Univerzita Palackého v

OlomouciFakulta tělesné

kultury

SPECIFIKA UŽÍVÁNÍ PŘEDTRÉNINKOVÝCH DOPLŇKŮ STRAVY NA VÝKON VE FITNESS

Diplomová

práce

(Magisterská práce)

Autor: Jiří Drha, UTVma-Zmi

Vedoucí práce: Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.

Olomouc 2021

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Jiří Drha

Název diplomové práce: Specifika užívání předtréninkových doplňků stravy na výkon ve fitness
Pracoviště: Katedra rekreologie

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.

Rok obhajoby bakalářské práce: 2021

Abstrakt: Předtréninkové doplňky jsou velmi oblíbenou skupinou doplňků mezi návštěvníky fitness center. Cílem diplomové práce je vytvořit systematický přehled aktuálních studií, které se zabývají možnými účinky těchto výživových doplňků stravy a jejich vlivem na výkon jedince spolu s charakteristikou nejčastěji se vyskytujících látek. Z výsledků práce vyplývá, že většina doplňků stravy má pozitivní ergogenní vliv zejména při anaerobním cvičení, musí však disponovat kvalitním složením.

Klíčová slova: posilování, stimulant, sport, cvičení, ergogenní prostředek, posilovna, aminokyseliny

Bibliographical identification

Author‘s first name and surname: Jiří Drha

Title of the thesis: Specifics of taking pre-workout supplements for performance in fitness

Department: Department of Recreation and Leisure Studies

Supervisor: Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.

The year of presentation: 2021

Abstract: Pre-workout supplements are a very popular group of accessories among fitness center visitors. The aim of the diploma thesis is to create a systematic overview of current studies that deal with the possible effects of these nutritional supplements and their impact on individual performance, along with the characteristics of the most common substances. The results of the work show that most supplements have a positive ergogenic effect, especially during anaerobic exercise, but they must have a quality composition.

Keywords: resistence training, stimulant, sport, exercise, ergogenic aid, gym, amino acids

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Michala Kudláčka, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědeckéetiky.

V Olomouci dne 30. dubna 2021

Děkuji Mgr. Michalovi Kudláčkovi, Ph.D. a dalším za pomoc a cenné rady, které mi poskytli při zpracování bakalářské práce.

OBSAH

1 ÚVOD 8

2 CÍLE 9

3 METODIKA 10

4 PŘEHLED POZNATKŮ 13

4.1 Fitness 13

4.1.1 Fitness průmysl 16

4.1.2 Vývoj fitness 17

4.2 Tréninkové metody 17

4.3 Doplňky stravy 20

4.3.1 Hlavní přínos ve fitness 23

4.3.2 Psychologické aspekty užívání doplňků stravy 23

4.3.3 Bezpečnost 25

4.3.4 Padělané doplňky stravy 25

4.4 Legislativa 28

4.5 Předtréninkové doplňky stravy 29

4.5.1 Kreatin 30

4.5.2 Citrulin 31

4.5.3 Beta alanin 32

4.5.4 Arginin 34

4.5.5 Kofein 36

4.5.6 Synefrin 37

4.5.7 DMAE (Dimethylaminoethanol) 38

4.5.8 B komplex 39

4.5.9 BCAA (Branched chain amino acids) 40

4.5.10 Tyrosin 41

4.5.11 Cholin 42

4.5.12 Taurin 43
4.5.13 Nitráty z červené řepy 44
4.5.14 Extrakt z černého pepře 45
4.5.15 1,3-DMAA (1,3-Dimethylamylamine) 46
4.5.16 Zdravotní rizika 48
4.5.17 Vhled do českého trhu 49
5 VÝZKUMNÁ ČÁST 52
5.1 Rešerše článků 52
6 DISKUZE 60
7 ZÁVĚR 62
8 SOUHRN 63
9 SUMMARY 64
REFERENČNÍ SEZNAM 65

1 ÚVOD

V poslední dekádě zažívá fitness průmysl enormní růst, ať už se jedná o budování posiloven, fitness center, vzdělávání trenérů, či zakládání firem zaměřující se nejen na sportovní vybavení, oblečení a výrobu doplňků stravy. Doplňky stravy se staly neodmyslitelnou součástí tréninku amatérských i profesionálních sportovců. Návštěvníci fitness center touží po zlepšení svých výkonů, nabuzení do tréninku či oddálení únavy po práci. Vyhledávají proto samostatné látky nebo komplexní produkty, které uspokojí jejich potřeby a umožní jim trénovat dle jejich představ. Výrobci přišli s řešením díry na trhu a v posledních letech zaplavili trh doplňky stravy přímo určenými ke konzumaci před tréninkem. Mnoho začínajících firem si jako svůj první produkt, kterým chce proniknout na trh, vybralo právě předtréninkový doplněk stravy. Ten se v posledních letech stal nezbytnou součástí předtréninkového rituálu mnoha návštěvníků fitness center, kteří si bez něj téměř nedovedou představit trénink. Tyto produkty se velmi rychle staly jednou z nejprodávanější kategorií výživových doplňků, protože uživatelé touží po deklarovaných účincích na obalech, které slibují lepší prokrvení, soustředění, zvýšení síly či oddálení únavy a spoustu dalších benefitů pro trénink. Mnoho jedinců se však nechá poměrně jednoduše oklamat bezchybným marketingem firem, za kterým se skrývají mnohdy průměrné či dokonce podprůměrné produkty s příliš nízkým obsahem aktivních látek ve složení. Mnohdy tak uživatel nezíská deklarované benefity a produkty tak fungují spíš jako placebo.

Přestože se najdou na trhu i kvalitní předtréninkové produkty, které mohou být při tréninku dobrým pomocníkem, mohou být při nesprávném použití zdraví nebezpečné. Nedodržování doporučeného dávkování výrobcem není ve fitness subkultuře nic neobvyklého. Většinou je úmyslné dvojnásobné až trojnásobné překročení doporučené dávky způsobeno právě nedostatečně velkou dávkou aktivních látek, případně návykem způsobeným díky dlouhodobému užívání. Dalším možným zdravotním rizikem je pochybné složení produktů na šedém trhu, kdy určití výrobci zakomponují do složení velmi silné stimulanty nebo jsou produkty kontaminovány dopingovými látkami při nekvalitní výrobě. Mnohdy tak uživatelé vědomě či nevědomě do svého těla vpravují látky, které jsou zakázané regulačními orgány, případně se vyskytují na antidopingové listině, což může mít fatální dopady na jejich sportovní kariéru. Nevědomostí a lehkomyslností tak uživatelé vystavují tělo silným stimulantům, což jim může přivodit zdravotní potíže.

2 CÍLE

Hlavní cíl

Vytvoření systematického přehledu aktuálních studií, zabývajících se možným přínosem užívání předtréninkových doplňků stravy a jejich efekt na výkonnost jedince.

Dílčí cíle

- Charakterizovat nejčastěji se vyskytující látky v předtréninkových doplňcích stravy
- Zjistit hlavní faktory účinnosti

3 METODIKA

Pro diplomovou práci byla použito systematické vyhledávání ve vědeckých elektronických databázích, kde byly vyhledány a hodnoceny vědecké studie a výzkumy věnující se účinkům předtréninkových doplňků stravy na výkonnost. Výsledkem práce je přehledová studie, která vzešla z rešerše provedených výzkumů. Aktuálnost byla zajištěna vyhledáváním vědeckých studií a výzkumů publikovaných v posledních 5 letech (od roku 2016 včetně). Vyhledávání bylo uskutečněno v databázích Pubmed, Web of Science, Pro Quest a Scopus. Klíč pro vyhledávání byl následující:

Pro vyhledávání v databázích byla vybrána tři klíčová slova, jedná se o preworkout, pre-workout a multi-ingredient supplement. Ke klíčovým slovům byla stanovena autorem také skupina příbuzných slov, jedná se o tato hesla: strength (síla), performance (výkonnost), resistence (odpor), exercise (cvičení), endurance (výdrž), effect (efekt), volume (objem) a muscle (sval).

Do databází byla vždy zadávána hesla v anglickém jazyce. Každé klíčové slovo bylo pokaždé vyhledáváno se slovem příbuzným stylem každé s každým, bylo tak pro vyhledávání v databázích vytvořeno 24 variant hledaných slovních spojení. Celkem bylo při vyhledávání vybráno 51 odborných článků, které byly zastoupeny v databázích následovně:

PubMed Central

První databází pro hledání odborných článků byla vybrána databáze PubMed, která nabídla po zadání všech vyhledávacích kritérií 825 článků. Po odstranění duplicitních článků a nerelevantních článků dle titulku postoupilo do rešerše 27 unikátních článků.

Tabulka 1. Výsledky hledání v databázi PubMed Central

PubMed Central								
	volume	strength	resistance	performance	muscle	exercise	endurance	effect
Preworkout	5	6	2	6	0	1	0	0
Pre-workout	0	0	0	0	0	0	0	0
Multi-ingredient supplement	2	1	1	3	0	0	0	0

Web of Science

Druhou prohledávanou databází byla databáze Web of Science, která nabídla po zadání všech vyhledávacích kritérií 570 článků. Po odstranění duplicitních článků z této a předchozí databáze následovalo odstranění nerelevantních článků dle titulku. Do další rešerše postoupilo 12 unikátních článků.

Tabulka 2. Výsledky hledání v databázi Web of Science

Web of Science								
	volume	strength	resistance	performance	muscle	exercise	endurance	effect
Preworkout	0	0	2	0	0	0	0	0
Pre-workout	0	1	1	4	0	1	0	0
Multi-ingredient supplement	0	0	1	0	0	0	0	2

Scopus

Třetí prohledávanou databází byla databáze Scopus. Zde se po zadání vyhledávacích kritérií vyskytlo 529 článků. Po odstranění duplicitních článků z této a předchozí databáze následovalo odstranění nerelevantních článků dle titulku. Do další rešerše postoupilo 5 unikátních článků.

Tabulka 3. Výsledky hledání v databázi Scopus

Scopus								
	volume	strength	resistance	performance	muscle	exercise	endurance	effect
Preworkout	0	0	0	0	0	0	0	0
Pre-workout	0	0	1	0	0	0	0	1
Multi-ingredient supplement	0	1	1	0	0	0	0	1

ProQuest

Poslední vyhledávanou databází byla databáze ProQuest. Zde se po zadání vyhledávacích kriterií vyskytlo 2568 článků. Po odstranění duplicitních článků z této a předchozí databáze následovalo odstranění nerelevantních článků dle titulku. Do další rešerše postoupilo 7 unikátních článků.

Tabulka 4. Výsledky hledání v databázi ProQuest

ProQuest								
	volume	strength	resistance	performance	muscle	exercise	endurance	effect
Preworkout	1	0	1	0	0	0	0	1
Pre-workout	1	0	1	0	1	0	0	0
Multi-ingredient supplement	0	0	1	0	0	0	0	0

4 PŘEHLED POZNATKŮ

4.1 Fitness

Co se skrývá pod pojmem fitness se nedá přesně vytyčit, jelikož existují dva významy, které spolu do jisté míry souvisí. Může se jednat o sportovní odvětví, pro které český překlad neexistuje, nebo o všeobecnou tělesnou zdatnost, pokud se pojem přeloží do češtiny. Přesto nejde fitness jako tělesnou zdatnost přesně definovat, ale existuje spousta definic, které se snaží o co nejkomplexnější vymezení.

Fitness jako fyzická zdatnost

Fitness můžeme rozdělit podle různých kritérií do několika oblastí. Fitness jako fyzickou zdatnost dále dělíme na aerobní a svalovou, patří zde také flexibilita, neuromotorická cvičení a složení těla (Bushman, 2017). Dwyer & Davis (2008) ve své publikaci zmiňují definici pojmu fitness od American College of sports Medicine (ACSM): „Fitness je schopnost dosáhnout střední až vysoké úrovně fyzické aktivity bez zbytečné únavy a schopnost (capability) udržet si tuto schopnost (ability) po celý život“ a definici od President's Council on Physical Fitness and Sport: „Fitness je schopnost vykonávat každodenní úkoly energicky a ostražitě, bez zbytečné únavy a dostatku energie pro trávení volného času a řešení nepředvídatelných mimořádných událostí“.

Podle Deuster et al. (1997) fitness je obvykle považováno za soubor charakteristik, které lidé získávají různými fyzickými silami. Fitness se ve skutečnosti skládá z různých měřitelných složek, z nichž některé souvisejí s dovednostmi a jiné se zdravím.

Fitness tak můžeme rozlišit do dvou kategorií, kdy jedna se věnuje zdravotní stránce (health-related) a druhá stránce dovednostní (skill-related) (Deuster et al., 1997; Dwyer & Davis, 2008). Rozvíjení dovednostních složek u sportovců je naplňováno zařazením specifických cvičení v rámci tréninkových jednotek tak, aby z nich profitovali ve svém sportovním odvětví. Zdravotní složka je důležitá pro všechny, ať už se jedná o sportovce či běžného jedince. Dle U.S. Centers for Disease Control and Prevention jsou zdravotní složky pro běžnou populaci důležitější než složky dovednostní (Dwyer & Davis, 2008). Samozřejmě nelze opomenout transfer naučených dovedností do běžného života, kdy využíváme denně jednotlivé složky v různých formách. Věnování pozornosti jednotlivým složkám je důležité pro rozvoj a udržení dobré fyzické kondice. Díky tomu může daná osoba zvládat každodenní záležitosti bez větších fyzických problémů ve srovnání s osobou, která se nevěnuje či nedostatečně věnuje rozvoji souboru zdravotních složek. Jednotlivé složky obou kategorií jsou

zobrazeny v tabulce 5.

Tabulka 5. Dovednostní a zdravotní složky fitness (Deuster et al., 1997; Dwyer & Davis, 2008)

Dovednostní a zdravotní složky fyzického fitness	
Dovednostní složky	**Zdravotní složky**
agilita	Kardiorespirační zdatnost
rovnováha	Svalová vytrvalost
Koordinace	Svalová síla
Rychlost	Složení těla
Síla	flexibilita
Reakční čas	

Zdravotní složku fitness American College of Sports Medicine (ACSM) definuje následovně: „Fitness je definováno jako souhrn atributů, které lidé mají nebo získají a které souvisejí se schopností vykonávat fyzickou aktivitu.“ (Wilder et al., 2006). Dwyer & Davis (2008) upozorňují, že by mělo být rozvíjeno všech pět zdravotních složek rovnoměrně, aby byla zachována komplexnost všech prvků, které mají na fyzickou kondici vliv. Pravidelná fyzická aktivita může přinést jak zlepšení dovedností, tak zdravotní benefity (Tabulka 6).

Tabulka 6. Zdravotní benefity spojené s pravidelnou fyzickou aktivitou (Bushman, 2017)

Děti a adolescenti (6-17 let)	
Silně podložené důkazy	Zlepšení kardiorespirační a fyzické zdatnosti
	Zlepšení zdraví kostí
	Zlepšení kardiovaskulárních a metabolických zdravotních biomarkerů
	Příznivé složení těla
Středně podložené důkazy	Snížení symptomů deprese
Dospělí (18 a více let)	
Silně podložené důkazy	Snížení rizika brzké smrti
	Snížení rizika onemocnění srdeční tepny
	Snížení rizika mrtvice
	Snížení rizika vysokého krevního tlaku
	Snížení rizika špatného krevního lipidového profilu
	Snížení rizika diabetu 2. typu
	Snížení rizika metabolického syndromu
	Snížení rizika rakoviny tlustého střeva
	Snížení rizika rakoviny prsu
	Prevence proti ztloustnutí
	Hubnutí, především při kombinaci se sníženým kalorickým příjmem
	Zlepšení kardiorespiračních a fyzické zdatnosti
	Prevence proti pádům
	Snížení deprese
	Zlepšení kognitivních funkcí (u starších lidí)
Středně až silně podložené důkazy	Zlepšení funkčního zdraví (u starších lidí)
	Snížení obezity
Středně podložené důkazy	Snížení rizika zlomeniny kyčle
	Snížení rizika rakoviny plic
	Snížení rizika rakoviny endometria
	Udržení hmotnosti po hubnutí
	Zvýšení hustoty kostní tkáně
	Zlepšení kvality spánku

Fitness jako sport

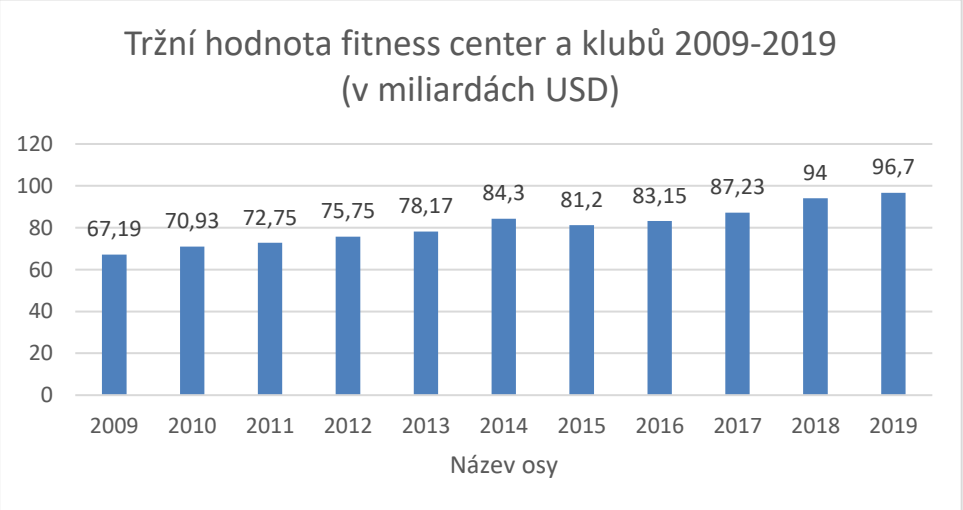
Druhým významem pro fitness je sportovní odvětví, pro nějž neexistuje v českém jazyce slovo. Česká komora fitness (2015, s. 1) definuje termín fitness jako „rozsáhlá oblast pohybových a poradenských aktivit provozovaných pod odborným vedením fitness profesionálů nejen ve sportovních, fitness a tanečních centrech. Spadá pod ni jak individuální, tak i skupinový trénink nejrůznějších forem zdravotně a dovednostně orientovaných cvičení včetně tance a forem Body and Mind."

Fitness tedy může vystihovat jak tělesnou a mentální zdatnost, tak oblast aktivit právě pro rozvoj zdravotně a dovednostně orientovaných složek lidského těla.

4.1.1 Fitness průmysl

Fitness průmysl v posledních 15 letech exponenciálně roste rok co rok, jedná se především o otevírání nových fitness center a zvyšujícím se počtu návštěvníků. Česká komora fitness (2015) definuje fitness sektor jako „odvětví národního hospodářství zahrnující vzdělávání v oboru fitness, celorepublikovou síť sportovních, rekondičních, fitness a tanečních center se zaměřením na všechny věkové kategorie včetně školních a dalších sportovních klubů a také oblast produkce a prodeje sportovního vybavení, oblečení, obuvi, digitálních technologií a produktů zdravé a sportovní výživy."

Celosvětové tržby fitness center a klubů ze statistického průzkumu Gough (2021) vzrostly za období 2009-2019 o 43,9 % na 96,7 miliard amerických dolarů (Obrázek 1.). Úspěch průmyslu je založen na poskytování vize všem lidem, že fitness je základní cesta k získání tělesné zdatnosti a formování těla k obrazu svému. Tyto výhody získá kdokoliv, kdo se aktivně zapojí a bude využívat služeb, které tento průmysl poskytuje.



Obrázek 1. Tržní hodnota fitness center a klubů (Gough, 2021)

4.1.2 Vývoj fitness

Fitness jakožto formu tělesné kultury můžeme datovat již od středověku, kde se nejednalo o sport, ale o způsob tělesného rozvoje a zlepšení atletismu (Embleton & Thorne, 1998). Hřebačka (2012) uvádí, že budování svalové hmoty čistě z estetických důvodů se začalo objevovat až na konci 19. století, toto období je nazýváno rannými léty kulturistiky. Zlatou érou kulturistiky je nazýváno období mezi lety 1950-1980, kdy byly položeny základy moderní kulturistice a silovému tréninku (Caha, 2011). Z kulturistiky se postupně vyčlenilo fitness, které se liší v tréninku především zaměřením na všeobecnou fyzickou kondici (do které nepochybně spadá také budování svalové hmoty) a ne pouze hypertrofií svalstva. Větší rozdíly mezi oběma kategoriemi jsou viditelné v soutěžní kulturistice a fitness (Caha, 2014).

Posilovny byly uzpůsobeny kulturistům zejména pro rozvoj tělesné hmoty a zdaleka neposkytovaly vybavení, jaké známe z dnešních fitness center. Od tohoto období se začaly budovat posilovny a o cvičení nabíralo na popularitě i mezi širší veřejností. Obrovský nárust fitness center a zdokonalování jejich vybavení nastává po roce 1990 (Tlapák, 2019). Ve stejném roce zařadila ACSM k aerobní aktivitě také odporové cvičení jako doporučenou metodu pro rozvoj a udržení fyzické zdatnosti, zejména budování a udržení svalové hmoty (Bagchi et al., 2019).

S rozšiřujícím vybavením se fitness centra odprošťují od pevného spojení s kulturistikou a nabízí využití jak pro ostatní sporty, tak pro zlepšení fyzické kondice běžné populaci. Fitness centra se tak stávají útočištěm sportovní i běžné populace nejen pro posílení fyzické, ale také psychické kondice (Bagchi et al., 2019). Mnoho fitness center totiž mimo běžné sportovní vybavení nabízí i relaxační zóny se saunami, vířivkami, bazény či masážemi. Stávají se tak komplexními středisky pro péči o tělo i mysl, což dokazuje fakt, že je fitness velmi obsáhlý a komplexní průmysl celosvětového měřítka, který se těší rok co rok větší popularitě.

4.2 Tréninkové metody

Jelikož se fitness zabývá celkovou tělesnou zdatností, využívá kromě aerobních aktivit také aktivity anaerobní. Nedílnou součástí tréninku je budování síly pomocí odporového cvičení, kdy se tělo nebo jeho část pohybuje proti určité síle kladoucí pohybu odpor. Může se jednat o vlastní tělo, činky, posilovací stroje, medicinbaly apod.

Lehnert et. al. (2014) uvádí následující druhy síly:

- **Maximální síla** – schopnost vyvinout volní kontrakcí nejvyšší úroveň síly při dynamické nebo statické činnosti
- **Rychlá síla** – schopnost dosáhnout co největšího silového impulsu v daném časovém intervalu, nebo dosáhnout co nejvyšší hodnoty v co nejkratším čase.
- **Reaktivní síla** – schopnost vytvořit optimální silový impuls v cyklu natažení-zkrácení času.
- **Silová vytrvalost** – schopnost opakovaně překonávat nebo brzdit nemaximální odpor, případně jej po delší dobu udržovat, bez snížení efektivity pohybové činnosti.

