

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

ENERGETICKÉ NÁPOJE: VLIV NA SPORTOVNÍ VÝKON

Bakalářská práce

Autor: Karolína Jílková

Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Olomouc 2020

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Karolína Jílková

Název bakalářské práce: Energetické nápoje: vliv na sportovní výkon

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Rok obhajoby bakalářské práce: 2020

Abstrakt: *Úvod* Energetické nápoje jsou nealkoholické nápoje lišící se od ostatních nápojů vysokým obsahem kofeinu. Popularita nealkoholický nápojů neustále stoupá. Energetické nápoje jsou známé především pro své účinky například na zvýšení energie, soustředěnosti, výdrže anebo sportovního výkonu. *Cíl* Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit systematický přehled randomizovaných kontrolovaných studií zkoumajících vliv energetického nápoje na sportovní výkon. *Metodika* Práce je psaná jako systematický přehled, pro vyhledávání byla využita databáze PUBMED. Z 318 studií spadajících do vyhledávací strategie bylo vybráno 28 pro finální analýzu. *Výsledky* Většina studií dokládá pozitivní efekt energetického nápoje na anaerobní výkon. Více než polovina studií ukazuje pozitivní vliv energetického nápoje na aerobní výkon. *Závěry* Energetické nápoje mají pozitivní vliv na aerobní i anaerobní výkon. Kofein je složkou energetického nápoje, která má největší vliv na sportovní výkon.

Klíčová slova: doplněk stravy, kofein, zdraví, sport, systematický přehled

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Karolína Jílková

Title of the bachelor thesis: Energy drinks: impact on sports performance

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

Supervisor: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

The year of presentation: 2020

Abstract: *Introduction* Energy drinks are soft drinks differing from other drinks in that they have high caffeine content. The popularity of soft drinks is rising. Energy drinks are known primarily for their effects on increasing energy, concentration, endurance or sports performance. *Objective* The main objective of the bachelor thesis is to create a systematic overview of randomized controlled studies examining the effect of energy drinks on sports performance. *Methodology* The work is written as a systematic overview and the PUBMED database was used for the research. Of the 318 studies included in the research strategy, 28 were selected for final analysis. *Results* Most studies show a positive effect of an energy drink on anaerobic performance. More than half of the studies show a positive effect of the energy drink on aerobic performance. *Conclusions* The energy drinks have a positive effect on aerobic and anaerobic performance. Caffeine is the component of the energy drink that has the greatest effect on sports performance.

Keywords: dietary supplement, caffeine, health, sport, systematic review

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Filipa Neulse, Ph.D., a uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 1. 5. 2020

.....

Děkuji Mgr. Filipu Neulsovi, Ph.D., za pomoc, odborné vedení, cenné připomínky a trpělivost při vedení mé závěrečné práce.

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. PŘEHLED POZNATKŮ	9
2.1. Energetické nápoje	9
2.2. Historie energetických nápojů.....	12
2.3. Složení energetických nápojů	13
2.3.1 Kofein	15
2.3.2 Taurin.....	19
2.3.3 Sacharidy	20
2.3.4 L-karnitin	21
2.3.5 Inozitol.....	21
2.3.6 Vitaminy	22
2.3.7 Minerály.....	23
2.3.8 Bylinné extrakty.....	23
2.4. Vliv na zdravotní stav	25
2.4.1 Vliv na činnost nervové soustavy	25
2.4.2 Vliv na kardiovaskulární systém.....	26
2.4.3 Obezita, nadváha.....	26
2.4.4 Nespavost a problémy s chováním	27
2.5. Vliv na sportovní výkon.....	27
2.5.1 Anaerobní výkon.....	28
2.5.2 Aerobní výkon	28
3. CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	31
4. METODIKA	32
5. VÝSLEDKY	34
5.1. Charakteristika vybraných studií.....	34
5.2. Charakteristika účastníků studií	34

5.3. Design studií.....	34
5.4. Porovnání vybraných studií.....	35
6. DISKUSE.....	53
7. ZÁVĚRY	55
8. SOUHRN	56
9. SUMMARY	57
10. REFERENČNÍ SEZNAM.....	58

1. ÚVOD

Energetické nápoje jsou nápoje zpravidla nealkoholické, které se liší od ostatních nápojů vysokým obsahem kofeinu. Popularita nealkoholický nápojů neustále stoupá (Higgins et al., 2010). Největší skupinou spotřebitelů jsou dospívající jedinci, pro které energetické nápoje mohou představovat určitá rizika (Simulescu et al., 2019). Už podle názvu by měly poskytovat přísun energie, ačkoliv je obsah energie téměř shodný jako u jiných běžných nealkoholických nápojů. Energetické nápoje jsou známé především pro své účinky například na zvýšení energie, soustředěnosti, výdrže anebo sportovního výkonu.

Motivací pro výběr tématu této bakalářské práce bylo vytvořit uspořádaný přehled psaný v českém jazyce, který by pomohl čtenářům rozšířit své obzory v oblasti energetických nápojů a jejich vlivu na sportovní výkon.

V mé bakalářské práci se budu zabývat v teoretické části energetickými nápoji, jejich historií, složkami, vlivem na zdravotní stav a okrajově také vlivem na sportovní výkon. V části praktické to bude vytvoření systematického přehledu pojednávajícího o vlivu energetických nápojů na sportovní výkon.

2. PŘEHLED POZNATKŮ

2.1. Energetické nápoje

Energetické nápoje jsou nealkoholické nápoje, které se nabízejí na zvýšení energie, výdrže, sportovního výkonu a koncentrace (Al-Shaar et al., 2017). Energetické nápoje se liší od ostatních nealkoholických nápojů vysokým obsahem kofeinu (Koivusilta, Kuoppamäki, & Rimpelä, 2016) a Kemps et al. (2019) doplňují, že i dalšími látkami jako například taurin, guarana a ženšen.

Popularita potravinových doplňků stoupá. V roce 2005 ve Spojených státech amerických dosáhla společnost Red Bull 65% podílu na trhu s energetickými nápoji ve výši 650 milionů dolarů a její prodej rostl ročně o 35 % (Higgins et al., 2010). Mnoho lidí je pokládá za součást zdravého životního stylu. Mnohdy ani neví, že by jejich užívání mohlo nést nějaké rizika. Potravinové doplňky nemusí být vždy tělu škodlivé, ale na druhé straně ani nemusí pomoci zlepšit zdravotní stav. Mnoho z nich ani není dostatečně prozkoumáno (Pokorná, Sovová, Masný, Štégnerová, & Sovová, 2019).

Simulescu, Iliu, Macarie, & Merghes (2019) uvádí, že nápoje představují riziko hlavně pro mladé zdravé jedince a mohou být například jednou z příčin obezity. Kim, Sim a Choi (2017) dodávají, že energetické nápoje jsou stále více konzumovány právě mezi dospívajícími, a Kemps, Tiggemann, Cibich, & Cabala (2019) doplňují, že představují přes 60 % na trhu s energetickými nápoji. Většina dospívajících konzumuje energetické nápoje jen kvůli chuti nebo na oslavu speciální příležitosti s alkoholem. Mladí dospělí tvoří asi dvě třetiny trhu s energetickými nápoji. I když občasná konzumace energetického nápoje není problematická, zjistilo se, že někteří jednotlivci konzumují čtyři a více energetických nápojů denně. Energetické nápoje jsou v našem současném prostředí všudypřítomné, jsou dostupné v obchodech, na čerpacích stanicích a na mnoha dalších místech (Kemps, Tiggemann, Cibich, & Cabala, 2019).

Energetické nápoje jsou mladistvým jedincům a sportovcům v mnoha zemích zakázány po výskytu srdečního selhání údajně spojeného s konzumací energetických nápojů (Majeed, Yar, Alsunni et al., 2017).

Celosvětová spotřeba činí přes 11 miliard litrů energetických nápojů za rok (Statista Research Department, 2016). Před rokem 2010 se každoročně ve Spojených státech amerických prodalo okolo 200 milionů plechovek (Bromová et al., 2010).

Ehlers, Marakis, Lampen et al. (2019) podotýkají, že podle nařízení o potravinách pro spotřebitele (EU) č. 1169/2011 musí být v Evropské unii nápoje obsahující více než 150 mg / l kofeinu označeny označením „Vysoký obsah kofeinu. Nedoporučuje se dětem, těhotným a kojícím ženám“, po němž následuje kvantitativní indikace obsahu kofeinu (nařízení (EU) č. 1169/2011, 2014).

Tabulka 1. Obsah kofeinu v energetických nápojích (Winklerová, 2010)

Energetický nápoj	Obsah kofeinu (ve 100 ml)
Red Bull	32
Big Shock	32
Erectus	30
Power horse	32
UP! Love	35
Swiss Power	32
Free hemp	18
Pitbull	32

Každý výrobce energetických nápojů má vlastní směs doplňkových látek, které jsou uvedeny na etiketě. Výrobci energetických nápojů nemusí uvádět obsah kofeinu z přidaných doplňků, proto skutečné množství kofeinu v jedné porci bude pravděpodobně mnohem vyšší než skutečné množství uvedené na etiketě a potenciálně by mohlo způsobit otravu kofeinem (Kozik, Carey, Bhattacharyya et al, 2018).

Podle studie z roku 2014 provedené v 16 zemích Evropské unie, kterou provedl Evropský úřad pro bezpečnost potravin pro energetické nápoje, bylo zjištěno, že energetické nápoje spotřebovalo 68 % dospívajících, 30 % dospělých a 18 % dětí. Nejvyšší výskyt byl zaznamenán v České republice, kde 82 % dospělých a 40 % dětí konzumovalo energetický nápoj (Breda, Whiting, Encarnaçao et al., 2014). Podle stejné studie až 13,3 % mladých dospělých (18–29 let) konzumuje energetické nápoje nejméně 4krát nebo 5krát týdně s odhadovaným příjmem 4,5 l za měsíc na osobu.

Světová zdravotnická organizace doporučuje stanovit horní limit kofeinu na všechny výrobky a vzdělávat veřejnost o rizicích smíchání alkoholu se spotřebou energetických nápojů, zejména pro mladé lidi (Lage-Yusty, Villar-Blanco, & López-Hernandez, 2019).

Velké množství konzumentů si totiž neuvědomuje, že energetické nápoje skrývají účinky alkoholu, a proto vypijí mnohem více alkoholu. To je očividně účelem, a tím pádem je u mladistvých velmi oblíbená kombinace např. vodka s Red Bullem. Bohužel si neuvědomují, že energetický nápoj s alkoholem v kombinaci s fyzickou zátěží (tanec) může zapříčinit dehydrataci organismu (Winklerová, 2010).

Díky Winklerové (2010) víme, že bylo v letech 2005-2010 v České republice registrováno až 130 druhů energetických nápojů, které zde byly vyrobeny nebo byly dopraveny z dalších evropských, ale i neevropských států. Dále uvádí, že už jen podle názvu by energetické nápoje měly spotřebiteli poskytnout energii. Podle uvedené tabulky to ale není úplně pravda.

Tabulka 2. Energetická hodnota nápojů (Winklerová, 2010)

Název výrobku	Energie (KJ/100ml)
Energetický nápoj – Red Bull	192
Energetický nápoj – Red Bull bez cukru	14
Energetický nápoj – Erectus	156
Energetický nápoj – Knock Out	143
Pomerančový juice	190
Coca Cola	168
Pepsi Cola	187
Fanta	150

V energetických nápojích je obsah energie skoro stejný jako obsah energie u běžných nealkoholických nápojů. Název energetický nápoj se používá i pro nápoje, kde místo cukru je umělé sladidlo, a tím pádem je energetická hodnota téměř nulová. Vhodnější název by proto byl nápoj stimulační. Stále ještě neexistuje ani jedna definice, ať už v české nebo evropské legislativě. Současná evropská legislativa řadí energetické nápoje mezi nealkoholické nápoje doplněné o vitamíny, minerální a jiné látky, tudíž mezi obohacené nápoje. Hodně obecné evropské nařízení č.1925/2006 reguluje složení energetických nápojů. Nařízení poskytuje seznam o povolených formách vitaminů a minerálních látek. Tohle nařízení nereguluje přidávání jiných látek. Není regulováno obohacování energetického nápoje například o taurin, kofein ani rostlinné extrakty (Winklerová, 2010).

2.2. Historie energetických nápojů

V roce 1949 byly energetické nápoje představeny světu značkou Dr. Enuf ve Spojených státech amerických. Nápoje byly plné vitamínů a byly prezentovány jako lepší alternativa ke slazeným nápojům (Bedi, Dewan, & Gupta, 2014). Valle et al. (2018) uvádějí, že v Evropě a Asii byly uvedeny v roce 1960, ale dosáhly celosvětového rozmachu. Nejoblíbenější a nejstudovanější energetický nápoj je Red Bull, který byl poprvé představen v Austrálii v roce 1987 a ve Spojených státech v roce 1997 (Jonjev & Bala, 2013). Díky agresivním marketingu populárního energetického nápoje Red Bull v roce 1997 se prodej energetických nápojů dramaticky zvýšil na celém světě (Rotstein et al., 2013). V roce 2006 se celosvětová roční spotřeba energetických nápojů zvýšila o 17 % oproti předchozímu roku na 906 milionů galonů (1 galon = 3,7854 litru), přičemž Thajsko vedlo ve světové spotřebě energetických nápojů na osobu, ale USA bylo na první příčce v celkovém objemu prodeje. Téměř 500 značek energetických nápojů se v roce 2006 prodávalo po celém světě (Reissig, Strain, & Griffiths, 2009).



Obrázek 1. Prodejna Dr. Enuf v roce 1949 (The Dr. Enuf store, 2020)

2.3. Složení energetických nápojů

Energetické nápoje většinou obsahují vodu, sacharidy (například glukózu), vitaminy, minerály, látky, jejichž cílem je zvýšit energii, bdělost, metabolismus, výkon (například kofein, taurin, aminokyseliny, glukoronolakton), guaranu, ginkgo bilobu, karnitin, ženšen, yerbu mate a extrakt ze zeleného čaje (Campbell, 2013). Záleží na výrobci, které přísady dá do energetického nápoje, protože každý výrobce může mít lehce odlišné složení (Kozik, Carey, Bhattacharyya et al, 2018).

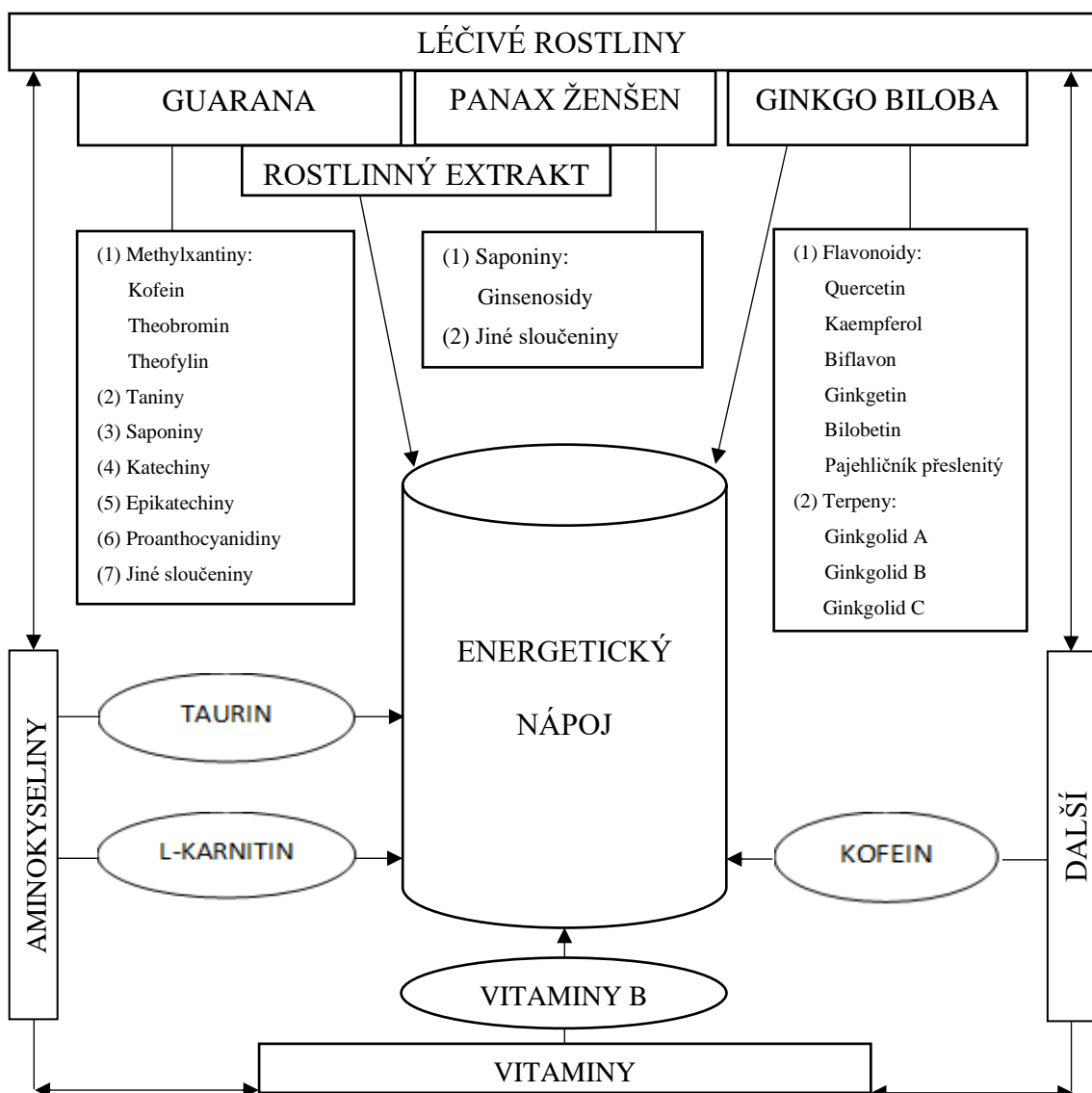
Tabulka 3. Seznam ingrediencí uvedených na obalu 250 ml energetického nápoje (Campbell et al., 2013)

