Vecchiet, L. Effects of prolonged L-carnitine administration on delayed muscle pain and CK release after eccentric effort. *Int J Sports Med*, 17(5), 320-324. (1996)
- [88] Glaister, M., Howatson, G., Abraham, C. S., et al. Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc*, 40(10), 1835-1840. (2008)
- [89] Glaister, M., Lockey, R. A., Abraham, C. S., Staerck, A., Goodwin, J. E., & McInnes, G. Creatine supplementation and multiple sprint running performance. *J Strength Cond Res*, 20(2), 273-277. (2006)
- [90] Glaister, M., Muniz-Pumares, D., Patterson, S. D., Foley, P., & McInnes, G. Caffeine supplementation and peak anaerobic power output. *Eur J Sport Sci*, 15(5), 400-406. (2015)
- [91] Glaister, M., Patterson, S. D., Foley, P., Pedlar, C. R., Pattison, J. R., & McInnes, G. Caffeine and sprinting performance: dose responses and efficacy. *J Strength Cond Res*, 26(4), 1001-1005. (2012)
- [92] Glaister, M., Pattison, J. R., Muniz-Pumares, D., Patterson, S. D., & Foley, P. Effects of dietary nitrate, caffeine, and their combination on 20-km cycling time trial performance. *J Strength Cond Res*, 29(1), 165-174. (2015)
- [93] Glenn, J. M., Gray, M., Stewart, R., et al. Incremental effects of 28 days of beta-alanine supplementation on high-intensity cycling performance and blood lactate in masters female cyclists. *Amino Acids*, 47(12), 2593-2600. (2015)
- [94] Glenn, J. M., Gray, M., Stewart, R. W., Jr., et al. Effects of 28-Day Beta-Alanine Supplementation on Isokinetic Exercise Performance and Body Composition in Female Masters Athletes. *J Strength Cond Res*, 30(1), 200-207. (2016)
- [95] Glenn, J. M., Smith, K., Moyon, N. E., Binns, A., & Gray, M. Effects of Acute Beta-Alanine Supplementation on Anaerobic Performance in Trained Female Cyclists. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*, 61(2), 161-166. (2015)
- [96] Gotshalk, L. A., Kraemer, W. J., Mendonca, M. A., et al. Creatine supplementation improves muscular performance in older women. *Eur J Appl Physiol*, 102(2), 223-231. (2008)
- [97] Graham-Paulson, T., Perret, C., & Goosey-Tolfrey, V. Improvements in Cycling but Not Handcycling 10 km Time Trial Performance in Habitual Caffeine Users. *Nutrients*, 8(7). (2016)
- [98] Graham-Paulson, T. S., Perret, C., Watson, P., & Goosey-Tolfrey, V. L. Improvement of Sprint Performance in Wheelchair Sportsmen With Caffeine Supplementation. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(2), 214-220. (2016)
- [99] Graham, T. E., Hibbert, E., & Sathasivam, P. Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J Appl Physiol (1985)*, 85(3), 883-889. (1998)
- [100] Graham, T. E., & Spriet, L. L. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol (1985)*, 78(3), 867-874. (1995)
- [101] Graham, T. E., & Spriet, L. L. Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. *J Appl Physiol (1985)*, 71(6), 2292-2298. (1991)
- [102] Green, J. M., McLester, J. R., Smith, J. E., & Mansfield, E. R. The effects of creatine supplementation on repeated upper- and lower-body Wingate performance. *J Strength Cond Res*, 15(1), 36-41. (2001)
- [103] Greer, F., McLean, C., & Graham, T. E. Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. *J Appl Physiol (1985)*, 85(4), 1502-1508. (1998)

- [104] Greer, F., Morales, J., & Coles, M. Wingate performance and surface EMG frequency variables are not affected by caffeine ingestion. *Appl Physiol Nutr Metab*, 31(5), 597-603. (2006)
- [105] Greig, C., Finch, K. M., Jones, D. A., Cooper, M., Sargeant, A. J., & Forte, C. A. The effect of oral supplementation with L-carnitine on maximum and submaximum exercise capacity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(4), 457-460. (1987)
- [106] Griffen, C., Rogerson, D., Ranchordas, M., & Ruddock, A. Effects of Creatine and Sodium Bicarbonate Coingestion on Multiple Indices of Mechanical Power Output During Repeated Wingate Tests in Trained Men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 25(3), 298-306. (2015)
- [107] Grindstaff, P. D., Kreider, R., Bishop, R., et al. Effects of creatine supplementation on repetitive sprint performance and body composition in competitive swimmers. *Int J Sport Nutr*, 7(4), 330-346. (1997)
- [108] Gross, M., Bieri, K., Hoppeler, H., Norman, B., & Vogt, M. Beta-alanine supplementation improves jumping power and affects severe-intensity performance in professional alpine skiers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 24(6), 665-673. (2014)
