

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Adaptogeny a jejich vliv na lidský organismus**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

**Mgr. Ivana Kinkorová, Ph.D.**

Vypracoval:

**Bc. Adam Hruša**

Praha, květen 2023

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného, nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

Podpis

### **Evidenční list**

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval paní Mgr. Ivaně Kinkorové, Ph.D. za vedení diplomové práce, poskytnutí cenných rad a připomínek a věnovaný čas.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá významem přírodních adaptogenů, cílem této práce je poskytnout ucelený pohled na dané téma a dále blíže prozkoumat mnou vybrané adaptogeny se zaměřením na jejich možné účinky v kontextu podpory sportovního výkonu za pomoci dostupných studií. Jedná se o teoretickou práci, která byla zpracována pomocí literární rešerše.

Klíčová slova : adaptogeny, adaptogenní byliny, tonika, tonické byliny, sportovní výkon, regenerace, vitánie snodárná, Ženšen, rozchodice růžová

## **Abstract**

The thesis focuses on the significance of natural adaptogens. The aim of this thesis is to provide a comprehensive overview of the topic and to further examine specific adaptogens chosen by me, with a focus on their potential effects in supporting athletic performance, using available studies. It is a theoretical work that was developed through a literature review.

Keywords: adaptogens, adaptogenic herbs, tonics, tonic herbs, athletic performance, recovery. ashwagandha, giseng, rhodiola rosea

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Adaptogeny a jejich účinné látky .....	14
Tabulka 2 - Systematický přehled studií a jejich parametrů Vitánie snodárná .....	30
Tabulka 3 - Systematický přehled studií a jejich parametrů Ženšen .....	40
Tabulka 4 - Systematický přehled studií a jejich parametrů Rhodiola rosea .....	57

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Diagram rozdělení adaptogenů .....	9
Obrázek 2 - Chemická struktura triterpenoidních saponinů .....	10
Obrázek 3 - Chemická struktura polysacharidů .....	11
Obrázek 4 - Schéma mechanismu působení adaptogenů .....	17
Obrázek 5 - Grafické znázornění Nrf2/ARE signální dráhy .....	18
Obrázek 6 - Struktury základních withanolidů nacházejících se ve Vitánii Snodárné .....	24
Obrázek 7 - Diagram č. 2 .....	28
Obrázek 8 - Druhy Ženšenu a chemické struktury jeho účinných látek .....	36
Obrázek 9 - Diagram č. 3 .....	38
Obrázek 10 - Diagram č. 4 .....	55

## Seznam grafů

Graf 1 - Graf znázorňující intenzitu působení adaptogenu v čase, ve srovnání s intenzitou působení klasického stimulantu .....	534
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## Seznam použitých zkratek a symbolů

ADP	adenosindifosfát
ATP	adenosintriosfát
CK	kreatinkináza
CMJ	kontra-pohybový skok
CRP	C-reaktivní protein
EMA	Evropskou medicínskou agenturou
GR	glukokortikoidové receptory
JNK	c-Jun N-terminální kináza
M	melatonin
PB	posed bílý
PPO	peak power output (vrcholový výkon)
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses
PS	parcha saflorovitá
RNA	ribonukleová kyselina
RPE	subjektivní vnímání námahy
RR	rozchodnice růžová
SJ	výskok z podřepu
SŽ	sibiřský Ženšen
TČM	tradiční čínská medicína
VAS	vizuální analogová škála
VO <sub>2</sub> max	maximální množství kyslíku, které tělo dokáže využít při práci
VS	Vitánie snodárná
WADA	světová antidopingová asociace



## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>SOUČASNÝ STAV BĀDÁNĀ.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>CĀLE A ŰKOLY PRÁCE .....</b>	<b>4</b>
3.1	CĀLE.....	4
3.2	ŰKOLY.....	4
<b>4</b>	<b>METODIKA PRÁCE .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>ADAPTOGENY .....</b>	<b>7</b>
5.1	DEFINICE: .....	7
5.2	ETNOFARMAKOLOGICKÉ POZADĀ ADAPTOGENŰ .....	8
5.3	ROZDĚLENĀ ADAPTOGENŰ .....	9
5.4	ŰČINNĚ LÁTKY ADAPTOGENŰ.....	10
5.4.1	<i>Triterpenoidní Saponiny.....</i>	<i>10</i>
5.4.2	<i>Polysacharidy.....</i>	<i>11</i>
5.5	ŰČINKY IZOLOVANÝCH FYTOCHEMIKÁLIĀ A EXTRAKTU CELĚ BYLINY.....	12
5.6	MECHANISMY PŰSOBNĀ ADAPTOGENŰ .....	14
5.7	PŰSOBNĀ ADAPTOGENŰ NA NEUROENDOKRINNĀ SYSTĚM.....	15
5.8	ANTIOXIDAČNĀ A CYTOPROTEKTIVNĀ PŰSOBNĀ ADAPTOGENŰ.....	17
5.9	SYNERGISTICKĚ A ANTAGONISTICKĚ VLASTNOSTI ADAPTOGENŰ.....	20
5.10	VĀBĚR ADAPTOGENŰ PRO SYSTEMATICKĀ PŘEHLED.....	21
<b>6</b>	<b>SYSTEMATICKĀ PŘEHLED ASHWAGANDHA (VITĀNIE SNODĀRNĀ) A JEJĀ VLIV NA SPORTOVNĀ VÝKON.....</b>	<b>23</b>
6.1	METODIKA.....	25
6.1.1	<i>VstupnĀ kritĚria.....</i>	<i>26</i>
6.1.2	<i>Zdroje informacĀ.....</i>	<i>26</i>
6.1.3	<i>Strategie vyhledĀvĀnĀ .....</i>	<i>26</i>
6.1.4	<i>Selekce studiĀ .....</i>	<i>26</i>
6.2	DISKUZE .....	30
6.2.1	<i>Hodnoty VO<sub>2</sub>.....</i>	<i>30</i>
6.2.2	<i>SvalovĀ sila.....</i>	<i>30</i>
6.2.3	<i>Koncentrace CK v krvi .....</i>	<i>31</i>
6.3	ZHODNOCENĀ .....	32
<b>7</b>	<b>SYSTEMATICKĀ PŘEHLED ŰENŠEN A JEHO VLIV NA SPORTOVNĀ VÝKON .....</b>	<b>34</b>
7.1	METODIKA.....	36
7.1.1	<i>VstupnĀ kritĚria.....</i>	<i>36</i>
7.1.2	<i>Zdroje informacĀ.....</i>	<i>37</i>

7.1.3	<i>Strategie vyhledávání</i> .....	37
7.1.4	<i>Selekce studií</i> .....	37
7.2	<b>MĚŘENÉ PARAMETRY A JEJICH VÝSLEDKY</b> .....	40
7.2.1	<i>Vizuální analogová škála (VAS)</i> .....	40
7.2.2	<i>Borgova škála (RPE)</i> .....	40
7.2.3	<i>Vrcholový výkon (PPO)</i> .....	41
7.2.4	<i>Srdeční frekvence (SR)</i> .....	41
7.2.5	<i>Kreatinkináza (CK)</i> .....	42
7.2.6	<i>Vertikální výskok z podřepu (SJ)</i> .....	43
7.2.7	<i>Vertikální výskok bez dopomoci rukou (CMJ)</i> .....	43
7.2.8	<i>Maximální spotřeba kyslíku (VO<sub>2</sub> max)</i> .....	43
7.3	<b>DISKUZE</b> .....	44
7.4	<b>ZHODNOCENÍ</b> .....	48
<b>8</b>	<b>SYSTEMATICKÝ PŘEHLED RHODIOLA ROSEA (ROZCHODNICE RŮŽOVÁ) A JEJÍ VLIV NA SPORTOVNÍ VÝKON</b> .....	<b>50</b>
8.1	<b>METODIKA</b> .....	53
8.1.1	<i>Vstupní kritéria</i> .....	53
8.1.2	<i>Zdroje informací</i> .....	54
8.1.3	<i>Strategie vyhledávání</i> .....	54
8.1.4	<i>Selekce studií</i> .....	54
8.2	<b>MĚŘENÉ PARAMETRY A JEJICH VÝSLEDKY</b> .....	57
8.2.1	<i>Regenerace</i> .....	57
8.2.2	<i>Svalová síla</i> .....	57
8.2.3	<i>Mentální únava</i> .....	58
8.3	<b>DISKUZE</b> .....	59
8.4	<b>ZHODNOCENÍ</b> .....	60
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>62</b>
<b>10</b>	<b>LITERATURA:</b> .....	<b>63</b>

# 1 ÚVOD

Tato diplomová práce se zaměřuje na adaptogeny, což jsou přírodní látky, které jsou používány ke zlepšení fyzického a psychického výkonu. Téma adaptogenů je v poslední době stále více diskutované a sledované, a to zejména v oblasti sportovní výkonnosti. Adaptogeny jsou využívány již po tisíce let v tradiční čínské medicíně, ajurvédě a dalších kulturách, a jejich účinnost je stále předmětem diskuzí. Z osobní zkušenosti jsem se rozhodl vybrat téma adaptogenů v souvislosti se zvyšováním fyzického výkonu. Vzhledem k tomu, že bylo mým cílem zlepšit svůj sportovní výkon, hledal jsem legální způsoby, jak toho dosáhnout. Při hledání vhodných způsobů jsem narazil na adaptogeny a začal se zajímat o jejich účinky a mechanismus působení. Cílem této diplomové práce je poskytnout komplexní přehled o adaptogenech a jejich vlivu na lidský organismus, zejména v oblasti sportovní výkonnosti a psychických funkcí. Důraz bude kladen na systematický přehled studií, které se zabývají konkrétními adaptogeny a jejich účinky. Práce se také zaměří na mechanismy, jakými adaptogeny působí, a na možné synergické účinky, které mohou být dosaženy jejich kombinací. Vzhledem k tomu, že adaptogeny mají různé mechanismy působení, může být jejich kombinace účinnější než užívání pouze jednoho adaptogenu. Tento aspekt tématu adaptogenů je velmi zajímavý a může mít potenciál pro další výzkum a vývoj nových výkonnostních produktů. Další část této diplomové práce se věnuje popsání významných adaptogenů, jako jsou Ženšen, Vitánie snodárná a Rhodiola rosea, a přiblížení mechanismů, jakými tyto adaptogeny působí na lidský organismus. Na tyto vybrané tonické byliny bude proveden systematický přehled studií, které se zabývají konkrétními adaptogeny a jejich vlivem na sportovní výkon a psychické funkce. Cílem bude zjistit, na základě dostupných studií, zda mají adaptogeny skutečně významný vliv na lidský organismus a zda mohou podporovat sportovní výkonnost. Tato práce si klade za úkol porovnání dostupných informací a výsledků jednotlivých studií, aby bylo možné poskytnout objektivní přehled o účincích adaptogenů. Závěry této práce mohou být využity pro další výzkum v této oblasti a mohou sloužit jako základ pro vývoj nových výkonnostních prostředků.

## 2 SOUČASNÝ STAV BĀDÁNĪ

Počátky zkoumání rostlinných substancí, dnes známých pod názvem adaptogeny, začalo v Rusku během 2. sv. války s cílem nalezení adaptogenní substance pro vojáky a zaměstnance v ruských obranných zařízeních (Lebedev, 1967). Termín adaptogen poprvé použil Sovětský toxikolog N. V. Lazarev v roce 1947, v souvislosti s uměle vytvořeným stimulantem s názvem Dizanabol, který měl zlepšit odolnost lidského organismu proti stresu. Tento vědec byl první, který oficiálně rozpoznal účinky těchto rostlinných látek zlepšit nejen fyzické a psychické schopnosti, ale také regeneraci. A dále popsal jejich schopnost regulovat a upravovat homeostatické funkce v organismu (Panossian & Wikman, 2009).

Rozlišujeme dvě skupiny adaptogenů. První skupinu tvoří rostlinné adaptogeny a druhou skupinu tvoří adaptogeny syntetické, které mohou být také nazývány aktoprotektory. Ačkoli adaptogeny jsou užívány lidmi už od starověku pojem "Adaptogen" je relativně mladý a byl poprvé představen v roce 1947 sovětským vědcem Nikolajem Lazarevem (Wagner et al., 1994).

Od roku 1960 do roku 1970 bylo provedeno v sovětském svazu relativně velké množství studií u čtyř druhů rostlin s adaptogenními účinky: Eleuterokok ostnitý (Sibiřský Ženšen), Rozchodnice růžová, Klanopraška čínká, Posed bílý. Tyto rostliny byly následně oficiálně začleněny do lékařské praxe v tehdejší Sovětském svazu a používány ve formě extraktu v tabletové i tekuté formě jako adaptogeny mající stimulační, regenerační a protistresový účinek. Byly používány například jako podpůrné látky pro kosmonauty v sovětském vesmírném programu, u námořnictva, posádkami sovětských ponorek a při dlouhých arktických či tropických expedicích (Todorova et al., 2021).

Protože bylo zjištěno, že tyto rostlinné produkty nemají téměř žádné vedlejší účinky, pokračuje jejich produkce a užívání i dnes. Jako součást zdravé životosprávy je Eleuterokok ostnitý, Rozchodnice růžová, Klanopraška čínská a Posed bílý užívány zdravými jedinci jako stimulanty nebo tonika ve stavech únavy či zvýšeného stresu. Jsou také užívány ve sportovní medicíně jako prevence zranění, ale i léčbě zranění a jiných tělesných stavů. Dále jsou adaptogeny využívány v medicíně pro zrychlení regeneračních procesů po operacích a také například jako protekce proti působení stresujících

enviromentálních faktorů jako vystavení nízké teplotě v severních oblastech a mnoha dalších případech (Panossian, 2003).

Přírodní adaptogeny byly využívány člověkem po staletí v různých koutech světa, v roce 1970 však profesor Vladimir Vinogradov představil první syntetický adaptogen Bemethyl a poté další uměle vytvořené adaptogeny například Levamisole, Bromantane, Aphobazole, Chlodantane, Trekrezan. Užívání těchto uměle vytvořených adaptogenů je spojeno nejen se zlepšením fyzické a mentální odolnosti, ale také s vazodilatací, snížením hladiny krevního cukru a hladiny laktátu (Oliynyk et al., 2012).