Ingredience	1	2	3	4	5
Energetická hodnota (kcal)	100	110	140	120	140
Sacharidy	27	28	31	32	30
Tuky	-	-	-	-	-
Vitamin C	-	100 mg	-	100 mg	6,7 mg
Vitamin B2	1,7 mg	1,5 mg	3,4 mg	20 %	0,2 mg
Vitamin B3	20 mg	21,7 mg	20 mg	10 %	2,2 mg
Vitamin B6	4 mg	2,1 mg	2 mg	10 %	1,5 mg
Vitamin B12	6 ug	4,5 ug	6 ug	10 %	4,7 ug
Sodík	180 mg	200 mg	40 mg	75 mg	190 mg
Taurin	1 000 mg	600 mg	1 000 mg	-	-
Patentovaná směs	L-karnitin, Glukóza, Kofein, Guarana,	Kofein (77 mg)	Ginkgo Biloba, Kofein (80 mg), Guarana	Guarana, Kofein, Taurin, Ženšen, Vápník	L-glutamin, L-arginin, Quercetin,

Vysvětlivky: % = doporučená denní hodnota

Typický energetický nápoj obsahuje ve 100 ml kolem 32 mg kofeinu, 400 mg taurinu, 11 g glukózy a vitamin B komplex (Chaban, Kornberger, Branski et al., 2017). Iversen, Arnesen, Meltzer a Brantsæter (2018) uvádí, že cukr anebo sladidla skrývají chuť hořkých ingrediencí, jako je kofein nebo taurin, díky čemuž jsou chutnější pro děti a dospívající. Kromě toho se přidávají vitaminy B, aby se nápoje jevily zdravé.

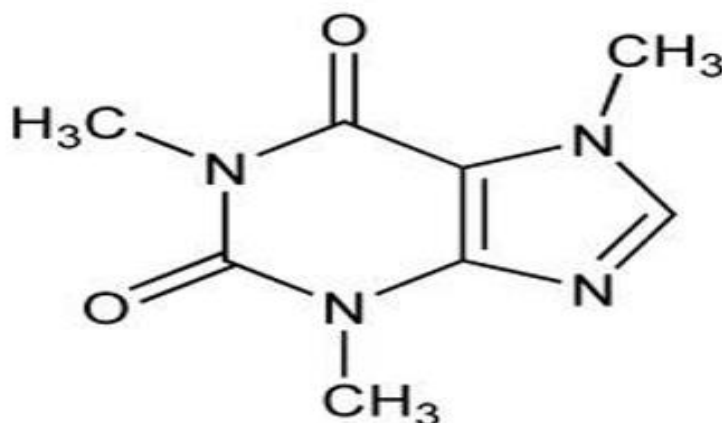
Gidus (2008) dodává, že energetické nápoje často obsahují složky, které nejsou u lidí dostatečně prostudovány. Opatrnost při konzumaci energetických nápojů je na místě, protože každý reaguje na přídatné látky v potravinách jinak. Stimulační povaha mnoha ingrediencí v energetických nápojích, zejména v kombinaci s alkoholem, by mohla mít vážné následky.



Obrázek 2. Schématické znázornění rozdílných složek energetických nápojů (Zeidán-Chuliá, Gelain, Kolling et al., 2013)

2.3.1 Kofein

Salinero, Lara, Abian-Vicen et al. (2014) uvádí, že kofein (1,3,7-trimethylxanthin) je přírodní alkaloid přítomný v různých množstvích v listech, plodech a semenech různých rostlin (jako jsou například káva, kola, čaj, mate). Chaban, Kornberger, Branski et al. (2017) dodávají, že je kofein stimulantem číslo jedna na světě.



Obrázek 3. Strukturální vzorec kofeinu (Nafisi, et al., 2004)

Kofein je v současné společnosti nejčastěji konzumovanou psychoaktivní látkou, přestože tato látka nemá nutriční hodnotu a není nezbytná pro žádný fyziologický proces. Je často součástí volně prodejných léků, doplňků výživy a komerčně dostupných nápojů, protože může být uměle syntetizován v laboratoři. Kofein dokáže být silným stimulantem centrálního nervového systému a používá se především ke zvýšení vitality a aktivity, odvrácení ospalosti a obnovení bdělosti (Salinero, Lara, Abian-Vicen et al., 2014).

Množství kofeinu spotřebovaného na den závisí na mnoha faktorech, jako je zdroj příjmu, věk, pohlaví, stav výživy, úroveň hladiny, chování vrstevníků a návyky. Citlivost na účinky kofeinu jako např. na zvýšení výkonu nebo zlepšení nálady závisí na jejich úrovni obvyklého příjmu kofeinu. Po dávce $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ kofeinu byl zjištěn větší a dlouhodobější ergogenní účinek u osob, které nekonzumují kofein než u osob, které jej konzumují. V posledních několika letech se dramaticky zvýšil také příjem energetických nápojů obsahujících kofein, zejména ve sportovním kontextu, a proto se energetické nápoje staly nejčastěji používaným prostředkem příjmu kofeinu u sportovní populace. Energetické nápoje obsahují sacharidy, kofein a/nebo jiné živiny, které mohou ovlivnit duševní soustředění a koncentraci, a mají potenciál ovlivnit kapacitu cvičení a vnímání energie a/nebo únavy.

Současné důkazy, byť vzácné, naznačují, že spotřeba energetických nápojů je bezpečná u zdravé populace a podobná konzumaci jiných potravin a nápojů obsahujících kofein. U dospělých, kteří konzumují mírné množství kávy (3–4 šálky/den, poskytující 300–400 mg kofeinu/den), existuje jen malé množství důkazů o zdravotních rizicích a zdravotních přínosech. Některé skupiny, včetně osob s hypertenzí, dětí, adolescentů a starších osob, však mohou být senzitivnější vůči nepříznivým účinkům příjmu kofeinu. Požití kofeinu nebo kofeinových produktů je obvykle doprovázeno několika vedlejšími účinky, jako je nespavost, nervozita, neklid, podráždění žaludku, nevolnost, zvracení, tachykardie, třes a úzkost (Salinero, Lara, Abian-Vicen et al., 2014).

Různá národní a mezinárodní toxikologická centra uvádějí několik nežádoucích účinků spojených se spotřebou energetických nápojů, včetně poškození jater, selhání ledvin, záchvaty, tachykardie, srdečních arytmií, hypertenze a náhlé smrti. Během cvičení bylo zjištěno, že akutní požití kofeinu v dávce $9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ výrazně zvyšuje frekvenci nežádoucích vedlejších účinků ve srovnání s požitím kofeinu v dávce 3 nebo $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Zejména nespavost (54 %), zvýšená produkce moči (54 %) a gastrointestinální problémy (38 %) se zvýšily v dávce $9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nižší dávky (např. $3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) zvýšily pocit vitality a aktivity ve srovnání s placebem bez obsahu kofeinu, ale nezvýšily jiné vedlejší účinky, jako jsou gastrointestinální problémy nebo nespavost. Naproti tomu požití energetického nápoje může zlepšit psychofyziologické faktory spojené s námahou při cvičení. Bylo prokázáno, že požití kofeinu mění reakci náladového stavu na cvičení s vyšším skóre vitality a nižším skóre únavy ve srovnání s požitím placebo. Bylo zjištěno, že požití kofeinu indukuje snížení subjektivního vnímání námahy (RPE), snížení vnímání bolesti svalů a zvýšení připravenosti zvyšovat intenzitu zatížení. Kromě toho bylo zjištěno, že kofein zvyšuje pracovní paměť a zkracuje reakční dobu v úkolech s jednoduchým či volitelným výběrem (Salinero, Lara, Abian-Vicen et al., 2014).

Kemps, Tiggemann, Cibich a Cabala (2019) podotýkají, že kofein má podobné vlastnosti jako jiné drogy, a proto může být návykový. Mezi abstinenční syndromy, které se mohou objevit po abstinenci kofeinu, patří únava, apatie, slabost a ospalost, bolesti hlavy, úzkost, snížené motorické chování, zvýšení srdeční frekvence a zvýšené svalové napětí a příležitostně třes, nevolnost, zvracení a příznaky podobné chřipce. Výskyt nepříznivých účinků konzumace kofeinu závisí na individuální citlivosti na kofein a na úrovni denní spotřeby, např. kofeinových nápojů (Fredholm et al., 1999). Děti jsou více citlivé na kofeinovou toxicitu než dospělí kvůli jejich nižší tělesné hmotnosti a rychlejšímu metabolismu (Visram, Cheetham, Riby, Crossley, & Lake, 2016).

Opakované podávání kofeinu může vést k rozvoji tolerance vůči mnoha, ale ne ke všem kofeinovým účinkům. Pokud jde o krevní tlak (BP) a srdeční frekvenci (HR), může se taková tolerance vyvinout během několika dnů (Fredholm et al., 1999). Vysoký příjem kofeinu v krátkém časovém období může mít za následek vážné stavy, například selhání ledvin, což může být v nejhorším případě fatální u zranitelných jedinců (Iversen, Arnesen, Meltzer, & Brantsæter, 2018).

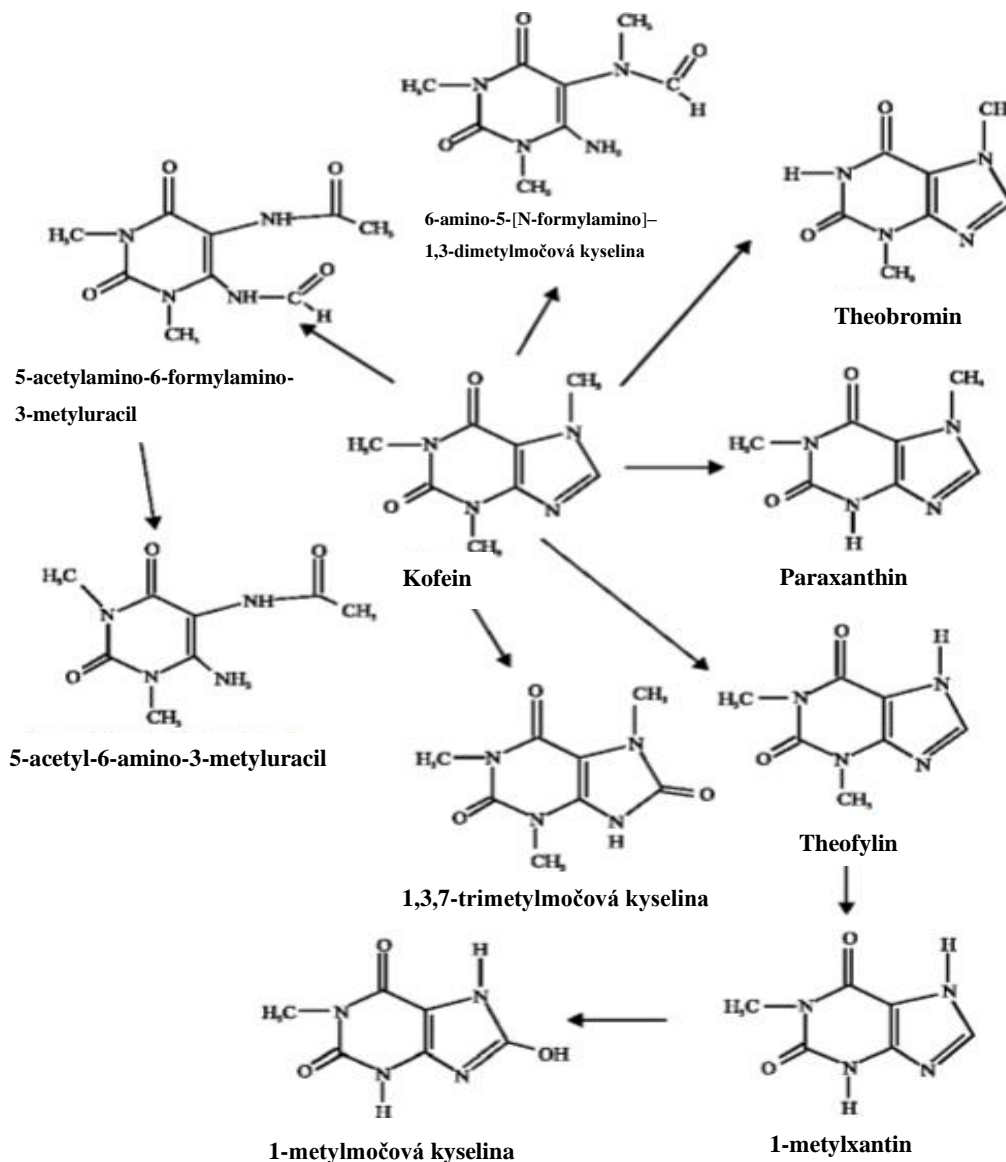
Po orálním užití se kofein rapidně vstřebává a dosahuje maximální koncentrace krve a mozku po 30–60 minutách díky rozpustnosti ve vodě nebo tuku (Chaban, Kornberger, Branski et al., 2017). Kofein při dávce 100-600 mg má pozitivní účinky na jasnější myšlení a zlepšení koordinace, ale na straně druhé může zapříčinit zhoršenou soustředěnost. Kofein dokáže vyvolat nespavost, zrychlené dýchání, pokud množství přesáhne 2000 mg za den (Bromová et al., 2010).

Tabulka 4: Průměrný obsah kofeinu ve vybraných nápojích (Barone and Roberts, 1996)

Typ nápoje (100 ml)	Obsah kofeinu v mg
Překapávaná káva	56-100
Instantní káva	20-73
Instantní čaj	20-73
Cola	9-19
Kakao (100 g)	5-20

2.3.1.1 Metabolismus kofeinu

Absorpce kofeinu z gastrointestinálního traktu je rychlá (Arnaud, 1993). Pouze malá část kofeinu je vyloučena nezměněna močí (Bonati et al., 1982). Distribuuje se do všech tkání, včetně mozku (Crews et al., 2001). Kofein je metabolizován játry (Arnaud, 1993) a následně vyloučen močí (Petriková & Patočka, 2006). Kofein bez problémů prochází hematoencefalickou bariérou vzhledem ke své rozpustnosti v tucích (Fredholm et al., 1999). K oxidaci kofeinu dochází při jeho odbourávání za vzniku paraxantinu, theofylinu, theobrominu, 1,3,7-trimethylmočové kyseliny a dalších metabolitů. Finálním produktem oxidace theofylinu je 1-methylmočová kyselina (Huq, 2006). Tyhle metabolity se za 15-45 minut dostávají do krevního oběhu. Kofein dosahuje nejvyšší koncentrace zhruba 1 hodinu po konzumaci (Harland, 2000).



Obrázek 4. Schéma odbourávání kofeinu (Tassaneeyakul et al., 1992; Nyeki et al., 2001)

Metabolismus kofeinu je mezi běžnými konzumenty kofeinu a osobami, které nejsou konzumenty, zcela odlišný (Salinero, Lara, Abian-Vicen et al., 2014).

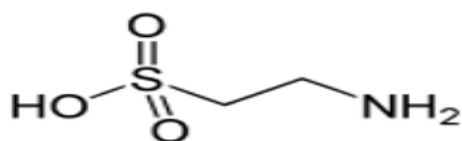
Nelze opomenout fakt, že farmakokinetika kofeinu v organismu se nemění s pohybovou aktivitou, nedochází tedy ke změně ve vstřebávání ani v metabolismu kofeinu. Časové rozmezí vyloučení kofeinu z těla je stejné v klidu i při pohybové aktivitě (Graham, 2001).

2.3.1.2 Molekulární princip působení kofeinu

U zdravých jedinců kofein zvyšuje aktivitu sympatických nervů. Molekulární mechanismus kofeinu spočívá v jeho konkurenční inhibici fosfodiesterázy. To má za následek zvýšení cyklického adenosinmonofosfátu myokardu a v důsledku toho pozitivní inotropní účinek na myokard. Na druhé straně inhibice adenosinových receptorů zabraňuje negativnímu inotropnímu účinku vyvolanému adenosinem, konkrétně blokuje vazodilatační účinek adenosinu a inhibiční účinky adenosinu na agregaci destiček, hladiny katecholaminů, uvolňování reninu a lipolýzu. Akutní podávání kofeinu tedy může zvýšit krevní tlak a zvýšit hladiny plazmatického katecholaminu, reninu a volných mastných kyselin (Mesas, et al., 2011).