- [109] Gross, M., Boesch, C., Bolliger, C. S., et al. Effects of beta-alanine supplementation and interval training on physiological determinants of severe exercise performance. *Eur J Appl Physiol*, 114(2), 221-234. (2014)
- [110] Hamilton, K. L., Meyers, M. C., Skelly, W. A., & Marley, R. J. Oral creatine supplementation and upper extremity anaerobic response in females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 10(3), 277-289. (2000)
- [111] Haub, M. D., Potteiger, J. A., Nau, K. L., Webster, M. J., & Zebas, C. J. Acute L-glutamine ingestion does not improve maximal effort exercise. *J Sports Med Phys Fitness*, 38(3), 240-244. (1998)
- [112] Herda, T. J., Beck, T. W., Ryan, E. D., et al. Effects of creatine monohydrate and polyethylene glycosylated creatine supplementation on muscular strength, endurance, and power output. *J Strength Cond Res*, 23(3), 818-826. (2009)
- [113] Ho, J. Y., Kraemer, W. J., Volek, J. S., et al. L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects biochemical markers of recovery from physical exertion in middle-aged men and women. *Metabolism*, 59(8), 1190-1199. (2010)
- [114] Hobson, R. M., Harris, R. C., Martin, D., et al. Effect of beta-alanine, with and without sodium bicarbonate, on 2000-m rowing performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23(5), 480-487. (2013)
- [115] Hodgson, A. B., Randell, R. K., & Jeukendrup, A. E. The metabolic and performance effects of caffeine compared to coffee during endurance exercise. *PLoS One*, 8(4), e59561. (2013)
- [116] Hoffman, J., Ratamess, N. A., Ross, R., et al. Beta-alanine and the hormonal response to exercise. *Int J Sports Med*, 29(12), 952-958. (2008)
- [117] Hoffman, J. R., Landau, G., Stout, J. R., et al. beta-Alanine ingestion increases muscle carnosine content and combat specific performance in soldiers. *Amino Acids*, 47(3), 627-636. (2015)
- [118] Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Faigenbaum, A. D., et al. Short-duration beta-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. *Nutr Res*, 28(1), 31-35. (2008)
- [119] Hoffman, J. R., Stout, J. R., Falvo, M. J., Kang, J., & Ratamess, N. A. Effect of low-dose, short-duration creatine supplementation on anaerobic exercise performance. *J Strength Cond Res*, 19(2), 260-264. (2005)

- [120] Hogervorst, E., Bandelow, S., Schmitt, J., et al. Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 40(10), 1841-1851. (2008)
- [121] Howe, S. T., Bellinger, P. M., Driller, M. W., Shing, C. M., & Fell, J. W. The effect of beta-alanine supplementation on isokinetic force and cycling performance in highly trained cyclists. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23(6), 562-570. (2013)
- [122] Cha, Y. S., Choi, S. K., Suh, H., Lee, S. N., Cho, D., & Li, K. Effects of carnitine coingested caffeine on carnitine metabolism and endurance capacity in athletes. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*, 47(6), 378-384. (2001)
- [123] Chen, H. Y., Wang, H. S., Tung, K., & Chao, H. H. Effects of Gender Difference and Caffeine Supplementation on Anaerobic Muscle Performance. *Int J Sports Med*, 36(12), 974-978. (2015)
- [124] Cheng, C. F., Hsu, W. C., Kuo, Y. H., Shih, M. T., & Lee, C. L. Caffeine ingestion improves power output decrement during 3-min all-out exercise. *Eur J Appl Physiol*, 116(9), 1693-1702. (2016)
- [125] Chilibeck, P. D., Magnus, C., & Anderson, M. Effect of in-season creatine supplementation on body composition and performance in rugby union football players. *Appl Physiol Nutr Metab*, 32(6), 1052-1057. (2007)
- [126] Christensen, J. (2016). Americans take fewer multivitamins but more vitamin D, omega-3s. from <http://edition.cnn.com/2016/10/11/health/dietary-supplement-trends-steady/>
- [127] Christensen, P. M., Petersen, M. H., Friis, S. N., & Bangsbo, J. Caffeine, but not bicarbonate, improves 6 min maximal performance in elite rowers. *Appl Physiol Nutr Metab*, 39(9), 1058-1063. (2014)
- [128] Chung, W., Baguet, A., Bex, T., Bishop, D. J., & Derave, W. Doubling of muscle carnosine concentration does not improve laboratory 1-hr cycling time-trial performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 24(3), 315-324. (2014)