Tyto uměle vytvořené aktoprotektory, byly ve velké míře využívány ve sportovní medicíně až do roku 2009, kdy WADA zařadila Bromantane spolu s Bemethylem na seznam zakázaných látek a ostatní uměle vytvořené adaptogeny stále monitoruje (WADA, 2022).

V roce 1980 vědci Breckham a Dardidov objevili, že adaptogeny zlepšují odolnost organismu nejen proti fyzickému stresu ale i proti chemickému i biologickému agens, což značně rozšířilo potenciál jejich budoucího využití (Wagner et al., 1994). Ačkoli rostlinné adaptogeny jsou člověkem využívány po staletí jejich efekty a účinky, jsou zejména pro svůj velký potenciál a širší uplatnění v budoucnu předmětem výzkumu dodnes. Rostlinné adaptogeny mají velmi rozmanitou fytostrukturu a jejich biologické účinky jsou způsobovány bioaktivními složkami, které hojně obsahují. Mezi hlavní fotochemikálie obsažené v adaptogenech patří zejména **saponiny, tripterpenoidy, fytosteroly, ligandy, alkaloidy, flavonoidy, stilbeny, vitaminy**, a další (Panossian et al., 2021).

Mechanismy působení rostlinných adaptogenů v lidském organismu jsou velmi komplexní a stále nejsou plně objasněny. Některé studie popisují, že při užití extraktu z kořene sibiřského Ženšenu, Klanoprašky čínské, nebo Rozchodnice růžové je účinek adaptogenu spojován s dráhou hypotalamus – podvěsek mozkový – adrenální osa a ostatními stresovými mediátory. Adaptogeny tedy podle dostupných studií, zvyšují schopnost stresového systému odpovídat na stresové podněty a udržovat v organismu homeostázu. Kromě toho, požití těchto extraktů má účinky na úroveň hladiny krevní glukózy, laktátu, kortizolu, jaterních enzymů a lipidového profilu. Extrakty z těchto rostlin jsou běžně používány v souvislosti s psychickými úzkostmi, kardiovaskulárními nemocemi, diabetem, chronickou únavou, autoimunitními onemocněními, problémy s pamětí a jiné (Panossian, 2017).

## **3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE**

### **3.1 Cíle**

Cílem této práce je poskytnout ucelený pohled na téma adaptogenů a dále blíže prozkoumat účinky mnou vybraných adaptogenních rostlin v kontextu sportovní výkonnosti.

### **3.2 Úkoly**

1. Provést literární rešerši domácích i zahraničních zdrojů, které definují a popisují adaptogeny.
2. Přiblížit mechanismy působení adaptogenů
3. Detailněji definovat mnou vybrané adaptogeny a zpracovat systematický přehled
4. Ověřit, na základě dostupných studií
  - A. Zda mají vybrané adaptogeny skutečně významný vliv na lidský organismus.
  - B. Zda vybrané adaptogeny mohou podporovat sportovní výkonnost.

## 4 METODIKA PRÁCE

K získání zdrojů a odborných informací k danému tématu byla použita česká i zahraniční literatura, dále pak internetové vyhledávací portály, například: Google Scholar, Science Direct, Web of Science a Scopus. Pro vyhledávání zahraničních zdrojů byla použita tato klíčová slova: Adaptogens, Adaptogenic Substances, Plants, Sport Performace, Ginseng, Panax Ginseng, Ashwagandha, Rhodiola rosea, Health Benefits, Nutrition. Seznam těchto klíčových slov není vyčerpávajícím výčtem. Pro nalezení klíčových zdrojů byla tato slova obměňována a kombinována ve formě synonym.

První část práce je zaměřena na obecný popis a charakteristiku adaptogenů, jejich etnografické pozadí, mechanismy působení, možné synergistické působení a účinky extraktů ve srovnání s účinky celé byliny.

Pro diagram rozdělení Adaptogenních látek byl použit program Coggle.

Další část práce je věnovaná třem mnou vybraným rostlinám s adaptogenními účinky. Jedná se o Ženšen, Vitánii snodárnou a Rhodiolu roseu, tyto adaptogeny byly vybrány proto, že mají dlouhou historii používání v tradiční medicíně a jsou považovány za bezpečné a účinné. tyto tři adaptogeny mají široké spektrum účinků, včetně podpory imunitního systému, zlepšení vitality, snížení stresu a zlepšení kognitivních funkcí. Tyto účinky mohou být u sportovců přínosné pro zlepšení jejich výkonu a zdraví. Považuji to za velmi důležité, protože výkon a zdraví sportovců jsou pro mě klíčovými faktory při zkoumání adaptogenů v kontextu sportovní výkonnosti. Tyto účinky zahrnují zlepšení fyzického výkonu, snížení únavy a zlepšení schopnosti zotavit se po náročném tréninku.

Ke každé, z výše zmíněné adaptogenní rostlině byl zpracován systematický přehled z dostupných studií, které se zabývají účinky těchto bylin v kontextu zlepšení sportovního výkonu, regenerace, snížení únavy a zlepšení psychických funkcí.

Pro výběr těchto studií byla použita metodika PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses). Studie, které prošly předem stanovenými kritérii, byly zpracovány do tabulek, které jsou rozděleny na tyto sekce: název studie, země, kde byla studie provedena, počet účastníků studie, podávanou látku, množství podávané látky, trvání studie, testované parametry a pozitivní či negativní výsledek.

Další část těchto systematických přehledů zahrnuje detailnější popis vybraných studií, testovaných parametrů a jejich výsledků.

Zkoumání adaptogenů jako Ženšen, Ashwagandha a Rhodiola rosea může tedy přinést nové poznatky o tom, jak mohou tyto přírodní látky pomoci sportovcům zlepšit svůj výkon a zotavit se po náročném tréninku. Tento výzkum může být užitečný pro sportovce, trenéry a další odborníky v oblasti sportovní výkonnosti.



## 5 ADAPTOGENY

Adaptogeny jsou pozoruhodné přírodní substance, které mohou pomoci organismu adaptovat se na stres a podporovat normální metabolické funkce. Mohou zvýšit rezistenci lidského organismu proti fyzickým, biologickým, psychickým a enviromentálním stresorům. Adaptogeny se od jiných přírodních substancí liší svou schopností obnovovat rovnováhu endokrinního systému, modulovat imunitní systém a dále pomáhat lidskému organismu udržovat optimální homeostatický stav (Winston & Maimes 2007).

Počet rostlin, uváděných, jako adaptogenní během posledních desetiletí exponenciálně vzrůstá. Je však třeba zdůraznit, že jen některé z nich splňují nejdůležitější kritérium – vykazuje více cílové účinky na neuroendokrinní a imunitní systém. Tyto efekty zahrnují spouštění intracelulární a extracelulární adaptivní signální dráhy, které podporují přežití buněk a odolnost organismu při působení stresu. Působí na regulaci metabolismu a homeostázy prostřednictvím účinku na expresi stresových hormonů (kortikotropin a gonadotropin uvolňující hormony, urokortin, kortizol, melatonin, Hsp70 a neuro peptid Y) (Panossian, Wikman, Kaur, 2009).

### 5.1 Definice:

Adaptogeny jsou metabolické regulátory se schopností zvýšit adaptační schopnost organismu na stresové enviromentální faktory a snížit jejich negativní dopad (Panossian, Gabrielian, Wagner, 1999).

Brekhman a Dardymov, (1969) uvádí, že pouze látky, které splňují níže popsané požadavky mohou být přiřazeny do skupiny adaptogenů.

1. Adaptogen musí být neškodný a způsobovat minimální negativní účinky na fyziologické funkce organismu.
2. Účinek adaptogenu by měl být nespecifický a měl by zvyšovat odolnost organismu proti širokému spektru stresových faktorů, fyzických, chemických a biologických.
3. Adaptogen by měl podporovat normální funkce organismu nehledě na předcházejí negativní působení stresových faktorů.

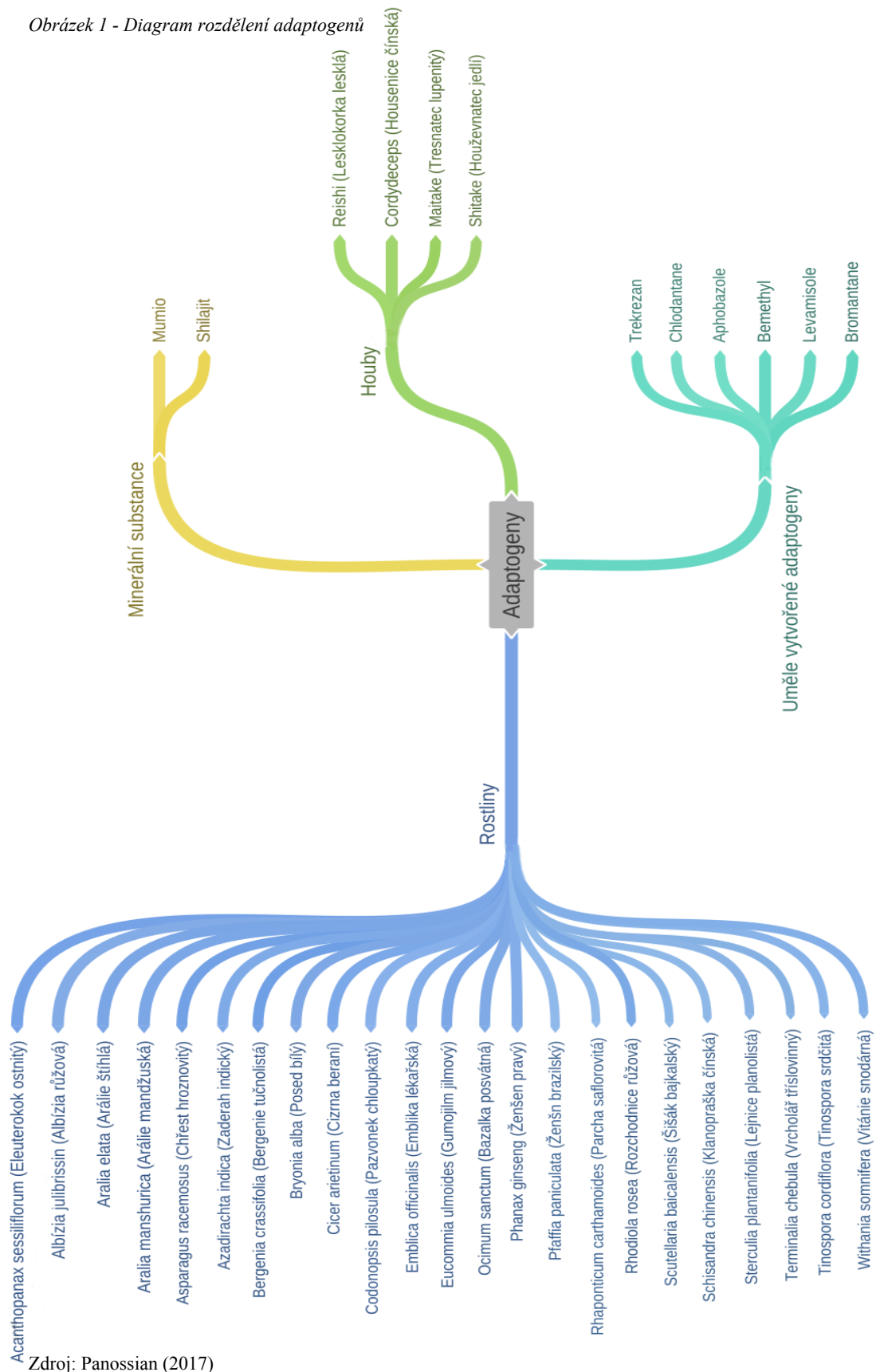
## 5.2 Etnofarmakologické pozadí adaptogenů

Klíčové body konceptu adaptogenů, který v roce 1969 představili Brekhman a Dardymov je v souladu s principy tradičních léčitelských přístupů v Číně, Koreji, Indii (Ajurvéda) a střední Asie (Yunani) a jiných. Například se předpokládá, že některé adaptogeny používané v tradiční čínské medicíně (TČM) a Ajurvédě například (Ženšen, Ashwagandha, Tribulus) musí mít harmonizační a normalizační účinky bez ohledu na povahu nemoci. Tonické byliny, tedy byliny s adaptogenními účinky jsou nejvyhledávanějšími bylinnými prostředky v mnoha tradičních léčebných systémech jako TČM a Ajurvéda (Wang et al., 2013).

Oba tradiční systémy jsou založeny na holistických přístupech k pacientům a léčbě. Celostní medicína se snaží brát v úvahu celého člověka a naznačuje, že optimálního zdraví lze dosáhnout pouze komplexní léčbou všech nerovnováh (fyzických, emocionálních, duchovních) vyvolané prostředím. V důsledku toho má tento způsob terapie bylinnými přípravky polyvalentní působení na různé mediátory, efektory a regulační systémy, což z něj pravděpodobně činí, velmi účinný přístup pro komplexní léčbu onemocnění. Výše zmíněné tradiční systémy léčitelství mají podobnou představu o “životní energii“ a aktivaci těla a mysli. V TČM je tato životní energie nazývána “qi “ v Ajurvédě “prána “ a podobné pojmy můžeme nalézt i v jiných kulturách včetně řecké pneumy, arménského zotutyun a polynéské many (Mukherjee, 2019).