Stoppani (2015) uvádí, že každá tréninková jednotka je tvořena nejméně pěti tréninkovými proměnnými, které lze upravovat pro požadovaný výsledek:

- Pořadí cviků
- výběr cviků
- počet sérií
- délka přestávek mezi sériemi
- velikost odporu

V průběhu let tak vzniklo díky kombinací tréninkových proměnných a požadovaných efektů nespočet tréninkových metod, které mohou pomoci v rozvoji síly a hypertrofie, případně překonání stagnace. Petr a Šťastný (2012) však upozorňují, že neexistuje univerzální a dokonalý trénink, protože na stejný stimul reagují jedinci rozdílně a konstantní tréninkový program bez změn vede ke stagnaci. Jedinec by tak měl plánovaně využívané tréninkové metody obměňovat, aby zajistil dostatečný stimul pro výkonnostní posun.

Lehnert et. al. (2014) dělí metody silového tréninku do tří základních skupin:

1. Metody opakovaných a submaximálních úsilí
2. Metody maximálních úsilí
3. Metody dynamických úsilí

Stoppani (2015) poskytuje podrobnější dělení pokročilých metod využitelných pro rozvoj svalového objemu a síly:

- Metody manipulující se sériemi
- Metody manipulující s opakováními
- Metody manipulující s odporem
- Metody manipulující s přestávkami
- Metody manipulující s výběrem cviků
- Metody manipulující s frekvencí

Při plánování tréninkových jednotek a období silového tréninku je vždy zapotřebí si vytyčit cíl, čeho chce jedinec dosáhnout. Může se jednat o hypertrofii, nápravu dysbalancí, zvyšování maximální síly, redukce tuku či zlepšení požadované sportovní výkonnosti (Lehnert et al.,2014; Petr & Šťastný, 2012). Ke každému požadovanému výsledku tak vede odlišný přístup ve výběru tréninkových metod. Tabulka 7 nabízí obecný a základní přehled vztahu počtu opakování, velikosti odporu a doby trvání na účinek.

Tabulka 7. Vztah maximálního počtu opakování, velikosti odporu a doby trvání série včetně tréninkového účinku (Petr & Šťastný, 2012)

Počet opakování	% maximálního odporu	Doba svalové tenze (TUT)	účinek
1	100,0	Do 20 s	Nárůst maximální síly; vysoký nervosvalový efekt
2	94,3		
3	90,6		
4	88,1		
5	85,6		
6	83,1	20-40 s	Optimální kompromis pro nárůst maximální síly a hypertrofie
7	80,7		
8	78,6		
9	76,5	40-70 s	Ideální rozmezí pro hypetrofii, které dále může vést ke zvýšení maximální síly
10	74,4		
11	72,3		
12	70,3		
13	68,8	Nad 70 s	Vytrvalostní síly; snížený účinek na hypetrofii svalstva.
14	67,5		
15	66,2		
16	65,0		
17	63,8		
18	62,7		
19	61,6		
20	60,6		

4.3 Doplňky stravy

Doplňky stravy, mnohdy označované jako suplementy, jsou používány stovkami milionů lidí po celém světě a počet uživatelů se každý rok zvyšuje. Definice uvedená v § 2 písm. g) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, zní: „doplňkem stravy je 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."

Doplňky výživy jsou volně dostupné nejen v supermarketech, lékárnách, specializovaných prodejnách a internetových obchodech (Ho et al., 2008). Dle jejich zaměření jsou používány jak sportovci, tak běžnou populací. Mason (2007) uvádí nejčastější důvody pořizování a užívání doplňků stravy:

- Náhrada pevné stravy
- Zlepšení celkového zdraví
- Prodloužení vitality a oddálení problémů spojených s věkem
- Proti stresu
- Na doporučení lékaře
- Těhotenství
- Hubnutí
- Zvýšení sportovní výkonnosti
- Prevence a léčba symptomů rýmy, rakoviny, slabého zraku, kožních problémů, artritidy apod.

Mason (2007) dělí doplňky stravy podle typu na:

- Vitamíny
- Minerály
- Aminokyseliny
- Enzymy
- Výtažky z rostlin
- další

Roubík (2018) nabízí podrobnější dělení, kde rozděluje doplňky do dvou hlavních skupin: základní doplňky stravy jako doplňkové zdroje živin a suplementy zvyšující sportovní výkon – ergogenní látky. Připomíná, že dělení není přesné, jelikož se ve fitness některé skupiny doplňků stravy překrývají. Některé produkty pro doplnění živin tak mohou mít přímý vliv na zvyšování výkonnosti.

Základní doplňky stravy dělí na:

- Proteiny
- Aminokyseliny
- Sacharidy
- Suplementy s obsahem tuků
- Vitamíny a minerální látky
- Iontové nápoje
- Kloubní výživa
- Fitness potraviny

Doplňky stravy zvyšující výkon dělí na:

- Kreatin
- Anabolizéry
- Stimulanty a NO produkty
- Spalovače tuk

Vyhláška 58/2018 Sb. o doplňcích stravy a složení potravin nabízí dělení také podle formy:

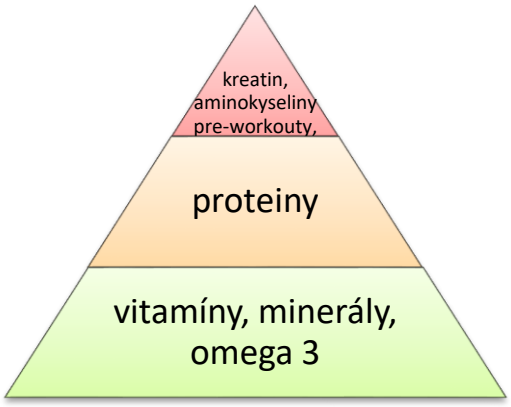
- tobolky
- pastilky
- tablety
- prášek
- pilulky a jiné obdobné formy
- kapalina v ampulích a lahvičkách
- jiné podobné formy kapalných nebo sypkých výrobků

Dle Bagchi et al. (2019) užívá doplňky stravy až 75 % dospělé populace a až 90 % sportovců. Nejen u sportovců, ale i u běžné populace nejčastěji převládají doplňky stravy v tabletové formě, které v roce 2020 tvořily 34,9 % všech prodejů (Grand View Research, 2021).

Roubík (2018) upozorňuje na určitou posloupnost ve stravování, která platí pro všechny sportovce bez ohledu na životní styl, sportovní odvětví a výkonnostní úroveň (Obrázek 2). Mnoho uživatelů opomíjí, že jsou to stále jen doplňky stravy, pomyslný vrchol ledovce, a tak jim přikládají nesmyslně vysokou váhu. Zapomínají tak na základní principy a hodnoty stravování a tréninku, které nejdou pomocí doplňků stravy nahradit, případně nebudou mít požadovaný účinek, pokud nejsou dobře nastaveny základní principy. Doplňky stravy tak dle (Bean, 2015) nemůžou kompenzovat nezdravé stravování, nepravidelný trénink a nedostatek odpočinku.

Obrázek 2. Pyramida posloupnosti ve stravování (Roubík & Šindelář, 2018)

Stejně jako má stravování svou posloupnost, tak mají svou posloupnost i doplňky stravy (Obrázek 3), kdy by každý uživatel měl brát ohled na základ suplementace v podobě mikronutrientů – vitamíny, minerály, antioxidanty a omega 3 mastné kyseliny a postupně se posouvat v žebříčku výš, tedy od nejdůležitějšího k nejméně důležitému, což jsou většinou velmi specificky zaměřené doplňky stravy (Bagchi et al., 2019). Vyvážený příjem mikronutrientů je zásadní pro optimální fungování organismu, zpracování jednotlivých živin, naladění imunitního systému, zrychlené regenerace či zvýšení fyzického výkonu (Driskell & Wolinsky, 2006).



Obrázek 3. Suplementační pyramida (Bureš, 2020)

Trh s doplňky stravy je multi miliardový byznys, který se rozvíjí a každým rokem se zvětšuje. Tržní hodnota v roce 2006 byla odhadována na 60 miliard USD (Geyer et al., 2008). Dle Facts & Factors (2020) dosáhla tržní hodnota tohoto průmyslu v roce 2019 na 167,8 miliard USD a předpokládá se, že dosáhne do roku 2026 na hodnotu 306,8 miliard USD. Grand View Research (2021) přináší nižší hodnoty, kdy očekává hodnotu trhu v roce 2021 na úrovni 151,9 miliard USD a předpovídá hodnotu 272,4 miliard USD v roce 2028. Očekává se, že přibývající množství lidí s obezitou, cukrovkou a kardiovaskulárních onemocnění napříč světem zvýší poptávku po doplňcích.

V roce 2020 se nejvíce dařilo prodeji doplňků na zvýšení energie a snížení hmotnosti, kdy tyto oblasti generovaly 29,5 % tržeb všech doplňků (Grand View Research, 2021). Je pravděpodobné, že tyto segmenty jsou populární díky hektické době zaměřené na budování kariéry, kdy lidé potřebují externě dodávat energii, jelikož nemají čas na plnohodnotnou regeneraci a odpočinek k obnově vlastních energetických sil. Sedavý styl života, absence pohybu a zvyšující se obezita jsou pravděpodobně důvody prodeje produktů na hubnutí. Dle studie Grand View Research (2021) zaujímá v tržbách za doplňky stravy dominantní postavení Severní Amerika, která vygenerovala 35.7 % celosvětových tržeb v roce 2020. Asie zažívá

signifikantní růst a očekává se, že se v roce 2028 stane největším trhem na světě, díky zvyšující se základně uživatelů především v Číně, Indii a Jižní Korei.

4.3.1 Hlavní přínos ve fitness

Užívání doplňků stravy ve fitness se odlišuje od užívání běžnou populací zejména ve výběru specifických doplňků určených pro sportovní výživu. Běžná populace užívá doplňky stravy zejména pro posílení zdraví, zlepšení paměti, snížení stresu, zvýšení energie a imunity. Nejčastěji používanou kategorií jsou multivitaminy a rostlinné produkty (Greenwood et al., 2015), zatímco ve fitness je nejpoužívanějším doplňkem stravy protein (Dreher et al., 2018). Ve fitness mají doplňky stravy své místo a při správně sestaveném jídelníčku a tréninku mají důležitý synergický význam na růst sportovní výkonnosti, protože poskytují výhody, které běžná strava neposkytuje. Roubík (2008) zmiňuje tři hlavní přínosy zařazení doplňků stravy:

1. **Redistribuce krve v průběhu a po skončení sportovního tréninku**. Při namáhavém sportovním výkonu klesá průtok krve v trávící soustavě až o 80 %, příjmem pevné stravy by se tak značně zatížil trávící systém, zpomalila by se hormonální odezva a mohlo by dojít k zažívacím potížím. Příjmem lehce stravitelných doplňků stravy se nezatíží trávící trakt a zároveň dodají tělu potřebné živiny, díky jejich dobré vstřebatelnosti.

2. **Lepší stravitelnost a využitelnost většího množství bílkovin**. Ve fitness je kladen důraz na zvýšený příjem bílkovin, proto může být problém denní potřebu bílkovin pokrýt z pevné stravy. Proteinové nápoje tak poskytují lehce stravitelný a vysoce biologicky využitelný zdroj bílkovin. Pokud je vyroben šetrnou metodou CFM, uchovává si spoustu biologických frakcí, např. glykomakropeptidy, imunoglobuliny a laktoferiny.

3. **Větší efekt na zvýšení sportovní výkonnosti**. Nejen ergogenní látky jako např. kreatin a kofein poskytují zvýšení výkonu, ale také běžně se vyskytující aminokyseliny, vitamíny a omega-3 mastné kyseliny mohou mít pro sportovce řadu benefitů. Doplňky stravy navíc umožňují užívat látky, které ve stravě přijímáme v nedostatečném množství nebo vůbec. Některé látky přímo vedou ke zvýšení aerobního a anaerobního výkonu, pomáhají spalovat tuk, případně jimi lze dosáhnout zvýšené proteosyntézy ve svalech.

4.3.2 Psychologické aspekty užívání doplňků stravy

Převážná většina studií se zaměřuje pouze na fyziologické vlastnosti užívaných látek, malá pozornost je tak věnována porozumění motivace k užívání doplňků stravy ve fitness.

Zájem o ně roste každým rokem, což dokazuje neustále se zvyšující tržní hodnota tohoto průmyslu. Používání doplňků stravy je mezi návštěvníky fitness center velmi běžné. Při zaměření na profil typického uživatele doplňků. Karimian a Esfahani (2011) dospěli ve své studií k zajímavému zjištění vztahu mezi počtem užívaných doplňků stravy a znalostech o nich. Čím více znalostí o doplňcích měli návštěvníci fitness centra, tím menší počet jich používali. Důvodem může být fakt, že vzdělanější lidé v oblasti fungování doplňků stravy se nenechají ovlivnit marketingem výrobců, kteří slibují rychlé a výrazné účinky jejich produktů na obalu, případně skrz propagaci sponzorovaným sportovcem či odborníkem.

Nejčastějšími důvody návštěvníků fitness center k užívání doplňků stravy jsou dle zjištění (Dreher et al., 2018; Karimian & Esfahani, 2011) zlepšení fyzické a psychické výkonnosti, zdravotní benefity a zlepšení kvality života. Muži upřednostňují zlepšení fyzické výkonnosti, zatímco ženy volí zdravotní benefity a zlepšení kvality života, čehož dosáhnou převážně skrz spokojenost se vzhledem své postavy.

Pokud doplněk stravy funguje rychle, efektivně a vede k odměně (např. zvýšení síly či hubnutí), může se dle Greenwood et al. (2015) použít operantní podmiňování pro vysvětlení dalšího používání doplňků stravy. Zmiňuje několik dalších teorií, které by mohly přiblížit a vysvětlit motivaci k používání doplňků stravy ve fitness.

- **Teorie plánovaného chování** – teorie považuje důležitost norem, postojů a vnímané kontroly chování za prediktory záměru zapojit se do chování, které je částečně pod naší vůlí. Pochopení toho, jak jsou doplňky považovány za dobré/špatné (postoj), běžně používané nebo schválené (subjektivní norma) a dostupné či snadno použitelné (vnímaná kontrola chování). V úvahu by se měly vzít i přesvědčovací účinky vlivných lidí (oblíbení sportovci, experti, uznávané osobnosti ve fitness), kteří poukazují na účinnost určitých doplňků.

- **Teorie rovnováhy** – jednotlivci mohou změnit své jednání (začít užívat doplňky) nebo postoje (odpuštění), když čelí situaci, která způsobuje nerovnováhu v myšlení a jednání (např. jejich oblíbený sportovec užívá doplňky stravy).

- **Teorie výkonových cílů** – jedinci motivovaní porazit ostatní nebo vyhrát, tedy takoví, kteří hodnotí úspěch na základě porovnávání s ostatními, jsou více svolní k užívání doplňků stravy a dopingových látek.

- **Adonisův komplex** – Muži postihnuti tímto komplexem jsou posedlí svým vzhledem a představou, jak je vnímá veřejnost. Ve fitness se často se vyskytuje svalová dysmorfie, kdy se jedinci považují za slabé a malé, i přes velmi velký, svalnatý vzhled. Při intenzivním cvičení je užívání doplňků jeden ze způsobů, jak podpořit růst svalů.

4.3.3 Bezpečnost

Přestože se část začínající sportovců (případně jejich rodiče) může obávat užívání doplňků stravy, není důvod mít pochybnosti, pokud se budou řídit doporučeným dávkováním výrobců a budou používat výhradně doplňky stravy schválené pro český trh. Přestože by všichni výrobci měli splňovat přísná kritéria kvality a dodržovat deklarovaný obsah látek, Bean (2015) upozorňuje, že se kvalita výroby může lišit. Může se tak naskytnout riziko kontaminace zakázanými látkami, především anabolickými androgenními steroidy, prohormony a stimulanty (Geyer et al., 2008; Martínez-Sanz et al., 2017; Striegel et al., 2005). Na trhu se vyskytují produkty, které jsou padělané, kontaminované, případně obsahují jiné látky, než které jsou deklarovány na obalu (Odoardi et al., 2021) nebo deklarovanou látku vůbec neobsahují (Jendrzejewska, 2020). Tyto vadné produkty se většinou prodávají na pochybných internetových obchodech či u překupníků na sociálních sítích. Prodejci občas za účelem zvýšení prodeje deklarují původ látky jako čistě přírodní extrakt z dané rostliny, ve skutečnosti se však jedná o látky synteticky vytvořené, které se v přírodě nevyskytují, jak prokázalo několik studií (Austin et al., 2014; Avula, Smillie, et al., 2015; Avula, Wang, et al., 2015; Cohen et al., 2014; Přibylka et al., 2015; Y. Zhang et al., 2012).

Bezpečnostní směrnice vytváří v Evropě Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) a v USA Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA). V České republice provádí kontrolu Státní zemědělská a potravinářská inspekce, která je podřízena ministerstvu zemědělství. Pokud by kontrola objevila ve složení zakázanou látku, okamžitě by musel být produkt stažen z trhu. Proto mohou všechny produkty oficiálně prodávané na českém trhu používat i testovaní sportovci. Bezpečnost povolených látek je dlouhodobě prověřena řadou studií, které potvrdily nezávadnost pro lidský organismus (Greenwood et al., 2015; Roubík, 2018).

4.3.4 Padělané doplňky stravy

Padělání je lukrativní business v jakémkoliv odvětví. Dle Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj a Úřadu Evropské unie pro duševní vlastnictví padělané výrobky v roce 2019 zaujímaly 3.3 % celosvětového obchodu, kdy v roce 2016 na základě údajů o celním zabavení hodnotu 509 miliard USD (OECD, 2019).

Padělané hodinky či oblečení ovšem nejsou hrozbou pro zdraví, jako padělaná farmaceutika a doplňky stravy. Zákazník tak může nevědomě do těla dostat v nejlepším případě neškodné či nefungující látky, např. produkt deklarující obsah třezalky tečkované tuto bylinu vůbec neobsahoval. Kapsle obsahovaly rozemletou rýži a rostlinu kassii pravou (Newmaster et al., 2013), v horším případě mohou obsahovat zdraví škodlivé látky. Pochybnosti mohou nastat také ohledně kvality a původu potravin, což samo o sobě může být zdraví škodlivé. Téměř všechny kategorie doplňků stravy se padělají, především velmi známé produkty světových značek.

Na trhu se objevily padělané produkty pro podporu erekce (Chiang et al., 2016; Ortiz et al., 2013), proteiny (Dilshad, 2020), multivitaminy (Peña–Acevedo et al., 2020), přírodní produkty jako ginko biloba (Budeč et al., 2019) chlorela či kurkuma (Adams, 2013), ale také spalovače tuků (Shapira et al., 2016) a předtréninkové doplňky (BodyShock, 2018).

BodyShock (2018) přináší srovnání originálního a padělaného předtréninkového produktu Mesomorph od americké firmy APS, který zaplavil polský trh. Zmiňuje 5 hlavních rozdílů na obalu:

1. U neoriginálního produktu je místo textu DMAA ENHANCED text NEW SUPER CONCETRATE
2. Neoriginální produkt má u hmotnosti zkratku gram označenou jako GR místo G a chybí uvedená hmotnost v imperiální jednotce
3. Ochranný plastový obal či pečeť na víčku má odlišný font a víčko je u neoriginálního produktu vroubkované, zatímco u originálního produktu je hladké.
4. Font a barvy na obalu se mírně liší.
5. Odlišný popis látky ve složení

Obrázek 6. Padělaný doplněk stravy (BodyShock, 2018)

Obrázek 7. Padělaný doplněk stravy 2 (BodyShock, 2018)

Potencionální zákazník by tak měl vždy dbát na původ produktu, čímž docílí hlavně nákupem u ověřeného kamenného či internetového prodejce. Neměl by nakupovat doplňky stravy z druhé ruky, od překupníků, neověřených prodejců či na pochybných webových stránkách, kde jsou ke koupi za podezřele nízkou cenu.

Spousta výrobců se snaží předcházet padělání pomocí různorodých ochranných prvků. Optimum Nutrition, jeden z největších výrobců doplňků stravy na světě, poskytuje pro své zákazníky přehled a popis prvků, které by jejich produkty měly obsahovat jak na evropském, tak americkém trhu. Poskytují detailní popis ochranné fólie na víčku, designu nádoby, víčka zabezpečující vakuum, množství produktu v nádobě, odměrky a čísla šarže s datumem (Optimum Nutrition, n.d.). MuscleBlaze® poskytuje v každém produktu unikátní kód, kterým se na jejich oficiálních webových stránkách dá ověřit pravost produktu (MuscleBlaze, n.d.). Olimp® a VitaHealth® poskytují pro své zákazníky mobilní aplikaci, skrz kterou načtou QR kód na produktech, čímž dojde ke kontrole a ověření pravosti (Olimp, n.d.; VitaHealth, n.d.).

4.4 Legislativa

Veškeré doplňky stravy na našem trhu musí splňovat přísná kritéria stanovená českou a evropskou legislativou. Dle Státní zemědělské a potravinářské inspekce (2019) je dán právní rámec kontroly doplňků stravy následujícími právními předpisy:

Směrnice Evropského parlamentu a Rady **2002/46/ES** o sbližování právních předpisů členských států týkajících se doplňků stravy

Nařízení Komise **č. 1170/2009**, kterým se mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/46/ES a nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1925/2006, pokud jde o seznamy vitaminů a minerálních látek a jejich forem, které lze přidávat do potravin, včetně doplňků stravy

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) **č. 178/2002**, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) **č. 1924/2006** o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) **č. 1169/2011** o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady

90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnic
Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004

Nařízení Komise (EU) **č. 432/2012**, kterým se zřizuje seznam schválených zdravotních tvrzení při označování potravin jiných než tvrzení o snížení rizika onemocnění a o vývoji a zdraví dětí

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) **č. 2015/2283** o nových potravinách o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 a o zrušení nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97 a nařízení Komise (ES) č. 1852/2001

Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 58/2018 Sb., o doplňcích stravy a složení potravin

Výrobci a dovozci tak mají přesně určené látky, jejich formu a množství, které se mohou dostat na trh. Legislativa jim také určuje, co vše musí obsahovat etiketa produktu, případně jakým způsobem postupovat při uvedení produktu na trh.