2.3.2 Taurin

Valle, Couto-Pereira, Lampert et al. (2018) poukazují na taurin (kyselina 2-aminoethansulfonová) jako na nejhojnější aminokyselinu. Na druhou stranu Chesney (1985) doplňuje, že taurin je také aminokyselinou, která může v těle produkovat toxické a oxidační látky. Ve zvláště vysokých koncentracích se nachází v srdečních a kosterních svalech (Chaban, Kornberger, Branski et al., 2017), ale vyskytuje se také v sítnici a játrech (Valle, Couto-Pereira, Lampert et al., 2018). Bylo také zjištěno, že taurin je spojen s pozitivními inotropními a antiarytmickými účinky prostřednictvím svého zapojení do hemostázy vápníku a byl dokonce navržen jako léčba srdečního selhání (Chaban, Kornberger, Branski et al., 2017).



Obrázek 5. Strukturální vzorec taurinu (Ripps & Shen, 2012)

Z latinského názvu *Fel tauri*, překládáno jako býčí žluč, pochází název taurin. K taurinu se pojí mnoho legend o jeho vzniku a účincích právě kvůli tomuto názvu. Jedním z příkladů je, že se jedná o extrakt z býčích varlat, žluči či spermatu, a proto někteří k tomuto nápoji automaticky připojují sílu, energii, rychlost či vytrvalost. Mnohdy není taurin doplňován do potravin kvůli dietickému účinku, ale pro výše zmíněné důvody. Dokonce někteří výrobci využívají tyto vlastnosti kvůli propagaci a většímu prodeji (Jacobsen & Smith, 1968). Jak uvádí Mandel et al. (1985), konzumace taurinu souvisí se zvýšením bdělosti a koncentrace. To může být výhodné během vytrvalostního výkonu změnou/ovlivněním subjektivního vnímání úsilí. Taurin je dále spojován s celou řadou fyziologických funkcí, včetně neuromodulace, neuroprotektce, osmoregulace a stability buněčné membrány. Taurin působí na centrální nervový systém, ačkoli vliv vysokých koncentrací taurinu není dobře znám (Valle, Couto-Pereira, Lampert et al., 2018). Bromová et al. (2010) uvádí, že taurin působí antioxidačně a dokáže odstranit určité těžké kovy. Taurin zvyšuje reakční dobu při výběrové reakci, ale na druhou stranu zkracuje reakční dobu v úkolech s pracovní pamětí (Giles et al., 2012).

2.3.3 Sacharidy

Další běžnou složkou ve většině energetických nápojů je nějaký typ sacharidu (např. glukóza, sacharóza). Energetické nápoje také typicky obsahují glukuronolakton, složku, která se podílí na syntéze kyseliny askorbové a je metabolizována na xylulosu (Campbell, 2013). Důkazy z četných studií (Jeukendrup et al., 1997; Jeukendrup, 2004) ukazují, že požívání sacharidů během cvičení trvajícího přibližně 45 minut nebo déle může zlepšit vytrvalost a výkon. Energetické nápoje obsahují asi 25–30 gramů sacharidů na 240 ml. Toto množství téměř odpovídá spodní hranici sacharidů, které je doporučováno přijímat během vytrvalostního cvičení (30 g/h). Horní doporučená hranice příjmu sacharidů při vytrvalostním cvičení činí 60 g/h, což by odpovídalo cca 530 ml běžného energetického nápoje. Zatímco celkový obsah sacharidů v typickém energetickém nápoji je poměrně vysoký, koncentrace v běžně komerčně dostupných energetických nápojích nemusí být dostatečná (vzhledem k energetickému výdeji během dlouhodobého vytrvalostního výkonu). Typický energetický nápoj poskytuje sacharidy ve vyšší koncentraci, obvykle kolem 11-12 % roztoku. Bylo zjištěno, že požití vyšších procent (>10 %) sacharidů v tekutinách zpomaluje vyprazdňování žaludku a zvyšuje gastrointestinální potíže. V důsledku toho mohou sportovci, kteří chtějí používat energetické nápoje jako sportovní nápoje, zředit nápoj a/nebo střídat spotřebu

energetického nápoje a vody během cvičení (Campbell, 2013). Použití sacharidových doplňků ukazuje zlepšení lidského výkonu v porovnání s vodou a placebem (Ivy et al., 2009).

2.3.4 L-karnitin

Karlic a Lohninger (2004) popisuje L-karnitin jako přirozeně vyskytující se aminokyselinu vytvářenou převážně játry a ledvinami. Podílí se na beta-oxidaci mastných kyselin a je tak spojena se změnami metabolismu a úrovně energie. Je jednou z obvyklých složek energetického nápoje. Popularita L-karnitinu v energetických nápojích je způsobena jeho možnou schopností spalovat více tuku a zvyšovat výdrž během cvičení, tato tvrzení však zůstávají nepolapitelná. Některá data naznačila, že L-karnitin hraje důležitou roli v prevenci poškození buněk a pozitivně ovlivňuje zotavení ze zátěžového stresu. Příjem L-karnitinu krevními buňkami se podílí na stimulaci krvetvorby a prevenci programované buněčné smrti v imunitních buňkách. Nedávno bylo prokázáno, že karnitin má přímé účinky na regulaci genové exprese a je potenciálně zapojen do modulace koncentrace intracelulárních mastných kyselin. Proto existuje důkaz pro pozitivní účinek suplementace L-karnitinem. To může být zvláště užitečné při tréninku a zotavení z namáhavého cvičení. Bylo prokázáno, že ve vysokých dávkách má L-karnitin vedlejší účinky jako nevolnost, zvracení, bolesti břicha a průjem (Seifert, Schaechter, Hershorn et al., 2011). Stejně jako například u ženšenu však množství L-karnitinu v energetických nápojích není dostatečně vysoké na to, aby se ho to týkalo (Wassef, Kohansieh, & Makaryus, 2017).

2.3.5 Inozitol

Inozitol je cukerný alkohol, který byl objeven ve svalech, a proto je nazýván myo-inozitol (Bromová et al., 2010). Je látka, která se musí přijímat z potravy, protože si ji tělo nedokáže v dostatečném množství samo vytvořit. Jen v minimálním množství se tvoří u člověka pomocí střevních bakterií. Inozitol se nachází v rostlinných potravinách, zejména v zelenině, ovoci, celozrnných potravinách, ale také mase a mléce. V organismu je především v buněčných membránách mozku, myokardu a kosterní svalovině, obvykle ve spojení s lipidy (Lakhan, Sabharanjak, & De, 2009).

2.3.6 Vitaminy

Vitaminy, které řadíme k organickým sloučeninám, jsou důležité pro správný vývoj, růst a funkci celého organismu nebo nějakého orgánu. Vitaminy získaly označení z latinských slov vital a amine = životně důležité aminy. Došlo k tomu na přelomu 19. a 20. století díky pokroku analytické chemie. Rozpustnost vitaminů je významnou charakteristikou, podle které vitaminy členíme. Vitaminy dělíme na rozpustné ve vodě neboli hydrofilní a vitaminy rozpustné v tucích neboli lipofilní. Mezi vitaminy rozpustné v tucích řadíme vitaminy A, D, E a K. Mezi vitaminy rozpustné ve vodě řadíme skupinu vitaminů B a C (Fajfrová, 2011).

V energetických nápojích je obsaženo vysoké množství vitaminů A, B, C a E (Childs, 2014). Lage-Yusty, Villar-Blanco, & López-Hernandez (2019) uvádí, že se jedná se hlavně o vitaminy B, konkrétně B6 (pyridoxin) a B2 (riboflavin).

Vitaminy B jsou rozpustné ve vodě a jsou tedy distribuovány v dostatečném množství vody v těle. Jeden litr energetického nápoje značky Red Bull obsahuje 150 mg vitaminů B (Mora-Rodriguez & Pallarés, 2014). Vitaminy B řadíme mezi látky, které napomáhají při konverzi živin na energii, jako například cukr, který se nachází v energetických nápojích ve velkém množství (Bromová et al., 2010). Vitaminy B hrají klíčovou roli v buněčném metabolismu, zejména při výrobě energie. Tělo snadno absorbuje ve vodě rozpustné vitaminy, ale neukládá velké množství, a proto ledviny odstraní množství, které nepotřebujeme. Ačkoli většina přebytečných vitaminů B se vylučuje, v moči mohou některé vitaminy B dosáhnout toxických hladin. Vitaminy B jsou obvykle bezpečné, pokud konzumujeme v doporučené míře. Pokud konzumujeme příliš mnoho B6, může dojít k nervovému poškození končetin a způsobit necitlivost, bolest a potíže při chůzi (Debelak, 2011).

Vitamin B2 neboli riboflavin, je jedním z nejrozšířenějších vitaminů B, které se účastní několika buněčných procesů. Vitamin B2 hraje zásadní roli v biologických systémech, jako je buněčné dýchání a metabolismus tuků, sacharidů a bílkovin (Basaranoglu et al., 2017; Henriques, Olsen, Bross, & Gomes, 2010; Lewicka et al., 2017; Powers, 2003). Vitamin B2 je přítomen v celé řadě živočišných a rostlinných potravin, jako jsou játra, mléčné výrobky a listová zelenina. Nízký příjem mléčných výrobků, nadměrná konzumace alkoholu a některá onemocnění mohou přispívat k nedostatku vitamínu B2, který se vyznačuje anémií, šedým zákalem, záněty kůže a zpomalením růstu (MacMillan et al., 2017).

Vitamin B6 (pyridoxin) je unikátní vitamin, který úzce souvisí s funkcemi nervového, imunitního a endokrinního systému. Podílí se také na metabolických procesech bílkovin, lipidů a uhlohydrátů. Nedostatek pyridoxinu může mít za následek neurologické poruchy včetně křečí (Ahmad et al., 2013).

2.3.7 Minerály

Norris (2000) popisuje minerály jako anorganické látky, které se v těle nachází pouze v malém množství, celkově tvoří asi 4 % tělesné hmotnosti. Jsou důležité pro velkou řadu životních procesů: od udržování stálého vnitřního prostředí organismu, až po normální funkci nervové soustavy, srdce, trávicího a také močového traktu. Minerály rozdělujeme do dvou skupin. První skupinou jsou makroprvky, které jsou hlavními prvky, mezi které řadíme hořčík, fosfor draslík, sodík a v neposlední řadě vápník. Mikroprvky (neboli stopové prvky) jsou druhou skupinou, které pro své zdraví potřebujeme pouze v minimálním množství. Pro lidský organismus je potřebných 22 prvků.

V energetických nápojích bylo nalezeno vysoké množství vápníku. Energetické nápoje obsahují také určité množství chromu, zinku, manganu a molybdenu. Obsahují také toxické prvky, jako například kadmium a olovo. Relativně vysoký obsah byl zaznamenán také u železa, boru, mědi a hliníku. Energetické nápoje nemohou být považovány za smysluplný zdroj esenciálních mikroprvků (např. mědi), jakož i některých makroprvků (např. sodík). U některých prvků byla jejich hodnota pod 1 % doporučené denní dávky (Leśniewicz, Grzesiak, Żyrnicki, & Borkowska-Burnecka, 2016).

2.3.8 Bylinné extrakty

Mezi další přísady energetického nápoje patří různé formy přírodních antioxidantů ve formě bylinných extraktů, jako jsou guarana, ženšen nebo ginkgo biloba (Bromová et al., 2010). Bylinky jsou pro různé účely používány už od starověku. Mají dlouhou historii užívání a některé byliny mohou být pro sportovce přínosem (Doria et al., 2013). Některé byliny jsou klasifikovány jako adaptogeny, které pomáhají normalizovat funkce systému těla změněné stresem. Osoby, které cvičí, často používají adaptogeny, protože cvičení je považováno za formu stresu (Ostojic, 2006). Chen et al. (2012) podotýká, že některé byliny mohou pomoci zlepšit výkon, urychlit regeneraci, udržovat zdravý a kondici během intenzivních tréninkových období, zvyšovat svalovou hmotu a snižovat tělesný tuk (Chen et al., 2012).

2.3.8.1 Ženšen

Ženšen pravý nebo Ginseng panax je bylina z východní Asie, která se po staletí používá ke zlepšení paměti a vytrvalosti (Coon & Ernst, 2002). Přestože tato použití lékařská literatura podporuje jen málo, byl ženšen začleněn do řady energetických nápojů. Přestože nežádoucí účinky spojené s užíváním ženšenu bývají mírné, byly hlášeny závažnější komplikace, jako je průjem, vaginální krvácení, těžká bolest hlavy a Stevens-Johnsonův syndrom (Ernst, 2002). Interakce bylin a léčiv při použití ženšenu zahrnují snížený mezinárodní normalizovaný poměr při současném použití s warfarinem a teoretické riziko hypoglykémie při použití s antidiabetiky (Vuksan & Sievenpiper, 2005). Byl také popsán syndrom zneužívání ženšenu, který se vyznačuje ranním průjmem, hypertenzí, vyrážkami, nespavostí a podrážděností (Siegel, 1979). Kořen ženšenu obsahuje polysacharidy, peptidy, mastné kyseliny a minerální látky. Největší farmakologický význam je ale přisuzován široké skupině steroidních saponinů, tzv. ginsenosidů, které mají imunostimulační, protinádorové a také analgetické účinky (Babu, Church, & Lewander, 2008). O účincích ženšenu na děti a dospívající je známo pouze málo (Braganza & Larkin, 2007). Ženšen je nejstudovanější bylinou pro lidskou fyzickou výkonnost (Popov & Goldway, 1973).

2.3.8.2 Guarana

Guarana pochází ze semen *Paullinia cupana*, jihoamerické rostliny známé svými stimulačními vlastnostmi (Henman, 1982). Guarana má obsah kofeinu 2–4krát vyšší než u běžné kávy. Semeno guarany obvykle obsahuje: 2,55 % kofeinu, 16 % taninů a malá množství saponinů, theofylinu a theobrominu (Carlini, 2003; Houghton, 1995; Scholey & Haskell, 2008). Ačkoli se koncentrace kofeinu v přípravcích guarany může značně lišit, 3 až 5 g guarany poskytuje přibližně 250 mg kofeinu. Účinky požití guarany jsou podobné kofeinu; doba působení však může být u guarany mnohem delší kvůli přítomnosti saponinů a taninů (Babu, Church, & Lewander, 2008).

2.3.8.3 Ginkgo biloba

Higgins et al. (2010) uvádí, že extrakt z ginkgo biloby pochází z listů stromu, který nese stejný název a po staletí se používá v tradiční čínské medicíně. Bylo zjištěno, že extrakt z ginkgo biloby má antioxidační vlastnosti, upravuje vazomotorickou funkci, snižuje adhezi krevních buněk k endotelu, inhibuje aktivaci krevních destiček a buněk hladkého svalstva, ovlivňuje iontové kanály a mění transdukci signálu. Dosud však žádné

velké, dobře provedené randomizované kontrolované studie neprokázaly, že má důležité klinické účinky na zdravé nebo nemocné osoby.

Několik studií (Blume et al., 1996; Peters et al., 1998) ukázalo, že Ginkgo biloba zlepšilo výkon cvičení, jak bylo hodnoceno podle vzdálenosti chůze, u pacientů s periferním arteriálním onemocněním (PAD). Přestože suplementace Ginkgo biloby může zlepšit vytrvalostní cvičení u pacientů s PAD, není prokázáno, že podobné účinky se vyskytují i u zdravých sportovců (Yavuz & Özkum, 2014).

2.3.8.4 Extrakt ze zeleného čaje

Zelený čaj se extrahuje z listů rostliny *Camellia sinensis* (Higgins et al., 2018). Campbell et al. (2013) popisuje zelený čaj jako antioxidant. Obsahuje velké množství kofeinu, a proto má i podobné účinky jako kofein. Metaanalýza, která zkoumala účinky zeleného čaje na tělesnou hmotnost dospěla k závěru, že konzumace zeleného čaje nevede k úbytku na váze. Při zkoumání jeho účinku na kognitivní funkce prokázala dvojité zaslepená placebová studie provedená na 45 subjektech s mírnou kognitivní poruchou určitý prospěšný účinek. Další studie provedená na zdravých jedincích však neprokázala žádné změny v kognitivních funkcích. Celkově jsou studie týkající se účinnosti extraktu ze zeleného čaje neprůkazné (Higgins et al., 2018). Existují důkazy (Eichenberger, Colombani, & Mettler, 2009; Murase et al., 2006), které potvrzují zrychlení metabolismu díky užívání extraktu ze zeleného čaje. Specifická role dávek nalezených v energetických nápojích není známa (Campbell et al., 2013).

2.4. Vliv na zdravotní stav

Konzumace energetických nápojů může být někdy nebezpečná kvůli chemickým látkám, které obsahují. Mezi ty nejvýznamnější patří kofein, taurin, karnitin a glukuronolakton. Jednoduché cukry, popřípadě umělá sladidla, barviva a konzervanty také za určitých podmínek mohou být rizikovými látkami (Bromová et al., 2010).