- [129] Chung, W., Shaw, G., Anderson, M. E., et al. Effect of 10 week beta-alanine supplementation on competition and training performance in elite swimmers. *Nutrients*, 4(10), 1441-1453. (2012)
- [130] Church, D. D., Hoffman, J. R., LaMonica, M. B., et al. The effect of an acute ingestion of Turkish coffee on reaction time and time trial performance. *J Int Soc Sports Nutr*, 12, 37. (2015)
- [131] Chwalbinska-Moneta, J. Effect of creatine supplementation on aerobic performance and anaerobic capacity in elite rowers in the course of endurance training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 13(2), 173-183. (2003)
- [132] Irwin, C., Desbrow, B., Ellis, A., O'Keefe, B., Grant, G., & Leveritt, M. Caffeine withdrawal and high-intensity endurance cycling performance. *J Sports Sci*, 29(5), 509-515. (2011)
- [133] Jackman, M., Wendling, P., Friars, D., & Graham, T. E. Metabolic catecholamine, and endurance responses to caffeine during intense exercise. *J Appl Physiol (1985)*, 81(4), 1658-1663. (1996)
- [134] Jacobson, B. H., & Edwards, S. W. Influence of two levels of caffeine on maximal torque at selected angular velocities. *J Sports Med Phys Fitness*, 31(2), 147-153. (1991)
- [135] Jacobson, B. H., Weber, M. D., Claypool, L., & Hunt, L. E. Effect of caffeine on maximal strength and power in elite male athletes. *Br J Sports Med*, 26(4), 276-280. (1992)
- [136] Jagim, A. R., Wright, G. A., Brice, A. G., & Doberstein, S. T. Effects of beta-alanine supplementation on sprint endurance. *J Strength Cond Res*, 27(2), 526-532. (2013)
- [137] Javierre, C., Barbany, J. R., Bonjorn, V. M., Lizarraga, M. A., Ventura, J. L., & Segura, R. Creatine supplementation and performance in 6 consecutive 60 meter sprints. *J Physiol Biochem*, 60(4), 265-271. (2004)

- [138] Javierre, C., Lizarraga, M. A., Ventura, J. L., Garrido, E., & Segura, R. Creatine supplementation does not improve physical performance in a 150 m race. *Rev Esp Fisiol*, 53(4), 343-348. (1997)
- [139] Jenkins, N. T., Trilk, J. L., Singhal, A., O'Connor, P. J., & Cureton, K. J. Ergogenic effects of low doses of caffeine on cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(3), 328-342. (2008)
- [140] Jones, A. M., Atter, T., & Georg, K. P. Oral creatine supplementation improves multiple sprint performance in elite ice-hockey players. *J Sports Med Phys Fitness*, 39(3), 189-196. (1999)
- [141] Juhasz, I., Gyore, I., Csende, Z., Racz, L., & Tihanyi, J. Creatine supplementation improves the anaerobic performance of elite junior fin swimmers. *Acta Physiol Hung*, 96(3), 325-336. (2009)
- [142] Kambis, K. W., & Pizzedaz, S. K. Short-term creatine supplementation improves maximum quadriceps contraction in women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 13(1), 87-96. (2003)
- [143] Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Campbell, W. I., et al. The effects of creatine monohydrate supplementation with and without D-pinitol on resistance training adaptations. *J Strength Cond Res*, 23(9), 2673-2682. (2009)
- [144] Kern, B. D., & Robinson, T. L. Effects of beta-alanine supplementation on performance and body composition in collegiate wrestlers and football players. *J Strength Cond Res*, 25(7), 1804-1815. (2011)
- [145] Kilding, A. E., Overton, C., & Gleave, J. Effects of caffeine, sodium bicarbonate, and their combined ingestion on high-intensity cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 22(3), 175-183. (2012)
- [146] Kinugasa, R., Akima, H., Ota, A., Ohta, A., Sugiura, K., & Kuno, S. Y. Short-term creatine supplementation does not improve muscle activation or sprint performance in humans. *Eur J Appl Physiol*, 91(2-3), 230-237. (2004)
- [147] Koenig, C. A., Benardot, D., Cody, M., & Thompson, W. R. Comparison of creatine monohydrate and carbohydrate supplementation on repeated jump height performance. *J Strength Cond Res*, 22(4), 1081-1086. (2008)
- [148] Kraemer, W. J., Volek, J. S., French, D. N., et al. The effects of L-carnitine L-tartrate supplementation on hormonal responses to resistance exercise and recovery. *J Strength Cond Res*, 17(3), 455-462. (2003)
- [149] Kreider, R. B., Ferreira, M., Wilson, M., et al. Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 30(1), 73-82. (1998)
- [150] Krzykowski, K., Petersen, E. W., Ostrowski, K., Kristensen, J. H., Boza, J., & Pedersen, B. K. Effect of glutamine supplementation on exercise-induced changes in lymphocyte function. *Am J Physiol Cell Physiol*, 281(4), C1259-1265. (2001)