4.5 Předtréninkové doplňky stravy

Produkty vytvořené speciálně pro podporu výkonu v tréninku můžeme najít také pod označením pre-workout, nakopávač, booster či pumpa. Užívají se zhruba 30 min před tréninkem a díky synergii různých látek konzumovaných společně je jejich hlavním účinkem dočasné zvýšení tělesných a případně duševních funkcí, zvýšení energie, prodloužení vytrvalosti, podpora přírůstku svalové hmoty a snížení oxidativního stresu, čímž se zkracuje opožděná svalová bolest (Dreher et al., 2018; Roubík, 2018; Spradley et al., 2012). Děje se tak díky efektu jednotlivých látek, ale také díky jejich synergii, kdy se navzájem ovlivňují a společně zvyšují účinnost.

Dle účelu se liší složení a rozdělují se do dvou hlavních skupin: NO pumpy a tzv. nakopávače. NO pumpy mají za cíl zvýšit tvorbu NO (oxid dusnatý), které zajistí lepší prokrvení svalů na rozdíl od nakopávačů, jejichž složení je postaveno kolem stimulantů, které mají nabudit do tréninku, eliminovat únavu a zlepšit soustředění na trénink. Na trhu se najdou produkty obou kategorií, nejčastěji se však vyskytuje komplexní produkt kombinující látky stimulační i látky zvyšující NO produkci. Obsahují většinou stimulanty (např. kofein) a látky zvyšující NO produkci (např. arginin), anabolizéry (např. HMB), spalovače tuků (např. synefrin) a kreatin. Mnohdy jsou doplněny o vitamíny (např. antioxidanty), aminokyseliny

(např. BCAA) a výtažky z rostlin (např. Rhodiola rosea) (Dreher et al., 2018; Roubík, 2018).

Tyto doplňky stravy jsou na rozdíl od běžných doplňků stravy používány v drtivé většině sportovci před tréninkem. Látky obsažené v produktech přímo zvyšují nebo by měly zvyšovat sportovní výkon. Roubík (2018) zmiňuje některé mechanismy vlivu na výkon, např. mechanismus zlepšení anaerobního a aerobního výkonu, zvýšení anaerobního prahu, zvýšení maximální svalové síly, dále změna tělesného složení ve smyslu nárustu čisté svalové hmoty a zvýšená oxidace tuků jako zdroj energie.

Účinek zvýšení výkonu je prokázán u několika látek, např. kreatinu (Atakan et al., 2019; Hummer et al., 2019; Kaviani et al., 2019), kofeinu (Bagchi et al., 2019; Lopes-Silva et al., 2021) a látek zvyšující NO produkci (Speer et al., 2020; Viribay et al., 2020), zatímco jiné látky obsažené v těchto produktech nebyly dostatečně probádány tak, aby se potvrdily deklarované účinky od výrobce, např. DMAE (4.5.7).

4.5.1 Kreatin

Kreatin je přirozeně se vyskytující sloučenina poprvé popsána v roce 1832. Název je odvozen od řeckého kreas, což znamená maso (Coates et al., 2010). Kreatin je uložen ve vysokých koncentracích v kosterním svalstvu a srdečním svalu a je tvořen z aminokyselin argininu, glycinu a methioninu (Roubík, 2008). Endogenně se vytvoří cca 50 % denní potřeby, zbytek je doplněn z potravy, hlavně z masa. Vegetariáni a lidé nekonzumující maso by tak měli zvážit užívání kreatinu ve formě doplňku stravy, jelikož u nich byly prokázány snížené hodnoty kreatinu, což může narušit pochody v jejich těle (Coates et al., 2010; Roubík, 2018).

Tělo využívá různé energetické systémy k doplnění ATP během aktivity. Rychle působící anaerobní systém se nazývá fosfagenový, skrz nějž doplňuje kreatin množství ATP. Je prokázáno, že příjem kreatinu zvyšuje množství volného kreatinu a kreatin fosfátu, čímž prodlužuje působení fosfagenového systému. Zvýšené zásoby kreatin fosfátu zvyšují anaerobní a silové výkony (Hummer et al., 2019). Zásoby kreatinu jsou omezené na krátký časový úsek, proto je pro obnovu ATP u déle trvajících aktivit potřeba glukózy a mastných kyselin (Roubík, 2008).

Ačkoliv přijímáme kreatin ve stravě (maso) a běžně se vyskytuje v lidském těle, je spolu se syrovátkovými proteiny nejznámějším a nepoužívanějším doplňkem stravy světě. Je zároveň jeden z vědecky nejprozkoumanějších doplňků, u kterého byla opakovaně prokázána bezpečnost i účinnost (Roubík, 2008). Kreatin je využíván ve sportu pro zvýšení fyzické výkonnosti, nejčastěji u silových aktivit (Hummer et al., 2019).

Využití ve sportovní výživě

Kreatin se na trhu objevuje samostatně i jako součást doplňků stravy v mnoha chemických podobách, nejčastější a nejefektivnější formou je monohydrát. Mezi další formy patří ethyl ester, hydrochlorid, nitrát, malát, pyruvát a Kre-Alkalyn® (Roubík, 2008).

Kreatin u starších lidí značně zvýšil sílu a svalovou hmotu u netrénovaných lidí ve srovnání s kontrolní skupinou, kteří podstoupili 12týdenní posilovací trénink. Dle výsledků studie (Johannsmeyer et al., 2016) je kreatin efektivnější u mužů než u žen. Pinto et al. (2016) také zkoumal vliv kreatinu u starší netrénované populace, která podstoupila 12 týdenní posilovací trénink. Skupina s kreatinem zaznamenala proti placebo skupině signifikantní nárust svalové hmoty, nezaznamenali však významnější silové zlepšení. Pozitivní účinky má kreatin i u mladší trénované populace, kdy ve studiích (Hummer et al., 2019; Mills et al., 2020) u mladých trénovaných jedinců vedl 6týdenní příjem kreatinu ke značnému zvýšení síly a svalové vytrvalosti. Ve studii (Kaviani et al., 2019) bylo zaznamenáno signifikantní zvýšení síly již po 2 týdnech užívání kreatinu ve srovnání s placebo skupinou. Kreatin vedl ve studii (Sampaio et al., 2020) ke snížení svalové únavy u elitních paralympijských powerlifterů, nevedl však ke zvýšení síly.

Přestože Roubík (2008) vysvětluje zvětšení svalového objemu tím, že zvýšení obsahu nitrobuněčné vody má za následek zvětšení svalových vláken, dle výsledků studie (Ribeiro et al., 2020) kreatin v kombinaci se silovým tréninkem vedl ke zvýšení svalového objemu bez zvýšeného poměru nitrobuněčné vody ke kosternímu svalstvu u trénovaných mužů.

Dávkování

Roubík (2018) popisuje dva základní způsoby užívání kreatinu. První možnost začíná nasycovací fází, kdy je po dobu 5-7 dní příjem kreatinu 20-25 g denně, následuje udržovací fáze na 5 g denně po dobu 3-4 týdnech. Po 1-2 týdnu vysazení se proces opakuje. Druhou možností je konstantní příjem 2-10 g denně v závislosti na hmotnosti. Kreatin se nemusí nikdy vysazovat, může se tedy užívat dlouhodobě.

4.5.2 Citrulin

Citrulin je aminokyselina, která je potentním endogením prekurzorem Argininu. V doplňcích stravy se nachází ve dvou formách, přirozené formě L-citrulin a citrulin-malát (Roubík, 2008). Příjem L-citrulinu zvyšuje koncentraci L-argininu v plazmě a také produkci NO, která má dilatační účinky v cévách, čímž potencionálně zvyšuje sportovní výkonnost. Citrulin není metabolizován v tenkém střevě ani játrech, což je příčinou efektivnějšího zvýšení

množství argininu ve srovnání s příjmem samotného argininu (I. Suzuki et al., 2019). Je transportován do ledvin, kde se může přímo přeměnit na L-arginin. V játrech však hraje klíčovou roli v močovém cyklu, kde napomáhá k odstranění amoniaku (Gonzalez & Trexler, 2020) a kyseliny mléčné (Roubík, 2008). Je prokázáno, že L-citrulin a citrulin-malát zvyšují koncentraci citrulinu a argininu v plazmě spolu s koncentracemi nitrátů a nitritů (Gonzalez & Trexler, 2020).

Využití ve sportovní výživě

Díky efektům na zvýšení produkce NO, odstranění amoniaku a kyseliny mléčné je citrulin převážně vhodný pro lidi zaměřené na anaerobní aktivitu (Roubík, 2008). Akutní příjem citrulinu značně zvýšil počet opakování (Glenn et al., 2017; Pérez-Guisado & Jakeman, 2010), sílu (Aubertin-Leheudre & Buckinx, 2020; Trexler et al., 2019) a snížil subjektivní pocit bolesti svalů až o 40 % (Pérez-Guisado & Jakeman, 2010). Přesto v několika studiích (Cutrufello et al., 2015; Gonzalez et al., 2018; Hwang et al., 2018) došlo pouze k zanedbatelným či žádným změnám.

Profitovat by z jeho příjmu mohly mít i sportovci zaměření na aerobní aktivitu, kdy cyklisti po 8 dnech příjmu 2,4 g denně zajeli proti placebo skupině rychlejší čas a značně se snížily subjektivní pocity svalové únavy a koncentrace ihned po dokončení jízdy (T. Suzuki et al., 2016). Gills et al. (2021) však nezaznamenal žádné zlepšení u cyklistů po akutním příjmu 8 g ve srovnání s placebo skupinou. Je tedy potřeba provést více studií, zaměřujících se na rozdíl mezi jednorázovým a dlouhodobým příjmem u aerobní činnosti.

Dávkování

Pro zvýšení fyzického výkonu je ideální konzumovat 6-8 g asi hodinu před tréninkem (Gonzalez & Trexler, 2020; Roubík, 2018).Je vhodné kombinovat s l-argininem, protože mají synergický účinek a zvyšují tak koncentraci argininu a koncentraci nitritů a nitrátů víc než příjem samostatného citrulinu či argininu (I. Suzuki et al., 2019). Dle Roubíka (2008) účinkuje citrulin malát v podstatě okamžitě, kdežto L-citrulin začne účinkovat zhruba po týdnu konzumace.

4.5.3 Beta alanin

Beta alanin je endogenně produkován v játrech a přirozeně se vyskytuje např. v mase (Roveratti et al., 2019). Beta alanin se v těle spojí s další aminokyselinou, histidinem a vytvoří za pomoci enzymu karnosin syntázy dipeptid karnosin (Bagchi et al., 2019). Beta alanin je tak prekurzorem karnosinu, který ve svalech funguje jako buffer napomáhající udržovat

nitrobuněčné pH během intenzivního fyzického výkonu, čímž by mělo být dosaženo oddálení svalové únavy (Smith et al., 2019) vedoucí k signifikantnímu zlepšení aerobní i anaerobní výkonnosti (Kendrick et al., 2008). Přestože na trhu existují doplňky s karnosinem, jeho samotný příjem není efektivní pro zvýšení jeho množství ve svalech, příjem beta-alaninu však jeho hodnoty ve svalech zvýšit dokáže (Smith et al., 2019).

Ačkoliv byla prokázána účinnost příjmu beta alaninu pro ergogenické účinky, existuje řada faktorů, které mohou ovlivnit jeho účinek. Jedná se zejména o typ a dobu trvání cvičení, úroveň trénovanosti a příjem dalších doplňků stravy, které mohou ovlivnit působení beta alaninu (Saunders et al., 2020).

Využití ve sportovní výživě

Ergogenické doplňky stravy hrají důležitou roli v optimalizaci sportovního výkonu. Nejdůležitějším faktorem pro zaznamenání účinnosti beta-alaninu je délka trvání cvičení, kdy nejvýznamnější efekt je zaznamenán u cvičení 0,5-10 min. Na cvičení do 30 vteřin nemá beta-alanin žádný vliv, na cvičení přesahující 10min hranici má pozitivní vliv, nedosahuje však efektu jako u kratších cvičení (Saunders et al., 2020). Přestože z příjmu beta-alaninu profitují více netrénovaní lidé než trénovaní, mohou tyto změny být rozhodující např. při soutěži (Saunders et al., 2020).

Mnoho studií dospělo k výsledku, že příjem beta alaninu zvyšuje aerobní i anaerobní výkonnost, k takovému výsledku dospěli i Askari a Rahmaninia (2019), kde příjem 4,8 g denně po dobu 8 týdnů výrazně zvýšil sílu trénovaných jedinců na 1 opakovací maximum bench press a leg press ve srovnání s kontrolní skupinou. Smith et al. (2019) nezjistil změny v tělesné stavbě, maximální síly horní a dolní polovině těla, ani ve svalové vytrvalosti při konzumaci 6,4g beta-alaninu po dobu 6 týdnů. Žádné změny u stejných ukazatelů nenastaly ani ve studii (Kendrick et al., 2008) se stejným množstvím beta alaninu denně po dobu 4 týdnů. Je potřeba zmínit, že všechny studie byly provedeny na zdravých, mladých a trénovaných lidech. Jelikož se většina studií zabývala účinkem beta alaninu na fyzický výkon, vliv na regeneraci není příliš prozkoumán. Kvůli tomu se Roveratti et al. (2019) rozhodl jako první zkoumat vliv beta alaninu na regeneraci u netrénovaných jedinců 24, 48 a 72 hodin po tréninku nohou zahrnující cviky leg press a předkopávání, kterému předcházel příjem 4,8 g beta alaninu denně po dobu 31 dní. Ve srovnání s placebo skupinou nedošlo ke zlepšení fyzických (počet opakování do selhání, hodnocení vnímané námahy a svalové bolesti), ani tkáňových (CK) ukazatelů svalového zotavení. Příjem beta alaninu tak neměl žádný efekt.

Přestože v některých studiích beta alanin neměl žádný vliv, Askari a Rahmaninia (2019) doporučuje zařazovat beta alanin pro zvýšení výkonu. Dle Roubíka (2008) z příjmu beta alaninu nejvíce těží sportovci absolvující kulturistický trénink, HIIT, intervalové, crossfitové, strongmanské a kruhové tréninky, kdy je zátěž trvající 1-5 minut.

Dávkování

Bezpečné dávkování je 3,2-6,4 g denně rozděleno do menších dávek pro eliminaci parestezie, což je nepříjemný pocit brnění, svědění, píchání kůže. Jedná se o běžný vedlejší efekt bez trvalých následků (Saunders et al., 2020). Beta alanin je vhodné kombinovat s hydrogenuhličitanem sodným pro zvýšení jak nitrobuněčné, tak mimobuněčné nárazníkové schopnosti, čímž je dosaženo výraznějších zlepšení ve srovnání s příjmem samotného beta alaninu (Saunders et al., 2020).

4.5.4 Arginin

Arginin byl poprvé izolován ze zvířecího rohu v roce 1895. Přestože je považován za neesenciální aminokyselinu, může být za jistých okolností klasifikován jako semiesenciální, např. u novorozeňat či mladých dětí. Fyziologicky aktivní formou argininu je L-arginin, který má biologickou využitelnost zhruba 60 %. Je přijímán ve stravě a endogenní arginin je tvořen skrz l-ornithin a l-citrulin v ledvinách (Coates et al., 2010; Greer & Jones, 2011).

Hraje roli v mnoha fyziologických pochodech zlepšením vaskulárních, fyzických a sexuálních funkcí. Pro zajištění těchto funkcí je potřeba vysokého množství argininu, jelikož značné množství externě přijímaného argininu se po vstřebání v tenkém střevě transportuje do jater, kde je většina absorbována a použita v močovinovém cyklu. Přesto malé množství externě podaného l-argininu projde skrz játra a může se tak využít jako substrát pro produkci NO (I. Suzuki et al., 2019; Willoughby et al., 2011). Nedostatek argininu se projevuje svalovou slabostí podobnou svalové dystrofií. Narušuje sekreci inzulinu, produkci glukózy a metabolismus lipidů v játrech (Coates et al., 2010).

Využití ve sportovní výživě

Doplňky stravy obsahující arginin v různých formách (arginin alfaketoglutarát jako AAKG, argininové peptidy apod.) jsou velmi populární ve fitness, zejména v předtréninkových doplňcích stravy (Wax et al., 2012). Téměř všechny účinky argininu udávané výrobci doplňků stravy spočívají ve stimulaci NO a zvýšení sportovní výkonnosti zlepšením průtoku krve, zvýšením dodávek živin a odstranění odpadních látek z pracujících svalů, účinnost je však nejasná (Wax et al., 2012). Pokud je však vazodilatace způsobena příjmem argininu, může to

být také výsledek uvolňování inzulinu místo produkce NO, protože inzulin indikuje vazodilataci (Greer & Jones, 2011).

Viribay et al. (2020) vysvětluje rozdíly mezi působením argininu při aerobním a anaerobním cvičení. Aerobní cvičení je spojeno s kapacitou a schopností oběhového a dýchacího systému zajistit resyntézu ATP oxidativním metabolismem. Příjem argininu tak dokázal oddálit stav vyčerpání, zvýšit výkonnost a objem cvičení u střední až submaximální intenzity díky zlepšenému průtoku krve a dodání kyslíku do svalů. Anaerobní cvičení však používá jako hlavní zdroj energie glykolýzu (s oxidativní fosforylací nabývající na významu s časem). Arginin také dokázal zlepšit sílu jeho schopnosti stimulovat hormonu-uvolňující růstový hormon, potlačuje hormon inhibující růstový hormon a zvyšuje inzulínu podobný růstový faktor 1 (IGF-1). Navíc hraje zásadní roli při syntéze kreatinu, hlavního substrátu pro fosfagenový systém a anaerobní výkonnosti.

Účinky argininu jsou přesto nejednoznačné, jelikož Bagchi et al.(2019) i Viribay et al. (2020) zmiňují několik studií zkoumající jeho vliv na aerobní a anaerobní výkon, které dospěly k opačným výsledkům. Nejednoznačnost a několik konfliktních studií zmiňuje také Wax et al. (2012). Greer a Jones (2011) ve své studií dospěli k závěru, že příjem argininu nepřinesl žádné ergogenické účinky. Ačkoliv Willoughby et al. (2011) ve své studií vypozorovali zvýšené množství L-argininu v plasmě, nezaznamenali vliv na hemodynamickou funkci, průtok krve brachiální tepnou, NOx (nitráty/nitrity) nebo ADMA (asymetrický dimethylarginin) v reakci na silový trénink. Campbell et al. (2006) ve své studií zjistili pozitivní účinek příjmu AAKG na zvýšení 1 opakovací maximum (1OM) na bench press a vyšší vrcholový výkon při Wingate testu. Nezaznamenali však vliv na tělesnou stavbu či aerobní kapacitu.

Dávkování

Je vhodné kombinovat l-arginin s l-citrulinem, které mají synergický účinek a zvyšují tak koncentraci argininu a koncentraci nitritů a nitrátů víc než příjem samostatného citrulinu či argininu (I. Suzuki et al., 2019). Akutní příjem argininu pro zlepšení aerobního a anaerobního výkonu by měl být v dávce 0.15 mg/kg konzumován 60-90 minut před tréninkem. U dlouhodobého příjmu argininu pro zlepšení aerobní výkonnosti by měl být přijímán v množství 1,5-2 g denně po dobu 4-7 týdnů a 10-12 g denně po dobu 8 týdnů pro zvýšení anaerobní výkonnosti (Viribay et al., 2020).

4.5.5 Kofein

Kofein je nejrozšířenější psychoaktivní a stimulační látkou na světě (Roubík, 2008) a ve sportu jej nejčastěji užívají lidé věnující se silovým sportům (Raya-González et al., 2020). Jedná se o purinový alkaloid vyskytující se např. v plodech kávovníku (Coffea), listech čajovníku (Camellia sinensis), Yerba mate a guaraně (Paullinia cupana). V doplňcích se často používá i synteticky vyrobený, nejčastěji ve formě kofein bezvodný (Roubík, 2008).

Kofein funguje v těle pomocí několika mechanismů. Prování změny v CNS, čímž snižuje vnímání bolesti (Duncan et al., 2014; Souza et al., 2019). Kofein také působí jako antagonista adenosinu inhibicí jeho receptorů, čímž usnadňuje uvolňování neurotransmiterů jako dopamin a serotonin. Kofein také může zvýšit uvolňování vápníku ze sarkoplasmatického retikula, což vede ke zvýšené svalové kontrakci (Duncan et al., 2014).

Využití ve sportovní výživě

Příjem kofeinu může u silového tréninku akutně zvýšit svalovou vytrvalost, maximální sílu a celkovou fyzickou výkonnost (Grgic et al., 2019), což potvrzují i studie (Grgic & Mikulic, 2017; Harty et al., 2020; Norum et al., 2020; Salatto et al., 2020; Souza et al., 2019). Zvyšuje také mentální stimulaci ve formě bdělosti, pozornosti a oddaluje ospalost a únavu. Disponuje také schopností zvýšit rychlost metabolismu a podpořit ztrátu tuku (Roubík, 2008).

Grgic et al. (2020) a Raya-González et al. (2020) ve svých studiích zjistili pozitivní vliv kofeinu na rychlost provedení cviku pro horní i dolní polovinu těla. Pozitivní změny nastaly jak u maximální dosažené rychlosti v koncentrické fázi, tak u průměrné rychlosti od začátku po konec koncentrické fáze. Obě hodnoty jsou relevantní pro sportovce. Akutní příjem kofeinu je vysoce ergogenní pro rychlost provedení cviků u silového tréninku s nízkou, střední i vysokou zátěží.

Cvičení je stresový stimul, který může vést k systematické apoptóze (programovaná buněčná smrt). Rahimi et al. (2018) byl první, kdo se zaměřil na vliv kofeinu na apoptózu během silového tréninku. Jeho studie se zaměřila na biomarkery apoptózy během cvičení u trénovaných mužů a zjistil, že příjem kofeinu před tréninkem snížil apoptózu způsobenou cvičením. Na základě těchto zjištění lze dojít k závěru, že kofein snižuje náchylnost buněk k apoptóze, zatímco samotný silový trénink může apoptózu naopak urychlit.

Dávkování

Užívání kofeinu vede k postupné toleranci, proto je nutné zařazovat aspoň měsíční přestávky. Překonat toleranci nelze zvýšením dávky, protože dochází ke snížení počtu receptorů

(Roubík, 2008). Všechny zmíněné studie používaly 4-6 mg na kg konzumovanou cca hodinu před tréninkem. Dle Roubíka (2008) je dávkování velice individuální, protože každý reaguje jinak. Proto doporučuje pro první zkušenost s kofeinem pouze dávku 100 mg. Dávka 200 mg je nejčastěji používána v doplňcích a množství 500 mg má vliv na zvýšení sportovního výkonu a síly.