## 5.3 Rozdělení adaptogenů

Obrázek 1 - Diagram rozdělení adaptogenů



Zdroj: Panossian (2017)

## 5.4 Účinné látky adaptogenů

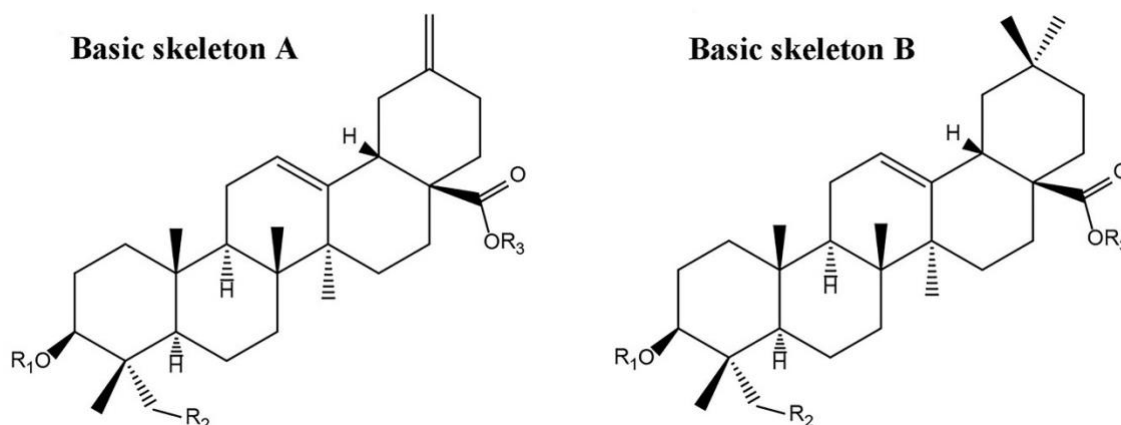
### 5.4.1 Triterpenoidní Saponiny

Současný výzkum ukazuje, že látky obsažené v rostlinách, které jsou zodpovědné za adaptogenní účinky spadají do dvou kategorií – Terpeny, a polyfenoly. Polyfenoly obsahují substance tzv. **Flavonoidy** a velké množství těchto látek má antioxidační účinky. Terpeny jsou největší skupina rostlinných bioaktivních látek umožňující rostlině prosperovat v jejím specifickém prostředí. Triterpeny zahrnují saponiny a saponiny zahrnují skupinu zvanou triterpenoidy. (Brekhman & Dardymov, 1969) uvádí, že aktivní látky ve většině rostlin s adaptogenními účinky jsou **Triterpenoidní saponiny**, které se vyznačují nízkou toxicitou a zanedbatelnou návykovostí.

U velké části triterpenoidních saponinů bylo zjištěno, že mají adaptogenní účinky. Další účinky triterpenoidních saponinů zahrnují protizánětlivé účinky, podporu jaterní činnosti, a modulační efekt imunitního systému. Některé mohou mít také posilující efekt adrenální žlázy, ve které napodobuje aktivitu adrenokortikotropního hormonu (ACTH) (Lin & Huang, 2000).

Mezi adaptogeny obsahující triterpenoidní saponiny patří: Americký Ženšen, Asijský Ženšen, Sibiřský Ženšen, Bazalka posvátná, Reishi, a jiné (Panossian 2018).

Obrázek 2 - Chemická struktura triterpenoidních saponinů



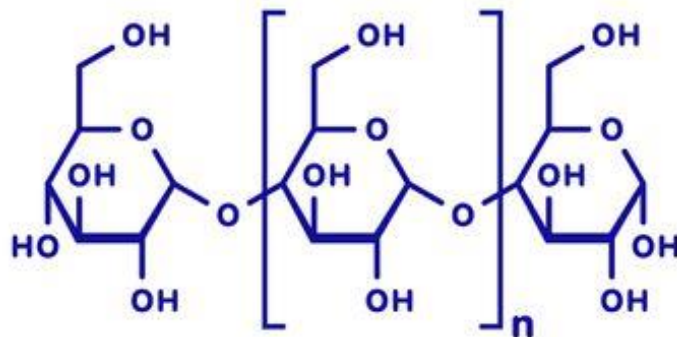
Zdroj: Xu et al. (2018)

### 5.4.2 Polysacharidy

Biochemie popisuje cukry a karbohydráty jako sacharidy. Monosacharidy jsou jednodušší formy cukru. Polysacharidy se skládají z více monosacharidových jednotek. Rostliny, které obsahují polysacharidy, mohou mít imunostimulační účinky, mohou podporovat zdraví imunitního systému a zvyšovat imunitu jedince. Tyto sacharidy na biochemické úrovni mohou pomáhat buňkám komunikovat s imunitním systémem (Wagner, 1995). Například *Astragalus* je příklad rostliny bohaté na polysacharidy a rozsáhlý výzkum, který byl na této rostlině proveden, potvrzuje imunostimulační účinky (Block & Mead, 2003).

Rostliny bohaté na polysacharidy jsou dlouhá staletí hojně používána například v TČM. Kromě imunostimulačních účinků jsou používány i k povzbuzení vitality. Dalšími příklady adaptogenů bohatých na polysacharidy jsou Eleuterokok, Reishi, Cordiceps a jiné (Panossian 2015). Popov et al., (2005) prokázali, že polysacharidy mohou mít stimulační efekt na komponenty imunitního systému, který zahrnuje: cytokiny (interferon, interleukin), tumor nekrotický faktor, NK buňky, B a T lymfocyty, makrofágy, granulopoezu (produkci granulocitů v kostní dřeni) a trombopoezu (produkci trombocitů v kostní dřeni). Gertsch et al., (2011) potvrdil, že polysacharidy mohou mít imunostimulační účinek. Zde je však třeba zmínit, že aplikace účinných látek v tomto výzkumu byla prováděna pro lepší účinek injekční formou. Orální aplikace v podobě (tinktur, čaje, tablet) pravděpodobně není tak efektivní. (Yu et al., 2017).

Obrázek 3 - Chemická struktura polysacharidů



Zdroj: Campbell et al. (1996)

## 5.5 Účinky izolovaných fytochemikálií a extraktu celé byliny

Zastánci tradičních léčitelských přístupů jako TČM a ajurvéda, obvykle pracují s extraktem z celé byliny, protože věří, že v mnoho případech má extrakt z celé byliny lepší účinky než jedna izolovaná složka a více fytochemikálií funguje lépe dohromady v jejich přirozeném matrixu než zvlášť (Rasoanaivo et al., 2011).

Když zvážíme tyto rozdílné přístupy k bylinám, je důležité zmínit rozdíl mezi tradičním léčitelským přístupem a moderním západním farmakologickým přístupem. V TČM a Ajurvédě je doporučováno podávání extraktu z celé rostliny, zatímco v moderní západní medicíně se obvykle identifikuje a extrahuje jedna účinná látka, která se následně zkoumá a aplikuje. Tento moderní způsob však může mít některé nedostatky (Yuan et al., 2016). Zde je třeba zmínit, že většina rostlin má více než jednu aktivní složku, a i rostlinné fytochemikálie, které nejsou aktivní látkou mohou přispívat k aktivitě byliny zvyšováním absorpce účinné látky v lidském organismu, snižováním toxicity, nebo odstraňováním či zmírňováním nežádoucích účinků (Vickers, 2002).

Dobrym příkladem rozdílnosti aplikace izolované fytochemikálie ve srovnání s aplikací celostního extraktu můžeme pozorovat u imunostimulační houby Maitake. Výzkumníci zkoumali několik frakcí polysacharidů z této houby a domnívali se, že jedna z těchto frakcí je nejvíce aktivní složka. A však po zkombinování této frakce s extraktem z celé houby se požadovaný účinek zvýšil více než o osmdesát procent (Mayell et al., 2001).

Dalším příkladem rozdílnosti aplikace můžeme pozorovat ve studii Janene et al. (2002), který se zabýval účinky rostliny hloh, která se používá jako nervové a kardiovaskulární tonikum. Ve snaze rozeznat aktivní složku této rostliny, výzkumníci rozhodli, že nejdůležitější fytochemikálií zodpovědnou za žádoucí účinky jsou flavonoidy, zejména pak flavonoid s názvem vitexin-0-rhamnoside. Po izolaci a extrakci této substance bylo zjištěno, že tato fytochemikálie samostatně není aktivní. Když dále výzkumníci aplikovali tuto extrahovanou látku zvířatům, nebyl také pozorován žádný efekt. Další výzkum ukázal že aktivní složkou hlohu je bylina samotná, tedy pro zajištění žádoucích účinků je třeba aplikovat extrakt z celé rostliny (Kirakosyan et al., 2003).

Tabulka 1 - Adaptogeny a jejich účinné látky (převzato a upraveno podle Wagner et al., 1994)

<b>Adaptogeny a jejich hlavní aktivní složky</b>		
<b>Latinský název</b>	<b>Český název</b>	<b>Aktivní látky</b>
<i>Panax quinquefolius</i>	Americký ženšen	Ginsenosides
<i>Phyllanthus emblica</i>	Indický angrešt	Ellagic acid, phyllemblin, quercetin, emblicol, flavonols
<i>Withania somnifera</i>	Vitáníe snodárná	Withanolides, sitoindosides, withaferins, somniferiene, withanine, anaferine
<i>Panax ginseng</i>	Asijský ženšen	Ginsenosides
<i>Astragalus propinquus</i>	Kozinec blanitý	Astragalans, glucuronic acid, astragalosides, flavones, isoflavones
<i>Cordyceps</i>	Housenice čínská	Cordycepic acid, galactomannins, polyamines, ecdysterones
<i>Codonopsis pilosula</i>	Pazvonek chloupkatý	Tanshenosides, atractylenolides, adenosine eleutherosides
<i>Eleutherococcus senticosus</i>	Sibiřský ženšen	Eleutherosides
<i>Tinospora cordifolia</i>	Chebule srdčitá	Tinosporodise, tinosporine, tinosporone, tinosporic acid, cordifolisides, syringen
<i>Reynoutria multiflora</i>	Rdesno mnohokvěté	Antioxidant polyphenols
<i>Ocimum tenuiflorum</i>	Bazalka posvátná	Ursolic acid, rosemarinic acid, oleanolic acid, flavonoids
<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	Ženšen pětिलistý	Gypenosides
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Lékořice	Glycrrhizin, genistein, demulcent polysacharides, flavonoids
<i>Lycium barbarum</i>	Kustovnice cizí	Zeaxanthin, cryptoxanthin, flavonoids
<i>Pseudostellaria heterophylla</i>	Pseudostelária různolistá	Taizishen, heterophylin, saponins pseudostellarins

Adaptogeny a jejich hlavní aktivní složky		
Latinský název	Český název	Aktivní složky
<i>Ganoderma lucidum</i>	Lesklokorka lesklá	Ganoderans, ganoderic, ganoderic acid, ling zhi-9 protein
<i>Rhaponticum carthamoides</i>	Parcha saflorovitá	Ecdysones, ecdysone, turkesterone, 20- hydroxyecdysone
<i>Rhodiola rosea</i>	Rozchodnice růžová	Rosavins, (rosavin, rosin, rosarin) salidroside, flavonids
<i>Schisandra chinensis</i>	Klanopraška čínská	Ligans, schisandrins, gomisins, schisohenol
<i>Asparagus racemosus</i>	Chřest hroznovitý	Shatavarins, sarsapogenin, diosgenin
Shilajit	Shilajit	Humic acid, di-benzo-alpha-pyrones, biphenals

## 5.6 Mechanismy působení adaptogenů

Mechanismy nemocí, stresové odpovědi organismu, zánětu a stárnutí jsou složité komplexní procesy, které zahrnují intracelulární a extracelulární komunikaci na rozdílných úrovních stresové regulace a nemohou být zjednodušeny na malé množství biochemických interakcí, které zahrnují mozek a jiné tkáně. Pro popis mechanismu působení adaptogenů redukcionistický model, který zahrnuje jednu účinnou látku, která se váže na určitý receptor je nedostatečný (Panossian, 2017).

Adaptogeny mají mnoho cílů na molekulární úrovni, které zahrnují regulaci homeostázy v organismu na buněčné i systémové úrovni a mají významný efekt jako modifikátory stresové odpovědi (Wiegant, Limandjaja, Poot, 2008). Během posledních několika dekad bylo identifikováno mnoho molekul, signálních drah a sítě cílových míst v organismu, kde účinné látky adaptogenů působí (Lukyanova & Takeda, 2008).

Tyto procesy zahrnují stresové hormony a ostatní důležité mediátory zajišťující regulaci homeostázy jako například neuropeptid Y, Gprotein působící na receptor (GPSRs), dopamine, phosphoinositide 3-kinase (PI3K), stres aktivní kinázu c-Jun N-terminal kinasu, kortizol, estrogen, a oxid dusnatý (Yang et al., 2018).



Mechanismus působení adaptogenů je asociován především s metabolickou regulací a extracelulární komunikací na dráze hypotalamus – podvěsek mozkový – adrenální žlázy (HPA), hormony a aktivací intracelulární stresové dráhy adaptivní stresové reakce (Panossian, 2017).