- [151] Kurosawa, Y., Hamaoka, T., Katsumura, T., et al. Creatine supplementation enhances anaerobic ATP synthesis during a single 10 sec maximal handgrip exercise. *Mol Cell Biochem*, 244(1-2), 105-112. (2003)
- [152] Kutz, M. R., & Gunter, M. J. Creatine monohydrate supplementation on body weight and percent body fat. *J Strength Cond Res*, 17(4), 817-821. (2003)
- [153] Lamina, S., & Musa, D. I. Ergogenic effect of varied doses of coffee-caffeine on maximal aerobic power of young African subjects. *Afr Health Sci*, 9(4), 270-274. (2009)
- [154] Lamontagne-Lacasse, M., Nadon, R., & Goulet, E. D. Effect of creatine supplementation on jumping performance in elite volleyball players. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(4), 525-533. (2011)

- [155] Lane, S. C., Areta, J. L., Bird, S. R., et al. Caffeine ingestion and cycling power output in a low or normal muscle glycogen state. *Med Sci Sports Exerc*, 45(8), 1577-1584. (2013)
- [156] Lariviere, D. (2013). Nutritional Supplements Flexing Muscles As Growth Industry. from <https://www.forbes.com/sites/davidlariviere/2013/04/18/nutritional-supplements-flexing-their-muscles-as-growth-industry/#7f92e0cb8845>
- [157] Laurence, G., Wallman, K., & Guelfi, K. Effects of caffeine on time trial performance in sedentary men. *J Sports Sci*, 30(12), 1235-1240. (2012)
- [158] Legault, Z., Bagnall, N., & Kimmerly, D. S. The Influence of Oral L-Glutamine Supplementation on Muscle Strength Recovery and Soreness Following Unilateral Knee Extension Eccentric Exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 25(5), 417-426. (2015)
- [159] Lehmkuhl, M., Malone, M., Justice, B., et al. The effects of 8 weeks of creatine monohydrate and glutamine supplementation on body composition and performance measures. *J Strength Cond Res*, 17(3), 425-438. (2003)
- [160] Lorino, A. J., Lloyd, L. K., Crixell, S. H., & Walker, J. L. The effects of caffeine on athletic agility. *J Strength Cond Res*, 20(4), 851-854. (2006)
- [161] MacIntosh, B. R., & Wright, B. M. Caffeine ingestion and performance of a 1,500-metre swim. *Can J Appl Physiol*, 20(2), 168-177. (1995)
- [162] McCormack, W. P., Stout, J. R., Emerson, N. S., et al. Oral nutritional supplement fortified with beta-alanine improves physical working capacity in older adults: a randomized, placebo-controlled study. *Exp Gerontol*, 48(9), 933-939. (2013)
- [163] McLellan, T. M., Kamimori, G. H., Voss, D. M., Bell, D. G., Cole, K. G., & Johnson, D. Caffeine maintains vigilance and improves run times during night operations for Special Forces. *Aviat Space Environ Med*, 76(7), 647-654. (2005)
- [164] McNaughton, L. R. The influence of caffeine ingestion on incremental treadmill running. *Br J Sports Med*, 20(3), 109-112. (1986)
- [165] McNaughton, L. R., Dalton, B., & Tarr, J. The effects of creatine supplementation on high-intensity exercise performance in elite performers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 78(3), 236-240. (1998)
- [166] McNaughton, L. R., Lovell, R. J., Siegler, J., Midgley, A. W., Moore, L., & Bentley, D. J. The effects of caffeine ingestion on time trial cycling performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(2), 157-163. (2008)
- [167] Mihic, S., MacDonald, J. R., McKenzie, S., & Tarnopolsky, M. A. Acute creatine loading increases fat-free mass, but does not affect blood pressure, plasma creatinine, or CK activity in men and women. *Med Sci Sports Exerc*, 32(2), 291-296. (2000)
- [168] Mora-Rodriguez, R., Pallares, J. G., Lopez-Gullon, J. M., Lopez-Samanes, A., Fernandez-Elias, V. E., & Ortega, J. F. Improvements on neuromuscular performance with caffeine ingestion depend on the time-of-day. *J Sci Med Sport*, 18(3), 338-342. (2015)
- [169] Mujika, I., Chatard, J. C., Lacoste, L., Barale, F., & Geysant, A. Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc*, 28(11), 1435-1441. (1996)
- [170] O'Rourke, M. P., O'Brien, B. J., Knez, W. L., & Paton, C. D. Caffeine has a small effect on 5-km running performance of well-trained and recreational runners. *J Sci Med Sport*, 11(2), 231-233. (2008)
- [171] Odland, L. M., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., Elorriaga, A., & Borgmann, A. Effect of oral creatine supplementation on muscle [PCr] and short-term maximum power output. *Med Sci Sports Exerc*, 29(2), 216-219. (1997)