4.5.6 Synefrin

Přestože se jedná o přirozený alkaloid chemickou strukturou podobný efedrinu a adrenalinu (Ruiz-Moreno et al., 2021), je zcela legální. Vyskytuje se ve velké míře v plodech pomerančovníku hořkého (Citrus aurantinum) odkud je extrahován (Haššo et al., 2020). Na trhu se vyskytuje samostatně nebo jako součást předtréninkových doplňků stravy či spalovačů tuků.

Několik výzkumů zjistilo pozitivní vliv příjmu synefrinu. Je prokázáno, že zvyšuje oxidaci lipidů (Gutiérrez-Hellín et al., 2020; Gutiérrez-Hellín & Del Coso, 2018a), klidový metabolismus (Ruiz-Moreno et al., 2021), termogenezi (Hoffman et al., 2009) a snížení apetitu (Ratamess et al., 2015). Používá se jako slabší, ale bezpečnější náhražka efedrinu (Roubík, 2018). Ten byl zakázán mnoha úřady, např. v roce 2004 Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) (Haššo et al., 2020).

Využití ve sportovní výživě

Ratamess et al. (2015) ve svém výzkumu zjistili pozitivní vliv na svalovou vytrvalost u dřepu s váhou ve srovnání s kontrolní skupinou, kdy po konzumaci 100 mg synefrinu dokázali provést více opakování s větší intenzitou. Je zde tak potencionální pozitivní vliv na výkonnost, na druhou stranu Ruiz-Moreno et al. (2021) zmiňuje studie, kde příjem 3mg na kg neměl žádný efekt na výkonnost ve sprintu. Je tak potřeba dalších výkonů pro zjištění možného ergogenického efektu. Konzumace 0,5 mg na kg byla prokázána jako efektivní dávka pro zvýšení energetického výdeje a lipolýzy v klidovém režimu (Gutiérrez-Hellín & Del Coso, 2018b). Děje se tak díky vysoké schopnosti se vázat na ß-3 adrenergní receptory, které se nacházejí jak v bílé i hnědé tukové tkáni, tak ve svalové tkáni a hrají roli v energetické rovnováze a homeostáze (Ruiz-Moreno et al., 2021). Nejefektivnější dávka pro zvýšení oxidace tuku během cvičení se prokázala jako 2 mg na kg, alespoň u zdravých a aktivních jedinců (Gutiérrez-Hellín & Del Coso, 2018b).

Zřetel by měl být brán na fakt, že synefrin dle Stohs a Badmaev (2016) může zvýšit krevní tlak a srdeční tep, s čímž ale nesouhlasí Ruiz-Moreno et al. (2021) s Roubíkem (2008), podle nichž se synefrin téměř neváže na alfa a beta-1 a beta-2 adrenergní receptory. Efekt

synefrinu na krevní tlak a srdeční tep je tudíž minimální až nulový, např. ve srovnání s kofeinem nebo efedrinem, které se na tyto receptory vážou a prokazatelně zvyšují srdeční tep a krevní tlak.

Účinek synefrinu je zvýšen v kombinaci s kofeinem, hesperidinem a kyselinou salicylovou, která pochází z extraktu vrbové kůry. Dochází tak k synergickému efektu, který je využíván v mnoha spalovačích tuků (Roubík, 2018).

Dávkování

Přestože Kaats et al. (2013) ve své 60 denní studií potvrdil nezávadnost každodenního příjmu 49 mg synefrinu dvakrát denně, dle vyhlášky 58/2018 sb. o doplňcích stravy a složení potravin je nejvyšší povolená dávka v doplňcích stravy 20 mg. Je tak otázkou, jestli konzumace 20 mg bude mít požadované účinky prokázané výzkumy, které ale pracovaly s dávkami 0,5-3 mg na kg.

4.5.7 DMAE (Dimethylaminoethanol)

DMAE je chemická sloučenina přirozeně se vyskytující v potravinách jako ančovičky či sardinky, ale také v malém množství v mozku, kde údajně slouží jako prekurzor acetylcholinu. Používá se v alopatické medicíně pro zlepšení paměti a učícího procesu, léčbě panických záchvatů, problémů spojené s chováním u dětí s poruchou pozornosti a hyperaktivitou a v kosmetickém průmyslu díky svým anti-aging účinkům pro zpevnění pokožky a proti vráskám. Tento účinek je založen na hypotéze, že DMAE, jakožto prekurzor acetylcholinu, zvyšuje svalové napětí, čímž se dosáhne vypnuté pokožky (Gragnani et al., 2007; Malanga et al., 2012). Malanga et al. (2012) ve své studií na krysách dokázal potvrdit hypotézu, že komerčně dostupné DMAE působí také jako antioxidant. Budou však potřeba další studie pro potvrzení antioxidačních účinků na lidech.

Využití ve sportovní výživě

Jelikož se DMAE považuje za prekurzor acetylcholinu, použití v předtréninkových doplňcích stravy je spojeno s jeho hypotetickými účinky na mozek, zejména na mentální funkce a pozornost, což je pro lidi ve fitness přínosné. Mohou se tak líp soustředit na trénink, čímž zlepší celkovou kvalitu tréninku. V poslední době se často objevuje ve složení předtréninkových doplňků stravy a doplňků pro zlepšení kognitivních funkcí, takzvaných nootropik navzdory nedostatečnému množství studií jak na zvířatech, tak na lidech, které by prokázaly účinnost (Bucki, 2019).

Dávkování

Dle vyhlášky 58/2018 sb. o doplňcích stravy a složení potravin je nejvyšší povolená denní dávka 20 mg, ve výzkumech (Caraceni et al., 1978; Ferris et al., 1977; Sergio, 1988) se však používaly dávky od 200 do 1800 mg. Doposud nebyl dostatečně prokázán pozitivní účinek DMAE ani ve vysokých dávkách, natož v nejvyšší povolené dávce, která je až 100krát nižší. Naskýtá se tedy otázka, zda zařazením DMAE do složení předtréninkových produktů nejde pouze o marketingový tah výrobců doplňků stravy, založený na hypotézách a aktuální vlně popularity této látky.

4.5.8 B komplex

B vitamíny jsou vitamíny rozpustné ve vodě, které jsou často konzumovány pro antistresové a energické účinky (Braun & Cohen, 2010). Jsou nezbytné nejen pro běžné fungování těla, ale také při fyzické aktivitě. Thiamin, riboflavin a pyridoxin jsou zapojeni v regulačních mechanismech energetického metabolismu, kde regulují syntézu a rozpad sacharidů, lipidů a bílkovin, zatímco kyselina listová a vitamin B12 hrají roli na buněčné úrovni, která z nich dělá důležité živiny pro růst, syntézu nových buněk (např. červené krvinky) a regenerace poškozených buněk a tkání (Kim et al., 2016; Woolf & Manore, 2006). Kyselina listová s vitaminem B12 jsou zapojeny ve tvorbě methioninu z homocysteinu. Stimulace metabolismu methioninu regeneruje substráty jako acetylcholin, kreatin a DNA, které jsou esenciální pro fyzickou aktivitu. Cvičení zvyšuje požadavky na několik mikronutrientů zahrnujících thiamin, riboflavin a vitamin B6 (Kim et al., 2016).

- **B1** – Thiamin dokáže zvýšit apetit, energii, celkový wellbeing a zároveň snižuje únavu. Dokáže také zvýšit aktivitu a zlepšit spánkový režim (Braun & Cohen, 2010). Při nedostatku dochází ke zhoršení vytrvalosti, svalové slabosti, srdečním arytmiím, neurologickým a dalším poruchám. Vyskytuje se např. v mase, mléku, luštěninách a játrech (Roublík, 2018).

- **B3** – niacin je zapojen do široké škály biologických funkcí jako produkce energie, syntéza cholesterolu a steroidů, regulace krevního cukru, antioxidační mechanismy. Jedná se o prekurzor koenzymu NAD+ a NADP, které jsou zahrnuty v syntéze DNA (Braun & Cohen, 2010). Mezi příznaky nedostatku se řadí únava, pelagra (drsná pokožka), demence a průjem. Stejně jako vitamin B1 se v mase, obilovinách, žloutku a játrech (Roubík, 2018).

- **B6** – pyridoxin je v játrech konvertován na využitelnou formu P-5-P (pyridoxal-5-fosfát). Je ukládán zejména ve svalech (Braun & Cohen, 2010). Má antioxidační účinky a účastní se v těle až stovky enzymatických reakcí jako koenzym. Mezi projevy nedostatku patří např. zhoršená tvorba svalové hmoty, anémie, neurologické potíže, dušnost. Při běžném stravování se nedostatek téměř nevyskytuje (Roubík, 2018).

- **B12** – jedná se o společný název pro několik sloučenin, jenž mají ve svém centru kobalt, odsud také odvozen název kobalamin. B12 se podílí na metabolismu každé buňky v těle. Jelikož se v rostlinné potravě nevyskytuje, mohou být vegani a další lidé, kteří nezařazují do svého jídelníčku maso, mléčné výrobky a vejce, deficitní (Roubík, 2018).

Využití ve sportovní výživě

Mikronutrienty hrají významnou roli při udržení zdraví u fyzicky aktivních jedinců. Při cvičení jsou zatěžovány metabolické cesty produkující energii, což zvyšuje nároky pro některé používané nutrienty. Zvýšené požadavky mohou také vyvolat biochemické adaptace ve tkáních během cvičení. Namáhavé cvičení může zvýšit ztrátu mikronutrientů skrz pot a moč, případně je po nich větší poptávka pro regeneraci a udržení svalových vláken. Aktivní jedinci s nízkým příjmem B vitamínů může pociťovat pokles schopnosti vykonávat fyzické aktivity ve vysoké intenzitě (Woolf & Manore, 2006).

4.5.9 BCAA (Branched chain amino acids)

Jedná se o tři větvené esenciální aminokyseliny leucin, izoleucin a valin. Ve stravě jsou přijímány např. v podobě masa, vajec, ořechů, rýže a mléčných výrobků. Ve svalové tkáni tvoří přibližně 35 % všech esenciálních aminokyselin. Účastní se syntézy svalových bílkovin, sekrece inzulínu, absorpci aminokyselin v mozku a dalších regulačních funkcí (Bagchi et al., 2019). Jako jediné esenciální aminokyseliny můžou být metabolizovány mitochondrii v kosterním svalstvu pro poskytnutí energie během cvičení (Breen & Phillips, 2012).

Přestože je každodenní příjem BCAA pro fungování těla esenciální, pokud se zajistí dostatečný příjmem plnohodnotných bílkovin ze stravy (1-1,5 g na kg a více), není nezbytně nutné doplňovat BCAA pomocí doplňků stravy (Patel, 2020a), protože je jejich jednorázový příjem malý ve porovnání s celodenním příjmem v potravě (Roubík, 2008).

Využití ve sportovní výživě

Užívání těchto aminokyselin je ve sportovní výživ velmi rozšířené, protože silový trénink zvyšuje hladiny enzymu BCKDC, který štěpí tyto aminokyseliny a tím dochází ke zvýšené spotřebě BCAA ve svalové tkáni (Roubík, 2008). BCAA kromě stimulace syntézy

svalových bílkovin také působí preventivně proti odbourávání svalových bílkovin a snižují ukazatele svalového poškození vyvolané cvičením. Funguje také jako zdroj paliva pro svaly během cvičení a přispívá ke snížení pocitu únavy (Bagchi et al., 2019). Příjem BCAA v dietě při sníženém kalorickém příjmu dle zjištění Dudgeon et al. (2016) pomohl při silovém tréninku ve srovnání s kontrolní skupinou zamezit ztrátám svalové hmoty a pomohl zachovat svalovou výkonnost.

Pozitivní efekt příjmu BCAA na snížení svalové bolesti byl zaznamenán ve studiích (Howatson et al., 2012; S. G. Ra et al., 2013, 2018; Waldron et al., 2017) a podpoření regenerace (Jackman et al., 2017; Osmond et al., 2019). Účinnost je však stále nejednoznačná, jelikož existují studie (Estoche et al., 2019; Kephart et al., 2016; Sheikholeslami-Vatani & Ahmadi, 2016), ve kterých žádný pozitivní účinek na regeneraci nebyl zjištěn. Dle Roubíka (2008) jsou BCAA přeceňovaným doplňkem stravy s minimálním efektem. Zmiňuje však výjimečné situace, kdy je příjem BCAA prospěšný. Jedná se o silové tréninky delší než 2 hodiny, případně tréninky, jimž předcházelo delší hladovění. Zmiňuje také možné využití pro delší vytrvalostní výkony jako maraton a triatlon.

Dávkování

Efektivní dávkování se pohybuje kolem 10 g před tréninkem či v jeho průběhu. Nejideálnější je poměr 2:1:1, kdy leucinu je dvakrát víc než izoleucinu a valinu (Roubík, 2008), což potvrzuje ve své studií i Osmond et al. (2019), který se zabýval porovnáním účinku BCAA v poměru 2:1:1 a 4:1:1.

4.5.10 Tyrosin

Tyrosin je neesenciální aminokyselina běžně se vyskytující ve stravě, v těle je produkována z fenylalaninu (Roubík, 2018). Jedná se o prekurzor neurotransmiterů a katecholaminů dopamin, adrenalin a noradrenalin (Sutton et al., 2005) a hormonů štítné žlázy tyroxin a trijodtyronin (Roubík, 2018). Syntéza neurotransmiterů je provedena pomocí klíčového enzymu tyrosinhydroxylázy, kdy se L-tyrosin přemění na L-DOPA a následně na dopamin, adrenalin a noradrenalin (Watson et al., 2012; Patel, 2021).

U orální konzumace tyrosinu byl prokázán vliv na zlepšení kognitivních funkcí při stresu (Sutton et al., 2005). Katecholaminy v mozku mají jasně definovanou roli ve zvýšení motivace, vzrušení, akutní reakce na stres a termoregulace. Proto je pravděpodobné, že tyto neurotransmitery ovlivňují únavu vyvolanou prodlouženým cvičením v horku (Tumilty et al., 2014). Tyrosin je často součástí složení spalovačů tuků a předtréninkových doplňků stravy díky stimulaci syntézy hormonů Patel (2021).

Využití ve sportovní výživě

Ulevuje od stresu způsobeného cvičením, snižuje pocit deprese, vyhoření a mentální únavy. Zvyšuje také termogenezi a lipolýzu, což způsobuje následnou redukci tělesného tuku díky zvýšené stimulaci sympatického nervového systému a centrálního nervového systému (Roubík, 2018). Vliv na svalovou sílu a výkonnost se neprokázal (Sutton et al., 2005). Předpokládá se, že během časově delšího cvičení se zvyšuje koncentrace serotoninu v mozku, což může být důležitým faktorem při únavě centrální nervové soustavy společně s únavou kvůli vysokému poměru serotoninu a dopaminu (Chinevere et al., 2002). Značný pokles množství dopaminu v mozku je pozorován na konci cvičení, z čehož vyplývá tvrzení, že pokles centrálních katecholaminů může být spojeno s vyčerpáním během namáhavého cvičení (Watson et al., 2012).

Je prokázán negativní vliv vysoké teploty prostředí na výkonnost ve srovnání s prostředím s nižší teplotou. Pokles výkonnosti je primárně ovlivněn centrální nervovou soustavou, sekundárně zvýšením teploty mozku a periferních faktorů jako dehydratace, změny v cirkulačních a ermoregulačních faktorech a zvýšené teploty povrchu těla (Tumilty et al., 2014). Existuje proto hypotéza, že akutní příjem tyrosinu může potlačit únavu z cvičení v teplém prostředí, čímž může prodloužit délku cvičení (Tumilty et al., 2013), jelikož při běžné okolní teplotě se neprokázal účinek na výkon. Konzumace tyrosinu dokázala zmírnit pokles kognitivního výkonu, který byl spojen s deprivací spánku (Neri et al., 1995), což může být také jeden z důvodů zařazení do předtréninkových doplňků stravy.

Dávkování

Dle Roubíka (2018) je běžně používanou dávkou tyrosinu 500-2000 mg zhruba 30-60 minut před tréninkem. Při studií hodnotící vliv tyrosinu na vytrvalost, svalovou sílu a anaerobní výkonnost (Sutton et al., 2005) a studiích zkoumajících vliv tyrosinu na prodloužení výkonu v horku (Tumilty et al., 2011, 2014, 2020; Watson et al., 2012) se však používaly dávky značně vyšší, v rozmezí od 150 do 400 mg na kg, případně 12,5 g (Tumilty et al., 2013). Je tedy otázkou, jestli běžně používaná dávka v doplňcích stravy je dostatečná pro zajištění požadovaného účinku.

4.5.11 Cholin

Cholin byl poprvé extrahován v roce 1862 a název získal odvozením z řeckého slova chole, což znamená vztek. Až v 30. letech 20. století byl označen za důležitou složku stravy a teprve v roce 1998 byl klasifikován jako esenciální živina Národní akademii Spojených států amerických (Driskell & Wolinsky, 2006). Cholin, jakožto esenciální živina pro lidské tělo je

přijímána ze stravy, např. vajec, jater a květáku. Přestože je využitelnost syntetického cholinu dobrá, ve srovnání s přírodním cholinem ve žloutku Smolders et al. (2019) zjistil horší využitelnost.

Jedná se o složku všech buněčných membrán a je nezbytná pro růst a vývoj. Je také významným prekurzorem betainu, podílí se tak na vodním hospodářství v ledvinách a v játrech napomáhá odstranění aminokyseliny homocysteinu. Působí preventivně proti onemocněním srdce, jater a defektům neurální trubice. Cholin, jenž může být také formován metylací DMAE, je používán pro produkci acetylcholinu, který je významným neurotransmiterem zapojeným ve funkcích nervové soustavy a paměti (Coates et al., 2010; Driskell & Wolinsky, 2006). Výzkum (Lippelt et al., 2016) neprokázal vliv cholinu na explicitní ani krátkodobou paměť u zdravých lidí, ale zmiňuje několik studií potvrzujících vliv na paměť u starších lidí po konzumaci cholinu a kofeinu. Ačkoliv existuje pozitivní vztah mezi příjmem cholinu a pamětí, přesný mechanismus působení zůstává neznámý.

Využití ve sportovní výživě

Cholin se prodává na trhu v mnoha podobách, nejčastější formou je cholin bitartrát, lecitin, Alpha-GPC a CDP-cholin. Cholin hraje roli v mnoha fyziologických funkcích jako syntéza neurotransmiteru, transport lipidů, buněčná signalizace. Namáhavá a delší fyzická aktivita může vyvolat stres v těchto oblastech, což způsobuje zvýšené požadavky po cholinu jako metabolickém substrátu (Penry & Manore, 2008).

Dávkování

Patel (2020b) uvádí dávku 250-500 mg jednou denně pro běžné zdravotní benefity. Pro aktivaci mechanismů skrz acetylcholin by měl být cholin přijímán nárazově ve vysokých dávkách, protože se vyšší dávky dostanou do mozku, kde nastanou zmíněné pochody. Pro tyto účinky se obvykle používá 1-2 g.

4.5.12 Taurin

Taurin byl poprvé extrahován z býčí žluči v roce 1827, odkud také získal své jméno (taurus je latinsky býk) (Coates et al., 2010). běžně vyskytuje v lidském těle a stavě, zejména v mase, rybách a mléčných výrobcích. Jedná se o běžnou složku energetických nápojů. Je derivátem aminokyseliny cysteinu a jedná se o významnou složku ve žluči. V menších koncentracích ji lze najít ve většině živočišných tkáních. Taurin není z chemického hlediska typická aminokyselina pro absenci karboxylové skupiny, ale jedná se o aminosulfonovou kyselinu (Roubík, 2018).

Využití ve sportovní výživě

Taurin má antioxidační, protizánětlivé (da Silva et al., 2014), termoregulační (Page et al., 2019) a také ochranné účinky proti kardiovaskulárním onemocněním (Coates et al., 2010). Může potlačit poškození kosterního svalstva způsobené volnými radikály a tak ochránit svalová vlákna (Jianguang et al., 2012). M. Zhang et al. (2004) zjistili, že taurin může utlumit cvičením vyvolané poškození DNA a zvýšit tak kapacitu cvičení díky buněčné ochraně. Po únavě kosterního svalstva svalové buňky procházení fyziologickými i biochemickými změnami jako zvýšení volných radikálů, hromadění produktů oxidace lipidů a redukce buněčného pH. Taurin hraje významnou roli při regulaci metabolismu bílkovin, lipidů a sacharidů při zotavení z únavy (Jianguang et al., 2012).

Jelikož koncentrace taurinu v kosterním svalstvu během cvičení klesá (Eudy et al., 2013), přidává se předtréninkových doplňků stravy zejména díky ochranným účinků na tělo při a po cvičení, může ale napomoci s hubnutím, jelikož je schopen zvýšit metabolismus lipidů po cvičení až o 38 % (M. B. de Carvalho et al., 2020). Thirupathi et al. (2020) uvádí 3 mechanismy působení taurinu na zvýšení výkonnosti:

1. zvýšená koncentrace taurinu v plazmě zvyšuje absorpci a uvolňování vápníku do kontraktilních vláken, což dále zvyšuje sílu,
2. regulace svalové membrány
3. zvýšení mitochondriálního pufru.

Dávkování

Efektivní dávkování se zdá být v rozmezí 500-2000 mg (Roubík, 2018), přičemž 2000 mg je dle vyhlášky 58/2018 sb. o doplňcích stravy a složení potravin o doplňcích stravy nejvyšší povolená dávka v doplňcích stravy. Až na studií (S. Ra et al., 2013), kde použili 2 g taurinu, ostatní výzkumy používaly dávky v rozmezí 3-6 gramů, což bylo prokázáno jako bezpečná dávka (Coates et al., 2010). Waldron et al. (2019), Page et al. (2019) a da Silva et al. (2014) však ve svých studiích použili dávku 50 mg na kg, F. G. De Carvalho et al. (2020) použili 3 a 6 g, M. Zhang et al. (2004) použili také 6 gramů rozdělených do 3 dávek během dne.

4.5.13 Nitráty z červené řepy

Červená řepa obsahuje vysoké množství nitrátů NO3, díky čemuž je označena jako egogenní látka a je používána v doplňcích stravy i v alternativní medicíně pro snížení krevního tlaku (Bahadoran et al., 2017), což bylo prokázáno studií (Jakubcik et al., 2021). NO3 se v těle redukuje prvně na NO2 a následně na NO, které je běžně získáváno oxidací L-argininu (Cocksedge et al., 2020). Přeměna NO3 na NO začíná absorbcí NO3 v gastrointestiálním traktu,

odkud se distribuuje do různých částí těla, i do úst. Zde se redukuje na NO2 pomocí anaerobní bakterie a znovu jde do gastrointestinálního traktu, kde kyselé prostředí v žaludku rozloží NO2 na NO (Jakubcik et al., 2021).