2.4.1 Vliv na činnost nervové soustavy

Correa a Font (2008) uvádí, že stimulační účinek kofeinu na centrální nervovou soustavu se vysvětluje díky jeho vazbě s adenosinovými mozkovými receptory, na které působí jako antagonist. Jones (2008) popisuje adenosin jako důležitý neurotransmitter s inhibičním efektem, který díky svým vazbám na adenosinové receptory v mozku

podporuje spánek. Kofein blokuje určité adenosinové receptory, a tím potlačuje spánek a udržuje stav bdělosti.

Taurin stimuluje mozkou aktivitu, protože působí jako podstatný energizér. Optimalizuje činnost centrální nervové soustavy a zlepšuje prokrvení mozku, tím dochází ke stimulaci myšlenkových pochopů a také ke zlepšení výkonnosti a zvýšení bdělosti (Albrecht & Schousboe, 2005).

Bromová et al. (2010) doplňuje, že také inozitol pozitivní účinky na činnost mozku.

2.4.2 Vliv na kardiovaskulární systém

Spotřeba energetických nápojů se v posledním desetiletí výrazně zvýšila a je spojena s více než 20 000 návštěvami pohotovostních služeb ročně. Nejčastěji jsou tyto návštěvy způsobeny kardiovaskulárními obtížemi od palpitací po zástavu srdce. Energetické nápoje zvyšují systolický krevní tlak, mění elektrolyty a vedou k abnormalitám repolarizace. Tyto fyziologické reakce mohou vést k arytmiím a jiným abnormálním srdečním odpovědím (Kozik, Carey, Bhattacharyya et al., 2018). Wójcik et al. (2010) uvádí, že je prokázáno, že je taurin účinný při léčbě některých onemocnění. Konkrétně při srdeční arytmií, snižování krevního tlaku a v neposlední řadě při redukcí hladiny cholesterolu.

2.4.3 Obezita, nadváha

Vysoká konzumace energetických nápojů může zapříčinit přírůstek hmotnosti, pokud není příjem energie z konzumace energetických nápojů považován za součást celkového denního příjmu energie (Lage-Yusty, Villar-Blanco, & López-Hernandez, 2019). Konzumace nápojů slazených cukrem byla identifikována jako jeden z výrazných faktorů epidemie obezity (Basu et al., 2013). V důsledku pravděpodobného přínosu konzumace nealkoholických nápojů k obezitě a dalším nepřenositelným chorobám zavádí několik zemí nové politiky snižování jejich spotřeby, například prostřednictvím daní z nealkoholických nápojů (Cuadrado, Dunstan, Silva-Illanes et al., 2020). Energetické nápoje obvykle obsahují velké množství cukru v rozmezí od 21 g do 34 g na jednu plechovku. Obsah cukru je hlavně ve formě sacharózy, glukózy nebo kukuřičného sirupu s vysokým obsahem fruktózy, a proto může vysoký příjem nápojů zvýšit riziko obezity a diabetu 2. typu (Bedi, Dewan, & Gupta, 2014). Kromě toho může vysoký obsah cukru v energetických nápojích snížit aktivitu, rozmanitost a genovou expresi střevních bakterií,

což vede ke zvýšenému riziku obezity a metabolického syndromu (Greenblum, Tumbaugh, & Borenstein, 2012).

2.4.4 Nespavost a problémy s chováním

Děti a dospívající zaznamenali podrážděnost, nervozitu, potíže s koncentrací, abstinenci příznaky a další negativní účinky po konzumaci energetických nápojů. Dávky kofeinu $1,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ mohou ovlivnit schopnost člověka usnout a zkrátit délku spánku. V průběhu času mohou tyto účinky vést k vážnějším problémům s chováním a zdravotním problémům. U dětí a adolescentů trpících úzkostí bylo zjištěno, že úzkost vyvolaná kofeinem může nastat již při nízkém příjmu kofeinu, tj. pod „bezpečným“ limitem $2,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Děti a adolescenti jsou ve fázi života, kdy duševní poruchy často nejsou diagnostikovány (Reissig, Strain, & Griffiths, 2009).

2.5. Vliv na sportovní výkon

Malé zvýšení výkonu je často rozdílem mezi vítězstvím a prohrou sportovce a na trhu jsou k dostání energetické doplňky, které mohou poskytnout konkurenční výhodu (Sheehan & Hartzler, 2011). Užívání energetických nápojů, které obsahují kofein, dramaticky vzrostlo za posledních pár let, zejména ve sportovním kontextu, kvůli jeho ergogennímu efektu (Salinero et al., 2014). Energetické nápoje jsou často uváděny na trh pro zájemce o sport a aktivní životní styl. Hlavními přísadami energetických nápojů, které mají zvýšit sportovní výkon, jsou kofein a sacharidy. Pojem „energetický nápoj“ sám o sobě znamená, že jeho konzumace by mohla zlepšit pohybovou aktivitu (Rotstein et al., 2013). Energetické nápoje jsou klasifikovány jako funkční nápoje hned vedle sportovních nápojů (Al-Shaar et al., 2017). Harris a Munsell (2015) uvádí, že se energetické nápoje od nápojů sportovních liší. Sportovní nápoje zajišťují hydrataci během pohybové aktivity a obsahují elektrolyty, ale neobsahují kofein.

Energetický nápoj (obsahující přibližně $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ kofeinu) spotřebovaný 45 až 60 minut před anaerobním cvičením může zlepšit celkový výkon horní a dolní části těla, ale nemá žádný vliv na opakované cvičení s vysokou intenzitou (Campbell et al., 2013).

V posledních letech bylo provedeno několik studií, které analyzovaly účinky energetického nápoje na různé typy výkonu, jako je silový trénink, sprinty, skoky a aerobní aktivity. Ačkoli některé studie naznačily pozitivní vliv na výkon, jiné studie tento vztah nezpůsobovaly. Rozdíly mezi těmito výsledky mohou souviset s různými typy

cvičení, dávkováním a složením energetických nápojů (Polito, Souza, Coso, & Casonatto, 2017).

Důkazy z odborné literatury naznačují, že 150 až 250 mg požitého kofeinu zlepšuje fyzický výkon (Woolf, Bidwell, & Carlson, 2009).

2.5.1 Anaerobní výkon

Anaerobní cvičení bylo definováno American College of Sports Medicine (ACSM) jako intenzivní pohybová aktivita velmi krátkého trvání (několik desítek sekund), poháněná zdroji energie uvnitř kontrahujících svalů a nezávislá na množství vdechovaného kyslíku (ACSM, 2013). Bez použití kyslíku se naše buňky vrací k tvorbě ATP glykolýzou a fermentací. Tento proces produkuje výrazně méně ATP než jeho aerobní protějšek a vede k nahromadění laktátu a kyselých vodíkových iontů. Cvičení, která jsou obvykle považována za anaerobní, zahrnují sprinty, trénink s vysoce intenzivními intervaly (HIIT) nebo třeba silového trojboje (powerlifting), (Wasserman, 1986).

Některé studie uvádějí zlepšení anaerobního cvičení s kofeinem. Jiné studie neukázaly žádné zlepšení anaerobních výkonů při cvičení s kofeinem. Smíšené výsledky by mohly být způsobeny různými cvičebními protokoly, dávkami kofeinu a úrovní kondice účastníků výzkumu. U netrénovaných mužů, kteří byli uživateli nízkého množství kofeinu (<70 mg/den) po požití 7 mg/kg⁻¹ kofeinu, nebylo pozorováno žádné zlepšení v 15sekundových opakovaných sprintech. Vyšší dávka kofeinu (7 mg/kg⁻¹ tělesné hmotnosti) podaná uživatelům, kteří nejsou konzumenty kofeinu může vyvolat pocit nevolnosti a případně snížit výkon. Požití kofeinu statisticky nezlepšilo ani výkon během bench pressu. Potenciál ke zlepšení krátkodobého výkonu s vysokou intenzitou cvičení může být malý a obtížně měřitelný (Woolf, Bidwell, & Carlson, 2009).

Rica, et al. (2019) uvádí, že účinky energetických nápojů na běžecký výkon jsou stále nejasné. Účinnost kofeinu jako ergogenní pomůcky při anaerobním cvičení tedy zůstává nejistá (Woolf, Bidwell, & Carlson, 2008).

2.5.2 Aerobní výkon

ACSM definuje aerobní cvičení jako jakoukoli aktivitu, která využívá velké svalové skupiny. Může být udržována nepřetržitě a má rytmickou povahu (Wahid et. al, 2016). Aerobní cvičení má vytrvalostní a dlouhodobý charakter. Většinou trvá nejméně dvacet až třicet minut (Soumar, 1997). Jak už název napovídá, svalové skupiny aktivované tímto

typem cvičení se spoléhají na aerobní metabolismus, aby získaly energii ve formě adenosintrifosfátu (ATP) ze sacharidů, mastných kyselin a aminokyselin. Příkladem aerobního cvičení je jízda na kole, tanec, turistika, běh na dlouhé vzdálenosti, plavání a chůze. K těmto činnostem lze nejlépe přistupovat prostřednictvím aerobní kapacity, která je definována ACSM jako součin kapacity kardiorepiračního systému dodávat kyslík a schopnosti kosterních svalů kyslík využívat (ACSM, 2013). Různé faktory omezují vytrvalostní výkon. Jedním z nejdůležitějších faktorů je to, že výkon je omezen množstvím kyslíku, který se dostane do krevního řečiště a případně do svalové tkáně. Kyslík je finální akceptor elektronů a vodíkových protonů v elektronovém transportním řetězci, který refosforyluje adenosindifosfát (ADP) a během oxidační fosforylace produkuje většinu adenosintrifosfátu (ATP). Během vytrvalostního cvičení se ATP generuje primárně oxidační fosforylací. Proto pokud více kyslíku dosáhne svalové tkáně, bude produkováno více ATP a sval bude mít větší schopnost vytvářet nebo udržovat napětí potřebné ke kontrakci. Bohužel zvyšování množství kyslíku vázaného v krevním řečišti v kterémkoli daném čase je obtížné a lze jej dosáhnout pouze zvýšením množství hemoglobinu v krvi prostřednictvím tréninku ve vysokých nadmořských výškách nebo krevním dopingem, který je zakázán. Proto doplňky, jako například energetické nápoje, jsou alternativní strategií pro zvýšení aerobního výkonu. Dalším problémem, kterému čelí výkon vytrvalostního sportovce, je nástup svalové únavy. Únava obvykle vyplývá ze stále intenzivnějšího a dlouhodobějšího cvičení. Existuje mnoho příčin únavy svalů. Jednou z příčin je vyčerpání dostupných zdrojů energie. Další příčinou je nástup centrální únavy nebo únava vnímaná centrálním nervovým systémem. Mnoho sportovních nápojů se snaží zvýšit limity vytrvalostního výkonu. Některé sportovní nápoje obsahují glukózu a elektrolyty ve snaze zabránit dehydrataci a zlepšit vytrvalost. Je zřejmé, že tyto typy doplňků jsou účinné při zlepšování vytrvalostního výkonu ve srovnání s placebem. Ačkoli nápoje obsahující glukózu a elektrolyty byly dobře prozkoumány, novější třída sportovních nápojů, jako jsou například energetické nápoje, nebyly ještě ve větší míře zkoumány vzhledem k jejich vlivu na výkonnostní kapacitu. Jeden současný výzkum podporuje myšlenku, že energetické nápoje jsou ergogenní. Ivy a kol. (2009) zjistili, že oblíbený energetický nápoj měl ergogenní účinek na výkonnost. Je také možné, že konzumace energetického nápoje může zlepšit výkon posílením psychologické stránky při vytrvalostním výkonu. Ačkoli existují určité důkazy o ergogenitě, dle v současné době dostupných studií neexistuje dostatečný výzkum k tomu, aby bylo možné učinit jakékoli

závěry o vlivu energetických nápojů na zátěžovou kapacitu, jak tvrdí Sheehan & Hartzler (2011).

Hypotéza jejich výzkumu spočívala v tom, že konzumace energetického nápoje před cvičením by zvýšila aerobní kapacitu a tím prodloužila dobu do svalové únavy. Tato hypotéza byla testována pomocí testů $VO_2\max$ jako indikátorů aerobní cvičební kapacity. Dílčí hypotéza tohoto zkoumání spočívala v tom, že konzumace energetického nápoje před cvičením také zkrátí dobu zotavení. Výsledkem výzkumu je, že nebyl zjištěn žádný významný rozdíl mezi maximální spotřebou kyslíku po konzumaci energetického nápoje a po konzumaci placebo. Nebyly také statisticky významné rozdíly mezi energetickým nápojem a placebem v parametrech času do svalové únavy, doby zotavení do 50 % $VO_2\max$, maximální minutové ventilace, maximální srdeční frekvence, maxima dechové frekvence a maximálního dechového objemu (Sheehan & Hartzler, 2011).

3. CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Hlavním cílem této bakalářské práce je vytvořit systematický přehled randomizovaných kontrolovaných studií zkoumajících vliv energetických nápojů na sportovní výkon.

Dílčí cíle:

1. Posoudit vliv kofeinu na aerobní výkon.
2. Posoudit vliv kofeinu na anaerobní výkon.

Výzkumné otázky:

1. Mají energetické nápoje pozitivní vliv na sportovní výkon?
2. Mají energetické nápoje větší pozitivní vliv na aerobní nebo na anaerobní výkon?
3. Kolik mg kofeinu obsaženého v energetickém nápoji je potřeba pro pozitivní vliv na sportovní výkon?

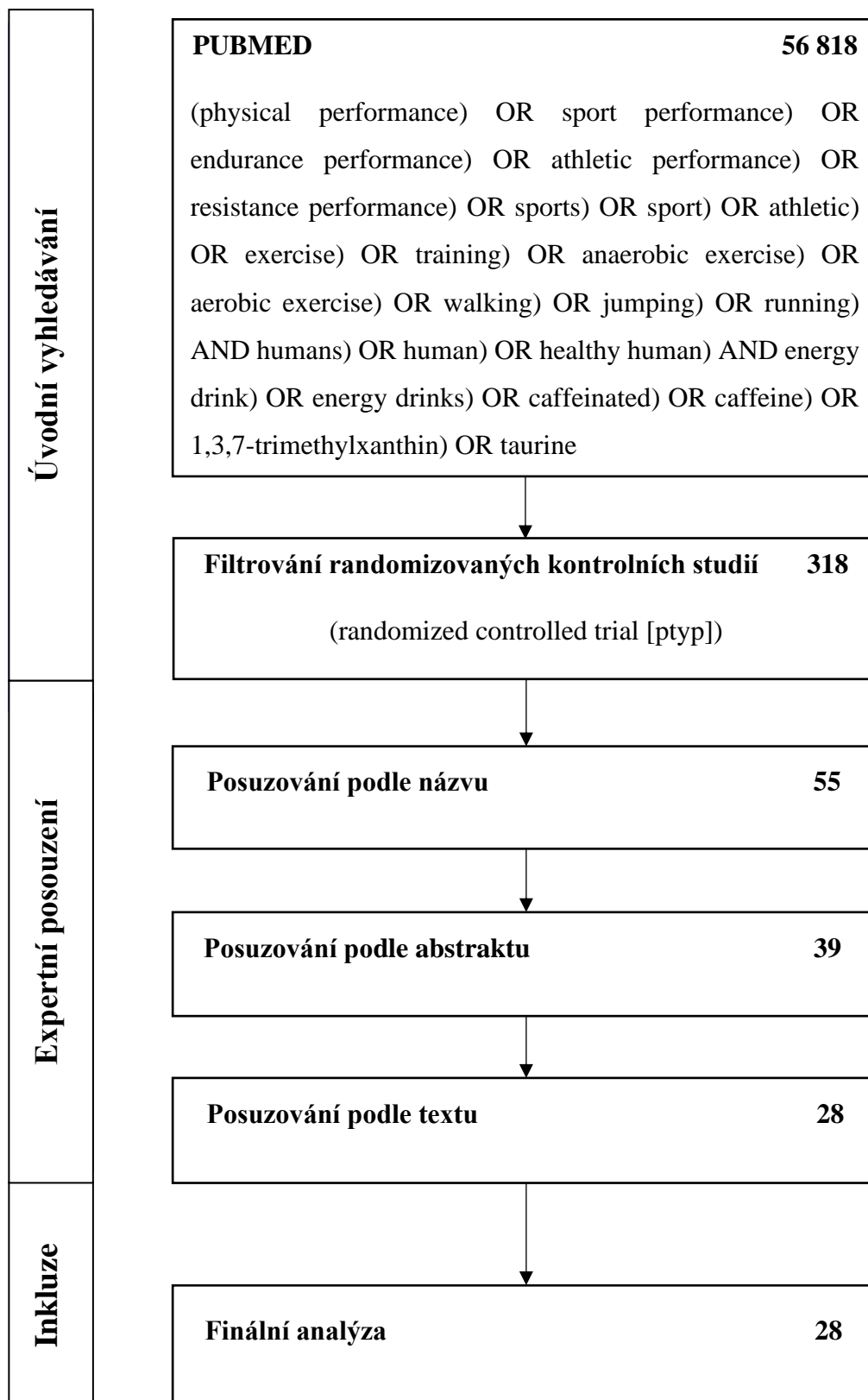
4. METODIKA

Přehled studií byl vytvořen v dubnu 2020. K vyhledávání byla využita databáze PUBMED. Zde byly vyhledávány randomizované kontrolované studie (dále RCT) týkající se efektu energetického nápoje a jeho složek na sportovní výkon.