## **5.7 Působení adaptogenů na neuroendokrinní systém**

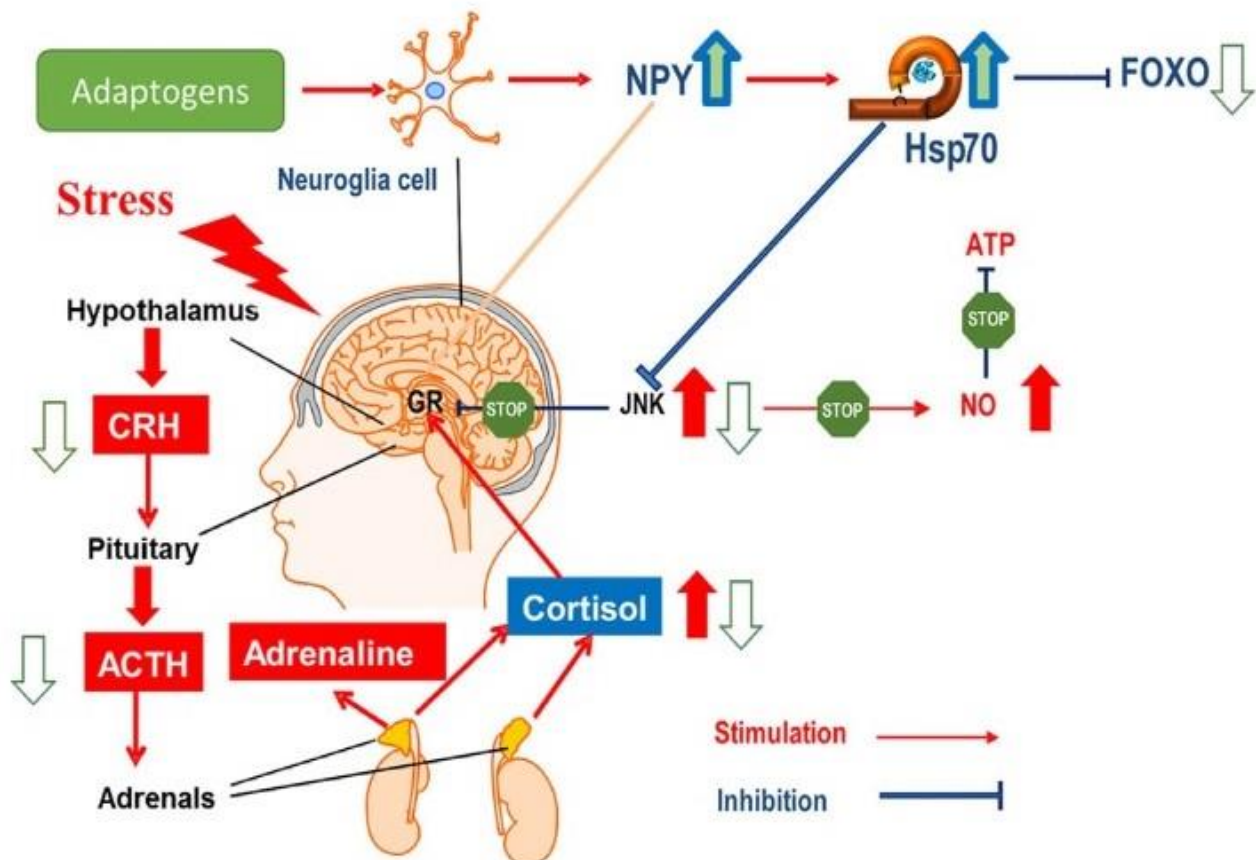
HPA axis hraje důležitou roli v regulaci velké části endokrinních hormonů, které působí na centrální nervovou soustavu. Stresové hormony regulují růst, chuť k jídlu, krevní tlak, emoce, sexuální funkce, tělesnou teplotu, spánek, biorytmus a hydrataci. Jsou produkovány a vylučovány endokrinním systémem do krevního řečiště, kde se váží na receptory v jiných tkáních, aby regulovali fyziologické funkce. Hlavním úkolem stresových hormonů je udržovat homeostázu a tím bojovat proti stresu (Wikman et al., 2013).

Hypotetický mechanismus působení adaptogenů je především spojován s efektem adaptogenů na adaptivní stresovou odpověď v dráze hypotalamus – hypofýza – nadledviny. Trvalý chronický stres blokuje negativní zpětnovazebnou regulaci kortizolu a syntézu ATP. Při stresu se z hypotalamu uvolňuje hormon kortikotropin (CRH) a dále adrenokortikotropní hormon (ACTH), které stimulují produkci adrenálních hormonů a neuropeptidu Y (NPY). Zpětnovazebná regulace nadměrné stresové reakce je zajišťována uvolněním kortizolu z kůry nadledvin, a následným navázáním na glukokortikoidové receptory (GRs) v mozku, které zastavují další vylučování hormonů což vede ke snížení kortizolu k normální hladině (Olsson et al., 2009).

Přestože mírný stres (eustres) je životně důležitá součást života, chronický a příliš silný stres může způsobit depresi spojenou s produkcí molekul aktivního kyslíku a také oxidu dusnatého, který inhibuje tvorbu ATP. Stresem indukovaný signální protein c-Jun N-terminální kináza (JNK) inhibuje GR. Následně je tato kontrolní zpětná vazba narušena a hladina kortizolu v krevním řečišti u depresivních pacientů zůstává vysoká, což je spojováno se zhoršenou pamětí, zhoršením schopnosti se soustředit, únavou a jiné. Adaptogeny normalizují zvýšené hladiny kortizolu v krevním řečišti a slinách lidí i zvířat, pravděpodobně v důsledku přímé interakce s GR. Adaptogeny také zmírňují zvýšené hladiny JNK a kortizolu během stresu a aktivují produkci Hsp70, který inhibuje JNK. Hladina oxidu dusnatého již proto nestoupá a produkce ATP není inhibována (Panossian,

2013). Například aktivní složka Ženšenu Ginsenoside (Rg1) přímo interaguje s vazebnými místy na glukokortikoidovém receptoru (GR) a chová se jako částečný agonista GR. Ginsenoside Rb1 působí také jako funkční ligand estrogenového receptoru (ER). Spolu s CRH, dalším primárním protisměrným mediátorem extracelulární komunikace, je adaptogeny stimulován také stresový hormon neuropeptide-Y (NPY). Stimulace a uvolňování NPY do krevního oběhu je vrozená obranná reakce na mírné stresory (adaptogeny) které zvyšují rezistenci proti stresu. To vede k ochranným adaptivním účinkům na stres prostřednictvím různých mechanismů endokrinního, imunitního, kardiovaskulárního, centrálního nervového a gastrointestinálního systému (Panossian et al., 2009).

Obrázek 4 - Schéma mechanismu působení adaptogenů

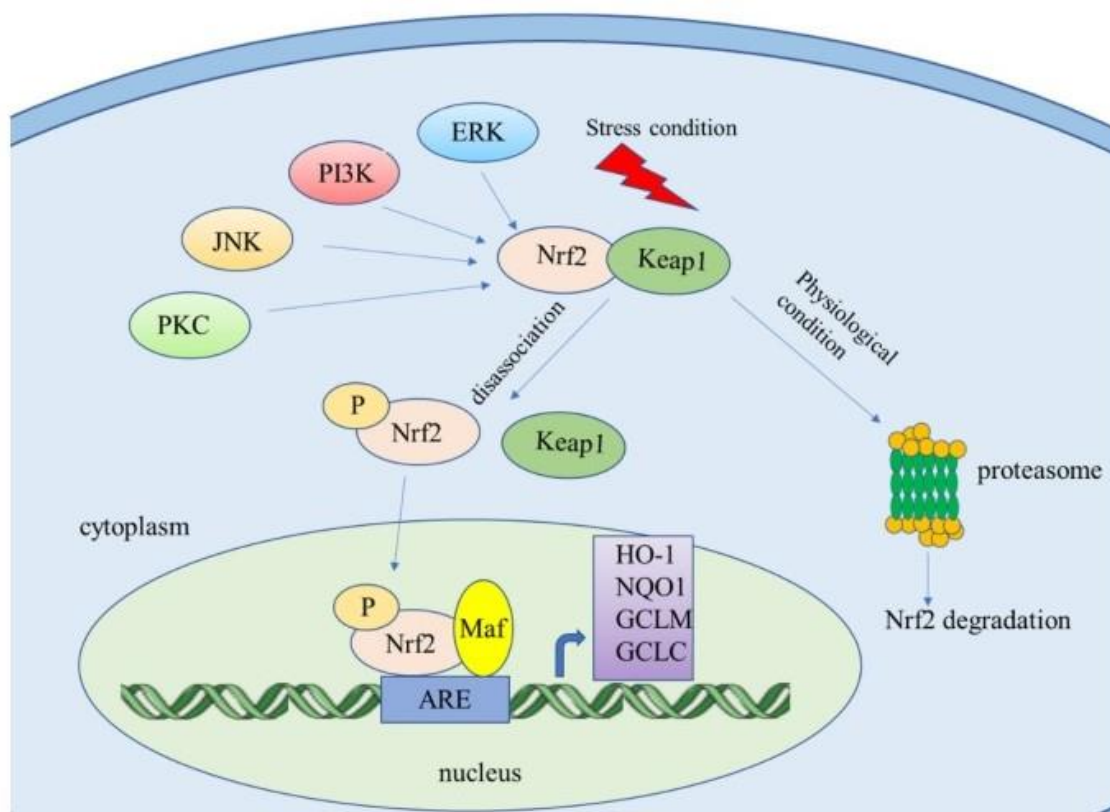


Zdroj: Panossian et al., (2017)

## 5.8 Antioxidační a cytoprotektivní působení adaptogenů

Adaptogeny vykazují antioxidační a detoxikační účinky pravděpodobně aktivací Nrf2/ARE signálních drah. Nrf2 je hlavním regulátorem redoxní homeostázy a za normálních okolností je zadržován v cytoplazmě. Pokud jsou však buňky vystaveny oxidativnímu stresu je Nrf2 fosforylován fosfatidylinositol 3-kinazou (PI3K) po fosforylaci se tento komplex translokuje do jádra a spouští expresi antioxidantů a geny zodpovědné za detoxifikaci včetně superoxid-dismutázy, glutathion-S-transferázy, oxydoreduktázy1 a hemoxygenázy1. Aktivace translokace Nrf2 a upregulace genové exprese vedoucí k aktivaci signální dráhy Nrf2 je klíčovým mechanismem buněčné obranné reakce spojené s antioxidačními účinky léčivých rostlin, zejména pak adaptogenních rostlin (Hybertson et al., 2011).

Obrázek 5 - Grafické znázornění Nrf2/ARE signální dráhy



Zdroj: Feijie Zhao et al. (2021)

Cytoprotektivní a antioxidační efekt byl pozorován u velkého množství adaptogenů u zvířat v experimentálních modelech s izolovanými buňkami (in vitro a ex vivo). Rozsáhlý výzkum Sibiřského Ženšenu ukázal, že může mít antitoxický, neuroprotektivní, kardioprotektivní, hepatoprotektivní, antioxidační, imunomodulační a antivirotický, efekt. Bylo prokázáno, že například Sibiřský Ženšen inhibuje kadmíem indukovanou apoptozu a mitozu hepatocytů u myši a výrazně snižuje koncentraci kadmia v jejich krvi a jaterních buňkách (Brekhman, 1982). Maslov et al., (2009) uvádí, že hepatoprotektivní efekt extraktu z sibiřského Ženšenu je spouštěn aktivací a expresí regulátoru homeostázy erythroid 2-related factoru (Nrf2), který aktivuje přirozené antioxidační enzymy, které zvyšují poměr redukovaného proti oxidovanému glutationu v játrech a krevním séru. Opakované podávání extraktu sibiřského Ženšenu snížilo kardiotoxicitu a zvýšilo práh ventrikulární fibrilace u potkanů s ischemickou srdeční chorobou.

Goldberg et al., (1971) uvádí, že sibiřský Ženšen může snižovat toxický efekt cytostatických léků, jako například Cyclophosphane, Etmidine, Benzotef, Ribomicine,

Dopane, Sarcosine, 6-Mercaptopurine, Thiophosphamide a Trichloroethylamine. Podávání sibiřského Ženšenu dále významně zvýšilo přežití hlodavců léčených proti rakovině cytostatickým lékem Etoposide. Kde skupina, které byl k léčbě kromě léku **Etoposide** podáván i sibiřský Ženšen, vykazovala sto procentní zotavení, zatímco v kontrolní skupina, kde byl podáván pouze lék Etoposide vykazovala sedmdesát procentní zotavení. Podobný výsledek byl zaznamenán ve studii na hlodavcích, kde byl každé skupině podáván cytostatický lék Thiophosphamide a pouze jedné skupině byl k léčbě přidáván i výtažek ze sibiřského Ženšenu. Skupina podstupující léčbu lékem **Thiophosphamide** a sibiřským Ženšenem vykazovala míru zotavení osmdesát pět procent, zatímco druhá kontrolní skupina podstupující léčbu lékem Thiophosphamide vykazovala míru zotavení čtyřicet sedm procent (Monakhov, 1967).

Antioxidační a hepatoprotektivní účinky Sibiřského Ženšenu a Právenky letnaté byly zkoumány Evropskou medicínskou agenturou (EMA) (EMA, 2014) Chemoprotektivní efekt Právenky letnaté díky účinné látce **Andrographolide** může zmírňovat indukovanou urotheliální toxicitu během léčby cytostatickým lékem cyclophosphamide (CTX). Další studie na potkanech prokázala, že vodný extrakt z Právenky letnaté zmírňuje nefrotoxicitu během léčby cytostatickým lékem Gentamicine, snižuje hladinu močoviny, močovínového dusíku a kreatininu (Singh, Srivastava, Khemani, 2009).

Právenka letnatá a její účinná látka **Andrographolide** nabízí pro své adaptogenní, antioxidační, chemoprotektivní a neuroprotektivní vlastnosti mnoho možností pro farmakologické využití (Yang et al., 2017). Existuje několik mechanismů, které jsou základem cytoprotektivních a antitoxických účinků adaptogenů. Jedním z těchto mechanismů je signální dráha Nrf2 (antioxidant response element ARE), které zajišťuje klíčový obranný mechanismus, který reguluje expresi detoxifikačních enzymů v reakci na toxické podněty. Nerovnováha mezi produkcí reaktivních kyslíkových radikálů a jejich odbouráváním vede k oxidativnímu stresu. Reaktivní meziprodukty následně reagují s polynenasycenými mastnými kyselinami, proteiny, RNA a DNA fragmenty a dále iniciují četné redoxní reakce, které poškozují mnoho buněčných komponent například membránu, mitochondrie a jádro což může vést k dysfunkci buněčných procesů, homeostázy a spuštění buněčnou apoptózu a nekrózu. Oxidační stres je zvýšen při chronickém zánětu a při tělesných poruchách souvisejících s vyšším věkem, mezi které patří neurodegenerace, ateroskleróza a angiogeneze. Zpětnovazebná buňková odpověď je

spojena s aktivací obranného mechanismu zahrnující indukci antioxidantních a detoxifikačních enzymů a molekulárních chaperonů. Adaptivní signální dráhy jako p38, PKC, ERK, JNK, a PI3K signálem aktivují Nrf2. Další dvě adaptivní signální dráhy zahrnující NF-κB a FOXO transkripční faktory jsou důležité při neuronální stresovou adaptaci (Reuland et al., 2013).

## 5.9 Synergistické a antagonistické vlastnosti adaptogenů

Termín synergie můžeme interpretovat jako interakci dvou, nebo více složek vedoucí ke kvalitativně novým farmakologickým účinkům, například k expresi genů, které nelze ovlivnit žádnou jednotlivou složkou nezávisle. Naopak k antagonismu dochází v důsledku interakce několika složek v kombinaci, což vede k nepřítomnosti, snížení, nebo inhibici účinků jakékoli jednotlivé složky v této kombinaci (Panossian et al., 2018).