NO je základem pro několik kardiovaskulárních a metabolických procesů jako regulace toku krve, glukózy, zlepšení svalové kontraktility, biogeneze a mitochondriálního dýchání (Rojas-valverde et al., 2020).

Využití ve sportovní výživě

Účinná a nepřetržitá produkce oxidu dusnatého udržuje dostatečný průtok krve, kyslík a přísun živin do všech buněk v těle, zejména v pracujícím kosterním svalstvu a srdci při cvičení. Vaskulární produkce NO udržující dodávání živin a odstraňování metabolického odpadu je důležitá pro efektivní produkci energie pracující svaly (Bagchi et al., 2019). Díky působení NO v mnoha kardiovaskulárních a metabolických procesech vede příjem NO3 při cvičení k pozitivním změnám v těchto procesech, čímž se zvyšuje výkonnost v aerobních, anaerobních a vysoce intenzivních přerušovaných cvičeních (Rojas-valverde et al., 2020). Je prokázáno, že jednorázový i dlouhodobý příjem NO3 doplňků zvyšuje NO2 v plazmě, zlepšuje ekonomiku cvičení, absorpci kyslíku po začátku cvičení a také zvyšuje výkonnost při cvičení u zdravých jedinců (Cocksedge et al., 2020).

Dávkování

Dle Bagchi et al. (2019) nitráty opravdu zvyšují produkci NO a sportovní výkonnost, musí být však konzumováno alespoň 300-400 mg nitrátů v jedné dávce. Pokud používáme červenou řepu jako zdroj, musí být standardizována pro NO aktivitu, jelikož se na trhu vyskytuje mnoho produktů s červenou řepou, které neobsahují žádné nitráty. Pro využitelnost nitrátů a jejich přeměny na NO2 v ústech pomocí bakterie je zapotřebí dbát na orální hygienu a nepoužívat antibakteriální či antiseptickou ústní vodu, která tyto bakterie eliminuje.

4.5.14 Extrakt z černého pepře

Černý pepř (Piper nigrum L.) obsahuje alkaloid piperin, který je nejdůležitější aktivní látkou (Ahmad et al., 2013). Kromě protikarcinogenních a protizánětlivých účinků také zvyšuje biologickou využitelnost některých látek v těle (Kaufman-Shruqui et al., 2020; Shityakov et al., 2019). Přestože patří většina přírodních antioxidantů do skupiny fenolů a polyfenolů, karotenoidů a vitamínů, potencionálně zde můžou patřit také alkaloidy, což svým výzkumem potvrdil Carp et al. (2021).

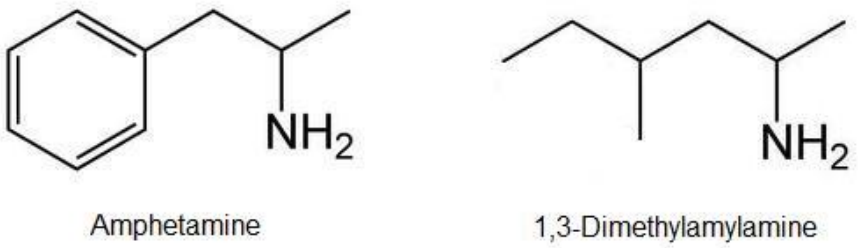
Černý pepř získal oblibu díky jak v moderní medicíně, tak v tradiční čínské a indické medicíně (Carp et al., 2021), kde se využívá pro léčbu epilepsie, bolestí hlavy a diabetu (Fernández-Lázaro et al., 2020). Černý pepř mimo jiné chrání střeva před oxidativním stresem a inhibuje oxidaci lipidů (Ahmad et al., 2013).

Využití ve sportovní výživě

Přidává se do některých doplňků stravy zejména díky svým schopnostem zvýšit biologickou využitelnost ostatních látek (Kaufman-Shruqui et al., 2020). V produktech se může vyskytovat i patentovaná verze Bioperine®, což je standardizovaný extrakt z Piper nigrum L., obsahující 95 % piperinu. Jeden z mechanismů zvýšení biologické využitelnosti piperinem spočívá ve stimulaci uvolňování katecholaminů, což jsou termogenní hormony. Termogenní efekt probíhá v epiteliálních buňkách střev, což zvyšuje absorpci látek, např. beta-karotenu, kurkuminu, Koenzymu Q10, vitaminu B6 a C. Piperin zvyšuje biologickou využitelnost látek, zvyšuje jejich poločas rozpadu v plasmě, oddaluje jejich vylučování a zvyšuje terapeutický potenciál (Fernández-Lázaro et al., 2020).

4.5.15 1,3-DMAA (1,3-Dimethylamylamine)

1,3-DMAA, často se vyskytující pod názvy 1,3 dimethylpentylamine, methylhexaneamine a 2-amino-4-methylheane (Y. Zhang et al., 2012) nebo Geranamine® (Austin et al., 2014) je syntetický derivát amfetaminu (FDA, 2018) (Obrázek 4), kterou výrobci doplňků stravy falešně propagují jako látku přírodní. Tvrzení výrobců, že se jedná o látku obsaženou v rostlinách Geranium a Pelargonium obecně známé jako Geraniaceae, bylo vyvráceno mnoha studiemi (Austin et al., 2014; Avula, Smillie, et al., 2015; Přibylka et al., 2015; Y. Zhang et al., 2012), které potvrdily syntetický původ.



Obrázek 4. Srovnání chemické struktury amfetaminu a 1,3-DMAA (Rousell, 2013)

Používá se hlavně v předtréninkových doplňcích stravy a spalovačích tuků. Pro svou kontroverzi ohledně bezpečnosti a vlivu na výkon se látka nachází od roku 2012 na antidopingové listině, ve stejném roce ji zakázal v USA Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) a v Evropě též není povolená po konzumaci. Událo se tak po několika desítkách oznámení zdravotních komplikací po konzumaci doplňku stravy s tímto stimulantem, šlo

hlavně o infarkty, srdeční zástavy, selhání jater a několik náhodných úmrtí. I po zákazu se objevily oznámení o zdravotních komplikacích po požití této látky (Austin et al., 2014; Foley et al., 2014; Gee et al., 2012; Monakhova et al., 2014), jelikož jsou produkty s 1,3-DMAA či jeho analogy stále dostupné na internetu.

Na trhu se po zákazu 1,3-DMAA objevil jeho analog zvaný 1,3-dimethylbutylamine (1,3-DMBA), který se skrývá v doplňcích pod názvem AMP či AMPCitrát (Cohen et al., 2014). Přestože je 1,3-DMBA prezentována jako přírodní látka vyskytující se v rostlině Camellia sinensis, Avula, Wang, et al. (2015) ve svém výzkumu zjistili, že se tato látka ve zmiňované rostlině nevyskytuje a jedná se o syntetickou látku stejně jako DMAA. Protože je 1,3-DMBA od roku 2015 také na seznamu zakázaných látek, vyskytly se na trhu produkty s dalšími analogy 1,3-DMAA, jde o stimulační látky 1,4-dimethylamylamine (1,4-DMAA) a 2-amino-6-methylheptane (octodrine).

Všechny stimulanty byly objeveny ve 40. letech 20. století a pouze octodrine byl v 60. letech 20. století schválen pro orální užití jako lék na astma a hypotenzi v dávce 8-33 mg ve srovnání s průměrným obsahem 72 mg v doplňcích stravy (Cohen et al., 2018).

Využití ve sportovní výživě

1,3-DMAA a jeho analogy 1,3-DMBA, 1,4-DMAA a octodrine jsou silné stimulanty s vazokonstrikčními účinky podobnými efedrinu a amfetaminu. Kromě vazokonstrikce zvyšuje krevní tlak, tachykardií a bronchodylataci, napomáhá soustředění a pomáhá při redukci váhy.

Přestože je 1,3-DMAA označeno za nebezpečnou látku s možnými zdravotními komplikacemi, předtréninkové doplňky stravy a spalovače tuků obsahující tuto látku jsou mezi silovými sportovci dodnes oblíbené, hlavně díky velmi silným stimulačním účinkům. Dokazuje to i studie (Dreher et al., 2018), kde z dotazovaných uživatelů předtréninkových doplňků stravy jich 20 % cíleně vyhledávalo produkty s těmito zakázanými látkami.

FDA (2018) varuje před možnými zdravotními riziky konzumace této látky, zejména v kombinaci s dalšími stimulanty, např. kofeinem a upozorňuje, že DMAA a jeho analogy nejsou schváleny pro konzumaci.

Dávkování

V doplňcích stravy se nejčastěji vyskytuje množství 20-60 mg v doporučené dávce, která se zdá být poměrně dobře tolerována (Patel, 2019). Dle výzkumu (Schilling et al., 2013) dávka 25 mg nevedla k vedlejším účinkům. Předpokládají tak, že příčinou vedlejších účinků může být

nedodržení doporučeného dávkování, kombinace s dalšími stimulanty, případně alkoholem.

4.5.16 Zdravotní rizika

Přestože jsou všechny látky obsažené v legálně prodávaných předtréninkových doplňcích stravy schválené a označené za bezpečné, jejich konzumace může způsobit jisté negativní účinky, které může vyvolat zejména překročení doporučeného dávkování, což jak zmiňuje Greenwood et al. (2015) se běžně děje, ale také čas konzumace.

Předtréninkové doplňky stravy mohou zvýšit tepovou frekvenci, krevní tlak, narušit spánek, snižují pocit potřeby jídla a mohou vyvolat pocity úzkosti (Roubík, 2018). Potenciálním problémem pro některé uživatele můžou být i produkty obsahující takzvaný proprietary blend (Obrázek 5). Jedná se o směs látek, které sice výrobce uvede ve složení, neuvede však množství jednotlivých látek, uvede pouze množství celé směsi. Uživatel se tak nedozví, v jakém množství jsou jednotlivé látky zastoupeny v produktu, což může při konzumaci přinést jistá zdravotní rizika, obzvlášť pokud jsou ve směsi stimulanty.

Supplement Facts

Serving Size: 1 Scoop (11.5g)
Servings Per Container: 30

	Amount Per Serving	% Daily Value
Niacin (as Niacinamide)	30 mg	188%
Magnesium (as Magnesium Creatine Chelate (Creatine MagnaPower™))	72 mg	17%
Sodium (as Sodium Citrate)	24 mg	1%
Potassium (as Potassium Citrate, Raw Coconut (*Cocos nucifera)*(fruit) Water Concentrate)	42 mg	1%
NO/Endurance Blend L-Citrulline, Beta-Alanine, Taurine, Agmatine Sulfate (AgmaMax™), N-Acetyl L-Tyrosine, Creatinol-O-Phosphate (COPMax™), Caffeine Anhydrous (250 mg), L-Norvaline, *Rhodiola rosea* (root) Extract	7.5 g	*
Creatine Blend Magnesium Creatine Chelate (Creatine MagnaPower™), Creatine Monohydrate, Creatine Pyruvate	1.5 g	*

* Daily Value not established

Obrázek 5. Proprietary blend (Kill it Pre-Workout, n.d.)

Užívání doplňků stravy se zakázanými látkami, např. 1,3-DMAA, SARMS či prohormony přirozeně zvyšuje riziko vedlejších účinků, jelikož tyto látky nejsou schváleny jako bezpečné látky k užívání. Přístup k těmto produktům je snadný, protože jsou na českém trhu legálně prodávány desítky odlišných zakázaných produktů. Prodejce však u každého produktu musí napsat upozornění, že prodej daného produktu slouží pro vědecké účely, ke kterým jsou výhradně určeny a nejsou tedy doplňkem stravy či lékem. Veškeré informace uvedené na jejich webu jsou převzaté z vědeckých studií a nejsou návodem, pouze poukazují na vědecky

ověřované efekty těchto produktů.

4.5.17 Vhled do českého trhu

Na českém trhu prodávají desítky či stovky celosvětových i českých firem své předtréninkové doplňky stravy. Zákazník si je může zakoupit nejčastěji v internetovém obchodě či specializovaných kamenných prodejnách. Všechny nabízené produkty musí být v souladu s platnou legislativou České republiky. Tabulka 8 zobrazuje přehled nejoblíbenějších předtréninkových doplňků stravy na českém trhu spolu s jejich složením.

Výběr byl proveden v předních internetových obchodech věnujícím se prodeji doplňků stravy: fitness4u (www.fitness4u.cz), kulturistika (www.kulturistika.com) a fitness007 (www.fitness007.cz). Byly vybrány vždy první tři produkty na základě řazení nabízeného na stránkách obchodu. Ne všechny obchody používají stejné možnosti řazení, proto je výsledná tabulka přehled namixovaných produktů z předních příček kategorie nejprodávanější, nejoblíbenější a top. Mezi nejoblíbenějšími produkty jich 6 pochází od ryze českých výrobců (Extrifit, Nutrend, Prom-in a Anabolic horse).

Tabulka 8. Složení předtréninkových doplňků stravy

složení	Název produktu							
	Extrifit Agrezz	Nutrend N1 pre-workout	Prom-in Nitrox pump	Anabolic horse Králičí krev	Fitness Authority Xtreme Napalm Pre-contest	Prom-in progressive pre	Extrifit Hellgel	MusclePharm wreckage
arginin	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	-
BCAA	-	-	-	-	✓	✓	✓	-
beta alanin	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
betain	-	-	-	✓	-	✓	-	-
Citrulin	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DMAE	✓	✓	✓	✓		✓	-	-
draslík	-	-	-		✓	-	-	-
extrakt z černého pepře	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-
extrakt z červené řepy	-	-	-	✓	✓	-	-	-
extrakt z lotosového květu	-	-	-	-	✓	-	-	-
extrakt z plodů kávy	-	-	-	-	-	-	-	✓
extrakt ze zeleného čaje	✓	-	✓	✓	-	-	✓	✓
Glukurono-lakton	-	-	-	-	✓	-	-	-
glutamin	-	-	-	-	-	-	✓	-
hořčík	-	-	-	-	✓	-	-	-
cholin	✓		✓	✓	✓	✓	-	✓
inosin	✓	-	-	-	-	-	-	-
kapsaicin	-	-	✓	-	-	✓	-	-
karnitin	-	-	-	-	-	✓	-	-
kofein	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
kreatin	-	✓	✓	-	-	✓	✓	-
Ženšen nepravý	-	-	-	--	-	-	-	✓
sodík	-	✓	-	-	✓	-	-	-
synefrin	✓	-	✓	✓	-	✓	-	-
taurin	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
theanin	-	-	-	-	-	-	-	✓
tyrosin	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
vápník	-	✓	-	-	-	-	-	-
vitamín B1	-	✓	-	-	-	-	-	-
vitamín B3	-	✓	✓	✓	-	✓	-	-
vitamín B6	-	✓	-	-	✓	✓	-	-
Vitamín B12	-	-	-	-	✓	-	-	-
vitamín C	-	✓	-	✓	✓	-	-	-

Látky jsou přítomny v produktech v různých chemických formách či patentových směsích (např. beta alanin jako CarnoSyn® nebo argininové peptidy jako PepForm®). Pro zachování přehlednosti tabulky však nebyly jednotlivé formy samostatně vypsány, nýbrž byly sjednoceny pod hlavní složku – aktivní látku. Nejvíce odlišných chemických forem měl kreatin (citrát, monohydrát, trikreatin malát, ethyl ester, alfaketoglutarát, hydrochlorid).

Přestože mají vybrané produkty dohromady poměrně obsáhlé složení, pouze 9 látek (arginin, beta alanin, citrulin, DMAE, extrakt ze zeleného čaje, cholin, kofein, taurin a tyrosin) je zastoupeno v nadpoloviční většině, tedy v alespoň pěti z osmi vybraných produktů. Tvoří tak 27 % z celkového počtu látek. Za nezbytný základ aktuálního trendu složení předtréninkových doplňků stravy se mohou označit látky citrulin, beta alanin, kofein, taurin a tyrosin, které se vyskytují alespoň v sedmi z osmi produktů, mají tedy ve vybraném vzorku zastoupení 87,5 % a víc. Tyto informace potvrzují, že většina aktuálně oblíbených produktů na trhu je založena na kombinaci stimulantů a látek zvyšujících NO produkci.

5 VÝZKUMNÁ ČÁST

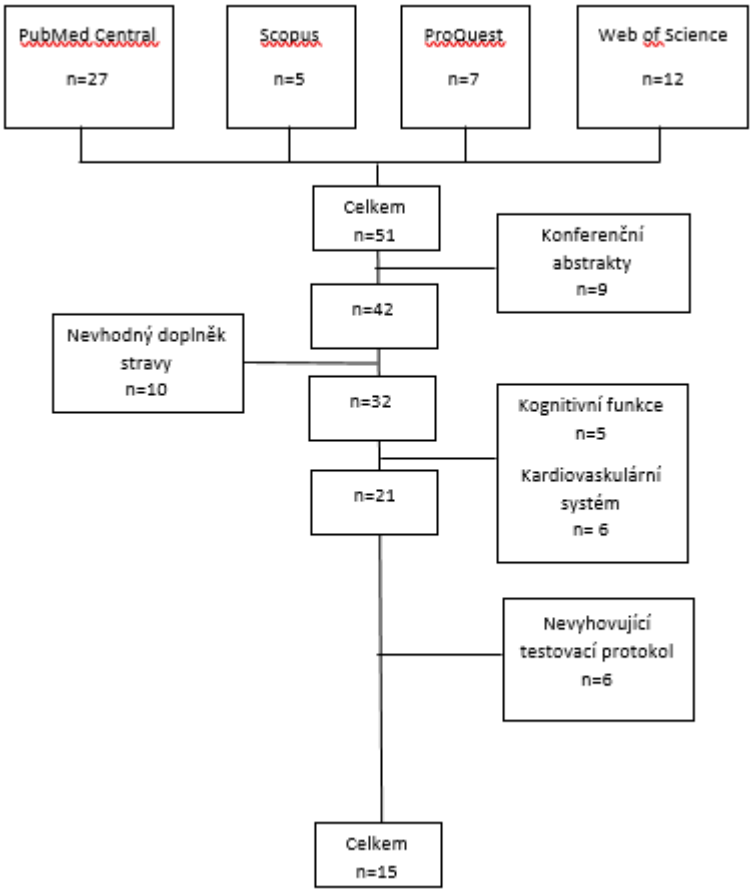
V diplomové práci zvolil autor systematické vyhledávání a hodnocení publikovaných odborných článků ve čtyřech vědeckých elektronických databázích, kterými byly Pubmed Central, Web of Science, Scopus a ProQuest. Vyhledávány byly odborné články zabývající se vlivem předtréninkových doplňků stravy na výkon ve fitness. Z databází bylo vybráno 51 odborných článků.

5.1 Rešerše článků

Přestože se vybrané odborné studie zaměřovaly na vliv předtréninkových doplňků stravy na výkon ve fitness, musely být některé články vyřazeny v následné rešerši. Již při prvotním vyhledávání v databázích byly odstraněny duplikátní články a články, jejichž název se neslučoval s tématem diplomové práce. Nejčastěji se tyto vyřazené články zabývaly vlivem předtréninkových doplňků v jiných sportech (především cyklistice, atletice a kolektivních sportech), případně zkoumaly vliv pouze jedné látky na výkon. Přestože se jednalo o látky vyskytující se v předtréninkových doplňcích stravy, nejčastěji kreatin a kofein, nemohly být tyto články do výsledků zařazeny, neboť záměrem diplomové práce je vytvoření přehledu vlivu komplexních předtréninkových doplňků stravy, ne jednotlivých látek.

Vybrané články, které názvem odpovídaly tématu diplomové práce, byly podrobeny analýze abstraktu a obsahu. Bylo vyřazeno 9 studií, které byly pouze konferenčními abstrakty, nemohly tak být použity pro výsledný přehled. Následovala analýza použitého předtréninkového doplňku stravy, načež muselo být vyřazeno 10 studií, které nepoužily výrobek označený jako předtréninkový doplněk stravy. Ve vyřazených studiích nejčastěji figurovaly energetické nápoje a produkty obsahující jen rostlinné extrakty. Přestože jsou energetické nápoje často využívány před tréninkem, nemohly být tyto studie zařazeny do výsledků. Dále bylo vyřazeno 11 studií zkoumající vliv předtréninkových doplňků stravy na kardiovaskulární systém a kognitivní funkce při výkonu. Posledním vyřazovacím kritériem byl použitý testovací protokol, kde bylo vyřazeno 6 studií využívající aerobní či anaerobní zátěž pouze na běžícím páse a bicyklovém ergometru

Do finálního výběru se dostalo 15 odborných článků (Tabulka 9). Postup literární rešerše zobrazuje Obrázek X.



Obrázek 6. Vývojový diagram

Tabulka 9. Výsledky rešerše — studie věnující se vlivu předtréninkových doplňků stravy na výkon

Autor, rok vydání	Název článku	Časopis	design	Výzkumný soubor	Použitý předtréninkový doplněk stravy	Čas konzumace	Výkonnostní protokol	Hlavní zjištění/výsledky	Vlastní komentář
Jagim et al., 2016	The acute effects of multi-ingredient pre-workout ingestion on strength performance, lower body power, and anaerobic activity	Journal of the International Society of Sports Nutrition	Dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná studie se zkříženým uspořádáním	12 silově trénovaných mužů	Kreatin HCL 2 g Beta-alanin 2 g Betain 1,5 g Taurin 1 g N-acetyl l-cystein 600 mg cholin 300 mg Citrulin malát 6 g Extrakt červená řepa 500 mg BCAA 6 g Tyrosin 1,5 g Kofein 300 mg Huperzin A 50 mcg Bioperine 5 mg	30 min před výkonem	CMVJ, 5x5 BP i BS s 85 % 5 OM 1 série BP i BS RTF s 85 % 5 OM, Sprint na běžícím páse	↑ BP RTF během 5. série ↑ BP celkové objemové zatížení ↑ Mean Sprint Power ↔ BS RTF ↔ BS celkové objemové zatížení ↔ síla dolní poloviny těla	První studie s produktem obsahující extrakt z červené řepy, která je zdrojem NO3, mohla tak přispět ke zvýšení počtu opakování do selhání, díky účinkům NO.
Martinez et al., 2016	The effect of acute pre-workout supplementation on power and strength performance	Journal of the International Society of Sports Nutrition	Randomizovaná, dvojitě zaslepená studie se zkříženým uspořádáním	13 rekreačně trénovaných mužů	Proprietary blend 1 3500 mg (Beta alanine 2 g, tyrosin, kyselina asparagová, dimethylglycin, extrakt z červené řepy) Cellular performance blend 2952mg (dextróza, glycin, ribóza, extrakt z kůry skořice) Athlete performance blend 2 g (crenitrát, argnitrát, BCAA) Proprietary blend 2 1750 mg (cholin, glukuronolakton, kofein, Huperzin A) Proprietary blend 3 1200 mg (taurin, glutamin, kokosová voda v prášku)	20 min před výkonem	MBP VJ 1 OM BP Wingate anaerobní test	↔ MBP ↔ VJ ↔ MBP ↑ anaerobní výkon	Proprietary blendy nejsou doporučovány pro nemožnost zjistit poměr účinných látek. Aby byly zařazené látky účinné, musely by být v několikanásobně větších dávkách. Posizivní vliv na anaerobní výkon tak zřejmě zajistil kofein.
Lane et al., 2019	Effects of Supplementation of a Pre-Workout on Power Maintenance in Lower Body and Upper Body Tasks in Women	Journal of Functional Morphology and Kinesiology	Dvojitě zaslepená studie se zkříženým uspořádáním	23 rekreačně trénovaných žen	Proprietary FitMiss Ignite Blend 5.85 g (beta alanin, cholin, tyrosin, glycin, taurin, karnitin, betain, hloh, agmatin, kofein, huperzin A)	20 min před výkonem	5x 5s sprinty na cykloergometru 2x5 VJ 1 OM BP	↔ VJ ↔ BP ↔ sprinty na cykloergometru	Pravděpodobně doplněk stravy s nejslabším složením, jelikož nedokázal účinkovat v této studii, ani v následujících.