Vyhledávací strategie byla vytvořena za využití nástroje PICO (pacient/populace/problém, intervence, komparace, výsledek–outcome). Jako klíčová slova pro vyhledávání populace byla zvolena: human, humans, healthy human. Pro charakteristiku intervence byly zvoleny termíny: energy drink, energy drinks, caffeine, 1,3,7-trimethylxanthin, taurine. Mezi termíny, charakterizující výstup (outcome), podle kterého bude zvolen efekt intervence, byly zvoleny: physical performance, sport performance, endurance performance, athletic performance, resistance performance, sports, sport, athletic, exercise, training, anaerobic exercise, aerobic exercise, walking, running, jumping. Po zadání klíčových slov bylo nalezeno celkem 56 818 studií. Po specifikaci designu studie na randomizovanou kontrolovanou studii zbylo 318 studií. Před specifikací na RCT byla přidána omezení na free full text (plný text zdarma), english (anglický jazyk), last 10 years 2010-2020 (posledních 10 let), Adult: 19+ (Dospělí: 19+), Species: Human (Lidé), Sex: Male, Female (Pohlaví: Muži, Ženy).

Dalším krokem bylo expertní posouzení studií dle jejich názvu. K následnému posouzení prošly studie, které svým názvem nebo obsahem abstraktu nasvědčovaly tomu, že se věnují dané problematice. Prošly také studie, u kterých nebylo jasné, zdali vyhovují nebo ne a byly podrobeny posouzení vhodnosti na základě analýzy plného textu. 263 studií nevyhovovalo typem intervence (25 %) a výstupem (75 %). 55 studií bylo dále posuzováno podle abstraktu, 16 studií bylo vyřazeno kvůli nevyhovujícím kritériím inkluze. Po přečtení plných textů bylo vyřazeno dalších 11 prací. Celý proces výběru vyhovujících studií je zobrazen na obrázku 6.

Finální výběr RCT byl podrobně analyzován, jak lze vidět v tabulce 5. Pro seznámení se se studii byly uvedeny informace o autorovi, roku a jméno časopisu, ve kterém byl článek publikován, cíl studie a počet citací z Google Scholar.



Obrázek 6: Postup při vyhledávání studií

5. VÝSLEDKY

Většina studií se zabývá pouze kofeinem. RCT studie, které by zkoumaly pouze vliv energetického nápoje nebo ostatních složek energetického nápoje na sportovní výkon mnoho není. Podrobný popis tvorby vyhledávací strategie je na obrázku 6 a analýza studií v tabulce 5.

5.1. Charakteristika vybraných studií

V tabulce 6 jsou uvedeny všechny informace charakterizující výzkumné soubory, na nichž bylo testování prováděno. Pro přehlednost byl jako identifikační element zvolen autor s rokem vydání. V tabulce je dále uveden počet probandů, jejich pohlaví, věk, $VO_2\max$, pokud bylo dostupné, užívání kofeinu a výkonnostní charakteristiky. Tabulka 7 znázorňuje designy studií. Délku trvání intervence, cviky, které byly prostředky intervence, a dávku kofeinu, která byla aplikována. Tabulky 6 a 7 jsou nezbytné jako kontext pro lepší a přesnější chápání výsledků, vyvozování závěrů. V tabulce 8 je shrnutí výsledků analyzovaných článků. Pro lepší srovnání jsou efekty intervencí uváděny v procentech, pokud byla v práci uvedena. Pro rychlé zorientování je v posledním sloupci zaznamenán trend výstupů. Pomocí vodorovné šipky je vyjádřen nezměněný stav a pomocí šipky směřující vzhůru je vyjádřen nárůst.

5.2. Charakteristika účastníků studií

Dvaceti osmi analyzovaných studií se účastnilo 546 osob, z nichž bylo 476 mužů a 70 žen. Věkové rozmezí účastníků studie bylo 18-41 let. Rozmezí užívání kofeinu bylo 0-800 mg/den. Ve dvanácti případech se jednalo o osoby rekreační úrovně (zařazeny i studie, ve které se jedinci aktivně udržují), ve třech případech se jednalo o střední úroveň, v šesti případech se jednalo o vysoce trénované jedince, v pěti případech autoři uvádí, že se jedná o profesionální sportovce. Ve dvou případech se jednalo o studenty vysokých škol.

5.3. Design studií

Všechny uvedené studie jsou randomizované kontrolované studie, což znamená, že kromě intervenčního prostředku ve výzkumu figuruje také prostředek kontrolní, který napomáhá hodnocení efektu intervence. Intervencí byl ve všech případech efekt energetického nápoje a jeho složek. Kontrolním prostředkem bylo placebo, které bylo ve

studiích různé. Ve 24 studiích byl aplikován kofein, ve 2 studiích předtréninkový doplněk, v jednom případě se jednalo o sacharidy a také se v jednom případě jednalo o taurin. Studie trvaly různou délkou, protože každá studie měla jiný počet testování. Probandi absolvovali 2–10 testování v laboratoři, nejčastěji však dvě (11 studií). V šestnácti případech bylo testování odděleno alespoň 5-7 dny, ve dvou případech to byly tři dny, v pěti případech bylo testování odděleno 48-72 hodinami a v pěti případech nebyla doba uvedena. U všech intervencí byly uvedeny cviky, zpravidla byly použity cviky na rozvoj svalstva dolních a horních končetin. U všech intervencí byla uvedena dávka kofeinu a čas užití před výkonem (tabulka 7).

5.4. Porovnání vybraných studií

Při porovnání výstupů jednotlivých studií můžeme hledat pozitivní vliv u energetického nápoje na anaerobní i aerobní cvičení. Z šestnácti studií ukázalo dvanáct pozitivní vliv na anaerobní cvičení. Ze čtrnácti studií ukázalo osm pozitivní účinek na aerobní cvičení. V jedné z těchto čtrnácti studií byl zkoumán vliv 1000 mg taurinu, ale bez pozitivního účinku. Ve dvou studiích, které spadají do čtrnácti aerobních studií, byl prováděn běh na 800 m, v obou případech bylo aplikováno $6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ kofeinu a ani jedna studie neprokázala pozitivní vliv. V jednom testování byli pouze lehcí konzumenti kofeinu, ve druhé není známo a jednalo se o amatérskou a střední úroveň. V jedné z těchto studií byl zkoumán vliv 49 g sacharidového nápoje na sportovní výkonnost u fotbalistů, ale bez pozitivního účinku. Čtrnáct studií podávalo kofein 60 minut před výkonem, osm studií podávalo kofein mezi 15-35 minutami před výkonem, tři studie podávaly kofein 70-90 minut před výkonem, dvě studie podávaly kofein/taurin 90-120 min před výkonem, jedna studie podávala sacharidový nápoj na začátku studie. Dávky kofeinu se lišily u většiny studií, šest studií podávalo jednotnou dávku kofeinu (80-300 mg) u ostatních se lišilo množství $1-11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Dvě studie ukázaly, že u jedinců, kteří nekonzumují kofein, stačila menší dávka kofeinu ($6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) k pozitivnímu vlivu než u pravidelného konzumenta ($9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Dvě studie byly prováděné na profesionálních fotbalistech, v jedné bylo podáno množství 275 mg kofeinu a ve druhé bylo množství $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a to 30-60 minut před výkonem a u obou byl prokázán pozitivní vliv. Čtyři studie byly prováděné na jedincích, kteří se pohybují na amatérské úrovni. Jejich průměrná konzumace kofeinu není známa. V testování bylo u dvou studií užito 5 a $4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, v další 200 mg kofeinu a v poslední byl užit předtréninkový nápoj s obsahem kofeinu. Supplement byl podán 20-60 minut před výkonem. Ve třech studiích ze čtyř se ukázal pozitivní vliv.

Dvakrát u anaerobního cvičení a jednou u aerobního. Je zřejmé, že výkonnost jedince nehraje roli.

Nelze s jistotou tvrdit, kvůli nedostatku informací, jestli hraje roli užívání kofeinu či nikoliv, i když se u dvou studií potvrdilo, že u nekonzumentů kofeinu stačila menší dávka na pozitivní účinek a zároveň v další studii bylo pozorováno, že ani akutní dávky kofeinu před cvičením nemají významný vliv na výkon u pravidelných uživatelů kofeinu. Nelze ani s jistotou určit, kolik $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ kofeinu by mělo být podáno pro pozitivní účinek, protože u dvou studií bylo podáno velmi nízké množství (80 mg a $1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a byl prokázán pozitivní účinek. Na druhou stranu v některých studiích bylo podáno $6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a nebyl prokázán pozitivní vliv. Nelze také s jistotou říct čas, jak dlouho před výkonem by měl být energetický nápoj, kofein užit, protože i když byl užit 30 minut před výkonem, nezaznamenal se žádný pozitivní účinek. Opačným případem je konzumace 75 minut před výkonem, kdy byl zaznamenán pozitivní účinek.

Tabulka 5. Přehled studií určených k finální analýze, *počty citací k 23. 4. 2020 z Google Scholar

Autor	ID	Cíl studie	Časopis	Počet citací
Arcoverde et al. (2017)	S1	Prozkoumat požití kofeinu během submaximálního cvičení.	PLoS ONE	5
Bello et al. (2019)	S2	Zjistit vliv kofeinu na čas do vyčerpání během simulovaného fotbalového utkání.	Journal of the International Society of Sports Nutrition	6
Castillo et al. (2019)	S3	Porovnat silové výsledky mezi kofeinem a placebem.	Nutrients	5
Cesareo et al. (2019)	S4	Zjistit účinnost sloučeniny podobné kofeinu na maximální svalovou sílu, vytrvalost a výkonnost.	Journal of the International Society of Sports Nutrition	1
Collins et al. (2017)	S5	Prozkoumat účinky konzumace předtréninkového doplňku.	Nutrients	10
Cruz et al. (2015)	S6	Analyzovat účinky kofeinu na toleranci zátěže během jízdy na kole.	Nutrients	14
Durkalec-Michalski et al. (2019)	S7	Zkoumat účinek kofeinu na specifický výkon v judu a bojové sporty.	Journal of the International Society of Sports Nutrition	1
Goedecke et al. (2013)	S8	Zkoumat, jak bude po požití sacharidů ovlivněn výkon u fotbalových hráčů.	Nutrients	26

Pokračování na další straně

Autor	ID	Cíl studie	Časopis	Počet citací
Guerra Jr et al. (2018)	S9	Zkoumat účinky post-aktivační potenciace s a bez předchozího požití kofeinu na výkon vertikálních skoků.	Journal of the International Society of Sports Nutrition	4
Hodgson et al. (2013)	S10	Prozkoumat účinky kofeinu a kávy na zvýšení výkonnosti.	PLoS ONE	173
Chtourou et al. (2019)	S11	Zkoumat účinek konzumace energetického nápoje obsahujícího kofein na krátkodobé maximální výkony.	Nutrients	5
Jung et al. (2017)	S12	Prozkoumat, zda požití doplňku stravy před tréninkem ovlivňuje během tréninku odpovědi na odporový trénink.	Journal of the International Society of Sports Nutrition	12
ManaSalicio et al. (2016)	S13	Analyzovat účinek suplementace kofeinu na dvou maximálních testech na běžeckém pásu.	African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines	2
Martinez et al. (2016)	S14	Zjistit akutní účinky doplňku předtréninkového doplňku stravy obsahujícího kofein na různá měřítka výkonu.	Journal of the International Society of Sports Nutrition	41

Pokračování na další straně

Autor	ID	Cíl studie	Časopis	Počet citací
Marques et al. (2018)	S15	Zjistit efekt kofeinu ve srovnání s konzumací kávy bez kofeinu na výkon u běžců na 800 m.	Nutrients	7
Mohr et al. (2011)	S16	Zkoumat vliv orálního užití kofeinu na intenzivní přerušované výkony.	Journal of Applied Physiology	129
Puente et al. (2017)	S17	Zjistit vliv příjmu kofeinu na celkový basketbalový výkon u zkušených hráčů.	Nutrients	18
Ramos-Campo et al. (2019)	S18	Analyzovat dopad příjmu kofeinu na běžecký výkon 800 m u trénovaných běžců.	Nutrients	1
San Juan et al. (2019)	S19	Zkoumat účinky suplementace kofeinem na anaerobní výkonnost u olympijských boxerů.	Nutrients	3
Santos et al. (2013)	S20	Prozkoumat účinky požití kofeinu na stimulační strategii a energetický výdej v průběhu časové zkoušky na 4 km v cyklistice.	PLoS ONE	48
Smirmaul et al. (2017)	S21	Zjistit účinky kofeinu na výkon během intenzivního cyklistického cvičení.	European Journal of Applied Physiology	17
Tinsley et al. (2017)	S22	Prozkoumat účinky vícerozkladných doplňků s kofeinem a bez kofeinu na výkon před tréninkem.	Journal of the International Society of Sports Nutrition	11

Pokračování na další straně

Autor	ID	Cíl studie	Časopis	Počet citací
Trexler et al. (2016)	S23	Porovnat efekty akutního příjmu kávy a bezvodého kofeinu na sílu a sprint.	European Journal of Sport Science	41
Ward et al. (2016)	S24	Zjistit účinky jednorázové orální akutní dávky taurinu na simulovanou časovou zkoušku na 4 km v cyklistice.	Amino Acids	16
Wilk et al. (2019)	S25	Posoudit akutní účinek kofeinu na sílu a rychlost při bench pressu.	Nutrients	6
Wilk et al. (2019)	S26	Účinek suplementace kofeinu na sílu a rychlost pohybu během bench pressu.	Journal of the International Society of Sports Nutrition	7
Wilk et al. (2019)	S27	Posoudit akutní účinky příjmu kofeinu na maximální sílu a vytrvalost svalů u sportovců.	Nutrients	4
Zaragoza et al. (2019)	S28	Vliv akutního požití doplňku obsahující kofein na fyzickou výkonnost sportovců.	Journal of the International Society of Sports Nutrition	1

Tabulka 6. Přehled charakteristik populace jednotlivých studií

ID	n	Pohlaví	Věk [rok]	VO ₂ max [ml.kg-1.min-1]	Užívání kofeinu	Výkonnostní charakteristiky
S1	9	9M	26,8 ± 5,9	40,6 ± 5,8	-	Rekreačně sportující muži; BM 74,1 ± 7,0
S2	27	12M, 15Ž	M: 21,8 ± 2,53 Ž: 19,65 ± 3,62	M: 55,31 ± 3,39 Ž: 50,97 ± 3,90	- -	Divize I a profesionální fotbalisté; BM M: 74,7 ± 8,67, Ž: 65,76 ± 8,01; 5 tréninků za týden
S3	20	20M	22,5 ± 4,8	-	≤62 mg/den	Aktivní hráči týmových sportů; BM 73,1 ± 9,6; 3 ± 1 tréninků za týden
S4	12	12M	23,2 ± 3,1	-	100-300 mg/den	Jedinci rozvíjející sílu a vytrvalost; BM 83 ± 7
S5	25	12 M, 13Ž	M: 23,3 ± 4 Ž: 24,5 ± 4	- -	- -	Rekreačně sportující jedinci rozvíjející sílu a vytrvalost; BM M: 81,7 ± 13, Ž: 65,1 ± 8
S6	8	8M	25 ± 4	-	-	Fyzicky aktivní (zdatní) muži; BM 77 ± 11
S7	22	22M	21,7 ± 3,7	-	S1: uživatelé kofeinu S2: neuživatelé kofeinu	Vysoce trénovaní muži; BM 76,4 ± 11,1
S8	22	22M	24 ± 7	51,8 ± 4,3	-	Ligoví fotbaloví hráči; BM 73,4 ± 12,0
S9	12	12M	23,83 ± 5,06	-	≤250 mg/den	Profesionální fotbaloví hráči; BM 79,5 ± 9,13
S10	8	8M	41 ± 7	58 ± 3	≤300 mg/den	Trénovaní cyklisti a triatlonisti; BM 78,9 ± 4,1