- [172] Okudan, N., Belviranlı, M., Pepe, H., & Gokbel, H. The effects of beta alanine plus creatine administration on performance during repeated bouts of supramaximal exercise in sedentary men. *J Sports Med Phys Fitness*, 55(11), 1322-1328. (2015)
- [173] Okudan, N., & Gokbel, H. The effects of creatine supplementation on performance during the repeated bouts of supramaximal exercise. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(4), 507-511. (2005)
- [174] Orer, G. E., & Guzel, N. A. The effects of acute L-carnitine supplementation on endurance performance of athletes. *J Strength Cond Res*, 28(2), 514-519. (2014)
- [175] Ostojic, S. M. Creatine supplementation in young soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 14(1), 95-103. (2004)
- [176] Outlaw, J. J., Smith-Ryan, A. E., Buckley, A. L., et al. Effects of beta-Alanine on Body Composition and Performance Measures in Collegiate Women. *J Strength Cond Res*, 30(9), 2627-2637. (2016)
- [177] Pallares, J. G., Fernandez-Elias, V. E., Ortega, J. F., Munoz, G., Munoz-Guerra, J., & Mora-Rodriguez, R. Neuromuscular responses to incremental caffeine doses: performance and side effects. *Med Sci Sports Exerc*, 45(11), 2184-2192. (2013)
- [178] Park, N. D., Maresca, R. D., McKibans, K. I., Morgan, D. R., Allen, T. S., & Warren, G. L. Caffeines enhancement of maximal voluntary strength and activation in uninjured but not injured muscle. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(6), 639-652. (2008)
- [179] Pasman, W. J., van Baak, M. A., Jeukendrup, A. E., & de Haan, A. The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. *Int J Sports Med*, 16(4), 225-230. (1995)
- [180] Paton, C. D., Hopkins, W. G., & Vollebregt, L. Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 822-825. (2001)
- [181] Perkins, R., & Williams, M. H. Effect of caffeine upon maximal muscular endurance of females. *Med Sci Sports*, 7(3), 221-224. (1975)
- [182] Plaskett, C. J., & Cafarelli, E. Caffeine increases endurance and attenuates force sensation during submaximal isometric contractions. *J Appl Physiol (1985)*, 91(4), 1535-1544. (2001)
- [183] Poli, R. A., Miyagi, W. E., Nakamura, F. Y., & Zagatto, A. M. Caffeine Improved Time to Exhaustion But Did Not Change Alternative Maximal Accumulated Oxygen Deficit Estimated During a Single Supramaximal Running Bout. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 26(6), 549-557. (2016)
- [184] Pontifex, K. J., Wallman, K. E., Dawson, B. T., & Goodman, C. Effects of caffeine on repeated sprint ability, reactive agility time, sleep and next day performance. *J Sports Med Phys Fitness*, 50(4), 455-464. (2010)
- [185] Prevost, M. C., Nelson, A. G., & Morris, G. S. Creatine supplementation enhances intermittent work performance. *Res Q Exerc Sport*, 68(3), 233-240. (1997)
- [186] Pruscino, C. L., Ross, M. L., Gregory, J. R., Savage, B., & Flanagan, T. R. Effects of sodium bicarbonate, caffeine, and their combination on repeated 200-m freestyle performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 18(2), 116-130. (2008)
- [187] Rahimi, R. Creatine supplementation decreases oxidative DNA damage and lipid peroxidation induced by a single bout of resistance exercise. *J Strength Cond Res*, 25(12), 3448-3455. (2011)
- [188] Redondo, D. R., Dowling, E. A., Graham, B. L., Almada, A. L., & Williams, M. H. The effect of oral creatine monohydrate supplementation on running velocity. *Int J Sport Nutr*, 6(3), 213-221. (1996)
- [189] Ribeiro, B. G., Morales, A. P., Sampaio-Jorge, F., et al. Caffeine Attenuates Decreases in Leg Power Without Increased Muscle Damage. *J Strength Cond Res*, 30(8), 2354-2360. (2016)

- [190] Rico-Sanz, J., & Mendez Marco, M. T. Creatine enhances oxygen uptake and performance during alternating intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 32(2), 379-385. (2000)
- [191] Rohde, T., MacLean, D. A., & Pedersen, B. K. Effect of glutamine supplementation on changes in the immune system induced by repeated exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 30(6), 856-862. (1998)
- [192] Romer, L. M., Barrington, J. P., & Jeukendrup, A. E. Effects of oral creatine supplementation on high intensity, intermittent exercise performance in competitive squash players. *Int J Sports Med*, 22(8), 546-552. (2001)