Vysvětlivky: OM= opakovací maximum; CMVJ= vertikální výskok s protipohybem, VJ= vertikální výskok, BP= bench press, LP= leg press, RTF= opakování do selhání, MBP= trčení medicinbalem, BS= dřep s osou. Statisticky významné hodnoty: ↑= výrazné zlepšení s doplňkem stravy ($p < 0,05$), ↔ bez výrazného rozdílu proti kontrolní skupině ($p > 0,05$)

Autor, rok vydání	Název článku	Časopis	design	Výzkumný soubor	Použitý předtréninkový doplněk stravy	Čas konzumace	Výkonnostní protokol	Hlavní zjištění/výsledky	Vlastní komentář
Collins et al., 2017	Short-term effects of a ready-to-drink pre-workout beverage on exercise performance and recovery	Nutrients	Randomizovaná dvojitě zaslepená studie se zkříženým uspořádáním	25 silově trénovaných mužů	Kofein (200 mg) Beta alanin (2,1 g) Niacin (65 mg) Kyselina listová (325 mcg) B12 (45 mcg) arginin (1,3 g)	15 min před výkonem	1 OM BP 1 OM LP 3x10 70 % 1 OM BP, 3. set RTF 3x10 70 % 1 OM LP, 3. serie RTF	↑ BP cvičící objem ↑LP RTF ↑ celkový odcvičený objem	Jedna z mála studií, která využívá pouze anaerobní cviky. Složení je však ve srovníní s ostatími slabé. Je překvapením, že autoři dospěli k pozitivním výsledkům.
Bergstrom et al., 2018	Examination of a multi-ingredient preworkout supplement on total volume of resistance exercise and subsequent strength and power performance	Journal of Strength and Conditioning Research	Randomizovaná dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná studie se zkříženým uspořádáním	12 silově trénovaných mužů	Citrulin malát (6 g) Leucin (4g) Kyselina asparagová (3 g) Kreatin (2 g) Beta alanin (1,6 g) Tyrosin (1,2 g) Kofein (350 mg)	30 minut před výkonem	8 cviků, 4x RTF se 75 % 1 OM 3x VJ 3x do maxima izokinetický dynamometr	↑ celkový objem cvičení ↑ objem cvičení dolní poloviny těla ↔ objem cvičení horní poloviny těla ↔ VJ, izokinetický dynamometr	Dle autora může zvýšený objem cvičení vést k následné adaptaci, má však obavy, že cca 10 % rozdíl proti placebo skupině je po několika týdnech tréninku zanedbatelný.
Magrini et al., 2016	Effects of a Pre-workout Energy Drink Supplement on Upper Body Muscular Endurance Performance	International Journal of Exercise Science	Randomizovaná dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná, souběžná studie	rekreačně trénovaných 23 mužů a 8 žen	Proprietary blend (350 mg) (kofein 158 mg, BCAA, phenylethylamin, N-acetyl-L-Tyrosin, yohimbe, yerba mate extrakt, extrakt ze zeleného čaje, 5-HTP, vinpocetin, huperzin A)	30 min před výkonem	3x kliky do vyčerpání	↔ kliky do vyčerpání	V použitém doplňku stravy je příliš mnoho látek, které při takovém dávkování nemohou mít účinek.

Vysvětlivky: OM= opakovací maximum, VJ= vertikální výskok, BP= bench press, LP= leg press, RTF= opakování do selhání
Statisticky významné hodnoty: ↑= výrazné zlepšení s doplňkem stravy ($p < 0,05$), ↔ bez výrazného rozdílu proti kontrolní skupině ($p > 0,05$)

Autor, rok vydání	Název článku	Časopis	design	Výzkumný soubor	Použitý předtréninkový doplněk stravy	Čas konzumace	Výkonnostní protokol	Hlavní zjištění/výsledky	Vlastní komentář
Kaczka et al., 2020	The acute effects of multi-ingredient pre-workout ingestion on strength performance, lower body power, and anaerobic capacity	Journal of the International Society of Sports Nutrition	Randomizovaná dvojitě zaslepená, překřížená studie	23 silově trénovaných mužů	l-citrulin (3 g) beta alanin (2 g) taurin(750 mg) arginin (500 mg) tyrosin (500 mg) kofein (300 mg) guarana extrakt (200 mg) hordenin extrakt (150 mg) kasaicin extrakt (25 mg) extrakt z černého pepře (7,5 mg) huprezin A(3 mg)	40 min před výkonem	Test izokinetické flexe a extenze v koleni 3 OM BP Wingate anaerobní test	↑ BP větší výkon ↑ celkový objem cvičení při izokinetické flexi a extenzi ↑ výkon při wingate anaerobním testu	Citrulin a arginin jsou v příliš nízkých dávkách, aby přinesly nějaký účinek. Účinek tak zprostředkovávají zejména stimulanty jako kofein a guarana.
Michael T. Lane & Byrd, 2018	Effects of pre-workout supplements on power maintenance in lower body and upper body tasks	Journal of Functional Morphology and Kinesiology	Dvojitě zaslepená, překřížená studie	23 rekreačně trénovaných mužů	Citrulin malát (3 g) Agmatin (750 mg) Červená řepa extrakt (200 mg) Hloh (200 mg) Extrakt černý pepř (10 mg) Kreatin (1,5 g) BCAA (1,5 g) Beta alanin (2 g) elevATP® (rašelina a jablečný extrakt) (100 mg) kofein (300 mg) huperzin A (100 mcg)	30 min před výkonem	3x5 CMVJ 10x5s sprinty na cykloergometru 10x3 BP 80 % 1 OM	↑ BP rychlost ↔ cykloergometr	Jedna z mála studií, která zařadila doplněk stravy s extraktem z červené řepy, který je bohužel v příliš malé dávce.
Puente-fernández et al., 2020	Effects of Multi-Ingredient Preworkout Supplementa-tion across a Five-Day Resistace and Endurance Training Microcycle in Middle-Aged Adults	Nutrients	Randomizovaná křížová, dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná studie	14 rekreačně trénovaných mužů	Betain (2 g) Karnitin (1,5 g) Citrulin malát (2,5 g) BCAA (6 g) Lysin (2,7 g) Arginin (2,5 g) Methionin (0,7 g) Phenylalanin (1,1 g) Taurin (1 g) Tryptophan (0,3 g) Tyrosin (1,5 g) Kofein (400 mg) Yerba mate extrakt (300 mg)	15 min před výkonem	CMVJ Maximální izometrická síla – stahování horní kladky Cykloergometr do selhání 3 TJ Posilovací cvičení (3x1 BS, BP, výšlapy na bednu, tlaky na ramena, výpady, mrtvý tah, dřepy s výskokem 2 TJ vytrvalostní cvičení: 30 min cykloergometr	↑ celkový objem při posilování ↑ intenzita u posilování ↔ CMVJ ↑ oxidace tuků ↔cykloergometr	Pozitivní silové i oxidační účinky přes nedostatečné dávkování některých látek, např. citrulinu, má nejspíš na svědomí 400 mg kofeinu.

Vysvětlivky: OM= opakovací maximum; CMVJ= vertikální výskok s protipohybem, TJ= tréninková jednotka, BP= bench press, LP= leg press
Statisticky významné hodnoty: ↑= výrazné zlepšení s doplňkem stravy ($p < 0,05$), ↔ bez výrazného rozdílu proti kontrolní skupině ($p > 0,05$)

Autor, rok vydání	Název článku	Časopis	design	Výzkumný soubor	Použitý předtréninkový doplněk stravy	Čas konzumace	Výkonnostní protokol	Hlavní zjištění/výsledky	Vlastní komentář
Nelson et al., 2019	Supplementation with a Multi-ingredient Pre-workout Supplement does not Augment Resistance Training Adaptations in Females	International Journal of Exercise Science	Randomizovaná dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná studie	19 rekreačně trénovaných žen	Proprietary FitMiss Ignite Blend (5,7 g) (beta alanin, cholin, tyrosin, glycin, taurin, karnitin, betain, hloh, agmatin, kofein, huperzin A)	7 týdnů 1x denně, 30 min před výkonem, v netréninkový den ráno	3x CMVJ 1 OM BP 1OM leg press BP RTF se 75 % 1 OM. LP RTF se 75 % 1 OM	↔ výkon horní a spodní poloviny těla	Jelikož se v práci vyskytují další studie používající stejný doplněk, které též nepotvrdily větší přínos, můžeme usoudit, že je obsahované množství látek příliš malé pro ergogenní efekt.
Schwarz & McKinley-Barnard, 2020	Acute Oral Ingestion of a Multi-ingredient Preworkout Supplement Increases Exercise Performance and Alters Postexercise Hormone Responses: A Randomized Crossover, Double-Blinded, Placebo-Controlled Trial	Journal of Dietary Supplements	Dvojitě zaslepená, křížová, placebem kontrolovaná,	10 silově trénovaných mužů	BCAA (7,5 g) Citrulin malát (6 g) Kreatin (5 g) Betain (2,5 g) Beta alanin 2,4 g) Kofein (350 mg) Kreatyl-l-leucin (250 mg)	30 min před výkonem	VJ SMBT BP 1 OM předkopávání 1 OM	↑ VJ ↑ opakování na předkopávání ↔ bench press ↔ SMBT ↑ IGF-1	Jediná studie zkoumala i vliv na hormonální odezvu po konzumaci, které se drtivá většina studií nevěnuje.

Vysvětlivky: OM= opakovací maximum; CMVJ= vertikální výskok s protipohybem, VJ= vertikální výskok, BP= bench press, LP= leg press, RTF= opakování do selhání, SMBT= trčení medicinbalu v sedu, BS= dřep s osou, IGF-1= inzulinu podobný růstový hormon-1
Statisticky významné hodnoty: ↑= výrazné zlepšení s doplňkem stravy ($p < 0,05$), ↔ bez výrazného rozdílu proti kontrolní skupině ($p > 0,05$)

Autor, rok vydání	Název článku	Časopis	design	Výzkumný soubor	Použitý předtréninkový doplněk stravy	Čas konzumace	Výkonnostní protokol	Hlavní zjištění/výsledky	Vlastní komentář
Schwarz et al., 2019	Effect of Bang® Pre-Workout Master Blaster® combined with four weeks of resistance training on lean body mass, maximal strength, mircoRNA expression, and serum IGF-1 in men: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial	Journal of the International Society of Sports Nutrition	Randomizovaná dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná, souběžná studie	16 rekreačně trénovaných mužů	BCAA (7,5 g) Citrulin malát (6 g) Kreatin (5 g) Betain (2,5 g) Beta alanin (2,4 g) Kofein (350 mg) Kreatyl-l-leucin (250 mg)	4 týdny 1x denně 30 minut před výkonem, v netréninkový den ráno	BS 1 OM BP 1OM	↑ svalová hmota ↑ tělesná hmotnost ↑ 1 OM BP ↑ 1 OM BS	Jeden z nejefektivněji poskládaných produktů, který nabízí látky v účinných množstvích. Přesto si myslím, že brát předtréninkový doplněk stravy nepřetržitě měsíc je kontraproduktivní, jelikož si tělo vytvoří toleranci, zejména na kofein.
Cameron et al., 2018	The acute effects of a multi-ingredient pre-workout supplement on resting energy expenditure and exercise performance in recreationally active females	Journal of the International Society of Sports Nutrition	Randomizovaná dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná studie	15 rekreačně trénovaných žen	Proprietary FitMiss Ignite Blend (5,7 g) (beta alanin, cholin, tyrosin, glycin, taurin, karnitin, betain, hloh, agmatin, kofein, huperzin A)	70 min před výkonem	RTF BS a BP s 85 % 5 OM CMVJ Sprint na běžícím pásu	↑ opakování na BP ↑ celková práce na běžícím pásu ↑ soustředění ↔ BS ↔ CMVJ	Vliv na anaerobní aktivity je téměř totožný s dalšími 2 studiemi ve výsledcích, které používají stejný doplněk stravy.

Vysvětlivky: OM= opakovací maximum; CMVJ= vertikální výskok s protipohybem; BP= bench press; RTF= opakování do selhání; BS= dřep s osou.
Statisticky významné hodnoty: ↑= výrazné zlepšení s doplňkem stravy ($p < 0,05$), ↔ bez výrazného rozdílu proti kontrolní skupině ($p > 0,05$)

Autor, rok vydání	Název článku	Časopis	design	Výzkumný soubor	Použitý předtréninkový doplněk stravy	Čas konzumace	Výkonnostní protokol	Hlavní zjištění/výsledky	Vlastní komentář
Tinsley et al., 2017	Effects of two pre-workout supplements on concentric and eccentric force production during lower body resistance exercise in males and females: A counterbalanced, double-blind, placebo-controlled trial	Journal of the International Society of Sports Nutrition	Dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná studie	9 silově trénovaných mužů a 12 žen	Doplněk bez kofeinu: Kreatin (3 g) Citrulin malát (6 g) Betain (2,5 g) Cholin (300 mg) Huperzin A (200 mcg) Astragalus kořen (2 g) Karnitin (1 g) Prášek ze zrn kávovníku (450 mg) Rhodiola rosea extrakt (180 mg) Doplněk s kofeinem: Kreatin (2 g) Citrulin malát (6 g) Betain (1,5 g) Cholin (150 mg) Huperzin A (50 mcg) Kofein (300 mg) Beta alanin (2 g) Taurin (1 g) N-acetl-L-cystein (600 mg) Řepa obecná (500 mg) BCAA (6 g) Tyrosin (1,5 g) Extrakt černý pepř (5 mg)	30 min před výkonem	3 OM dřep na stroji 5x6 dřep na stroji	↔ koncentrická i excentrická síla	Autoři považují 6 g citrulinu a 300 mg kofeinu jako nosné látky pro možný minoritní vliv, který tento vliv měl na testované muže. Přesto se jim téměř dorovnala placebo skupina což dokazuje silný vliv psychiky na výkon.
Jung et al., 2017	Effects of ingesting a pre-workout dietary supplement with and without synephrine for 8 weeks on training adaptations in resistance-trained males	Journal of the International Society of Sports Nutrition	Randomizovaná dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná studie	80 silově trénovaných mužů	Beta alanin (3 g) Kreatin (2 g) Arginin (2 g) Tyrosin (300 mg) Kofein (284 mg) Mucuna pruiriens extrakt standardizovaný na 15 % L-Dopa (15 mg) Vitamin C (500 mg) Niacin (60 mg) Kyselina listová (50 mg) B12 (70 mg) Samostatně nebo se synefrinem (20 mg)	8 týdnů 1x denně 15-30 min před výkonem, v netréninkový den ráno	Kognitivní funkce (Stroop test) 1 OM BP 1 OM LP Wingate anaerobní test	↑ 1 OM BP ↑ 1 OM leg press ↑ výkon při Wingate anaerobním testu ↑ více odvedené práce při wingate anaerobním testu ↔ kognitivní funkce	Je pozoruhodné, že dosáhli testovaní muži výrazného zlepšení v testovaných aktivitách, navzdory poměrně slabému složení, kdy např. argininu je příliš málo na účinek.

Vysvětlivky: OM= opakovací maximum; BP= bench press; LP= leg press
Statisticky významné hodnoty: ↑= výrazné zlepšení s doplňkem stravy ($p < 0,05$); ↔ bez výrazného rozdílu proti kontrolní skupině ($p > 0,05$)

6 DISKUZE

Jelikož každé tělo funguje trochu jinak, je potřeba brát výstupy studií zařazených do výsledků s rezervou, přestože se většina produktů se ukázala jako účinná. Musíme vzít vpotaz i skupinu jedinců, na které se produkty testovaly, jelikož nesměli mnohdy až 8 hodin před konzumací a následným fyzickým testováním nic konzumovat. Tím se vstřebatelnost a účinnost látek samozřejmě zvyšuje a mámo lidí bude aplikovat tyto postupy v běžném životě. Jeden z nejdůležitějších faktorů, který rozhoduje o účinnosti produktu je jeho složení, tedy výběr látek a množství, ve kterém se vyskytují. Na to poukazuje i Roubík (2008) a Bagchi et. al (2019). Z výsledků se můžeme zamyslet nad produkty s takzvaným proprietary blendem, tedy mixu několika látek bez znalosti jejich množství. Dle mého názoru se jedná o nejvíce povedený marketingový tah na poli předtréninkových doplňků stravy. Výrobce zařadí do této směsi spoustu látek, které mají potvrzené účinky. Dá jich však do směsi tak málo, že nemají žádný účinek a málo znalí lidé, převážně mladšího věku, si přesto tyto produkty kupují, jelikož mají dle obsažených látek bezkonkurenční složení. Nevěnují se však množství, v jakém jsou zde látky obsaženy.

Většina výrobců tak propaguje podprůměrné produkty skrz své sponzorované sportovce a využívají tak ovlivňování zákazníků, kteří nejsou příliš vzdělaní v problematice doplňků a věří tak doporučením od svých oblíbenců na fitness scéně. Psychologické aspekty mají velký vliv na koupi a užívání nejen předtréninkových, ale všech doplňků stravy, což podrobněji vysvětluje (Greenwood et al., 2015).

Valná většina uživatelů, kteří užívají předtréninkové doplňky stravy se věnuje hlavně silovému tréninku. Výsledky z testovacích protokolů obsahujících wingate anaerobní test, hody medicinbalem, sprint na bicykloergometu nebo běžícím pásu tak pro ně budou nepodstatné a bylo by vhodné se zaměřit na studie, které zařadily pouze bench press, dřep s osou, tlaky na ramena či další anaerobní cviky, které sami ve fitness centrech používají.

Má zkušenost s předtréninkovými doplňky stravy je bohatá, jelikož se věnuji posilování několik let a je tak téměř nemožné, abych s nimi nepřišel do styku a nevyzkoušel jich desítky. Přestože jsem vyzkoušel mnoho produktů s různým složením, nejsem zastáncem jejich používání před každým tréninkem, což je v dnešní době standard. Využívám tak tyto produkty pouze sporadicky, jako součást předtréninkého rituálu a naladění se na trénink, pokud jdu cvičit s přítelem, kterého jsem dlouho neviděl. Sedět před tréninkem u skleničky předtréninkového doplňku stravy a povídat si je pro nás to samé, jako pro ostatní lidi káva nebo sklenička vína či piva. Můžeme se tedy zamyslet v širší

rovině i nad užitím předtréninkového doplňku stravy jako prostředku pro společenskou interakci a socializaci mezi návštěvníky fitness center.

V neposlední řadě musím z vlastní zkušenosti víc než souhlasit se zjištěním Karimian a Esfahani (2011), že čím víc znalostí o doplňcích stravy člověk má, tím míň jich používá. Postupně tak člověk vyřadí zbytečné produkty, kterým roky slepě věřil či si myslel, že je potřebuje a vyselektuje úzkou skupinu doplňků, které mu opravdu fungují a používá je pravidelně.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce měla za cíl vytvořit systematický přehled aktuálních studií, které se zabývají možným přínosem předtréninkových doplňků stravy na výkon jedince spolu s charakteristikou nejčastěji se vyskytujících látek v těchto doplňcích a zjistit hlavní faktory účinnosti.

Byly prohledány internetové databáze a podle stanoveného vyhledávacího klíče bylo vybráno 51 odborných studií, které se zabývaly problematikou vlivu předtréninkových doplňků stravy na výkon ve fitness. Následná rešerše těchto studií vedla k výběru 15 studií relevantních pro tuto diplomovou práci.

Výsledky práce zobrazují přehled efektů konzumace předtréninkových doplňků stravy na výkon ve fitness. Z provedeného výzkumu vyplývá, že většina použitých doplňků stravy ve výzkumech má pozitivní ergogenní účinek při anaerobním cvičení. Ideální doba pro konzumaci před tréninkem se jeví jako 20-30 min. Nejčastěji se jednalo o zvýšení síly při opakovacím maximu a zvýšení počtu opakování do selhání. Benefity konzumace tak pocítí nejvíc jedinci orientovaní na silový trénink. Jako faktory účinnosti můžeme zařadit hmotnost jedince, toleranci na stimulační látky, pohlaví a nejdůležitějším faktorem je množství účinných látek ve složení produktů. Do výsledků se dostaly produkty, jejichž některé látky nedosahovali potřebného účinného množství, které je nastíněno v první části diplomové práce u každé látky. Pro zvýšení šance lepšího účinku je potřeba studovat složení produktů.

8 SOUHRN

Diplomová práce se zabývá možným přínosem předtréninkových doplňků stravy na výkonnost jedince ve fitness. Hlavním cílem práce bylo vytvoření systematického přehledu aktuálních studií, které byly nalezeny ve 4 světových online databázích.

První část diplomové práce popisuje čtenářům teoretické poznatky o světě fitness, včetně představení možných tréninkových metod. Hlavní tématikou první části jsou však doplňky stravy. Největší prostor je ponechán charakteristice nejčastěji používaných látek v předtréninkových doplňcích stravy.