Pokračování na další straně

ID	n	Pohlaví	Věk [rok]	VO ₂ max [ml.kg-1.min-1]	Užívání kofeinu	Výkonnostní charakteristiky
S11	19	19M	21,2 ± 1,2	-	Malí a nepravidelní uživatelé	Studenti tělesné výchovy; BM 76,6 ± 12,6
S12	80	80M	22 ± 4	-	-	Jedinci rozvíjející sílu a vytrvalost; BM 80,9 ± 13,9
S13	24	8M, 16Ž	18-30	-	-	Jedinci, kteří trénují posledních 12 měsíců
S14	13	13M	24 ± 6	-	-	Rekreační sportovci; BM 83,4 ± 9
S15	12	12M	23,50 ± 3,94	-	Lehčí konzumenti	Amatérský vytrvalostní běh; BM 70,38 ± 8,41; 4,92 ± 1,62 tréninků za týden
S16	18	S1: 8M, 4Ž S2: 6M	S1: 23,1 ± 0,6 S2: 25,9 ± 1,0	- 54,0 ± 1,7	Žádný těžký konzument kávy	Hráči kolektivního sportu na střední úrovni; BM 72,6 ± 3,7 BM 83,8 ± 3,8 kg
S17	20	10M, 10Ž	M: 27,1 ± 4,0 Ž: 27,9 ± 6,1	- -	<100 mg/den	Poloprofesionální basketbaloví hráči; 2 h/denně, 5 dnů/týden Profesionální basketbalistky; 2 h/den, 5 dnů/týden
S18	15	15M	23,7 ± 8,2	-	-	Střední úroveň; BM 64,6 ± 9,8 kg; 9,0 ± 1,8 h tréninku za týden
S19	8	8M	22,0 ± 1,778	-	-	Členové národního španělského olympijského týmu; BM 65,63 ± 10,79

Pokračování na další straně

ID	n	Pohlaví	Věk [rok]	VO ₂ max [ml.kg-1.min-1]	Užívání kofeinu	Výkonnostní charakteristiky
S20	8	8M	32,6 ± 5,4	57,5 ± 5,8	-	Trénování cyklisti; BM 76,7 ± 10,4; 2,5 h/den, 5-6 dnů/týden
S21	7	7M	29 ± 6	-	143 ± 77 mg/den	Rekreačně aktivní; BM 75 ± 8
S22	21	9M, 12Ž	M: 20,7 ± 2,8 Ž: 21,5 ± 2,0	- -	<100 mg/den	Jedinci rozvíjející sílu a vytrvalost; BM M: 74,7 ± 14,0, Ž: 63,2 ± 6,8; 2 h/týden
S23	54	54M	20,1 ± 2,1	-	<800 mg/den	Jedinci rozvíjející sílu a vytrvalost; BM 78,8 ± 8,8; 30 min/den, 3 dny/týden
S24	11	11M	34,6 ± 11,5	-	-	Trénování cyklisti; BM 74,8 ± 6,2; nejméně 3 h/týden
S25	15	15M	26,8 ± 6,2	-	426 ± 102 mg/den	Silově trénovaní hráči házené a basketbalu; BM 82,6 ± 9,7
S26	20	20M	25,7 ± 2,2	-	<200 mg/týden	Jedinci rozvíjející sílu; BM 87,3 ± 7,7
S27	16	16M	24,2 ± 4,2	-	411 ± 136 mg/den	Jedinci rozvíjející sílu; BM 79,5 ± 8,5
S28	20	20M	20,5 ± 1,4	-	263 ± 116 mg/den	Současní nebo bývalí vysokoškolští studenti; BM 83,9 ± 12,6

Vysvětlivky: BM = tělesná hmotnost (body mass), M = muž, Ž = žena, S1 = studie 1, S2 = studie 2, hodnota průměru ± SD (směrodatná odchylka), n = počet probandů, mg = miligram, min = minuta, h = hodina

Tabulka 7. Přehled designů analyzovaných studií

ID	Délka	Cviky*	Dávka kofeinu
S1	Deset laboratorních návštěv oddělených nejméně 48 hodinami	submaximal and supramaximal exercise bouts (seven constant-load tests)	60 min před výkonem 5 mg·kg ⁻¹
S2	Čtyři náhodná sezení	simulated treadmill soccer match (90 minutes)	30 min před výkonem 275 mg
S3	Čtyři testování během dvou týdnů, s odstupem nejméně 72 hodin	flywheel half-squat (four sets of eight all-out repetitions)	35 min před výkonem 6 mg·kg ⁻¹
S4	Osm oddělených laboratorních návštěv	bench press and squat	90 min před výkonem 3,6 ± 0,3 mg·kg ⁻¹
S5	Sedm dnů oddělených 7-10 dny	bench press, leg press	30 min před výkonem 200 mg
S6	Pět až sedm laboratorních testů během tří týdnů	cycling tests (two-four constant-load tests of 30 min)	60 min před výkonem 6 mg·kg ⁻¹
S7	Pět oddělených testovacích měření	special judo fitness test and judo sparring combats (Randori)	60 min před výkonem 3, 6 nebo 9 mg·kg ⁻¹
S8	Dvě testování oddělené sedmi dny	simulated soccer match	Před zahřátím 7 % sacharidový sportovní nápoj (49 g)
S9	Tři testovací měření	plyometric exercises and sled towing	60 min před výkonem, 5 mg·kg ⁻¹

Pokračování na další straně

ID	Délka	Cviky*	Dávka kofeinu
S10	Čtyři testovací měření, každé bylo odděleno sedmi dny	steady-state cycling at approximately 55 % VO ₂ max (35 min) followed by a energy based target time trial (45 min)	60 min před výkonem 5 mg·kg ⁻¹
S11	Dvě testovací měření oddělené sedmi dny	reaction time, the handgrip force and the Wingate tests	60 min před výkonem 80 mg
S12	Tréninkový program – čtyři dny za týden po dobu 8 týdnů	bench press, leg press, Wingate test	15-30 min před výkonem 284 mg
S13	Dva testy opakované po jednom týdnu	maximum treadmill test	30 min před výkonem 6 mg·kg ⁻¹
S14	Čtyři samostatné události, každá oddělená jedním týdnem	medicine ball put, vertical jump test, bench press, Wingate Test	20 min před výkonem předtréninkový nápoj
S15	Dvě testování u dvou různých příležitostí oddělené jedním týdnem	800 m run	60 min před výkonem 5,5 mg·kg ⁻¹
S16	S1: dvě samostatné příležitosti oddělené šesti dny S2: jeden den	S1: Yo-Yo intermittent recovery level 2 test S2: One-legged knee-extensor exercise	S1: 70 min před výkonem 6 mg·kg ⁻¹ S2: 70 min před výkonem 6 mg·kg ⁻¹
S17	Dvě odlišné testovací měření oddělené jedním týdnem	Abalakov jump, acceleration test, two free throws	60 min před výkonem 3 mg·kg ⁻¹
S18	Čtyři testovací měření za dva týdny	800 m running time-trial test	60 min před výkonem, 6 mg·kg ⁻¹

Pokračování na další straně

ID	Délka	Cviky*	Dávka kofeinu
S19	Dvě testovací měření oddělené 48 hodinami	handgrip, countermovement jump performance, 30 seconds Wingate test	75 min před výkonem 6 mg·kg ⁻¹
S20	Čtyři laboratorní testování oddělené sedmi dny	4000 m cycling time trial, maximal incremental test	60 min před výkonem 5 mg·kg ⁻¹
S21	Tři odlišné příležitosti oddělené alespoň 48 hodinami	test on a cycle ergometer, time to exhaustion test	60 min před výkonem 4 mg·kg ⁻¹
S22	Tři identická testovací měření oddělené pěti až sedmi dny	3x maximum force test and 5 sets of 6 repetitions using the squat device	30 min před výkonem 300 mg
S23	Dvě návštěvy laboratoře, oddělené alespoň 48 hodinami	leg press, bench press, ergometer sprints	30 min před výkonem 300 mg
S24	Tři laboratorní testování na cyklistickém ergometru oddělené pěti až sedmi dny	4 kilometers time trial	120 min před výkonem 1000 mg taurinu
S25	Čtyři odlišné měření, jednotýdenní interval mezi testováním	bench press, three sets of five repetitions at 50 % 1RM	60 min před výkonem 3 mg·kg ⁻¹ , 6 mg·kg ⁻¹ , 9 mg·kg ⁻¹
S26	Jeden den 1RM test a dvě jiná testovací měření o týden později	bench press	60 min před výkonem 5 mg·kg ⁻¹
S27	Tři testovací měření oddělené jedním týdnem	bench press, strength test, muscle endurance test	60 min před výkonem 9 mg·kg ⁻¹ , 11 mg·kg ⁻¹

Pokračování na další straně

ID	Délka	Cviky*	Dávka kofeinu
S28	Dvě identická testovací měření oddělená jedním týdnem	small battle rope waves, large battle rope waves, battle rope slams, kettlebell swings, line jumps, toe touches, mountain climbers, bosu squats and burpees	Na začátku testování 1 mg·kg ⁻¹ Doplňěk

Vysvětlivky: mg·kg⁻¹ = miligram na kilogram váhy, mg = miligram, S1 = skupina 1, S2 = skupina 2, min = minut, m = metr, VO₂max = hodnota maximálního objemu kyslíku, RM = repetition max (maximální zvednutelná váha pro daný počet opakování)

* názvy cviků ponechány pro přesnost v původním znění

Tabulka 8. Výsledky analyzovaných studií

ID	Výsledky	Aerobní	Anaerobní
S1	Kofein neměl vliv na vytrvalostní cvičení během maximální intenzity (kofein: $131,3 \pm 21,9$ s, placebo: $130,8 \pm 20,8$ s).	→	-
S2	Kofein prodloužil dobu běhu do vyčerpání (TTE) v průměru o 32 % ($TTE_{CAF} = 255,4 \pm 189,1$ s, $TTE_{PL} = 194,1 \pm 96,9$ s)	↑	-
S3	Suplementace kofeinu prokázala zlepšení oproti placebo v celkové průměrné síle, jakož i průměrné síle v koncentrické fázi a v excentrické fázi při každé setrvačné zátěži (22,68-26,53 %). Kromě toho bylo dosaženo většího zlepšení při požití kofeinu s ohledem na stav placebo (18,79-24,98 %) v celkové maximální síle.	-	↑
S4	Nebyly žádné rozdíly mezi kofeinem a placebem u jednorázového maxima, opakování do selhání a sílu v bench pressu a dřepových cvičeních. Kofein měl za následek významné zvýšení vnímané energie (9,8 %) a motivace ke cvičení (8,9 %) oproti placebo.	-	→
S5	Nebyly pozorovány žádné významné rozdíly mezi nápojem, obsahující kofein a placebem u časové zkoušky v cyklistice. Na druhou stranu bylo pozorováno zlepšení v bench pressu, leg pressu a celkovém objemu zvedání.	→	↑
S6	Při maximálním pracovním zatížení v setrvalém stavu laktátu po požití kofeinu došlo ke zlepšení o 22,7 % v době do vyčerpání, což bylo doprovázeno snížením respiračního kvocientu.	↑	-

Pokračování na další straně

ID	Výsledky	Aerobní	Anaerobní
S7	6 mg·kg ⁻¹ a 9 mg·kg ⁻¹ kofeinu zlepšily výkonnost ve Special Judo Fitness Test, zatímco 9 mg·kg ⁻¹ zvýšilo bojovou aktivitu. 3 mg·kg ⁻¹ kofeinu postrádaly zjevný pozitivní ergogenní účinek. Mezi sportovci, kteří do své obvyklé stravy zařazují výrobky obsahující kofein, pouze 9 mg·kg ⁻¹ kofeinu účinně zlepšilo výkonnost Special Judo Fitness Test, zatímco u těch, kteří pravidelně nekonzumují produkty obsahující kofein, byl zesilující účinek dosažen dokonce při 6 mg·kg ⁻¹ .	↑	↑
S8	Při sledování agility nebyla pozorována výrazná změna časů požitím sacharidů oproti placebo (0,57 ± 1,48 s vs. 0,66 ± 1,00 s). Časový průběh únavy byl 381 ± 267 s vs. 294 ± 159 s u nápojů obsahující sacharidy a placebo. Sacharidy výrazně nezvýšily výkon během simulovaného fotbalového utkání.	→	-
S9	Byl pozorován významný rozdíl ve výkonu ve vertikálním výskoku s protipohybem, přičemž kofein vyvolal větší odezvu. Vertikální skok (countermovement jump) byl zlepšen u kofeinu v porovnání s výchozím stavem. Výška skoku byla vyšší při požití kofeinu.	-	↑
S10	Výkonové časy během časové zkoušky byly významně rychlejší (přibližně 5 %) při užití kofeinu v porovnání s placebem. Průměrný výkon byl významně vyšší ve srovnání s placebem (294 ± 21 W, 277 ± 14 W).	↑	-
S11	Kofein zvýšil maximální výkon (+ 0,93 W·kg ⁻¹) a průměrný výkon (+ 0,87 W·kg ⁻¹) během 30 s Wingate testu a sílu stisku ručním dynamometrem (+ 2,69 kg).	-	↑
S12	Maximální síla jednoho opakování (1RM) byla zvýšena ve větší míře u předtréninkového doplňku ve srovnání s odpověďmi na placebo.	-	↑

Pokračování na další straně

ID	Výsledky	Aerobní	Anaerobní
S13	Výsledky této studie ukazují, že užívání kofeinu sportovci může snížit oxidační stres. Zvýšený interleukin 6 naznačuje, že tento ergogenní doplněk může stimulovat svalovou hypertrofií.	↑	-
S14	Významné rozdíly v anaerobním maximálním výkonu ve srovnání s Wingate anaerobním silovým testem byly pozorovány po požití předtréninkového doplňku (782 ± 191 W) ve srovnání s placebem (722 ± 208 W). Významné rozdíly byly pozorovány u anaerobního průměrného výkonu po požití předtréninkového doplňku (569 ± 133 W) ve srovnání s placebem (535 ± 149 W).	-	↑
S15	Výkony při časové zkoušce se mezi jednotlivými zkouškami nezměnily (DEC: $2,38 \pm 0,10$; CAF: $2,39 \pm 0,09$ min), ani se nezměnilo hodnocení vnímané námahy (DEC: $16,5 \pm 2,68$; CAF: $17,0 \pm 2,66$).	→	-
S16	S1: Intermitentní zotavovací test úrovně 2 byl díky kofeinu o 16 % lepší ve srovnání s placebem. S2: Intersticiální K^+ byl s kofeinem nižší.	↑	-
S17	Kofein zvýšil průměrnou výšku skoku ($37,3 \pm 6,8$ vs. $38,2 \pm 7,4$ cm). Kofein také během hry zvýšil hodnocení indexu výkonnosti ($7,2 \pm 8,6$ vs. $10,6 \pm 7,1$).	-	↑
S18	Kofein nezlepšil běžecký výkon na 800 metrů.	→	-
S19	Kofein zvýšil maximální výkon (6,27 %), průměrný výkon (5,21 %) a zkrátil čas potřebný k dosažení maximálního výkonu (- 9,91 %) ve Wingate testu, zvýšil výšku v protiprokluzovém skoku (+ 2,4 cm).	-	↑

Pokračování na další straně

ID	Výsledky	Aerobní	Anaerobní
S20	Příjem kofeinu v porovnání s placebem zvýšil průměrný výstupní výkon ($219,1 \pm 18,6$ vs. $232,8 \pm 21,4$ W) a zkrátil celkový čas (419 ± 13 vs. 409 ± 12 s).	↑	-
S21	Kofein významně zlepšil čas do vyčerpání o 12 %. Po konzumaci kofeinu bylo zjištěno významné snížení subjektivní únavy.	↑	-
S22	Excentrické a koncentrické síly nebyly vylepšeny suplementací během cvičení u obou pohlaví. Příjem suplementu nebo placebo vedl k podobným subjektivním reakcím.	-	→
S23	Kofein zvýšil rychlost pouze u jednoho ze čtyř sprintů. Kofein nezvýšil sílu ve srovnání s placebem. Nebyly pozorovány významné interakce pro bench press, maximální zvednutou hmotnost a leg press.	-	→
S24	Nebyl zaznamenán žádný účinek taurinu na výkonnost. Taurin v porovnání s placebem (390 ± 27 s a 388 ± 21 s).	→	-
S25	Opakovaná měření mezi placebem a kofeinem neodhalily žádné statisticky významné rozdíly ve výkonu a rychlosti činky během bench pressu. Akutní dávky kofeinu před cvičením nemají významný vliv na výkon u pravidelných konzumentů kofeinu.	-	→
S26	Statisticky významné rozdíly v čase pod napětím při porovnání u dávky kofeinu ($13,689$ s) s placebem ($15,332$ s). Významné rozdíly byly také pozorovány v průměrné rychlosti během excentrické fáze pohybu ($0,690 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ u kofeinu v porovnání s placebem $0,609 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).	-	↑

Pokračování na další straně

ID	Výsledky	Aerobní	Anaerobní
S27	Byl zjištěn významný rozdíl v maximální rychlosti v porovnání s placebem, kofeinem 9 mg·kg ⁻¹ a kofeinem 11 mg·kg ⁻¹ . Post-hoc testy ukázaly výrazné snížení maximální rychlosti při konzumaci 11 mg·kg ⁻¹ kofeinu ve srovnání s placebem. Nebyly nalezeny žádné změny po požití kofeinu na maximální zvednutelnou hmotnost nebo testy svalové vytrvalosti.	-	↑
S28	Změny přesnosti pohybu během hodnocení výkonu byly vyšší po požití doplňku stravy ve srovnání s placebem jak pro statické, tak pro dynamické testování (doplňěk stravy: + 0,4-7,5 %; placebo: - 1,4-1,4 %). Pro dynamické testování byla změna v počtu zasažených cílů vyšší a změna průměrné doby zasažení byla u doplňku stravy ve srovnání s placebem nižší.	-	↑

Vysvětlivky: TTE = time to exhaustion (čas do vyčerpání), kJ = kilojoule, CAF = kofein, PL = placebo, m = metr, s = sekund, DEC = decaffeinated coffee (bezkofeinová káva), W = watt, J = joule

6. DISKUSE

Záměrem bakalářské práce bylo popsat a vyhodnotit vliv energetických nápojů na sportovní výkon. Z výsledků vyplývá, že energetický nápoj a jeho složky mají pozitivní vliv na anaerobní i aerobní výkon.