- [193] Rosales Soto, G., Monsalves Alvarez, M., Yanez Sepulveda, R., & Duran Aguero, S. [CAFFEINE INTAKE AND ITS EFFECT ON THE MAXIMAL AEROBIC SPEED CORRIDORS 800 -METER ATHLETES]. *Nutr Hosp*, 32(4), 1703-1707. (2015)
- [194] Rossiter, H. B., Cannell, E. R., & Jakeman, P. M. The effect of oral creatine supplementation on the 1000-m performance of competitive rowers. *J Sports Sci*, 14(2), 175-179. (1996)
- [195] Ryu, S., Choi, S. K., Joung, S. S., et al. Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rats and athletes. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*, 47(2), 139-146. (2001)
- [196] Safdar, A., Yardley, N. J., Snow, R., Melov, S., & Tarnopolsky, M. A. Global and targeted gene expression and protein content in skeletal muscle of young men following short-term creatine monohydrate supplementation. *Physiol Genomics*, 32(2), 219-228. (2008)
- [197] Sale, C., Saunders, B., Hudson, S., Wise, J. A., Harris, R. C., & Sunderland, C. D. Effect of beta-alanine plus sodium bicarbonate on high-intensity cycling capacity. *Med Sci Sports Exerc*, 43(10), 1972-1978. (2011)
- [198] Santos Rde, A., Kiss, M. A., Silva-Cavalcante, M. D., et al. Caffeine alters anaerobic distribution and pacing during a 4000-m cycling time trial. *PLoS One*, 8(9), e75399. (2013)
- [199] Santos, V. G., Santos, V. R., Felipe, L. J., et al. Caffeine reduces reaction time and improves performance in simulated-contest of taekwondo. *Nutrients*, 6(2), 637-649. (2014)
- [200] Sasaki, E., Umeda, T., Takahashi, I., et al. Effect of glutamine supplementation on neutrophil function in male judoists. *Luminescence*, 28(4), 442-449. (2013)
- [201] Sasaki, H., Takaoka, I., & Ishiko, T. Effects of sucrose or caffeine ingestion on running performance and biochemical responses to endurance running. *Int J Sports Med*, 8(3), 203-207. (1987)
- [202] Saunders, B., Sale, C., Harris, R. C., & Sunderland, C. Effect of beta-alanine supplementation on repeated sprint performance during the Loughborough Intermittent Shuttle Test. *Amino Acids*, 43(1), 39-47. (2012)
- [203] Saunders, B., Sale, C., Harris, R. C., & Sunderland, C. Effect of sodium bicarbonate and Beta-alanine on repeated sprints during intermittent exercise performed in hypoxia. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 24(2), 196-205. (2014)
- [204] Silva, A. J., Machado Reis, V., Guidetti, L., et al. Effect of creatine on swimming velocity, body composition and hydrodynamic variables. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(1), 58-64. (2007)
- [205] Skinner, T. L., Jenkins, D. G., Coombes, J. S., Taaffe, D. R., & Leveritt, M. D. Dose response of caffeine on 2000-m rowing performance. *Med Sci Sports Exerc*, 42(3), 571-576. (2010)
- [206] Skinner, T. L., Jenkins, D. G., Taaffe, D. R., Leveritt, M. D., & Coombes, J. S. Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling performance. *J Sci Med Sport*, 16(1), 54-59. (2013)

- [207] Smith-Ryan, A. E., Fukuda, D. H., Stout, J. R., & Kendall, K. L. High-velocity intermittent running: effects of beta-alanine supplementation. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2798-2805. (2012)
- [208] Smith-Ryan, A. E., Woessner, M. N., Melvin, M. N., Wingfield, H. L., & Hackney, A. C. The effects of beta-alanine supplementation on physical working capacity at heart rate threshold. *Clin Physiol Funct Imaging*, 34(5), 397-404. (2014)
- [209] Smith, A. E., Stout, J. R., Kendall, K. L., Fukuda, D. H., & Cramer, J. T. Exercise-induced oxidative stress: the effects of beta-alanine supplementation in women. *Amino Acids*, 43(1), 77-90. (2012)
- [210] Smith, J. C., Stephens, D. P., Hall, E. L., Jackson, A. W., & Earnest, C. P. Effect of oral creatine ingestion on parameters of the work rate-time relationship and time to exhaustion in high-intensity cycling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 77(4), 360-365. (1998)
- [211] Song, Q. H., Xu, R. M., Zhang, Q. H., et al. Glutamine supplementation and immune function during heavy load training. *Int J Clin Pharmacol Ther*, 53(5), 372-376. (2015)
- [212] Spiering, B. A., Kraemer, W. J., Hatfield, D. L., et al. Effects of L-carnitine L-tartrate supplementation on muscle oxygenation responses to resistance exercise. *J Strength Cond Res*, 22(4), 1130-1135. (2008)