Druhá část předkládá výsledky, které vzniknuly z prohledávání světových databází dle metodického klíče, jenž nabídnul 51 odborných článků, které byly následnou rešerší redukovány na výsledný počet 15 studií. Velké množství studií věnovaných předtréninkovým doplňkům stravy nebo jejich látek jen podtrhuje fakt, že se jedná o velmi populární kategorií doplňků stravy. Z výsledků vyplývá, že většina předtréninkových doplňků stravy měla pozitivní ergogenní vliv na anaerobní činnost, je však potřeba dávat pozor na složení, mnohdy obsažené látky nedosahují účinného množství.

9 SUMMARY

The diploma thesis deals with the possible contribution of pre-training food supplements to the performance of an individual in fitness. The main goal of this work was to create a systematic overview of current studies, which were found in 4 world online databases.

The first part of the diploma thesis describes to readers theoretical knowledge about the world of fitness, including the introduction of possible training methods. However, the main topic of the first part is food supplements. The largest part is dedicated to the characteristics of the most commonly used substances in pre-workout dietary supplements.

The second part presents the results that arose from searching the world's databases according to the methodological key, which offered 51 professional articles, which were subsequently reduced to the final number of 15 studies. The large number of studies devoted to pre-workout supplements or their substances only underlines the fact that this is a very popular category of supplements. The results show that most pre-workout dietary supplements had a positive ergogenic effect on anaerobic activity, but it is necessary to pay attention to the composition, the substances contained often do not reach an effective amount.

REFERENČNÍ SEZNAM

Adams, M. (2013, November 26). *Natural News Exclusive: Amazon.com (AMZN) sells fake, counterfeit nutritional products to unsuspecting consumers*. Natural News. Retrieved 19. 3. 2021 from World Wide Web: https://www.naturalnews.com/043057_Amazoncom_counterfeit_products_misrepresentation_and_fraud.html

Ahmad, N., Abbasi, B. H., Rahman, I. U., & Fazal, H. (2013). Piper nigrum: Micropropagation, antioxidative enzyme activities, and chromatographic fingerprint analysis for quality control. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *169*(7), 2004–2015. https://doi.org/10.1007/s12010-013-0104-7

Askari, F., & Rahmaninia, F. (2019). The effect of 8 weeks beta-alanine supplementation and resistance training on maximal-intensity exercise performance adaptations in young males. *Physical Education of Students*, *23*(1), 4–8. https://doi.org/10.15561/20755279.2019.0101

Atakan, M. M., Karavelioğlu, M. B., Harmancı, H., Cook, M., & Bulut, S. (2019). Short term creatine loading without weight gain improves sprint, agility and leg strength performance in female futsal players. *Science and Sports*, *34*(5), 321–327. https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.11.003

Aubertin-Leheudre, M., & Buckinx, F. (2020). Effects of Citrulline alone or combined with exercise on muscle mass, muscle strength, and physical performance among older adults: A systematic review. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, *23*(1), 8–16. https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000617

Austin, K. G., Travis, J., Pace, G., & Lieberman, H. R. (2014). Analysis of 1,3 dimethylamylamine concentrations in Geraniaceae, geranium oil and dietary supplements. *Drug Testing and Analysis*, *6*(7–8), 797–804. https://doi.org/10.1002/dta.1491

Avula, B., Smillie, T. J., Wang, Y. H., Zweigenbaum, J., ElSohly, M. A., & Khan, I. A. (2015). Fast identification of 1,3-dimethylamylamine using direct analysis in real time-QToF-MS. *Journal of AOAC International*, *98*(3), 757–759. https://doi.org/10.5740/jaoacint.14-223

Avula, B., Wang, M., Sagi, S., Cohen, P. A., Wang, Y. H., Lasonkar, P., Chittiboyina, A., Feng, W., & Khan, I. A. (2015). Identification and quantification of 1,3-dimethylbutylamine (DMBA) from Camellia sinensis tea leaves and dietary supplements. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *115*, 159–168. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2015.07.004

Bagchi, D., Nair, S., & Sen, C. K. (2019). *Nutrition and Enhanced Sports Performance: Muscle Building, Endurance, and Strength*. Academic Press.

Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Kabir, A., Azizi, F., & Ghasemi, A. (2017). The Nitrate-Independent Blood Pressure – Lowering Effect of Beetroot Juice : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition*, *8*(6), 830–838. https://doi.org/10.3945/an.117.016717

Bean, A. (2015). *Sports Supplements*. Bloomsbury Sport.

Bergstrom, H. C., Travis Byrd, M., Wallace, B. J., & Clasey, J. L. (2018). Examination of a multi-

ingredient preworkout supplement on total volume of resistance exercise and subsequent strength and power performance. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 32, Issue 6). https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002480

Braun, L., & Cohen, M. (2010). *Herbs and Natural Supplements: An Evidence Based Guide, 3rd Edition*. Churchill Livingstone.

Breen, L., & Phillips, S. M. (2012). Nutrient interaction for optimal protein anabolism in resistance exercise. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, *15*(3), 226–232. https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e3283516850

Budeč, M., Bošnir, J., Racz, A., Lasić, D., Brkić, D., Mosović Ćuić, A., Kuharić, Ž., Jurak, G., & Barušić, L. (2019). Verification of Authenticity of Ginkgo Biloba L. Leaf Extract and Its Products Present on the Croatian Market By Analysis of Quantity and Ratio of Ginkgo Flavone Glycosides (Quercetin, Kaempferol and Isorhamnetin) To Terpene Trilactones To the Effect of U. *Acta Clinica Croatica*, *58*(4), 672–692. https://doi.org/10.20471/acc.2019.58.04.15

Bushman, B. (2017). *ACSM's Complete Guide to Fitness and Health*. Human Kinetics. https://search.proquest.com/docview/2135786038?accountid=40699

Cameron, M., Camic, C. L., Doberstein, S., Erickson, J. L., & Jagim, A. R. (2018). The acute effects of a multi-ingredient pre-workout supplement on resting energy expenditure and exercise performance in recreationally active females. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *15*(1), 1–9. https://doi.org/10.1186/s12970-017-0206-7

Campbell, B., Roberts, M., Kerksick, C., Wilborn, C., Marcello, B., Taylor, L., Nassar, E., Leutholtz, B., Bowden, R., Rasmussen, C., Greenwood, M., & Kreider, R. (2006). Pharmacokinetics, safety, and effects on exercise performance of l-arginine α-ketoglutarate in trained adult men. *Nutrition*, *22*(9), 872–881. https://doi.org/10.1016/j.nut.2006.06.003

Caraceni, T. A., Girotti, F., Celano, I., Parati, E., & Balboni, L. (1978). 2-Dimethylaminoethanol (Deanol) in Huntington's chorea. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, *41*, 114–1118. https://doi.org/10.1136/jnnp.41.12.1114

Carp, O. E., Moraru, A., Pinteala, M., & Arvinte, A. (2021). Electrochemical behaviour of piperine. Comparison with control antioxidants. *Food Chemistry*, *339*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128110

Česká komora fitness. (2015). *STANOVY České komory fitness , z. s.* https://komorafitness.cz/kdojsme/

Chiang, J., Yafi, F. A., Dorsey, P. J., & Hellstrom, W. J. G. (2016). The dangers of sexual enhancement supplements and counterfeit drugs to "treat" erectile dysfunction. *Translational Andrology and Urology*, *6*(1), 12–19. https://doi.org/10.21037/tau.2016.10.04

Chinevere, T. D., Sawyer, R. D., Creer, A. R., Conlee, R. K., & Parcell, A. C. (2002). Effects of L-tyrosine and carbohydrate ingestion on endurance exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, *93*(5), 1590–1597. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00625.2001

Coates, P. M., Betz, J. M., Blackman, M. R., Cragg, G. M., Levine, M., Moss, J., & White, J. D.

(2010). *Encyclopedia of dietary supplements*. Informa Healthcare.

Cocksedge, S. P., Breese, B. C., Morgan, P. T., Nogueira, L., Thompson, C., Wylie, L. J., Jones, A. M., & Bailey, S. J. (2020). Influence of muscle oxygenation and nitrate-rich beetroot juice supplementation on O2 uptake kinetics and exercise tolerance. *Nitric Oxide*, *99*, 25–33. https://doi.org/10.1016/j.niox.2020.03.007

Cohen, P. A., Travis, J. C., Keizers, P. H. J., Deuster, P., & Venhuis, B. J. (2018). Four experimental stimulants found in sports and weight loss supplements: 2-amino-6-methylheptane (octodrine), 1,4-dimethylamylamine (1,4-DMAA), 1,3-dimethylamylamine (1,3-DMAA) and 1,3-dimethylbutylamine (1,3-DMBA). *Clinical Toxicology*, *56*(6), 421–426. https://doi.org/10.1080/15563650.2017.1398328

Cohen, P. A., Travis, J. C., & Venhuis, B. J. (2014). A synthetic stimulant never tested in humans, 1,3-dimethylbutylamine (DMBA), is identified in multiple dietary supplements. *Drug Testing and Analysis*, *7*(1), 83–87. https://doi.org/10.1002/dta.1735

Collins, P. B., Earnest, C. P., Dalton, R. L., Sowinski, R. J., Grubic, T. J., Favot, C. J., Coletta, A. M., Rasmussen, C., Greenwood, M., & Kreider, R. B. (2017). Short-term effects of a ready-to-drink pre-workout beverage on exercise performance and recovery. *Nutrients*, *9*(823), 1–19. https://doi.org/10.3390/nu9080823

da Silva, L. A., Tromm, C. B., Bom, K. F., Mariano, I., Pozzi, B., da Rosa, G. L., Tuon, T., da Luz, G., Vuolo, F., Petronilho, F., Cassiano, W., De Souza, C. T., & Pinho, R. A. (2014). Effects of taurine supplementation following eccentric exercise in young adults. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *39*(1), 38–46. https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0229

De Carvalho, F. G., Brandao, C. F. C., Batitucci, G., Souza, A. de O., Ferrari, G. D., Alberici, L. C., Muñoz, V. R., Pauli, J. R., De Moura, L. P., Ropelle, E. R., da Silva, A. S. R., Junqueira-Franco, M. V. M., Marchini, J. S., & de Freitas, E. C. (2020). Taurine supplementation associated with exercise increases mitochondrial activity and fatty acid oxidation gene expression in the subcutaneous white adipose tissue of obese women. *Clinical Nutrition*. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.09.044

de Carvalho, M. B., Brandao, C. F. C., Fassini, P. G., Bianco, T. M., Batitucci, G., Galan, B. S. M., De Carvalho, F. G., Vieira, T. S., Ferriolli, E., Marchini, J. S., da Silva, A. S. R., & de Freitas, E. C. (2020). Taurine supplementation increases post-exercise lipid oxidation at moderate intensity in fasted healthy males. *Nutrients*, *12*(5), 1–12. https://doi.org/10.3390/nu12051540

Deuster, P. A., Butler, F. K., Hughes, J. S., Moore, J., Bennett, B. L., Thorson, L., Singh, A., Walters, K. K., Giebner, S., & Becker, D. (1997). *The Navy SEAL Physical Fitness Guide*. Department of Military and Emergency Medicine, Uniformed Services University of the Health Sciences.

Dreher, M., Ehlert, T., Simon, P., & Neuberger, E. W. I. (2018). Boost me: Prevalence and reasons for the use of stimulant containing pre workout supplements among fitness studio visitors in Mainz (Germany). *Frontiers in Psychology*, *9*(1134), 1–12. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01134

Driskell, J. A., & Wolinsky, I. (2006). *Sports Nutrition: Vitamins and Trace Elements*. CRC Press.

Dudgeon, W. D., Kelley, E. P., & Scheett, T. P. (2016). In a single-blind, matched group design: Branched-chain amino acid supplementation and resistance training maintains lean body mass during a caloric restricted diet. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *13*(1), 1–10. https://doi.org/10.1186/s12970-015-0112-9

Duncan, M. J., Thake, C. D., & Downs, P. J. (2014). The effect of caffeine ingestion on torque and muscle activity during reistance exercise men. *The Laryngoscope*, *50*(4), 523–527. https://doi.org/10.1002/mus.24179

Dwyer, G. B., & Davis, S. E. (2008). ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual. In *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Lippincott Williams & Wilkins.

Estoche, J. M., Jacinto, J. L., Roveratti, M. C., Gabardo, J. M., Buzzachera, C. F., de Oliveira, E. P., Ribeiro, A. S., da Silva, R. A., & Aguiar, A. F. (2019). Branched-chain amino acids do not improve muscle recovery from resistance exercise in untrained young adults. *Amino Acids*, *51*(9), 1387–1395. https://doi.org/10.1007/s00726-019-02776-5

Eudy, A. E., Gordon, L. L., Hockaday, B. C., Lee, D. A., Lee, V., Luu, D., Martinez, C. A., & Ambrose, P. J. (2013). Efficacy and safety of ingredients found in preworkout supplements. *American Journal of Health-System Pharmacy*, *70*(7), 577–588. https://doi.org/10.2146/ajhp120118

Fernández-Lázaro, D., Mielgo-Ayuso, J., Martínez, A. C., & Seco-Calvo, J. (2020). Iron and Physical Activity: Bioavailability Enhancers, Properties of Black Pepper (Bioperine(R)) and Potential Applications. *Nutrients*, *12*(6). https://doi.org/10.3390/nu12061886

Ferris, S. H., Sathananthan, G., Gershon, S., & Clark, C. (1977). Senile Dementia: Treatment with Deanol. *Journal of the American Geriatrics Society*, *25*(6), 241–244. https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1977.tb00407.x

Foley, S., Butlin, E., & Shields, W. (2014). Experience with OxyELITE Pro and Acute Liver Injury in Active Duty Service Members. *Digestive Disesases and Sciences*, *59*(12), 3117–3121. https://doi.org/10.1007/s10620-014-3221-4

Gee, P., Tallon, C., Long, N., Moore, G., Boet, R., & Jackson, S. (2012). Use of recreational drug 1,3-dimethylethylamine (DMAA) associated with cerebral hemorrhage. *Annals of Emergency Medicine*, *60*(4), 431–434. https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2012.04.008

Geyer, H., Parr, M. K., Koehler, K., Mareck, U., Wilhelm, S., & Mario, T. (2008). Nutritional supplements cross-contaminated and faked with doping substances. *Journal of Mass Spectrometry*, *43*, 892–902. https://doi.org/10.1002/jms.1452

Gills, J. L., Glenn, J. M., Gray, M., Romer, B., & Lu, H. (2021). Acute citrulline-malate supplementation is ineffective during aerobic cycling and subsequent anaerobic performance in recreationally active males. *European Journal of Sport Science*, *21*(1), 77–83. https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1722757

Glenn, J. M., Gray, M., Wethington, L. N., Stone, M. S., Stewart, R. W., & Moyen, N. E. (2017). Acute citrulline malate supplementation improves upper- and lower-body submaximal weightlifting exercise performance in resistance-trained females. *European Journal of Nutrition*, *56*(2), 775–784. https://doi.org/10.1007/s00394-015-1124-6

Gonzalez, A. M., & Trexler, E. T. (2020). Effects of Citrulline Supplementation on Exercise Performance in Humans. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(5), 1480–1495. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003426

Gragnani, A., Ph, D., Giannoccaro, F. B., Sobral, C. S., & Ph, D. (2007). Original Article Dimethylaminoethanol Affects the Viability of Human Cultured Fibroblasts. *Aesthetic Plastic Surgery*, *31*, 711–718. https://doi.org/10.1007/s00266-006-0208-3

Greenwood, M., Cooke, M. B., Ziegenfuss, T. N., Kalman, D. S., & Antonio, J. (2015). *Nutritional supplements in sports and exercise: Second edition*. Springer.

Greer, B. K., & Jones, B. T. (2011). Acute Arginine Supplementation Fails to Improve Muscle Endurance of Affect Blood Pressure Responses to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(7), 1–6.

Grgic, J., Enier, S., Schoenfeld, B. J., & Mikulic, P. (2020). Caffeine Ingestion Enhances Repetition Velocity in Resistance Exercise: A Randomized, Crossover, Double-Blind Study Involving Cotrol and Placebo Conditions. *Journal of Human Kinetics*, *74*(1), 177–183. https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0023

Grgic, J., & Mikulic, P. (2017). Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. *European Journal of Sport Science*, *17*(8), 1029–1036. https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1330362

Grgic, J., Mikulic, P., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., & Pedisic, Z. (2019). The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. *Sports Medicine*, *49*(1), 17–30. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0997-y

Gutiérrez-Hellín, J., & Del Coso, J. (2018a). Dose–Response Effects of p-Synephrine on Fat Oxidation Rate During Exercise of Increasing Intensity. *Phytotherapy Research*, *32*(2), 370–374. https://doi.org/10.1002/ptr.5937

Gutiérrez-Hellín, J., & Del Coso, J. (2018b). Effects of p -Synephrine and Caffeine Ingestion on Substrate Oxidation during Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *50*(9), 1899–1906. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001653

Gutiérrez-Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., & Del Coso, J. (2020). Acute p-synephrine ingestion increases whole-body fat oxidation during 1-h of cycling at Fatmax. *European Journal of Nutrition*, *59*(7), 3341–3345. https://doi.org/10.1007/s00394-019-02101-6

Harty, P. S., Zabriskie, H. A., Stecker, R. A., Currier, B. S., Tinsley, G. M., Surowiec, K., Jagim, A. R., Richmond, S. R., & Kerksick, C. M. (2020). Caffeine Timing Improves Lower-Body Muscular Performance: A Randomized Trial. *Frontiers in Nutrition*, *7*(November), 1–15.

https://doi.org/10.3389/fnut.2020.585900

Haššo, M., Sarakhman, O., Stanković, D. M., & Švorc. (2020). A new voltammetric platform for reliable determination of the sport performance-enhancing stimulant synephrine in dietary supplements using a boron-doped diamond electrode. *Analytical Methods*, *12*(39), 4749–4758. https://doi.org/10.1039/d0ay01425g

Ho, C.-T., Simon, J. E., Shahidi, F., & Shao, Y. (2008). *Dietary Supplements*. American Chemical Society.

Hoffman, J. R., Kang, J., Ratamess, N. A., Rashti, S. L., Tranchina, C. P., & Faigenbaum, A. D. (2009). Thermogenic effect of an acute ingestion of a weight loss supplement. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *6*, 1–9. https://doi.org/10.1186/1550-2783-6-1

Howatson, G., Hoad, M., Goodall, S., Tallent, J., Bell, P. G., & French, D. N. (2012). Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: A randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *9*(20), 1–7. https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-20

Hummer, E., Suprak, D. N., Buddhadev, H. H., Brilla, L., & San Juan, J. G. (2019). Creatine electrolyte supplement improves anaerobic power and strength: A randomized double-blind control study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *16*(1), 1–8. https://doi.org/10.1186/s12970-019-0291-x

Jackman, S. R., Witard, O. C., Philp, A., Wallis, G. A., Baar, K., & Tipton, K. D. (2017). Branched-chain amino acid ingestion stimulates muscle myofibrillar protein synthesis following resistance exercise in humans. *Frontiers in Physiology*, *8*(390), 1–12. https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00390

Jagim, A. R., Jones, M. T., Wright, G. A., St. Antoine, C., Kovacs, A., & Oliver, J. M. (2016). The acute effects of multi-ingredient pre-workout ingestion on strength performance, lower body power, and anaerobic capacity. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *13*(11), 1–10. https://doi.org/10.1186/s12970-016-0122-2

Jakubcik, E. M., Rutherfurd-markwick, K., Chabert, M., Wong, M., & Ali, A. (2021). Pharmacokinetics of Nitrate Following Beetroot Juice Drink Consuption. *Nutrients*, *13*(2).

Jendrzejewska, I. (2020). Application of X-Ray Powder Diffraction for Analysis of Selected Dietary Supplements Containing Magnesium and Calcium. *Frontiers in Chemistry*, *8*(September), 1–12. https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00672

Jianguang, C. A. I., Dazhong, Y. I. N., & Hui, T. (2012). The Biochemical Mechanisms of Taurine in Anti Sports Fatigue. *Advanced Materials*, *550–553*, 1043–1047. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.550-553.1043

Johannsmeyer, S., Candow, D. G., Brahms, C. M., Michel, D., & Zello, G. A. (2016). Effect of creatine supplementation and drop-set resistance training in untrained aging adults. *Experimental Gerontology*, *83*, 112–119. https://doi.org/10.1016/j.exger.2016.08.005

Jung, Y. P., Earnest, C. P., Koozehchian, M., Cho, M., Barringer, N., Walker, D., Rasmussen, C., Greenwood, M., Murano, P. S., & Kreider, R. B. (2017). Effects of ingesting a pre-workout dietary supplement with and without synephrine for 8 weeks on training adaptations in resistance-trained males. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *14*(1), 1–18. https://doi.org/10.1186/s12970-016-0158-3

Kaats, G. R., Miller, H., Preuss, H. G., & Stohs, S. J. (2013). A 60day double-blind, placebo-controlled safety study involving Citrus aurantium (bitter orange) extract. *Food and Chemical Toxicology*, *55*, 358–362. https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.01.013

Kaczka, P., Batra, A., Kubicka, K., Maciejczyk, M., Rzeszutko-Bełzowska, A., Pezdan-śliż, I., Michałowska-Sawczyn, M., Przydział, M., Płonka, A., Cięszczyk, P., Humińska-Lisowska, K., & Zając, T. (2020). Effects of Pre-Workout Multi-Ingredient Supplement on Anaerobic Performance: Randomized Double-Blind Crossover Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(8262), 1–14. https://doi.org/10.3390/ijerph17218262

Karimian, J., & Esfahani, P. S. (2011). Supplement consuption in body builder athletes. *Journal of Research in Medical Sciences : The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, *16*(10), 1347–1353. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3430026/#

Kaufman-Shruqui, V., Sherf-Dagan, S., Salem, H., Navarro, D. A., & Boaz, M. (2020). Frequently used medicinal herbs and spices in weight management: A review. *Functional Foods in Health and Disease*, *10*(7), 305–324. https://doi.org/10.31989/ffhd.v10i7.719

Kaviani, M., Abassi, A., & Chilibeck, P. D. (2019). Creatine monohydrate supplementation during eight weeks of progressive resistance training increases strength in as little as two weeks without reducing markers of muscle damage. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *59*(4), 608–612. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08406-2

Kendrick, I. P., Harris, R. C., Jeong, H., Keun, C., Viet, K., Thanh, H. D., Bui, T. T., Smith, M., & Wise, J. A. (2008). The effects of 10 weeks of resistance training combined with b -alanine supplementation on whole body strength , force production , muscular endurance and body composition. *Amino Acids*, *34*(4), 547–554. https://doi.org/10.1007/s00726-007-0008-3

Kephart, W. C., Mumford, P. W., McCloskey, A. E., Holland, A. M., Shake, J. J., Mobley, C. B., Jagodinsky, A. E., Weimar, W. H., Oliver, G. D., Young, K. C., Moon, J. R., & Roberts, M. D. (2016). Post-exercise branched chain amino acid supplementation does not affect recovery markers following three consecutive high intensity resistance training bouts compared to carbohydrate supplementation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *13*(30), 1–10. https://doi.org/10.1186/s12970-016-0142-y

Kim, Y. N., Hwang, J. H., & Cho, Y. O. (2016). The effects of exercise training and acute exercise duration on plasma folate and vitamin B12. *Nutrition Research and Practice*, *10*(2), 161–166. https://doi.org/10.4162/nrp.2016.10.2.161

Lane, Michael T., & Byrd, M. T. (2018). Effects of pre-workout supplements on power maintenance in lower body and upper body tasks. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *3*(11), 1–9. https://doi.org/10.3390/jfmk3010011

Lane, Michael Timothy, Byrd, M. T., Bell, Z., & Hurley, T. (2019). Effects of Supplementation of a Pre-Workout on Power Maintenance in Lower Body and Upper Body Tasks in Women. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *4*(18), 1–11. https://doi.org/10.3390/jfmk4020018

Lippelt, D. P., Kint, S. Van Der, Herk, K. Van, & Naber, M. (2016). No Acute Effects of Choline Bitartrate Food Supplements on Memory in Healthy, Young, Human Adults. *PLOS ONE*, *11*(6), 1–16. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157714

Lopes-Silva, J. P., Rocha, A. L. S. da, Rocha, J. C. C., Silva, V. F. D. S., & Correia-Oliveira, C. R. (2021). Caffeine ingestion increases the upper-body intermittent dynamic strength endurance performance of combat sports athletes. *European Journal of Sport Science*, *2*, 1–10. https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1874058

Magrini, M. A., Colquhoun, R. J., Dawes, J. J., & Smith, D. B. (2016). Effects of a Pre-workout Energy Drink Supplement on Upper Body Muscular Endurance Performance. *International Journal of Exercise Science*, *9*(5), 667–676. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27990227%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5154715

Malanga, G., Aguiar, M. B., Martinez, H. D., & Puntarulo, S. (2012). New Insights on Dimethylaminoethanol (DMAE) Features as a Free Radical Scavenger. *Drug Metabolism Letters*, *6*(1), 54–59. https://doi.org/10.2174/187231212800229282

Martínez-Sanz, J., Sospedra, I., Ortiz, C., Baladía, E., Gil-Izquierdo, A., & Ortiz-Moncada, R. (2017). Intended or Unintended Doping? A Review of the Presence of Doping Substances in Dietary Supplements Used in Sports. *Nutrients*, *9*(12), 1093. https://doi.org/10.3390/nu9101093

Martinez, N., Campbell, B., Franek, M., Buchanan, L., & Colquhoun, R. (2016). The effect of acute pre-workout supplementation on power and strength performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *13*(29), 1–7. https://doi.org/10.1186/s12970-016-0138-7

Mason, P. (2007). *Dietary Supplements : Third edition*. Pharmaceutical Press.