Grgic, Trexler, Lazinica, a Pedisic (2018) došli ve svém systematickém přehledu a analýze k podobným výsledkům, kdy většina jejich studií prokázala efekt kofeinu na anaerobní výkon, kdy byla signifikantně zvýšena maximální svalová síla.

Doherty & Smith (2004) uvádí ve své metaanalýze obdobné výsledky v podobě aerobního výkonu, kdy byl evidentně zlepšen čas do vyčerpání.

Graham and Spriet (1995) podotýkají, že v reakci na kofein existuje individuální variabilita změn na zátěžovou kapacitu. Každý jedinec na kofein reaguje jinak.

Burke (2008) dodává, že existuje jasný důkaz, že kofein je ergogenní látkou pro různé typy sportů. Je ale potřeba dalších výzkumů, aby bylo možné definovat rozmezí kofeinu a sportovních aktivit, které prokazují zvýšení výkonu.

Pokud bychom chtěli srovnat vliv energetického nápoje na aerobní a anaerobní sportovní výkonnost, tak 14 studií zkoumajících vliv na aerobní výkon mělo 8 studií pozitivní vliv, zatímco u anaerobního výkonu se jednalo celkově o 16 studií a 12 prokázalo pozitivní vliv.

Signifikantní vliv na anaerobní výkon měly zejména intervence ve vědeckých pracích S11 a S19. V S11 došlo ke zvýšení maximální síly (+ 0,93 W·kg⁻¹), průměrného výkonu (+ 0,87 W·kg⁻¹), síly stisku ručním dynamometrem (+ 2,69 kg). U S19 došlo ke zvýšení maximálního výkonu o více než 6 %, průměrného výkonu o více než 5 % a došlo ke zkrácení času potřebného k dosažení maximálního výkonu o skoro 10 % oproti placebo.

Signifikantní vliv na aerobní výkon měly zejména intervence v pracích S2 a S6. U S2 došlo k prodloužení doby běhu do vyčerpání v průměru o 32 % oproti placebo. V S6 po požití kofeinu došlo ke zlepšení o skoro 23 % v době do vyčerpání oproti placebo.

Aplikovat do praxe můžeme na základě systematického přehledu randomizovaných kontrolovaných studií, kdy lze tvrdit, že energetické nápoje jsou vhodné pro jedince, kteří vykonávají anaerobní i aerobní sportovní činnost. V žádném z testování nebyl zaznamenán negativní vliv na jakýkoliv sportovní výkon.

Limitem práce je použití pouze jedné vyhledávací databáze. Bylo by vhodné použít více vyhledávacích databází kvůli většímu množství analyzovaných zdrojů. Dalším limitem práce bylo, že většina studií se zabývala pouze kofeinem, a ne všemi složkami energetického nápoje.

7. ZÁVĚRY

- Na základě zjištění můžeme říci, že má energetický nápoj pozitivní vliv na anaerobní i aerobní výkon.
- Největší vliv na sportovní výkonnost v energetickém nápoji má kofein.
- Nelze jednoznačně říci, kolik $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ kofeinu by mělo být konzumováno pro pozitivní účinek.
- Nelze jednoznačně říci, jak dlouho před výkonem by měl být energetický nápoj konzumován pro pozitivní účinek.
- Podle vyhodnocovaných studií výkonnostní úroveň jedince nehraje roli.

8. SOUHRN

Energetické nápoje se těší velké oblibě po celém světě hlavně mezi mladými jedinci. Roční celosvětová spotřeba přesahuje 11 miliard litrů energetických nápojů. Své místo si nachází i ve sportovním odvětví, kdy jsou neustále více konzumovány pro zlepšení výkonu. Je zřejmé, že vědecké poznání o energetických nápojích pokročí natolik, že v budoucnu bude přesně známo, kolik $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ prokáže pozitivní vliv na danou sportovní výkonnost.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vytvořit systematický přehled randomizovaných kontrolovaných studií zkoumajících vliv energetického nápoje na sportovní výkon a dále porovnat vliv na aerobní a anaerobní výkon.

Pro vyhledávání zdrojů byly použity databáze PUBMED, kdy byla vytvořena vyhledávací strategie za využití PICOs otázky. Kritériem inkluze byl mimo jiné design studie, takže byly vybírány pouze randomizované kontrolované studie. Tímto způsobem bylo nalezeno 318 studií, které byly dále analyzovány dle názvu a abstraktu. Z 39 vybraných bylo po přečtení plných textů vybráno 28 do finální analýzy.

Z 16 studií ukázalo 12 pozitivní vliv na anaerobní cvičení. Ze 14 studií ukázalo 8 pozitivní účinek na aerobní cvičení. Je zřejmé, že energetické nápoje mají pozitivní vliv na sportovní výkonnost, a to převážně díky kofeinu. Nelze s přesností říct, kolik $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ kofeinu by mělo být konzumováno pro pozitivní účinek ani jak dlouho před výkonem. Odpověď na kofein je individuální a záleží na mnoha dalších faktorech.

9. SUMMARY

Energy drinks are very popular all over the world, especially among young individuals. Annual global consumption exceeds 11 billion liters of energy drinks. They also find their place in the sports industry, where they are increasingly consumed to improve performance. It is obvious that scientific knowledge about energy drinks will progress to such an extent that in the future it will be known exactly how many $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ will prove a positive effect on a given sports performance.

The main objective of the bachelor thesis was to create a systematic overview of randomized controlled studies examining the effect of energy drink on sports performance and to compare the effect on aerobic and anaerobic performance.

The PUBMED database was used to search for resources and a research strategy using the PICO question was created. The inclusion criterion was, among other things, the design of the study, so that only randomized controlled studies were selected. In this way, 318 studies were found, which were further analyzed by title and abstract. Of the 39 selected, 28 were selected for final analysis after reading the full texts.

Of the 16 studies, 12 showed a positive effect on anaerobic exercise. Of the 14 studies, 8 showed a positive effect on aerobic exercise. It is clear that energy drinks have a positive effect on sports performance, mainly due to caffeine. It is not possible to say exactly how many $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of caffeine should be consumed for a positive effect or how long before the procedure. The response to caffeine is individual and it depends on many other factors.

10. REFERENČNÍ SEZNAM

- Ahmad, I., Mirza, T., Qadeer, K., Nazim, U., & Vaid, F. H. M. (2013). Vitamin B6: Deficiency diseases and methods of analysis. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 26(5), 1057-1069.
- Albrecht, J., & Schousboe, A. (2005). Taurine interaction with neurotransmitter receptors in the CNS: an update. *Neurochemical Research*, 30(12), 1615-1621.
- Al-Shaar, L., Vercammen, K., Lu, C., Richardson, S., Tamez, M., & Mattei, J. (2017). Health effects and public health concerns of energy drink consumption in the United States: a mini-review. *Frontiers in Public Health*, 5:225.
- American College of Sports Medicine (2013). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Arcoverde, L., Silveira, R., Tomazini, F., Sansonio, A., Bertuzzi, R., Lima-Silva, A. E., & Andrade-Souza, V. A. (2017). Effect of caffeine ingestion on anaerobic capacity quantified by different methods. *PLoS ONE*, 12(6), e0179457.
- Arnaud, M. J. (1993). Metabolism of caffeine and other components of coffee. *Caffeine, coffee, and health*, 43-93. Retrieved 19. 5. 2020 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/311253694_Metabolism_of_caffeine_and_other_components_of_coffee
- Babu, K. M., Church, R. J., & Lewander, W. (2008). Energy drinks: the new eye-opener for adolescents. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*, 9(1), 35-42.
- Barone, J. J., & Roberts, H. R. (1996). Caffeine consumption. *Food and Chemical Toxicology*, 34(1), 119-129.
- Bedi, N., Dewan, P., & Gupta, P. (2014). Energy drinks: potions of illusion. *Indian Pediatrics*, 51(7), 529-533.
- Bello, M. L., Walker, A. J., McFadden, B. A., Sanders, D. J., & Arent, S. M. (2019). The effects of TeaCrine® and caffeine on endurance and cognitive performance during a simulated match in high-level soccer players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16:20.
- Blume, J., Kieser, M., & Hölscher, U. (1996). Placebo-controlled double-blind study of the effectiveness of Ginkgo biloba special extract EGb 761 in trained patients with intermittent claudication. *VASA. Zeitschrift für Gefasskrankheiten*, 25(3), 265-274.
- Bonati, M., Latini, R., Galletti, F., Young, J. F., Tognoni, G., & Garattini, S. (1982). Caffeine disposition after oral doses. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 32(1), 98-106.
- Braganza, S. F., & Larkin, M. (2007). Riding high on energy drinks. *Contemporary Pediatrics*, 24(5), 61-67.
- Breda, J. J., Whiting, S. H., Encarnação, R., Norberg, S., Jones, R., Reinap, M., & Jewell, J. (2014). Energy drink consumption in Europe: a review of the risks, adverse health effects, and policy options to respond. *Frontiers in Public Health*, 2:134.
- Bromová, M., Dalihodová, A., Holinková, P., Lichtenbergová, I., Maxová, M., Mubiana, N., ... & Vít, Z. (2010). Zdravotní rizika energetických nápojů. *Prevence úrazů, otrav a násilí*, 4(2), 205-224.
- Burke, L. M. (2008). Caffeine and sports performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1319-1334.
- Campbell, B., Wilborn, C., La Bounty, P., Taylor, L., Nelson, M. T., Greenwood, M., ... Kreider, R. B. (2013). International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10(1), 1-16.
- Carlini, E. A. (2003). Plants and the central nervous system. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 75(3), 501-512.

- Castillo, D., Domínguez, R., Rodríguez-Fernández, A., & Raya-González, J. (2019). Effects of caffeine supplementation on power performance in a flywheel device: a randomised, double-blind cross-over study. *Nutrients*, *11*:255.
- Cesareo, K. R., Mason, J. R., Saracino, P. G., Morrissey, M. C., & Ormsbee, M. J. (2019). The effects of a caffeine-like supplement, TeaCrine®, on muscular strength, endurance and power performance in resistance-trained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *16*:47.
- Collins, P., Earnest, C., Dalton, R., Sowinski, R., Grubic, T., Favot, C., ... Kreider, R. (2017). Short-term effects of a ready-to-drink pre-workout beverage on exercise performance and recovery. *Nutrients*, *9*:823.
- Coon, J. T., & Ernst, E. (2002). Panax ginseng. *Drug safety*, *25*(5), 323-344.
- Cooper, C. E., Beneke, R., & Jones, G. (2008). Caffeine and other sympathomimetic stimulants: modes of action and effects on sports performance. *Essays in Biochemistry*, *4*, 109-124.
- Correa, M., & Font, L. (2008). Is there a major role for adenosine A2A receptors in anxiety. *Frontiers in Bioscience*, *13*, 4058-4070.
- Crews, H. M., Olivier IV, L., & Wilson, L. A. (2001). Urinary biomarkers for assessing dietary exposure to caffeine. *Food Additives & Contaminants*, *18*(12), 1075-1087.
- Cruz, R., de Aguiar, R., Turnes, T., Guglielmo, L., Beneke, R., & Caputo, F. (2015). Caffeine affects time to exhaustion and substrate oxidation during cycling at maximal lactate steady state. *Nutrients*, *7*(7), 5254–5264.
- Cuadrado, C., Dunstan, J., Silva-Illanes, N., Mirelman, A. J., Nakamura, R., & Suhrcke, M. (2020). Effects of a sugar-sweetened beverage tax on prices and affordability of soft drinks in Chile: a time series analysis. *Social Science & Medicine*, *245*, 112708.
- Debelak, B. P. (2011). Energy drinks: what's in them and are they safe? *Hughston Health Alert*, *23*(4), 1–3.
- Doherty, M., & Smith, P. M. (2004). Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *14*(6), 626-646.
- Doria, E., Buonocore, D., Michelotti, A., Nobile, V., & Marzatico, F. (2013). Evaluation of a phyto-supplement efficacy as adjuvant in reducing body weight and fat mass in overweight women. *Current Topics in Nutraceuticals Research*, *11*(1/2), 21-28.
- Durkalec-Michalski, K., Nowaczyk, P. M., Główska, N., & Grygiel, A. (2019). Dose-dependent effect of caffeine supplementation on judo-specific performance and training activity: a randomized placebo-controlled crossover trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *16*:38.
- Ehlers, A., Marakis, G., Lampen, A., & Hirsch-Ernst, K. I. (2019). Risk assessment of energy drinks with focus on cardiovascular parameters and energy drink consumption in Europe. *Food and Chemical Toxicology*, *130*, 109–121.
- Eichenberger, P., Colombani, P. C., & Mettler, S. (2009). Effects of 3-week consumption of green tea extracts on whole-body metabolism during cycling exercise in endurance-trained men. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, *79*(1), 24-33.
- Ernst, E. (2002). The risk–benefit profile of commonly used herbal therapies: Ginkgo, St. John's Wort, Ginseng, Echinacea, Saw Palmetto, and Kava. *Annals of Internal Medicine*, *136*(1), 42-53.
- Evropský Parlament a Rada (2006). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1925/2006 ze dne 20. prosince 2006 o přidávání vitaminů a minerálních látek a některých dalších látek do potravin. *Úřední věstník Evropské unie*. Retrieved 19. 5. 2020 from the World Wide Web: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1925&from=EN>
- Evropský Parlament a Rada (2011). Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. *Úřední věstník Evropské unie*. Retrieved 19. 5. 2020 from the World Wide Web: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1169-20140219&from=PL>

- Fajfrová, J. (2011). Vitaminy a jejich funkce v organismu. *Interní medicína pro praxi*, 13(12), 466-468.
- Fredholm, B., Battig, K., Holmen, J., Nehlig, A., & Zvartau, E. (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacological Reviews*, 51(1), 83-133.
- Gidus, T. (2008). Energy drinks: do they really deliver energy? *Golf Fitness Magazine*, 42-44.
- Giles, G. E., Mahoney, C. R., Brunyé, T. T., Gardony, A. L., Taylor, H. A., & Kanarek, R. B. (2012). Differential cognitive effects of energy drink ingredients: caffeine, taurine, and glucose. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 102(4), 569-577.
- Goedecke, J., White, N., Chicktay, W., Mahomed, H., Durandt, J., & Lambert, M. (2013). The effect of carbohydrate ingestion on performance during a simulated soccer match. *Nutrients*, 5(12), 5193-5204.
- Graham, T. E. (2001). Caffeine and Exercise. *Sports Medicine*, 31(11), 785-807.
- Graham, T. E., & Spriet, L. L. (1995). Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 867-874.
- Greenblum, S., Turnbaugh, P. J., & Borenstein, E. (2012). Metagenomic systems biology of the human gut microbiome reveals topological shifts associated with obesity and inflammatory bowel disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(2), 594-599.
- Grgic, J., Trexler, E. T., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2018). Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15:11.
- Guerra Jr, M. A., Caldas, L. C., De Souza, H. L., Vitzel, K. F., Cholewa, J. M., Duncan, M. J., & Guimarães-Ferreira, L. (2018). The acute effects of plyometric and sled towing stimuli with and without caffeine ingestion on vertical jump performance in professional soccer players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15:51.
- Harland, B. F. (2000). Caffeine and nutrition. *Nutrition*, 16(7-8), 522-526.
- Harris, J. L., & Munsell, C. R. (2015). Energy drinks and adolescents: what's the harm? *Nutrition Reviews*, 73(4), 247-257.
- Henman, A. R. (1982). Guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*): ecological and social perspectives on an economic plant of the central Amazon basin. *Journal of Ethnopharmacology*, 6(3), 311-338.
- Higgins, J., Liras, G., & Liras, I. (2018). Some popular energy shots and their ingredients: are they safe and should they be used? A literature review. *Beverages*, 4:20.
- Higgins, J. P., Tuttle, T. D., & Higgins, C. L. (2010). Energy beverages: content and safety. *Mayo Clinic Proceedings*, 85(11), 1033-1041.
- Hodgson, A. B., Randell, R. K., & Jeukendrup, A. E. (2013). The metabolic and performance effects of caffeine compared to coffee during endurance exercise. *PLoS ONE*, 8(4), e59561.
- Houghton, P. (1995). Herbal products, part 7 guarana. *Pharmaceutical Journal* 254, 435-436.
- Huq, F. (2006). Molecular modelling analysis of the metabolism of caffeine. *Asian Journal of Biochemistry*, 1(4), 276-286.
- Chaban, R., Kornberger, A., Branski, N., Buschmann, K., Stumpf, N., Beiras-Fernandez, A., & Vahl, C. F. (2017). In-vitro examination of the positive inotropic effect of caffeine and taurine, the two most frequent active ingredients of energy drinks. *BMC Cardiovascular Disorders*, 17:220.
- Chen, C. K., Muhamad, A. S., & Ooi, F. K. (2012). Herbs in exercise and sports. *Journal of Physiological Anthropology*, 31:4.
- Chesney, R. W. (1985). Taurine: its biological role and clinical implications. *Advances in Pediatrics*, 32, 1-42.