Tradice Kampo používá kombinace adaptogenních rostlin ve standardizovaných poměrech. Myšlenka spojit účinky dvou, nebo více rostlin které budou společně působit silněji, než samotné je velmi atraktivní z několika důvodů, účinné látky mohou mít v lidském organismu různé cíle a mechanismy působení a působit lépe jako kombinace, protože kombinace může být použita v nižších dávkách, čímž se mohou eliminovat případné toxické účinky některé ze složek. Rostliny mohou také působit synergicky, čímž poskytují nové jedinečné účinky, které by nebyly možné získat žádnou složkou působící samostatně (Wikman et al., 2013).

Synergii lze také interpretovat, jako generaci nové farmakologické aktivity, která je specifická pouze pro kombinaci dvou, nebo více složek. Synergie je zajímavý fenomén, který ještě není plně prozkoumán, nicméně byl pozorován v mnoha různých interakcích na extracelulární i intracelulární úrovni. Pro predikci farmakologických účinků fixních kombinací adaptogenů je používána metoda microarray. Například bylo zjištěno, že fixní kombinace Sibiřského Ženšenu a Právenky letnaté působí pozitivně jako léčba encefalitidy díky synergické inhibici a expresi řady genů v molekulární síti zapříčiňujících vznik encefalitidy, ačkoli sibiřský Ženšen, ani právenka letnaté podávané samostatně na tyto geny vliv nemají (Efferth et al., 2015).

Metoda microarray pro hodnocení farmakologických synergistických a antagonistických účinku byla použita u rostlin: Rozchodnice růžová (RR), Vitánie snodárná (VS), Sibiřský Ženšen (SŽ) Parcha saflorovitá (PS), Posed bílý (PB) a Melatonin (M). Bylo zjištěno, že

(VS) v kombinaci s melatoninem synergicky ovlivňuje několik genů, které se účastní regulace glukagonu, hlavního katabolického hormonu, který zvyšuje koncentraci glukózy v krvi, což naznačuje, že (VS+M) může působit jako prevence diabetu 2. typu. Další synergický efekt byl pozorován u kombinace (VS+RR), která vyvolala deregulaci dvaceti genů, z nichž deset přispívá k aktivaci neuronového vývoje, což naznačuje příznivý účinek této kombinace na věkem podmíněný pokles paměti a kognitivní funkce (Panossian et al., 2018).

## 5.10 Výběr adaptogenů pro systematický přehled

Pro systematický přehled v této práci byly vybrány tři adaptogeny, Ženšen, Vitánie snodárná a Rhodiola rosea. Pro výběr těchto adaptogenních bylin jsme se rozhodli z několika důvodů.

1. Zkoumání adaptogenů jako Ženšen, Vitánie snodárná a Rhodiola rosea v kontextu zlepšení sportovního výkonu má značný výzkumný potenciál a důležitost. Tyto rostliny se v tradiční medicíně používají již po staletí pro své adaptogenní účinky, které podporují zdraví a fyzickou i psychickou výkonnost.
2. V posledních letech se objevila řada studií, které se zabývají účinky těchto adaptogenů na sportovní výkon. Ženšen má například potenciál zvyšovat aerobní kapacitu a zlepšovat regeneraci po náročném tréninku. Vitánie snodárná má potenciál snížit hladinu kortizolu a zlepšit svalovou sílu, zatímco Rhodiola rosea může zvyšovat vytrvalost a zlepšovat psychickou výkonnost.
3. Dále je důležité zdůraznit, že adaptogeny jsou přírodní látky s relativně nízkým rizikem vedlejších účinků, což je výhodné oproti syntetickým doplňkům stravy. Tyto adaptogeny také obsahují řadu aktivních látek, jako jsou například ginsenoidy v případě Ženšenu, které mají různorodé účinky a mohou ovlivnit různé aspekty sportovního výkonu.
4. Dalším faktorem, který zdůrazňuje důležitost zkoumání adaptogenů jako Ženšenu, Vitánie snodárná a Rhodioly rosei v kontextu sportovního výkonu, je rostoucí trend přirozených a alternativních forem zdravotní péče a sportovní

výživy. Tento trend zvyšuje poptávku po adaptogenních doplňcích stravy, ale současně vyžaduje přesvědčivé a kvalitní vědecké důkazy pro účinnost a bezpečnost těchto produktů.

5. Vzhledem k tomu, že v této oblasti stále existuje nedostatek kvalitních a standardizovaných studií, může výzkum adaptogenů jako Ženšenu, Vitánie snodárné a Rhodioly rosei přinést cenné poznatky a informace pro sportovce, trenéry a výživové poradce.



## 6 Systematický přehled Ashwagandha (Vitánie snodárná) a její vliv na sportovní výkon

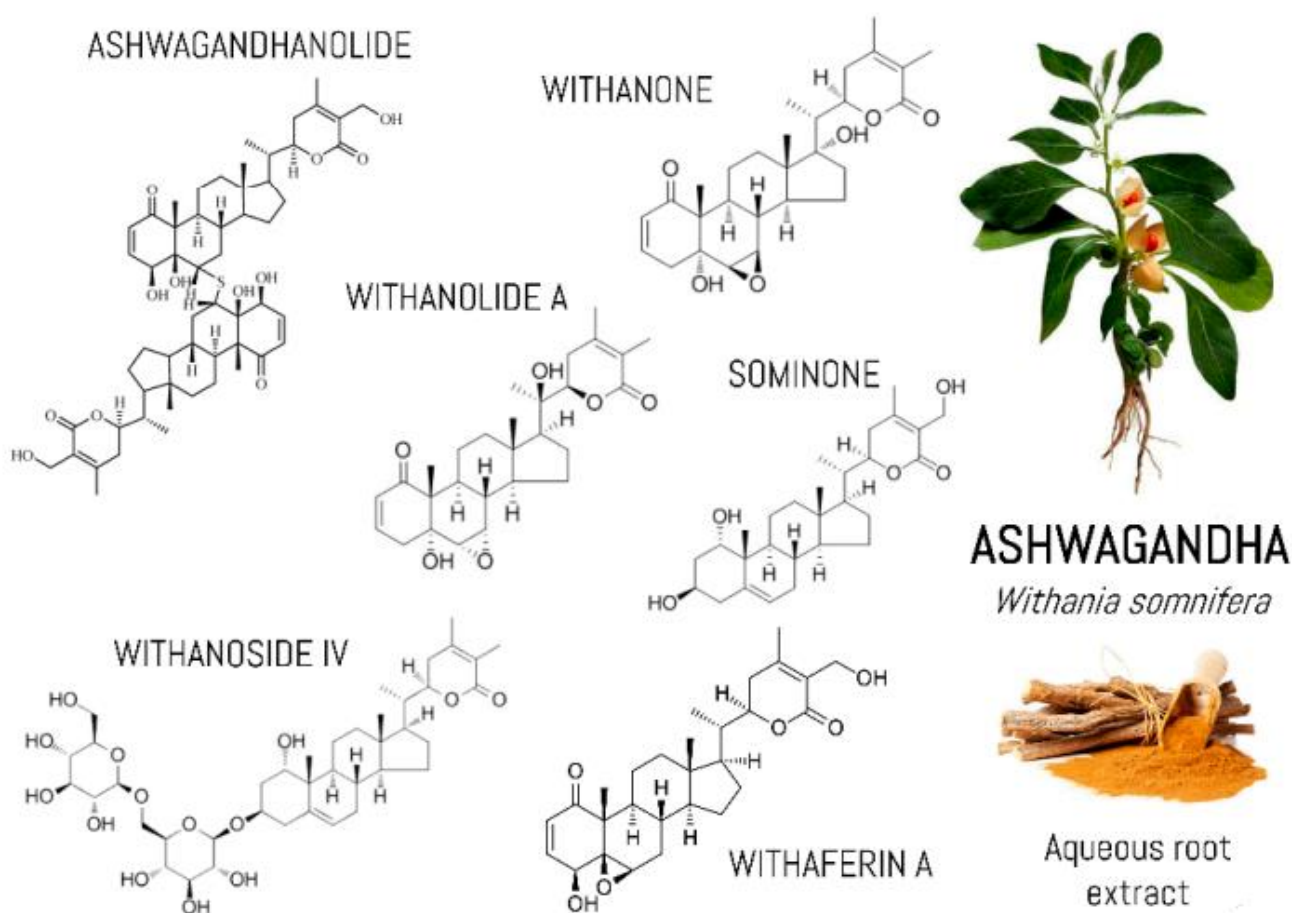
Vitánie snodárná, známá také jako Ashwagandha nebo indický Ženšen, je rostlina původem z Indie, která se po staletí používá v tradiční východní ayurvédské medicíně pro různé účely. Tradiční použití Vitánie snodárné je obecně zaměřeno na zvýšení energie, vytrvalosti, výdrže, síly, léčbu chronických onemocnění, úzkosti a zlepšení spánku, snížení stresu a jiné. Kořen Vitánie snodárné se používá jako adaptogen, diuretikum, sedativum, antioxidant a afrodiziakum. Jiné části rostliny, jako jsou listy a plody, se používají jako analgetikum, stimulant paměti, protinádorový přípravek, antimikrobiální látka a protizánětlivý přípravek. Řada studií testovala suplementaci Vitánie snodárné s cílem zvýšit sportovní výkon. Některé výzkumy také naznačují pozitivní účinky ohledně modulace hladin testosteronu, svalové hypertrofie a zvýšení síly. Dále pak maximální kapacita kyslíku a vytrvalost, které vedly k lepšímu výkonu a následnému zlepšení ve sportovní praxi (John et al., 2014).

Tyto charakteristiky vyvolaly velký vědecký zájem o studium chemického složení této rostliny. Bylo identifikováno několik bioaktivních složek, včetně flavonoidů, taninů, alkaloidů, glykosidů a steroidních laktonů v listech, stoncích a kořenech. Uvnitř steroidních laktonů jsou withanolidy, které byly popsány jako hlavní sekundární metabolity zodpovědné za prospěšné vlastnosti této rostliny (Jadaun et al., 2019).

Withanolidy jsou polyoxygenované steroidy sestávající z 28C ergostanu. Strukturální diverzita withanolidů obecně závisí na povaze a počtu oxygenových náhražek a na stupni nasycení kruhů. Tyto sloučeniny lze rozdělit do dvou hlavních skupin na základě C17 b řetězce, ty obsahující  $\delta$ -lakton nebo  $\delta$ -laktol mezi C22 a C26 a ty s  $\gamma$ -laktonem, který obvykle vzniká mezi C23 a C26. První skupina může být dále rozdělena na withanolidy s neporušeným (withaferin A) a modifikovaným (fisalin C) základem. V současné době je běžně identifikována přítomnost withanolidů s neupravenými skelety v přírodě, z nichž bylo v rodině Solanaceae nahlášeno přibližně 580. Široká strukturní rozmanitost withanolidů může být spojena s mnoha biologickými funkcemi, které byly popsány u Ashwagandhy: antimikrobiální, protizánětlivé, imunomodulační, neuroprotektivní, cytotoxické, antioxidantní a jiné (Mirjalili et al., 2009).

V posledních letech bylo vyvinuto několik experimentálních strategií pro extrakci a očištění těchto sloučenin. Nile et al., (2019) porovnali různé metody extrakce withanolidů a withanosidů z listů a kořenů Ashwagandhy a jejich účinky na biologickou aktivitu. Autoři prokázali, že vodní extrakce umožnila vyšší výtěžek při rozpouštění těchto sloučenin především kořenových extraktů, při zachování jejich biologických vlastností, ve srovnání s jinými metodami, jako je macerace, Soxhletova extrakce a mikrovlnná extrakce, které vyžadují delší dobu a použití organických rozpouštědel. Trivedi et al. (2017) identifikovali celkem 43 withanolidů v hydroalkoholickém extraktu kořene Ashwagandhy. Z těchto sloučenin má withaferin A a withanolid A terapeutické vlastnosti pro léčbu rakoviny a neurodegenerativních onemocnění, jako je Parkinsonova choroba a Alzheimerova choroba (Jayaprakasam et al., 2003).

Obrázek 6 - Struktury základních withanolidů nacházejících se ve Vitánii Snodárné



Zdroj: Mirjalili et al., (2009)

I když byla Ashwagandha používána terapeuticky pro řadu důvodů, zatím nemáme dostatek informací k tomu, aby byla považována za účinnou pro všechny navrhované léčebné postupy. Nicméně několik nedávných výzkumů ukázalo její potenciál a bezpečnost pro kontrolu úzkosti, boj proti mužské neplodnosti, zlepšení funkce reprodukčního systému, při léčbě cukrovky a zabránění zhoršování kognitivních funkcí (Mishra, 2000).

Nicméně se zdá, že některé sekundární metabolity Ashwagandhy by mohly mít potenciál při zlepšení fyzické výkonnosti, když zodpovídají za různé účinky na metabolické a fyziologické úrovni prostřednictvím regulace určitých protizánětlivých a anti-oxidačních cest (Singh et al., 2011). Vzhledem k tomu, že výživa je jedním ze základních pilířů pro optimalizaci sportovní výkonnosti, existují teorie, že Ashwagandha může poskytnout ergogenní přínosy pro aktivní jednotlivce a sportovce. Pérez-Gómez et al., (2020) nedávno zjistili, že konzumace této bylinné extrakce významně zvyšuje maximální využití kyslíku ( $VO_2$  max), i když tato metaanalýza má některá omezení, která vyžadují opatrnost při interpretaci výsledků.

Na druhé straně některé předchozí práce ukázaly, že podávání Ashwagandhy během programu sílového tréninku zlepšuje sílu a svalovou sílu horních a dolních končetin (Wankhede et al., 2015).

Navzdory výše uvedenému bylo provedeno pouze málo systematických přehledů, které by zhodnotil účinek doplňování Ashwagandhy na fyzický výkon a které zkoumaly účinek vodného extraktu kořene této rostliny na různé fyzické schopnosti a proměnné související s fyzickým výkonem u zdravých dospělých jedinců.