Mills, S., Candow, D. G., Forbes, S. C., Neary, J. P., Ormsbee, M. J., & Antonio, J. (2020). Effects of creatine supplementation during resistance training sessions in physically active young adults. *Nutrients*, *12*(6), 1–11. https://doi.org/10.3390/nu12061880

Monakhova, Y. B., Ilse, M., Hengen, J., Kuballa, T., Kohl-himmelseher, M., & Lachenmeier, D. W. (2014). Rapid assessment of the illegal presence of 1 , 3-dimethylamylamine (DMAA) in sports nutrition and dietary supplements using 1 H NMR spectroscopy. *Drug Testing and Analysis*, *6*(9), 944–948. https://doi.org/10.1002/dta.1677

Nelson, A., Camic, C. L., Foster, C., Zajac, B., Hoecherl, K., Erickson, J., & Jagim, A. R. (2019). Supplementation with a Multi-ingredient Pre-workout Supplement does not Augment Resistance

Training Adaptations in Females. *International Journal of Exercise Science*, *12*(2), 187–202. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30761195%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC6355134

Neri, D. F., Wiegmann, D., Stanny, R. R., Shappell, S. A., McCardie, A., & McKay, D. L. (1995). The effects of tyrosine on cognitive performance during extended wakefulness. *Aviat Space Environ Med*, *66*(4), 313–319.

Newmaster, S. G., Grguic, M., Shanmughanandhan, D., Ramalingam, S., & Ragupathy, S. (2013). DNA Barcoding detects contamination and substitution in North American herbal products. *BMC Medicine*, *11*(222), 1–13. https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-222

Norum, M., Risvang, L. C., Bjørnsen, T., Dimitriou, L., Rønning, P. O., Bjørgen, M., & Raastad, T. (2020). Caffeine increases strength and power performance in resistance-trained females during early follicular phase. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *30*(11), 2116–2129. https://doi.org/10.1111/sms.13776

Odoardi, S., Mestria, S., Biosa, G., Valentini, V., Federici, S., & Strano Rossi, S. (2021). An overview on performance and image enhancing drugs (PIEDs) confiscated in Italy in the period 2017–2019. *Clinical Toxicology*, *59*(1), 47–52. https://doi.org/10.1080/15563650.2020.1770277

Ortiz, R. S., Mariotti, K. de C., Holzschuh, M. H., Romaõ, W., Limberger, R. P., & Mayorga, P. (2013). Profiling counterfeit Cialis, Viagra and analogs by UPLC-MS. *Forensic Science International*, *229*(1–3), 13–20. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.03.024

Osmond, A. D., Directo, D. J., Elam, M. L., Juache, G., Kreipke, V. C., Saralegui, D. E., Wildman, R., Wong, M., & Jo, E. (2019). The effects of leucine-enriched branched-chain amino acid supplementation on recovery after high-intensity resistance exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(8), 1081–1088. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0579

Page, L. K., Jeffries, O., & Waldron, M. (2019). Acute taurine supplementation enhances thermoregulation and endurance cycling performance in the heat. *European Journal of Sport Science*, *19*(8), 1101–1109.

Peña–Acevedo, L., Zuluaga, A. F., & Aristizabal–Solis, A. (2020). A counterfeit multivitamin product inducing severe bleeding disorders in humans. *Clinical Toxicology*, *58*(8), 846–848. https://doi.org/10.1080/15563650.2019.1703999

Penry, J. T., & Manore, M. M. (2008). Choline: An important micronutrient for maximal endurance-exercise performance? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *18*(2), 191–203. https://doi.org/10.1123/ijsnem.18.2.191

Pérez-Guisado, J., & Jakeman, P. M. (2010). Citrulline malate enhances athletic anaerobic performance and relieves muscle soreness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(5), 1215–1222. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cb28e0

Petr, M., & Šťastný, P. (2012). *Funkční silový trénink*. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.

Pinto, C. L., Botelho, P. B., Carneiro, J. A., & Mota, J. F. (2016). Impact of creatine supplementation in combination with resistance training on lean mass in the elderly. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *7*(4), 413–421. https://doi.org/10.1002/jcsm.12094

Přibylka, A., Švidrnoch, M., Ševčík, J., & Maier, V. (2015). Enantiomeric separation of 1,3-dimethylamylamine by capillary electrophoresis with indirect UV detection using a dual-selector system. *Electrophoresis*, *36*(23), 2866–2873. https://doi.org/10.1002/elps.201500182

Puente-fernández, J., Seijo, M., Larumbe-Zabala, E., Jiménez, A., Liguori, G., Rossato, C. J. L., Mayo, X., & Naclerio, F. (2020). Effects of Multi-Ingredient Preworkout Supplementation across a Five-Day Resistace and Endurance Training Microcycle in Middle-Aged Adults. *Nutrients*, *12*(3778), 1–19. https://doi.org/10.3390/nu12123778

Ra, S. G., Miyazaki, T., Ishikura, K., Nagayama, H., Suzuki, T., Maeda, S., Ito, M., Matsuzaki, Y., & Ohmori, H. (2013). Additional effects of taurine on the benefits of BCAA intake for the delayed-onset muscle soreness and muscle damage induced by high-intensity eccentric exercise. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, *776*, 179–187. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6093-0_18

Ra, S. G., Miyazaki, T., Kojima, R., Komine, S., Ishikura, K., Kawanaka, K., Honda, A., Matsuzaki, Y., & Ohmori, H. (2018). Effect of BCAA supplement timing on exercise-induced muscle soreness and damage: A pilot placebo-controlled double-blind study. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *58*(11), 1582–1591. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07638-1

Ra, S., Miyazaki, T., Ishikura, K., Nagayama, H., Komine, S., Nakata, Y., Maeda, S., Matsuzaki, Y., & Ohmori, H. (2013). Combined effect of branched-chain amino acids and taurine supplementation on delayed onset muscle soreness and muscle damage in high-intensity eccentric exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *10*(51), 6–11. https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-51

Rahimi, M. R., Khabiri, P., & Faraji, H. (2018). Effects if caffeine ingestion on resistance exercise-induced apoptosis in athletes: A randomized, double-blind, placebo-cotrolled, crossover study. *Progress in Nutrition*, *20*(4), 563–569. https://doi.org/10.23751/pn.v20i4.6442

Ratamess, N. A., Bush, J. A., Kang, J., Kraemer, W. J., Stohs, S. J., Nocera, V. G., Leise, M. D., Diamond, K. B., & Faigenbaum, A. D. (2015). The effects of supplementation with P-Synephrine alone and in combination with caffeine on resistance exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *12*(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/s12970-015-0096-5

Raya-González, J., Rendo-Urteaga, T., Domínguez, R., Castillo, D., Rodríguez-Fernández, A., & Grgic, J. (2020). Acute Effects of Caffeine Supplementation on Movement Velocity in Resistance Exercise: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, *50*(4), 717–729. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01211-9

Ribeiro, A. S., Avelar, A., Kassiano, W., Nunes, J. P., Schoenfeld, B. J., Aguiar, A. F., Trindade, M.

C. C., Silva, A. M., Sardinha, L. B., & Cyrino, E. S. (2020). Creatine Supplementation Does Not Influence the Ratio Between Intracellular Water and Skeletal Muscle Mass n Resistance-Trained Men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *30*(6), 405–411. https://doi.org/10.1123/ijsnem.2020-0080

Rojas-valverde, D., Montoya-rodríguez, J., Azofeifa-, C., & Sanchez-urena, B. (2020). Effectiveness of beetroot juice derived nitrates supplementation on fatigue resistance during repeated-sprints: a systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1798351

Roubík, L. (2018). *Moderní výživa ve fitness a silových sportech*. Erasport.

Roveratti, M. C., Jacinto, J. L., Oliveira, D. B., da Silva, R. A., Andraus, R. A. C., de Oliveira, E. P., Ribeiro, A. S., & Aguiar, A. F. (2019). Effects of beta-alanine supplementation on muscle function during recovery from resistance exercise in young adults. *Amino Acids*, *51*(4), 589–597. https://doi.org/10.1007/s00726-018-02686-y

Ruiz-Moreno, C., Coso, J. Del, Girález-Costas, V., González-García, J., & Gutiírez-Hellín, J. (2021). Effects of p-Synephrine during Exercise: A Brief Narrative Review. *Nutrients*, *13*(233), 1–9.

Salatto, R. W., Arevalo, J. A., Brown, L. E., Wiersma, L. D., & Coburn, J. W. (2020). Caffeine's Effects on an Upper-Body Resistance Exercise Workout. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(6), 1643–1648. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002697

Sampaio, C. R. S. F., Aidar, F. J., Ferreira, A. R. P., Dos Santos, J. L., Marçal, A. C., de Matos, D. G., de Souza, R. F., Moreira, O. C., Guerra, I., Filho, J. F., Marcucci-Barbosa, L. S., Nunes-Silva, A., de Almeida-Neto, P. F., Cabral, B. G. A. T., & Reis, V. M. (2020). Can creatine supplementation interfere with muscle strength and fatigue in brazilian national level paralympic powerlifting? *Nutrients*, *12*(9), 1–10. https://doi.org/10.3390/nu12092492

Saunders, B., Virgile, A., Elliott-sale, K. J., Artioli, G. G., Swinton, P. A., Dolan, E., Roschel, H., Sale, C., & Gualano, B. (2020). Infographic . A systematic review and meta-analysis of the effect of β -alanine supplementation on exercise capacity and performance. *British Journal of Sports Medicine*, *54*(15), 925–926. https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101129

Schilling, B. K., Hammond, K. G., Bloomer, R. J., Presley, C. S., & Yates, C. R. (2013). Physiological and pharmacokinetic effects of oral 1,3-dimethylamylamine administration in men. *BMC Pharmacology & Toxicology*, *14*(1), 52. https://doi.org/10.1186/2050-6511-14-52

Schwarz, N. A., & McKinley-Barnard, S. K. (2020). Acute Oral Ingestion of a Multi-ingredient Preworkout Supplement Increases Exercise Performance and Alters Postexercise Hormone Responses: A Randomized Crossover, Double-Blinded, Placebo-Controlled Trial. *Journal of Dietary Supplements*, *17*(2), 211–226. https://doi.org/10.1080/19390211.2018.1498963

Schwarz, N. A., McKinley-Barnard, S. K., & Blahnik, Z. J. (2019). Effect of Bang® Pre-Workout Master Blaster® combined with four weeks of resistance training on lean body mass, maximal strength, mircoRNA expression, and serum IGF-1 in men: A randomized, double-blind, placebo-

controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *16*(54), 1–15. https://doi.org/10.1186/s12970-019-0310-y

Sergio, W. (1988). Use of DMAE (2-dimethylaminoethanol) in the induction of lucid dreams. *Medical Hypotheses*, *26*(4), 255–257. https://doi.org/10.1016/0306-9877(88)90129-6

Shapira, B., Goldstein, L., Reshef, A., & Poperno, A. (2016). A rare case of psychomotor disturbances linked to the use of an adulterated dietary supplement containing sibutramine. *Clinical Neuropharmacology*, *39*(3), 154–156. https://doi.org/10.1097/WNF.0000000000000141

Sheikholeslami-Vatani, D., & Ahmadi, S. (2016). Effect of oral branched-chain amino acid supplementation prior to resistance exercise on metabolic hormones, plasma amino acids, and serum indices of muscle damage in the recovery period. *Topics in Clinical Nutrition*, *31*(4), 346–354. https://doi.org/10.1097/TIN.0000000000000085

Shityakov, S., Bigdelian, E., Hussein, A. A., Hussain, M. B., Tripathi, Y. C., Khan, M. U., & Shariati, M. A. (2019). Phytochemical and pharmacological attributes of piperine: A bioactive ingredient of black pepper. *European Journal of Medicinal Chemistry*, *176*, 149–161. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.04.002

Smith, C. R., Harty, P. S., Stecker, R. A., & Kerksick, C. M. (2019). A Pilot Study to Examine the Impact of Beta-Alanine Supplementation on Anaerobic Exercise Performance in Collegiate Rugby Athletes. *Sports*, *7*(11).

Smolders, L., de Wit, N. J. W., Balvers, M. G. J., Obeid, R., Vissers, M. M. M., & Esser, D. (2019). Natural Choline from Egg Yolk Phospholipids Is More E ffi ciently Absorbed Compared with Choline Healthy Adults. *Nutrients*, *11*(2758), 1–13. https://doi.org/10.3390/nu11112758

Souza, D. B., Duncan, M., & Polito, M. D. (2019). Acute Caffeine Intake Improves Lower Body Resistance Exercise Performance With Blood Flow Restriction. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(2), 216–221. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0224

Speer, H., D'cunha, N. M., Davies, M. J., McKune, A. J., & Naumovski, N. (2020). The physiological effects of amino acids arginine and citrulline: Is there a basis for development of a beverage to promote endurance performance? a narrative review of orally administered supplements. *Beverages*, *6*(1), 1–11. https://doi.org/10.3390/beverages6010011

Spradley, B. D., Crowley, K. R., Tai, C. Y., Kendall, K. L., Fukuda, D. H., Esposito, E. N., Moon, S. E., & Moon, J. R. (2012). Ingesting a pre-workout supplement containing caffeine, B-vitamins, amino acids, creatine, and beta-alanine before exercise delays fatigue while improving reaction time and muscular endurance. *Nutrition and Metabolism*, *9*(28), 1–9. https://doi.org/10.1186/1743-7075-9-28

Stohs, S. J., & Badmaev, V. (2016). A Review of Natural Stimulant and Non-stimulant Thermogenic Agents. *Phytotherapy Research*, *30*(5), 732–740. https://doi.org/10.1002/ptr.5583

Stoppani, J. (2015). *Jim Stoppani's Encyclopedia of Muscle & Strength*. Human Kinetics.

Striegel, H., Vollkommer, G., Horstmann, T., & Niess, A. M. (2005). Contaminated nutritional

supplements - Legal protection for elite athletes who tested positive: A case report from Germany. *Journal of Sports Sciences*, *23*(7), 723–726. https://doi.org/10.1080/02640410400021922

Sutton, E. E., Coll, M. R., & Deuster, P. A. (2005). Ingestion of tyrosine: Effects on endurance, muscle strength, and anaerobic performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *15*(2), 173–185. https://doi.org/10.1123/ijsnem.15.2.173

Suzuki, I., Sakuraba, K., Horiike, T., Kishi, T., Yabe, J., Suzuki, T., Morita, M., Nishimura, A., & Suzuki, Y. (2019). A combination of oral l-citrulline and l-arginine improved 10-min full-power cycling test performance in male collegiate soccer players: a randomized crossover trial. *European Journal of Applied Physiology*, *119*(5), 1075–1084. https://doi.org/10.1007/s00421-019-04097-7

Suzuki, T., Morita, M., Kobayashi, Y., & Kamimura, A. (2016). Oral L-citrulline supplementation enhances cycling time trial performance in healthy trained men: Double-blind randomized placebo-controlled 2-way crossover study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *13*(1), 2–9. https://doi.org/10.1186/s12970-016-0117-z

Thirupathi, A., Pinho, R. A., Baker, J. S., István, B., & Gu, Y. (2020). Taurine Reverses Oxidative Damages and Restores the Muscle Function in Overuse of Exercised Muscle. *Frontiers in Physiology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fphys.2020.582449

Tinsley, G. M., Hamm, M. A., Hurtado, A. K., Cross, A. G., Pineda, J. G., Martin, A. Y., Uribe, V. A., & Palmer, T. B. (2017). Effects of two pre-workout supplements on concentric and eccentric force production during lower body resistance exercise in males and females: A counterbalanced, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *14*(46), 1–11. https://doi.org/10.1186/s12970-017-0203-x

Trexler, E. T., Persky, A. M., Ryan, E. D., Schwartz, T. A., Stoner, L., & Smith-Ryan, A. E. (2019). Acute Effects of Citrulline Supplementation on High-Intensity Strength and Power Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. https://doi.org/10.1007/s40279-019-01091-z

Tumilty, L., Davison, G., Beckmann, M., & Thatcher, R. (2011). Oral tyrosine supplementation improves exercise capacity in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(12), 2941–2950. https://doi.org/10.1007/s00421-011-1921-4

Tumilty, L., Davison, G., Beckmann, M., & Thatcher, R. (2013). Acute oral administration of a tyrosine and phenylalanine-free amino acid mixture reduces exercise capacity in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, *113*(6), 1511–1522. https://doi.org/10.1007/s00421-012-2577-4

Tumilty, L., Davison, G., Beckmann, M., & Thatcher, R. (2014). Failure of oral tyrosine supplementation to improve exercise performance in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *46*(7), 1417–1425. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000243

Tumilty, L., Gregory, N., Beckmann, M., & Thatcher, R. (2020). No Influence of Low-, Medium-, or High-Dose Tyrosine on Exercise in a Warm Environment. In *Medicine and science in sports and exercise* (Vol. 52, Issue 6). https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002245

Viribay, A., Burgos, J., Fernández-Landa, J., Seco-Calvo, J., & Mielgo-Ayuso, J. (2020). Effects of Arginine Supplementation on Athletic Performance Based on Energy Metabolism : A systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, *12*(5), 1–20. https://doi.org/10.3390/nu12051300

Waldron, M., Patterson, S. D., & Jeffries, O. (2019). Oral taurine improves critical power and severe-intensity exercise tolerance. *Amino Acids*, *51*(10–12), 1433–1441. https://doi.org/10.1007/s00726-019-02775-6

Waldron, M., Whelan, K., Jeffries, O., Burt, D., Howe, L., & Patterson, S. D. (2017). The effects of acute branched-chain amino acid supplementation on recovery from a single bout of hyperthropy exercise in resistance-trained athletes. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, *42*(6), 630–636. https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0569

Watson, P., Enever, S., Page, A., Stockwell, J., & Maughan, R. J. (2012). Tyrosine supplementation does not influence the capacity to perform prolonged exercise in a warm environment. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *22*(5), 363–373. https://doi.org/10.1123/ijsnem.22.5.363

Wax, B., Kavazis, A. N., Webb, H. E., & Brown, S. P. (2012). Acute L-arginine alpha ketoglutarate supplementation fails to improve muscular performance in resistance trained and untrained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *9*, 7–12. https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-17

Wilder, R. P., Greene, J. A., Winters, K. L., Lond 3rd, W. B., Gubler, K., & Edlich, R. F. (2006). Physical fitness assessment: an update. *Journal of Long Term Effects of Medical Implants*, *16*(2), 193–204. https://doi.org/10.1615/jlongtermeffmedimplants.v16.i2.90

Willoughby, D. S., Boucher, T., Reid, J., Skelton, G., & Clark, M. (2011). Effects of 7 days of arginine-alpha-ketoglutarate supplementation on blood flow, plasma L-arginine, nitric oxide metabolites, and asymmetric dimethyl arginine after resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *21*(4), 291–299. https://doi.org/10.1123/ijsnem.21.4.291

Woolf, K., & Manore, M. M. (2006). B-vitamins and exercise: Does exercise alter requirements? *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *16*(5), 453–484. https://doi.org/10.1123/ijsnem.16.5.453

Zhang, M., Izumi, I., Kagamimori, S., Sokejima, S., Yamagami, T., Liu, Z., & Qi, B. (2004). Role of taurine supplementation to prevent exercise-induced oxidative stress in healthy young men. *Amino Acids*, *26*, 203–207. https://doi.org/10.1007/s00726-003-0002-3

Zhang, Y., Woods, R. M., Breitbach, Z. S., & Armstrong, D. W. (2012). 1,3-Dimethylamylamine (DMAA) in supplements and geranium products : natural or synthetic ? *Drug Testing and*

Analysis, *4*(12), 986–990. https://doi.org/10.1002/dta.1368