- [213] Stadheim, H. K., Kvamme, B., Olsen, R., Drevon, C. A., Ivy, J. L., & Jensen, J. Caffeine increases performance in cross-country double-poling time trial exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 45(11), 2175-2183. (2013)
- [214] Stadheim, H. K., Spencer, M., Olsen, R., & Jensen, J. Caffeine and performance over consecutive days of simulated competition. *Med Sci Sports Exerc*, 46(9), 1787-1796. (2014)
- [215] Stevenson, S. W., & Dudley, G. A. Creatine loading, resistance exercise performance, and muscle mechanics. *J Strength Cond Res*, 15(4), 413-419. (2001)
- [216] Stone, M. H., Sanborn, K., Smith, L. L., et al. Effects of in-season (5 weeks) creatine and pyruvate supplementation on anaerobic performance and body composition in American football players. *Int J Sport Nutr*, 9(2), 146-165. (1999)
- [217] Stout, J. R., Cramer, J. T., Mielke, M., O'Kroy, J., Torok, D. J., & Zoeller, R. F. Effects of twenty-eight days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on the physical working capacity at neuromuscular fatigue threshold. *J Strength Cond Res*, 20(4), 928-931. (2006)
- [218] Stout, J. R., Cramer, J. T., Zoeller, R. F., et al. Effects of beta-alanine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilatory threshold in women. *Amino Acids*, 32(3), 381-386. (2007)
- [219] Stuart, G. R., Hopkins, W. G., Cook, C., & Cairns, S. P. Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37(11), 1998-2005. (2005)
- [220] Stuessi, C., Hofer, P., Meier, C., & Boutellier, U. L-Carnitine and the recovery from exhaustive endurance exercise: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Eur J Appl Physiol*, 95(5-6), 431-435. (2005)
- [221] Sweeney, K. M., Wright, G. A., Glenn Brice, A., & Doberstein, S. T. The effect of beta-alanine supplementation on power performance during repeated sprint activity. *J Strength Cond Res*, 24(1), 79-87. (2010)
- [222] Syrotuik, D. G., & Bell, G. J. Acute creatine monohydrate supplementation: a descriptive physiological profile of responders vs. nonresponders. *J Strength Cond Res*, 18(3), 610-617. (2004)

- [223] Syrotuik, D. G., Game, A. B., Gillies, E. M., & Bell, G. J. Effects of creatine monohydrate supplementation during combined strength and high intensity rowing training on performance. *Can J Appl Physiol*, 26(6), 527-542. (2001)
- [224] Talanian, J. L., & Spriet, L. L. Low and moderate doses of caffeine late in exercise improve performance in trained cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab*, 41(8), 850-855. (2016)
- [225] Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., MacDougall, J. D., Sale, D. G., & Sutton, J. R. Physiological responses to caffeine during endurance running in habitual caffeine users. *Med Sci Sports Exerc*, 21(4), 418-424. (1989)
- [226] Tarnopolsky, M. A., & MacLennan, D. P. Creatine monohydrate supplementation enhances high-intensity exercise performance in males and females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 10(4), 452-463. (2000)
- [227] Tarnopolsky, M. A., Parise, G., Yardley, N. J., Ballantyne, C. S., Olatinji, S., & Phillips, S. M. Creatine-dextrose and protein-dextrose induce similar strength gains during training. *Med Sci Sports Exerc*, 33(12), 2044-2052. (2001)
- [228] Terrillon, K. A., Kolkhorst, F. W., Dolgener, F. A., & Joslyn, S. J. The effect of creatine supplementation on two 700-m maximal running bouts. *Int J Sport Nutr*, 7(2), 138-143. (1997)
- [229] Timmins, T. D., & Saunders, D. H. Effect of caffeine ingestion on maximal voluntary contraction strength in upper- and lower-body muscle groups. *J Strength Cond Res*, 28(11), 3239-3244. (2014)
- [230] Trappe, S. W., Costill, D. L., Goodpaster, B., Vukovich, M. D., & Fink, W. J. The effects of L-carnitine supplementation on performance during interval swimming. *Int J Sports Med*, 15(4), 181-185. (1994)
- [231] Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Roelofs, E. J., Hirsch, K. R., & Mock, M. G. Effects of coffee and caffeine anhydrous on strength and sprint performance. *Eur J Sport Sci*, 16(6), 702-710. (2016)
- [232] Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Roelofs, E. J., Hirsch, K. R., Persky, A. M., & Mock, M. G. Effects of Coffee and Caffeine Anhydrous Intake During Creatine Loading. *J Strength Cond Res*, 30(5), 1438-1446. (2016)