Tento systematický přehled hodnotí klinické zkoušky do roku 2022, které posoudily účinek doplňování Ashwagandhy (*Withania somnifera*) na fyzický výkon (s přihlédnutím k hlavním proměnným jako síla svalů,  $VO_2$  max, svalová únava, rychlost, únava a fyzické zotavení (tj. bolest, zánětlivý stav a kvalita spánku) u zdravých jedinců.

## **6.1 Metodika**

Tento systematický literární přehled se zabývá účinky suplementace Vitánie Snodárné na sportovní výkon. Jako základ byla použita metodika PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses), aby byla zvýšena kvalita hodnocení možných rizik v tomto výzkumu. PRISMA statement má poskytnout robustní strukturu

pro systematický a transparentní přehled studií požadovaného předmětu. PRISMA statement se skládá ze 27 položek, které je nutné postupně dodržovat, aby byla zajištěna kvalita přehledu.

### **6.1.1 Vstupní kritéria**

Vstupní kritéria pro tento systematický přehled byla následující:

1. klinické studie (randomizované nebo ne) u zdravých žen a mužů
2. články, které byly publikovány od roku 1990 do roku 2022
3. pouze studie, které byly publikovány v anglickém jazyce
4. studie, které hodnotily účinek suplementace Ashwagandhy ve srovnání s kontrolní skupinou nebo s opakovanými měřeními
5. studie, které hlásily účinky na proměnné související s fyzickým výkonem (např. síla svalů, VO<sub>2</sub> max, únava svalů, únava a fyzická regenerace).
6. Studie, které neodpovídaly původnímu výzkumu (např. poznámky, recenze, disertace atd.) nebo nezahrnovaly dospělé zdravé jedince (např. děti, starší osoby atd.), byly vyloučeny.

### **6.1.2 Zdroje informací**

K prozkoumání literatury na dané téma byly použity následující volně přístupné výzkumné databáze: PubMed/Medline, ScienceDirect a Google Scholar.

### **6.1.3 Strategie vyhledávání**

K vyhledání vhodných studií a článků byla použita následující klíčová slova:

Withania somnifera, Withania, Ashwagandha, Dietary Supplements, Supplement, Food Supplements, Herbal, Food, Supplementation, Sport, Athletics, Sport Performance, Muscle Strength, Exercise, Physical, Testosterone,

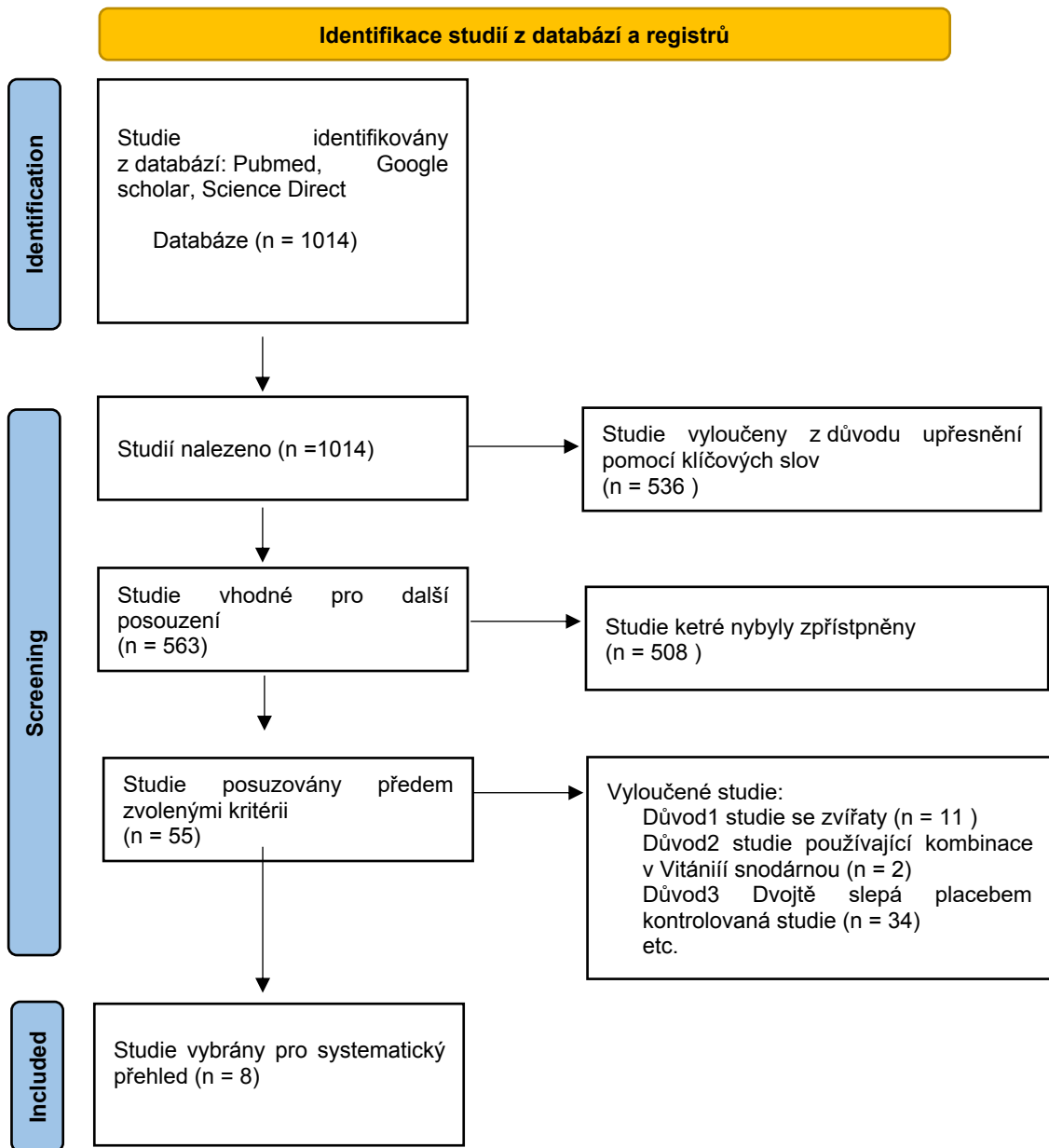
### **6.1.4 Selektce studií**

V předem stanovených databázích pro vyhledávání byly provedeny výběry článků, které se zabývají odpovídajícím tématem. Z 1014 nalezených článků a po odstranění duplicitních článků nalezených ve více než jedné databázi, kde počet 1014 článků zůstal, bylo provedeno vyhodnocení přípustnosti.

1008 článků bylo vyloučeno, protože nesplňovaly parametry zájmu tohoto systematického přehledu, stejně jako studie, které používaly jiné látky ve spojení s Withanií somniferou, studie s osobami s chronickými onemocněními a studie se zvířaty.

Nakonec zůstalo osm zbývajících článků, které splňovaly všechna předem stanovená kritéria pro tuto systematický přehled. Diagram tohoto vyhledávání můžeme vidět v diagramu č. 2.

Obrázek 7 - Diagram č. 2



Zdroj: PRISMA

Tabulka 2 - Systematický přehled studií a jejich parametrů Vitánie snodárná (ashwagandha) (Převzato a upraveno podle: Shenoy et al., 2012, Pingali et al., 2014, Choudhary et al., 2015, Raut et al., 2012, Tripathi et al., 2016, Sandhu et al., 2010, Ziegenfuss et al., 2018, Wankhede et al., 2015)

Studie	Země	Účastníci	Placebo	Podávaná látka	Množství (mg/den)	Trvání studie (týdny)	Testovací cvičení	Testované parametry	Výsledek
Shenoy et al. (2012)	Indie	Dospělí elitní atleti (n-40)	Ano	Extrakt z kořene (V.S.)	1000	8	Test na běžícím páse	VO <sub>2</sub> max Čas do vyčerpání	+
Pingali et al. (2014)	Indie	Dospělí zdraví muži (n-20)	Ano	Extrakt z kořene a listů (V.S.)	500	2	Finger tapping	Rychlost reakce	+
Choudhary et al. (2015)	Indie	Aktivní zdraví dospělí (n-50)	Ano	Extrakt z kořene (V.S.)	600	12	Člunkový běh	VO <sub>2</sub> max aerobní kapacita	+
Raut et al. (2012)	Indie	Zdraví dospělí (n-40)	Ano	Extrakt z kořene (V.S.)	10 dnů (750) 10dnů (1000) 10dnů (1250)	8	Silový trénink	VO <sub>2</sub> max Maximální rychlost	+
Tripathi et al. (2016)	Indie	Zdraví mladí dospělí (n.38)	Ano	Extrakt z kořene (V.S.)	500	4	Ciklistický ergometr, Dinamometr	Průměrná rychlost, síla stisku	+
Sandhu et al. (2010)	Indie	Neaktivní dospělí (n-40)	Ano	Extrakt z kořene (V.S.)	500	8	Běh, Vertikální výskok	VO <sub>2</sub> max, Maximální rychlost	+
Ziegenfuss et al. (2018)	Spojené Státy	Aktivní dospělí (n-40)	Ano	Extrakt z kořene (V.S.)	500	12	Silový trénink	Maximální svalová síla, Aerobní kapacita	+
Wankhede et al. (2015)	Indie	Zdraví aktivní dospělí (n-57)	Ano	Extrakt z kořene (V.S.)	600	8	Silový trénink	Maximální svalová síla	+

## 6.2 Diskuze

Vitánie snodárná je jednou z hlavních rostlin používána v tradiční indické medicíně a její účinky jsou zkoumány po staletí. Má prokázané protizánětlivé, antioxidační, afrodisiační a imunomodulační účinky. V současné době však existuje jen velmi málo literárních rešerší, které by se snažili posoudit, jak suplementace rostlinným extraktem Vitánie Snodárné může ovlivnit aerobní a anaerobní sportovní výkon, regeneraci a hladinu testosteronu.

### 6.2.1 Hodnoty VO<sub>2</sub>

VO<sub>2</sub> max je jedním z nejvíce používaných kardiorespiračních ukazatelů, určující schopnost organismu absorbovat, transportovat a využívat kyslík. Suplementace Vitánie Snodárné ve formě extraktu z kořene, se ukázala jako účinná při kardiorespirační vytrvalosti, přičemž VO<sub>2</sub> max bylo zvýšeno ve všech studiích, tohoto systematického přehledu, který tento parametr hodnotili. Během dvanáctidenní intervence u aktivních jedinců, při použití dávky 600mg/den, kde bylo VO<sub>2</sub> max testováno za pomoci dvacetimetrového člunkového běhu skupina, která suplementovala Vitánii Snodárnou vykazovala vyšší hodnoty VO<sub>2</sub> max než kontrolní skupina s placebem. (Choudhary et al., 2015).

Zvýšení VO<sub>2</sub> max bylo pozorováno také ve studii (Sandhu et al., 2015) s dospělými neaktivními jedinci, kteří suplementovali osm týdnů extrakt z kořene Vitánie Snodárné 500mg/den a byly testováni běžecským testem a vertikálním výskokem. Dále studie na profesionálních cyklistech, kteří suplementovali 1000mg/den extraktu z kořene Vitánie Snodárné a byly měřeni zátěžovými testy na běžecském páse také vykazovali vyšší hodnoty VO<sub>2</sub> max. Sportovci, kteří dostávali placebo zůstali beze změny VO<sub>2</sub> max parametru (Shenoy et al., 2012).

### 6.2.2 Svalová síla

Silový trénink výrazně zvyšuje svalovou sílu díky řadě neurologických a morfologických adaptací. Svalová síla testovaná pomocí 1RM ukazatele (1 Repetition max.) odkazuje na maximální zatížení, které je jednotlivec schopen překonat v jedné sérii. Ve studii s aktivními jedinci, kde bylo podáváno 600mg/den extraktu z kořene Vitánie Snodárné byly pro hodnocení účinku použity testy maximální síly, bench press pro test síly horních končetin a extenze v kolenním kloubu pro test síly dolních končetin. Skupina, která



suplementovala Vitánii snodárnou vykazovala větší sílu horních končetin než skupina, které bylo podáváno placebo (Wankhede et al., 2015).

V další studii, ve které byl výstupním testem na horní polovinu těla také bench press a na dolní polovinu těla dřep na multipressu vykazovali účastníci, kterým bylo podáváno 500 mg/den Vitánie snodárné lepší výsledky v síle horních i dolních končetin než kontrolní skupina, které bylo podáváno placebo.

Ve studii Ziegenfuss et al. (2018) byla také testována maximální síla horních a dolních končetin (pro dolní končetiny multipress a vertikální výskok, pro horní končetiny bench press 1RM). Skupina, kde bylo mladým dospělým jedincům podáváno 500mg/den vitánie snodárné po dobu čtyř týdnů vykazovala lepší silové výkony než skupina, které bylo podáváno placebo. Tento výsledek naznačuje, že Vitánie snodárná může mít nezanedbatelný efekt při zlepšování svalové výkonnosti při silovém tréninku. Aerobní vytrvalost v této studii byla hodnocena pomocí testu, ve kterém všichni účastníci museli absolvovat 7 kilometrů dlouhý úsek na bicikloergometru kde každý účastník dostal pokyn dokončit test v co nejkratším čase. Výsledky této studie ukazují, že skupina, která suplementovala extrakt z kořene Vitánie Snodárné, měla lepší výsledky než skupina, které bylo podáváno placebo, a to dokončením testu v kratším čase. Součástí této studie byl také test statické rovnováhy, který spočíval v udržení těžiště v jednom bodě s co nejmenším vychýlením. V tomto testu však nebylo pozorováno žádné výrazné zlepšení proti kontrolní skupině, které bylo podáváno placebo.

### **6.2.3 Koncentrace CK v krvi**

Ve studii Raut et al. (2012) byly testováni zdraví dospělí, kterým byly podávány tři rozdílné dávky extraktu z kořene Vitánie Snodárné, (750mg, 1000mg, a 1250mg) po dobu 8 týdnů. U skupiny suplementující Vitánii snodárnou byla pozorována redukce tukové hmoty, která byla v průměru o 3,4 % za 8 týdnů. Stres, kterému byly vystavovány velké svalové skupiny během fyzické aktivity, byl v této studii měřen pomocí koncentrace kreatinkinázy v krevním řečišti.