- Childs, E. (2014). Influence of energy drink ingredients on mood and cognitive performance. *Nutrition Reviews*, 72, 48–59.
- Chtourou, H., Trabelsi, K., Ammar, A., Shephard, R. J., & Bragazzi, N. L. (2019). Acute effects of an “Energy drink” on short-term maximal performance, reaction times, psychological and physiological parameters: insights from a randomized double-blind, placebo-controlled, counterbalanced crossover trial. *Nutrients*, 11:992.
- Iversen, K. L., Arnesen, E., Meltzer, H. M., & Brantsæter, A. L. (2018). Children and adolescents need protection against energy drinks. *Tidsskrift for Den Norske Laegeforening*, 138(14).
- Ivy, J. L., Kammer, L., Ding, Z., Wang, B., Bernard, J. R., Liao, Y. H., & Hwang, J. (2009). Improved cycling time-trial performance after ingestion of a caffeine energy drink. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19(1), 61-78.
- Jacobsen, J. G., & Smith, L. H. (1968). Biochemistry and physiology of taurine and taurine derivatives. *Physiological Reviews*, 48, 424-511.
- Jeukendrup, A., Brouns, F. J. P. H., Wagenmakers, A. J. M., & Saris, W. H. M. (1997). Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time trial cycling performance. *International Journal of Sports Medicine*, 18(02), 125-129.
- Jeukendrup, A. (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, 20(7-8), 669-677.
- Jonjev, Ž. S., & Bala, G. (2013). High-energy drinks may provoke aortic dissection. *Collegium antropologicum*, 37(2), 227-229.
- Jung, Y. P., Earnest, C. P., Koozehchian, M., Cho, M., Barringer, N., Walker, D., ... 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.
- Karlic, H., & Lohninger, A. (2004). Supplementation of l-carnitine in athletes: does it make sense? *Nutrition*, 20(7–8), 709–715.
- Kemps, E., Tiggemann, M., Cibich, M., & Cabala, A. (2019). Cognitive bias modification for energy drink cues. *PLoS ONE*, 14(12), e0226387.
- Kim, S. Y., Sim, S., & Choi, H. G. (2017). High stress, lack of sleep, low school performance, and suicide attempts are associated with high energy drink intake in adolescents. *PLoS ONE*, 12(11).
- Koivusilta, L., Kuoppamäki, H., & Rimpelä, A. (2016). Energy drink consumption, health complaints and late bedtime among young adolescents. *International Journal of Public Health*, 61(3), 299–306.
- Kozik, T. M., Carey, M. G., Bhattacharyya, M., Chien, W., Charos, G. S., Connolly, T. F., ... Pelter, M. M. (2018). Cardiovascular responses to energy drinks in a healthy population during eXercise: The C-Energy-X Study. *Journal of Electrocardiology*, 51(6S):S1–S5.
- Lage-Yusty, M. A., Villar-Blanco, L., & López-Hernandez, J. (2019). Evaluation of caffeine, vitamins and taurine in energy drinks. *Journal of Food & Nutrition Research*, 58(2), 107–114.
- Lakhan, S. E., Sabharanjak, S., & De, A. (2009). Endocytosis of glycosylphosphatidylinositol-anchored proteins. *Journal of Biomedical Science*, 16:93.
- Leśniewicz, A., Grzesiak, M., Żyrmicki, W., & Borkowska-Burnecka, J. (2016). Mineral composition and nutritive value of isotonic and energy drinks. *Biological Trace Element Research*, 170(2), 485–495.
- MacMillan, L., Lamarre, S. G., dasilva, R. P., Jacobs, R. L., Brosnan, M. E., & Brosnan, J. T. (2017). Riboflavin deficiency in rats decreases de novo formate production but does not affect plasma formate concentration. *Journal of Nutrition*, 147(3), 346–352.
- Majeed, F., Yar, T., Alsunni, A., Alhawaj, A. F., AlRahim, A., & Alzaki, M. (2017). Synergistic effect of energy drinks and overweight/obesity on cardiac autonomic testing using the Valsalva maneuver in university students. *Annals of Saudi Medicine*, 37(3), 181–188.

- ManaSalicio, V. M., AlexandreFett, C., Salicio, M. A., Fernanda, C., MoraesBrandão, C. C., ... RezendeFett, W. C. (2016). The effect of caffeine supplementation on trained individuals subjected to maximal treadmill test. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(1), 16–23.
- Mandel, P., Gupta, R.C., Bourguignon, J.J, Wernuth, C.G., Molina, V., Gobaille, S., ... Simler, S. (1985). Effects of taurine and taurine analogues on aggressive behavior. *Progress in Clinical and Biological Research*, 179, 449–458.
- 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.
- Marques, A., Jesus, A., Giglio, B., Marini, A., Lobo, P., Mota, J., & Pimentel, G. (2018). Acute caffeinated coffee consumption does not improve time trial performance in an 800-m run: a randomized, double-blind, crossover, placebo-controlled study. *Nutrients*, 10:657.
- Mesas, A. E., Leon-Muñoz, L. M., Rodriguez-Artalejo, F., & Lopez-Garcia, E. (2011). The effect of coffee on blood pressure and cardiovascular disease in hypertensive individuals: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 94(4), 1113–1126.
- Mohr, M., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2011). Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation. *Journal of Applied Physiology*, 111(5), 1372–1379.
- Mora-Rodriguez, R., & Pallarés, J. G. (2014). Performance outcomes and unwanted side effects associated with energy drinks. *Nutrition Reviews*, 72, 108–120.
- Murase, T., Haramizu, S., Shimotoyodome, A., Tokimitsu, I., & Hase, T. (2006). Green tea extract improves running endurance in mice by stimulating lipid utilization during exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 290(6), 1550-1556.
- Nafisi, S., Monajemi, M., & Ebrahimi, S. (2004). The effects of mono-and divalent metal cations on the solution structure of caffeine and theophylline. *Journal of Molecular Structure*, 705(1-3), 35-39.
- Norris, M. (2000). *Reader's Digest guide to vitamins, minerals and supplements*. London: Reader's Digest Association Limited.
- Nyéki, Á., Biollaz, J., Kesselring, U. W., & Décosterd, L. A. (2001). Extractionless method for the simultaneous high-performance liquid chromatographic determination of urinary caffeine metabolites for N-acetyltransferase 2, cytochrome P450 1A2 and xanthine oxidase activity assessment. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 755(1-2), 73-84.
- Ostojic, S. M. (2006). Yohimbine: the effects on body composition and exercise performance in soccer players. *Research in Sports Medicine* 14, 289-299.
- Peters, H., Kieser, M., & Hölscher, U. (1998). Demonstration of the efficacy of ginkgo biloba special extract EGb 761 on intermittent claudication--a placebo-controlled, double-blind multicenter trial. *VASA. Zeitschrift für Gefasskrankheiten*, 27(2), 106-110.
- Petriková, V., & Patočka, J. (2006). Káva očima toxikologa. *Vojenské zdravotnické listy*, 75(3-4), 120-125.
- Pokorná, T., Sovová, M., Masný, O., Štégnerová, L., & Sovová, E. (2019). Kazuistika: Mohou potravinové doplňky ovlivnit zdraví sportovce? *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 28(1), 10–14.
- Polito, M., Souza, D., Coso, J., & Casonatto, J. (2017). Acute effects of caffeine-containing energy drinks on physical performance: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Nutrition*, 56(1), 13–27.
- Popov, I. M. and Goldwag, W. J. (1973). A review of the properties and clinical effects of ginseng. *American Journal of Chinese Medicine*, 1, 263–70.
- Puente, C., Abián-Vicén, J., Salinero, J., Lara, B., Areces, F., & Del Coso, J. (2017). Caffeine improves basketball performance in experienced basketball players. *Nutrients*, 9:1033.

- Ramos-Campo, D. J., Pérez, A., Ávila-Gandía, V., Pérez-Piñero, S., & Rubio-Arias, J. Á. (2019). Impact of caffeine intake on 800-m running performance and sleep quality in trained runners. *Nutrients*, *11*:2040.
- Reissig, C. J., Strain, E. C., & Griffiths, R. R. (2009). Caffeinated energy drinks-a growing problem. *Drug and Alcohol Dependence*, *99*(1–3), 1–10.
- Rica, R. L., Evangelista, A. L., Maia, A. F., Machado, A. F., La Scala Teixeira, C. V., Barbosa, W. A., ... Bocalini, D. S. (2019). Energy drinks do not alter aerobic fitness assessment using field tests in healthy adults regardless of physical fitness status. *Journal of Physical Education & Sport*, *19*, 113–120.
- Ripps, H., & Shen, W. (2012). Taurine: a “very essential” amino acid. *Molecular vision*, *18*, 2673.
- Rotstein, J., Barber, J., Strowbridge, C., Hayward, S., Huang, R., & Godefroy, S. B. (2013). Energy drinks: an assessment of the potential health risks in the Canadian context. *International Food Risk Analysis Journal*, *3*, 4:2013.
- Salinero, J. J., Lara, B., Abian-Vicen, J., Gonzalez-Millán, C., Areces, F., Gallo-Salazar, C., ... Del Coso, J. (2014). The use of energy drinks in sport: perceived ergogenicity and side effects in male and female athletes. *British Journal of Nutrition*, *112*(9), 1494–1502.
- San Juan, A. F., López-Samanes, Á., Jodra, P., Valenzuela, P. L., Rueda, J., Veiga-Herreros, P., ... Domínguez, R. (2019). Caffeine supplementation improves anaerobic performance and neuromuscular efficiency and fatigue in olympic-level boxers. *Nutrients*, *11*:2120.
- Santos, R. de A., Kiss, M. A. P. D. M., Silva-Cavalcante, M. D., Correia-Oliveira, C. R., Bertuzzi, R., Bishop, D. J., & Lima-Silva, A. E. (2013). Caffeine alters anaerobic distribution and pacing during a 4000-m cycling time trial. *PLoS ONE*, *8*(9), e75399.
- Seifert, S. M., Schaechter, J. L., Hershorin, E. R., & Lipshultz, S. E. (2011). Health effects of energy drinks on children, adolescents, and young adults. *Pediatrics*, *127*(3), 511–528.
- Sheehan, K. M., & Hartzler, L. K. (2011). Effects of XS energy drink on aerobic exercise capacity of athletes. *International Journal of Exercise Science*, *4*(2), 152–163.
- Scholey, A. and Haskell, C. (2008.) Neurocognitive effects of guarana plant extracts. *Drugs of the Future* *33*, 869-874.
- Siegel, R. K. (1979). Ginseng abuse syndrome: problems with the panacea. *Jama*, *241*(15), 1614-1615.
- Simulescu, V., Ilia, G., Macarie, L., & Merghes, P. (2019). Sport and energy drinks consumption before, during and after training. *Science & Sports*, *34*(1), 3–9.
- Soumar, L. (1997). *Kondice a zdraví: průvodce aerobním cvičením*. Praha: Olympia.
- Smirmaul, B. P. C., de Moraes, A. C., Angius, L., & Marcora, S. M. (2017). Effects of caffeine on neuromuscular fatigue and performance during high-intensity cycling exercise in moderate hypoxia. *European Journal of Applied Physiology*, *117*(1), 27–38.
- Statista Research Department (2016). *Sales volume of energy drinks worldwide 2015/2018*. Retrieved 19. 5. 2020 from the World Wide Web: <https://www.statista.com/statistics/639965/sales-volume-energy-drinks-worldwide>
- Tassaneeyakul, W., Veronese, M. E., Birkett, D. J., Doecke, C. J., McManus, M. E., Sansom, L. N., & Miners, J. O. (1992). Co-regulation of phenytoin and tolbutamide metabolism in humans. *British Journal of Clinical Pharmacology*, *34*(6), 494-498.
- The Dr. Enuf store (2020). About Dr. Enuf. *The Dr. Enuf store*. Retrieved 19. 5. 2020 from the World Wide Web: <https://drenuf.myshopify.com/pages/about-us>
- Tinsley, G. M., Hamm, M. A., Hurtado, A. K., Cross, A. G., Pineda, J. G., Martin, A. Y., ... 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.
- Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Roelofs, E. J., Hirsch, K. R., & Mock, M. G. (2016). Effects of coffee and caffeine anhydrous on strength and sprint performance. *European Journal of Sport Science*, 16(6), 702–710.
- Valle, M. C., Couto-Pereira, N. S., Lampert, C., Arcego, D. M., Toniazzo, A. P., Limberger, R. P., ... & Leal, M. B. (2018). Energy drinks and their component modulate attention, memory, and antioxidant defences in rats. *European Journal of Nutrition*, 57(7), 2501-2511.
- Visram, S., Cheetham, M., Riby, D. M., Crossley, S. J., & Lake, A. A. (2016). Consumption of energy drinks by children and young people: a rapid review examining evidence of physical effects and consumer attitudes. *British Medical Journal open*, 6(10), e010380.
- Vuksan, V., & Sievenpiper, J. L. (2005). Herbal remedies in the management of diabetes: lessons learned from the study of ginseng. *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases*, 15(3), 149-160.
- Wahid, A., Manek, N., Nichols, M., Kelly, P., Foster, C., Webster, P., ... Scarborough, P. (2016). Quantifying the association between physical activity and cardiovascular disease and diabetes: a systematic review and metaanalysis. *Journal of the American Heart Association*, 5(9):e002495.
- Ward, R., Bridge, C. A., McNaughton, L. R., & Sparks, S. A. (2016). The effect of acute taurine ingestion on 4-km time trial performance in trained cyclists. *Amino Acids*, 48(11), 2581–2587.
- Wassef, B., Kohansieh, M., & Makaryus, A. N. (2017). Effects of energy drinks on the cardiovascular system. *World Journal of Cardiology*, 9(11), 796–806.
- Wasserman, K. (1986). The anaerobic threshold: definition, physiological significance and identification. *Advances in Cardiology*, 35, 1-23.
- Wilk, M., Filip, A., Krzysztofik, M., Maszczyk, A., & Zajac, A. (2019). The acute effect of various doses of caffeine on power output and velocity during the bench press exercise among athletes habitually using caffeine. *Nutrients*, 11:1465.
- Wilk, M., Krzysztofik, M., Filip, A., Zajac, A., & Del Coso, J. (2019). The effects of high doses of caffeine on maximal strength and muscular endurance in athletes habituated to caffeine. *Nutrients*, 11:1912.
- Wilk, M., Krzysztofik, M., Maszczyk, A., Chycki, J., & Zajac, A. (2019). The acute effects of caffeine intake on time under tension and power generated during the bench press movement. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16:8.
- Winklerová, D. (2010). „Energy drinks“ a „Smart drinks“. *Výživa a potraviny*, 65(2), 48-49.
- Wójcik, O. P., Koenig, K. L., Zeleniuch-Jacquotte, A., Costa, M., Chen, Y. (2010). The potential protective effects of taurine on coronary heart disease. *Atherosclerosis*, 208(1), 19–25.
- Woolf, K., Bidwell, W. K., & Carlson, A. G. (2009). Effect of caffeine as an ergogenic aid during anaerobic exercise performance in caffeine naïve collegiate football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1363–1369.
- Woolf, K., Bidwell, W. K., & Carlson, A. G. (2008). The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18(4), 412-429.
- Yavuz, H. U., & Özkum, D. (2014). Herbs potentially enhancing sports performance. *Current Topics in Nutraceutical Research*, 12(1-2), 25-34.
- Yoshida, S., Ikeda, M., Busto, R., Santiso, M., Martinez, E., & Ginsberg, M. D. (1986). Cerebral phosphoinositide, triacylglycerol, and energy metabolism in reversible ischemia: origin and fate of free fatty acids. *Journal of Neurochemistry*, 47(3), 744-757.
- Zaragoza, J., Tinsley, G., Urbina, S., Villa, K., Santos, E., Juaneza, A., ... Taylor, L. (2019). Effects of acute caffeine, theanine and tyrosine supplementation on mental and physical performance in athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16:56.

Zeidán-Chuliá, F., Gelain, D. P., Kolling, E. A., Rybarczyk-Filho, J. L., Ambrosi, P., Resende Terra, S., ... Fonseca Moreira, J. C. (2013). Major components of energy drinks (caffeine, taurine, and guarana) exert cytotoxic effects on human neuronal SH-SY5Y cells by decreasing reactive oxygen species production. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2013, 1–22.