- [233] Trice, I., & Haymes, E. M. Effects of caffeine ingestion on exercise-induced changes during high-intensity, intermittent exercise. *Int J Sport Nutr*, 5(1), 37-44. (1995)
- [234] Tucker, M. A., Hargreaves, J. M., Clarke, J. C., Dale, D. L., & Blackwell, G. J. The effect of caffeine on maximal oxygen uptake and vertical jump performance in male basketball players. *J Strength Cond Res*, 27(2), 382-387. (2013)
- [235] Turley, K., Eusse, P. A., Thomas, M. M., Townsend, J. R., & Morton, A. B. Effects of different doses of caffeine on anaerobic exercise in boys. *Pediatr Exerc Sci*, 27(1), 50-56. (2015)
- [236] Turley, K. R., Rivas, J. D., Townsend, J. R., Morton, A. B., Kosarek, J. W., & Cullum, M. G. Effects of caffeine on anaerobic exercise in boys. *Pediatr Exerc Sci*, 24(2), 210-219. (2012)
- [237] Urbanski, R. L., Vincent, W. J., & Yaspelkis, B. B., 3rd. Creatine supplementation differentially affects maximal isometric strength and time to fatigue in large and small muscle groups. *Int J Sport Nutr*, 9(2), 136-145. (1999)
- [238] Vandebuerie, F., Vanden Eynde, B., Vandenberghe, K., & Hespel, P. Effect of creatine loading on endurance capacity and sprint power in cyclists. *Int J Sports Med*, 19(7), 490-495. (1998)
- [239] Vecchiet, L., Di Lisa, F., Pieralisi, G., et al. Influence of L-carnitine administration on maximal physical exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 61(5-6), 486-490. (1990)

- [240] Veggi, K. F., Machado, M., Koch, A. J., Santana, S. C., Oliveira, S. S., & Stec, M. J. Oral creatine supplementation augments the repeated bout effect. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 23(4), 378-387. (2013)
- [241] Villani, R. G., Gannon, J., Self, M., & Rich, P. A. L-Carnitine supplementation combined with aerobic training does not promote weight loss in moderately obese women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 10(2), 199-207. (2000)
- [242] Volek, J. S., Kraemer, W. J., Bush, J. A., et al. Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. *J Am Diet Assoc*, 97(7), 765-770. (1997)
- [243] Volek, J. S., Kraemer, W. J., Rubin, M. R., Gomez, A. L., Ratamess, N. A., & Gaynor, P. L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects markers of recovery from exercise stress. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 282(2), E474-482. (2002)
- [244] Volek, J. S., Ratamess, N. A., Rubin, M. R., et al. The effects of creatine supplementation on muscular performance and body composition responses to short-term resistance training overreaching. *Eur J Appl Physiol*, 91(5-6), 628-637. (2004)
- [245] Wachter, S., Vogt, M., Kreis, R., et al. Long-term administration of L-carnitine to humans: effect on skeletal muscle carnitine content and physical performance. *Clin Chim Acta*, 318(1-2), 51-61. (2002)
- [246] Wall, B. T., Stephens, F. B., Constantin-Teodosiu, D., Marimuthu, K., Macdonald, I. A., & Greenhaff, P. L. Chronic oral ingestion of L-carnitine and carbohydrate increases muscle carnitine content and alters muscle fuel metabolism during exercise in humans. *J Physiol*, 589(Pt 4), 963-973. (2011)
- [247] Walsh, N. P., Blannin, A. K., Bishop, N. C., Robson, P. J., & Gleeson, M. Effect of oral glutamine supplementation on human neutrophil lipopolysaccharide-stimulated degranulation following prolonged exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 10(1), 39-50. (2000)
- [248] Williams, J., Abt, G., & Kilding, A. E. Effects of creatine monohydrate supplementation on simulated soccer performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(3), 503-510. (2014)
- [249] Williams, J. H., Barnes, W. S., & Gadberry, W. L. Influence of caffeine on force and EMG in rested and fatigued muscle. *Am J Phys Med*, 66(4), 169-183. (1987)
- [250] Williams, J. H., Signorile, J. F., Barnes, W. S., & Henrich, T. W. Caffeine, maximal power output and fatigue. *Br J Sports Med*, 22(4), 132-134. (1988)
- [251] Woolf, K., Bidwell, W. K., & Carlson, A. G. Effect of caffeine as an ergogenic aid during anaerobic exercise performance in caffeine naive collegiate football players. *J Strength Cond Res*, 23(5), 1363-1369. (2009)
- [252] Zuniga, J. M., Housh, T. J., Camic, C. L., et al. The effects of creatine monohydrate loading on anaerobic performance and one-repetition maximum strength. *J Strength Cond Res*, 26(6), 1651-1656. (2012)