Studie Wankhede et al., (2015) také používala ke zjištění regenerace svalů měření kreatinkinázy v krevním řečišti, kdy účastníkům 24 a 28 hodin po fyzickém cvičení byla odebrána krev a poslaná na test plazmatické koncentrace CK. Bylo zjištěno, že hladina kreatin kinázy byla vyšší u jedinců, kteří suplementovali extrakt z kořene Vitánie

snodárné. Z těchto poznatků vzešla hypotéza, že jedinci, kterým bylo podáváno 600mg/den extraktu z kořene Vitánie snodárné mohou mít rychlejší regeneraci svalstva oproti účastníkům, kterým bylo podáváno placebo.

### 6.3 Zhodnocení

Počet studií v odborné literatuře zkoumající účinky podávání Vitánie snodárné na sportovní výkon je zatím velmi omezený, což může narušovat závěry o její účinnosti. Doba trvání intervence ve studiích použitých pro tento systematický přehled byla omezená na 12 týdnů, což může být považováno za krátkou dobu způsobující omezení účinku suplementace. Většina studií byla provedena na dospělých aktivních i neaktivních jedincích, ale jen velmi málo studií bylo provedeno na profesionálních sportovcích, kteří dlouhodobě intenzivně trénují. Dá se předpokládat, že tréninkový čas může být hlavní klíčový faktor zodpovědný za rozdíly při suplementaci Vitánie snodárné. Další faktor, který může ovlivňovat výsledky tohoto systematického přehledu je věk a pohlaví účastníků, neboť většina testovaných osob jsou mladí muži.

Výsledky tohoto systematického přehledu ukázaly, že suplementace Vitánie snodárné alespoň po dobu třiceti dnů s dávkami mezi 500 mg a 1250 mg před nebo po tréninku, může zvýšit fyzický výkon u mladých, trénovaných i netrénovaných jedinců, zejména co se týče kardiorepirační vytrvalosti. Co se týče výsledků zvýšení svalové síly, můžeme konstatovat, že z vybraných studií nárůst svalové síly byl prokázán. Nicméně soubor studií zkoumající účinky Vitánie snodárné na fyzickou aktivitu je značně omezený. Proto si myslíme, že jsou třeba další studie, které by se zabývali účinky Vitánie snodárné na širším spektru populace a při různých tréninkových metodách.

Vzhledem k nedávným výsledkům, které naznačují, že extrakt kořene Vitánie snodárné může být použit ke kontrole hmotnosti u dospělých s chronickým stresem, mohou budoucí studie zkoumat účinky Vitánie snodárné během výživových a tréninkových intervenčních programů, které by se zaměřovali na rekompozici těla, zlepšení zdraví, nebo sportovní výkon. Potřebné jsou také studie, které by zkoumaly účinky suplementace Vitánie snodárné v různých nadmořských výškách a více různorodých prostředích. Potřebný je také další výzkum srovnávající rozdíly suplementace VS. Mezi pohlavími, s ohledem na to, že se zdá, že produkce derivátů testosteronu např. DHEA z **withanolidů** může vést k důležitým rozdílům. V tomto smyslu může mít suplementace VS. Pozitivní

dopad na profil (DHEA-S a testosteron) u mužů ve středním věku, kde hladina testosteronu příprozeně klesá, zlepšení hormonálního profilu může dále vést ke zlepšení paměti, pozornosti, rychlosti zpracování informací a lepší kvalitě spánku. Výzkumy také naznačují, že extrakt z kořene VS. Může být výživovou alternativou k optimalizaci fyzické kondice, zdraví kostí a svalů, přičemž může pomáhat k zastavení atrofie svalů a snižování síly u starších lidí. Další výzkum je nutný v oblasti posouzení a identifikaci hlavních a sekundárních metabolitů Vitánie snodárné, které jsou nezbytné k výrobě přínosných suplementů.

## 7 Systematický přehled Ženšen a jeho vliv na sportovní výkon

Ženšen je rostlina z čeledi Araliaceae, která se tradičně používá v čínské a korejské medicíně jako adaptogen, tonikum a stimulant. Na poli Čínské medicíny je Ženšen považován za jednu z nejvíce důležitých bylin. Rozlišujeme devět druhů Ženšenu, které se nazývají podle svého geografického původu. Mezi nejznámější patří Asijský Ženšen (*Phanax ginseng*), Sibiřský Ženšen (*Eleutherococcus senticosus*), Taiský Ženšen (*Kaempferia parviflora*), Americký Ženšen (*Panax quinquefolium*), Japonský Ženšen (*Panax Japonicus*) (Wong et al., 2013).

Po čtyři tisíce let byl Asijský Ženšen používán v celé Asii jako lék a prostředek podporující regeneraci lidského těla. Ženšen obsahuje mnoho důležitých látek, jako jsou vitamíny (A, B, C a E), minerály (železo, hořčík, draslík a fosfor), vláknina, proteiny, saponiny a ginsenosidy, které jsou hlavní aktivní složky Ženšenu a nacházejí se v kořenech rostliny. U této složky bylo prokázáno, že snižuje mentální stres, zlepšuje imunitní funkci a stabilizuje krevní tlak. rozlišujeme však dalších čtyřicet druhů Ginsenosidu, které se vyskytují u jiných druhů Ženšenů. Například Sibiřský Ženšen obsahuje jedinečné steroidní saponiny s názvem Eleutherosidy, které se zdají být strukturně podobné panaxovým ginsenosidům dále obsahuje také fenolické sloučeniny a polysacharidy (Morgan, 1994).

Mezi sportovci se stal Ženšen oblíbený, protože slibuje širokou škálu fyziologických účinků na systémy lidského těla, zejména kardiovaskulárního, imunitního, neuronálního a celkovou schopnost zlepšení výkonnosti lidského organismu. Fyzický výkon je popsán jako schopnost dělat specifické fyzické úkoly s větší intenzitou, rychlostí, popřípadě výstupním výkonem. Některé doplňky stravy na trhu obsahující Ženšen slibují zvýšení energie zlepšení sportovního výkonu, snížení vnímaného stresu a podpoření celkové tělesné i duševní pohody (Bach et al., 2016).

Když kardiorespirační systém jedince už nedokáže dodat dostatek kyslíku kosterním svalům, energie je vytvářena anaerobním metabolismem, který produkuje hromadění kyseliny mléčné, což vede k únavě svalů a sníženému výkonu svalů. Zlepšování kardiorespirační kondice je tedy klíčovou strategií pro snížení únavy svalů a zvýšení fyzické pracovní kapacity. Jeden z nejvýznamnějších účinků připisovaný Ženšenu je jeho

schopnost zlepšit kardiovaskulární funkce. pravidelné užívání Ženšenu může snižovat krevní tlak a hladinu cholesterolu, zlepšovat průtok krve a posilovat srdeční sval. Tento účinek byl pozorován v klinických studiích, kde bylo zjištěno, že užívání Ženšenu snižuje riziko srdečních onemocnění (Joyner & Casey, 2015).

Další významný účinek Ženšenu je jeho schopnost zlepšit imunitní funkci organismu. Ženšen obsahuje polysacharidy, které mají schopnost stimulovat produkci bílých krvinek, což jsou krvinky, které bojují proti infekcím a chorobám. Kromě toho Ženšen může mít protizánětlivé a antioxidační účinky, které také přispívají k posílení imunitního systému. Ženšenu se také připisují pozitivní účinky na kognitivní funkce. Pravidelné užívání Ženšenu může zlepšovat paměť, koncentraci a reakční časy. Tento účinek byl pozorován u zdravých jedinců i u lidí trpících demencí (Souza et al., 2022).

V posledních letech se začal více zkoumat účinek Ženšenu na sportovní výkon. Několik studií popsalo, že užívání Ženšenu může zlepšit vytrvalost a snížit únavu po intenzivním tréninku. To je pravděpodobně způsobeno tím, že Ženšen může zvýšit kyslíkovou kapacitu svalů a snížit hladinu kyseliny mléčné, která způsobuje únavu svalů.

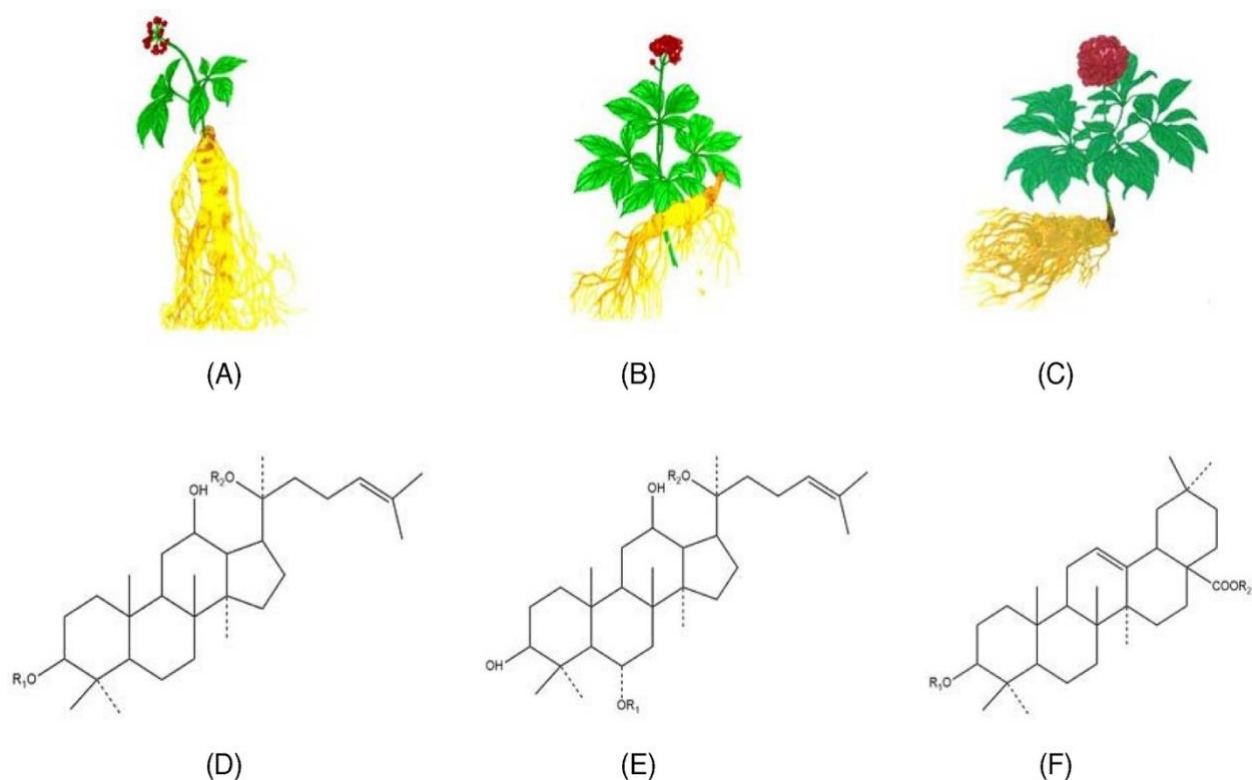
Sportovci preferují konzumaci Ženšenu, protože je považován za ne toxický doplněk stravy, a tudíž vhodný pro dlouhodobé užívání. Sportovci užívají doplňky Ženšenu také k redukci poškození svalů způsobených cvičením (Ziegler et al., 2003).

Asijský Ženšen je legálním doplňkem stravy a není uveden na seznamu zakázaných látek Světovou antidopingovou agenturou, protože po testování moči sportovců nebyl při podávání Asijského Ženšenu zjištěn pozitivní výsledek na žádné zakázané látky.

Stejně jako u většiny doplňků stravy, Ženšen může mít při užívání vedlejší účinky, některé z nich jsou významné v závislosti na dávce a metabolismu uživatele. Používání Ženšenu může způsobit průjem, nespavost, bolesti hlavy, rychlý srdeční tep, krevní tlakové výkyvy a může způsobit trávicí poruchy. Ženy mohou pozorovat další vedlejší účinky, jako například krvácení z pochvy a bolest prsů. Většina těchto vedlejších účinků je dostatečně závažná na to, aby se s užíváním Ženšenu přestalo, zejména u pacientek s rakovinou prsu. Ženšen může narušovat účinnost různých léků, jako jsou inzulín, digoxin, antikoagulancia a inhibitory monoaminoxidázy. Navíc může být kontraindikován u pacientů s vysokým krevním tlakem. V tomto ohledu má Ženšen zásadní omezení ve zdravé populaci. Nocerino et al., uvedli, že Ženšenu by se měli vyhybat energičtí,

nervózní, napjatí, hysteričtí nebo schizofreničtí jedinci a neměl by se užívat v kombinaci s jinými stimulanty, léky, nebo během hormonální léčby. Proto je zapotřebí další výzkum k objasnění účinků hlavních složek Ženšenu u lidí (Sellami et al., 2018).

Obrázek 8 - Druhy Ženšenu a chemické struktury jeho účinných látek



Zdroj: Jing Lu et al., (2022)

## 7.1 Metodika

Tento systematický literární přehled se zabývá účinky suplementace Ženšenu na sportovní výkon. Jako základ byla použita metodika PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses), aby byla zvýšena kvalita hodnocení možných rizik v tomto výzkumu. PRISMA statement má poskytnout robustní strukturu pro systematický a transparentní přehled studií požadovaného předmětu. PRISMA statement se skládá ze 27 položek, které je nutné postupně dodržovat, aby byla zajištěna kvalita přehledu.

### 7.1.1 Vstupní kritéria

Vstupní kritéria pro tento systematický přehled byla následující:

1. klinické studie (randomizované nebo ne) u zdravých žen a mužů.
2. články, které byly publikovány od roku 1990 do roku 2022.
3. pouze studie, které byly publikovány v anglickém jazyce.
4. studie, které hodnotily účinek suplementace Ženšenu ve srovnání s kontrolní skupinou nebo s opakovanými měřeními.
5. studie, které hlásily účinky na proměnné související s fyzickým výkonem (např. síla svalů, VO<sub>2</sub> max, únava svalů, únava a fyzická regenerace).
6. Studie, které neodpovídaly původnímu výzkumu (např. poznámky, recenze, disertace atd.) nebo nezahrnovaly dospělé zdravé jedince (např. děti, starší osoby atd.), byly vyloučeny.

### **7.1.2 Zdroje informací**

K prozkoumání literatury na dané téma byly použity následující volně přístupné výzkumné databáze: PubMed/Medline, ScienceDirect a Google Scholar.

### **7.1.3 Strategie vyhledávání**

K vyhledání vhodných studií a článků byla použita následující klíčová slova:

Ginseng, Panax Ginseng, Dietary Supplements, Supplement, Food Supplements, Herbal, Food, Supplementation, Sport, Athletics, Sport Performance, Muscle Strenght, Exercise, Physical, Testosterone,

Pro nalezení klíčových zdrojů byla tato slova obměňována a kombinována ve formě synonym.

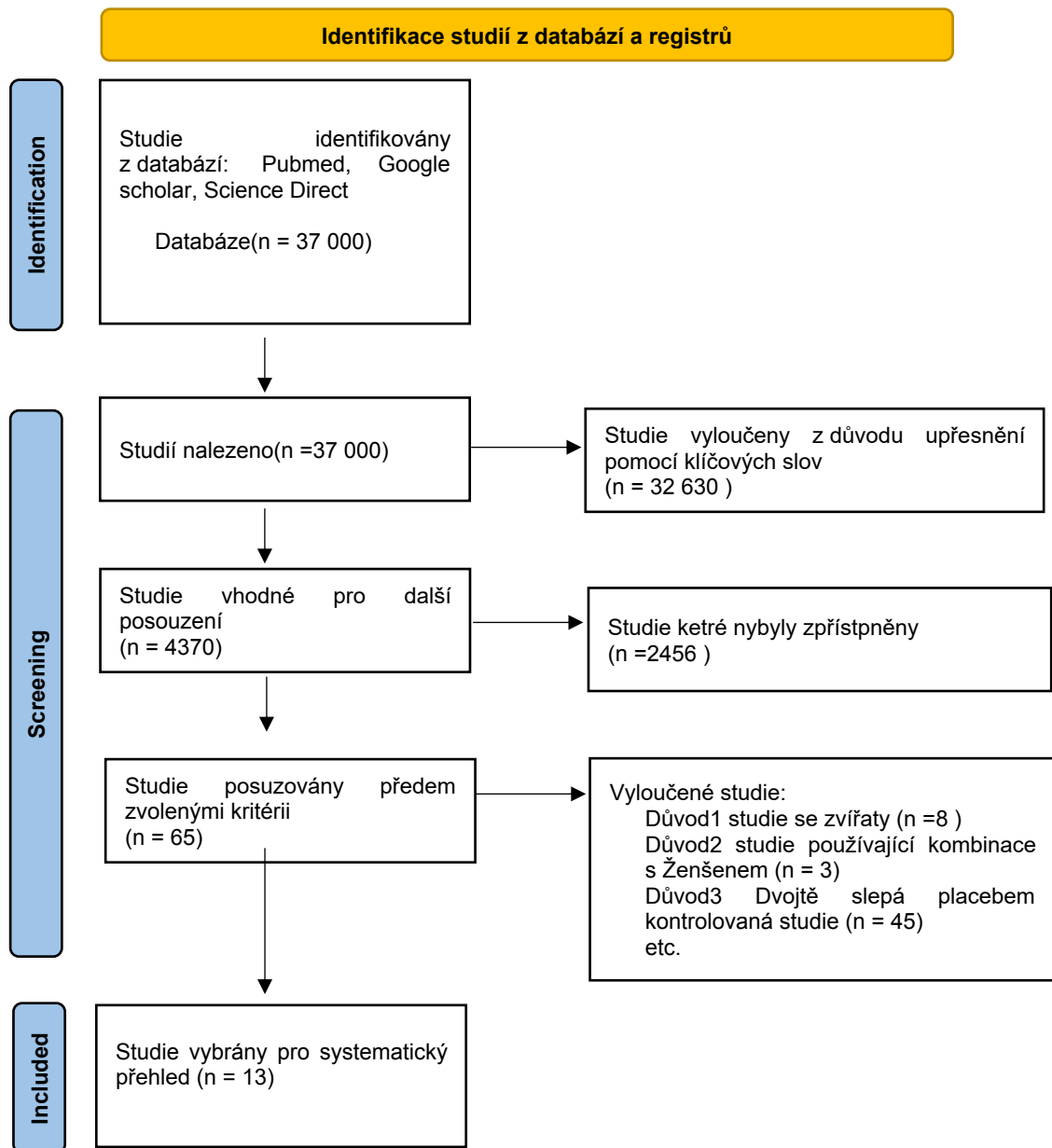
### **7.1.4 Selekcce studií**

V předem stanovených databázích pro vyhledávání byly provedeny výběry článků, které se zabývají odpovídajícím tématem. Z 30 700 nalezených článků a po odstranění duplicitních článků nalezených ve více než jedné databázi, kde počet 30 700 článků zůstal, bylo provedeno vyhodnocení přípustnosti.

32 630 článků bylo vyloučeno, protože nesplňovaly parametry zájmu tohoto systematického přehledu, stejně jako studie, které používaly jiné látky ve spojení s Ženšenem, studie s osobami s chronickými onemocněními a studie se zvířaty.

Nakonec zůstalo 13 zbývajících článků, které splňovaly všechna předem stanovená kritéria pro tuto systematický přehled. Schéma tohoto vyhledávání můžete vidět v diagramu č.3

Obrázek 9 - Diagram č. 3



Zdroj: PRISMA



Tabulka 3 - Systematický přehled studií a jejich parametrů Ženšen (Převzato a upraveno podle: Ping et al. 2011, Jung et al., 2011, Pumpa et al., 2013, Marandi et al., 2016, Lee et al., 2018, Caldwell et al., 2018, Chen et al., 2021, Souza et al., 2022)

Studie	Země	Účastníci	Placebo	Podávaná látka	Množství (mg/den)	Trvání studie (týdny)	Testovací cvičení	Testované parametry	Výsledek
Engels et al., (1996)	USA	Zdraví dospělí (n-19)	Ano	Sibiřský ženšen	500mg	8	Ciklistický ergometr	VO <sub>2</sub> max HR	-
Wirth et al., (1997)	USA	Zdraví dospělí (n-21)	Ano	Sibiřský ženšen	200-400 mg	8	Ciklistický ergometr	VO <sub>2</sub> max HR RPE (Borgova škála)	-
Ziemba et al., 1999	Polsko	Fotbalisté (n-15)	Ano	Sibiřský ženšen	350mg	6	Ciklistický ergometr	VO <sub>2</sub> max	+
Engels et al., (2003)	Korea	Zdraví a aktivní studenti (n-36)	Ano	Sibiřský ženšen	500mg	8	Ciklistický ergometr	VO <sub>2</sub> max PPO	+
Kulaputana et al., (2007)	Thaisko	Zdraví a aktivní muži- Námořnictvo (n-60)	Ano	Korejský ženšen	3000mg	8	Ciklistický ergometr	HR PPO	-
Ping et al., (2011)	Malaysia	Rekreační běžci (n-9)	Ano	Sibiřský ženšen	200mg	Jedna dávka	Běžecský pás	HR RPE (Borgova škála)	-
Jung et al., (2011)	USA	Zdraví dospělí (n-18)	Ano	Korejský ženšen	20 000mg	1	Běžecský pás	VO <sub>2</sub> max Aktivita CK v krevní plazmě	+
Pumpa et al., (2013)	Austrálie	Trénovaní dospělí (n-20)	Ano	Sibiřský ženšen	4000mg	4 dny	Vertikální výskok, Běh z kopce	VAS SJ CMJ CK aktivita	+
Marandi et al., (2016)	Iran	Muži atleti (n-24)	Ano	Sibiřský ženšen	100mg	4	Silový trénink	HR	+

Studie	Země	Účastníci	Placebo	Podávaná látka	Množství (mg/den)	Trvání studie (týdny)	Testovací cvičení	Testované parametry	Výsledek
Lee et al., (2018)	Korea	Zdraví dospělí (n-117)	Ano	Ginsenoside	100-500 mg	12	Silový trénink	VO <sub>2</sub> max,	+
Caldwell et al., (2018)	USA	Zdraví aktivní dospělí (n-19)	Ano	Korejský ženšen	160-960 mg	2	Silový trénink	VAS RPE (Borgova škála)	-
Chen et al., (2021)	Taiwan	Dospělé ženy (n-20)	Ano	Sibiřský ženšen	500 mg	6	Výskok	VO <sub>2</sub> max, CK aktivita	+
Souza et al., (2022)	Brazílie	Mladí atleti (n-10)	Ano	Sibiřský ženšen	100mg/kg	8 days	Dřepy do selhání	VAS RPE (Borgova škála) CK aktivita	+

## 7.2 Měření parametry a jejich výsledky

### 7.2.1 Vizuální analogová škála (VAS)

Vizuální analogová škála (VAS) je stupnice používaná k hodnocení intenzity bolesti a byla poprvé použita Hayesem a Pattersonem v roce 1921 (Couper et al., 2006). Ve vybraných studiích byly použity dva typy metod pro měření VAS. V první metodě byli účastníci instruováni označit čarou hodnotu související s bolestí na 100 mm VAS (Caldwell et al., 2018, Pumpa et al., 2013), zatímco v druhé metodě byli účastníci instruováni označit čarou hodnotu související s bolestí na 10 cm VAS, kde 0 znamenalo "žádná bolest" a 10 cm znamenalo "nejhorší možná bolest" (Cristina-Souza et al., 2022).

### 7.2.2 Borgova škála (RPE)

Borg (1961) vyvinul Borg RPE škálu, která byla použita k hodnocení námahy a dušnosti během fyzické aktivity. V zahrnutých studiích byly použity dvě metody pro měření RPE. V první metodě byli účastníci dotázáni "Jak těžké a náročné se ti cvičení zdá?" a udávali skóre od 0 do 10, kde 0 odpovídalo "vůbec žádná námaha" a 10 "maximální nebo

extrémně velká námaha" (Caldwell et al., 2018, Cristina-Souza et al., 2022). Nicméně v druhé metodě byla použita 15-ti stupňová kategoriální ratingová škála.

K analýze účinku Ženšenu na RPE (subjektivní vnímání námahy) byly zahrnuty čtyři studie (n = 135) (Caldwell et al., 2018, Cristina-Souza et al., 2022, Engels & Wirth, 1997, Ping et al., 2011). Dvě studie (n = 40) porovnávaly účinek vysoké dávky Ženšenu (Caldwell et al., 2018; Engels & Wirth, 1997). Výsledek ukazuje nesignifikantní rozdíl mezi skupinou vysokých dávek oproti placebo.

Tři studie (n = 38) porovnávaly účinek nízké dávky Ženšenu (Caldwell et al., 2018, Cristina-Souza et al., 2022, Ping et al., 2011). Analýza dat nenalezla významný rozdíl mezi skupinou nízkých dávek oproti placebo.

Dvě studie (n = 29) poskytly data o krátkodobém účinku suplementace Ženšenu na RPE (Caldwell et al., 2018, Cristina-Souza et al., 2022). Výsledek byl nesignifikantní.

### **7.2.3 Vrcholový výkon (PPO)**

Nejvyšší zátěž, kterou lze udržet po dobu 2 až 3 minut při postupně se zvyšující intenzitě cvičení až do vyčerpání, se definuje jako vrcholový výkon (peak power output - PPO) (Balmer et al., 2000). Může být vyjádřen jak v absolutních jednotkách (Watt), tak i v relativních jednotkách (Watt/kg) (Ranković et al., 2007). PPO byl v zahrnutých studiích hodnocen pomocí dvou technik. Účastníci v první metodě absolvovali tři po sobě následující 30 sekundové Wingate testy s 3 minutovými odpočinkovými pauzami (Engels et al., 2003). Účastníci druhé techniky podstoupili postupný test na cykloergometru ke stanovení dobrovolné únavy (Onanong Kulaputana, 2007). Tyto testy byly použity k výpočtu PPO v jednotkách Watt/kg a Watt. Kvůli rozdílnosti měřicích jednotek byly jednotky převedeny na Watt/kg pomocí vzorce  $\text{Watt/Hmotnost těla}$ , aby byla dosažena jednotnost a jasnost klinického významu.

Dvě studie (n = 84) byly zahrnuty k analýze účinku Ženšenu na PPO (Engels et al., 2003; Onanong Kulaputana, 2007). Výsledek ukazuje nesignifikantní rozdíl mezi skupinou s vysokou dávkou a placebem.

### **7.2.4 Srdeční frekvence (SR)**

SR (Srdeční frekvence) je počet srdečních tepů za jednotku času, který se obvykle měří v minutách (bpm). Typická srdeční frekvence dospělého člověka v klidu je 60-100 tep/min

podle Amerického kardiologického sdružení (AHA). Pokud se srdeční frekvence zvýší nad 100 tepů za minutu v klidu, nazývá se to tachykardie, a pokud klesne pod 60 tepů za minutu v klidu, nazývá se to bradykardie (Fletcher et al., 2013).

SR byla měřena třemi různými způsoby v těchto studiích. První přístup použil EKG záznamy (Engels et al., 1996; Engels & Wirth, 1997), zatímco druhá metoda využila digitální zařízení připojené k levému rameni účastníků (Zaheri & Marandi, 2016) a v třetí metodě zaznamenával monitor SR připojený na hrudník účastníka (Ping et al., 2011).

Bylo zahrnuto šest studií (n = 139) k analýze účinku Ženšenu na SR (Engels et al., 1996; Engels & Wirth, 1997, Onanong Kulaputana, 2007, Ping et al., 2011, Wong et al., 2011; Zaheri & Marandi, 2016). Tři studie (n = 97) porovnávaly účinek vysoké dávky Ženšenu (Engels et al., 1996, Engels & Wirth, 1997; Onanong Kulaputana, 2007). Výsledek ukazuje nesignifikantní rozdíl mezi skupinou s vysokou dávkou a placebem.

Tři studie (n = 42) porovnávaly účinek nízké dávky Ženšenu (Ping et al., 2011, Wong et al., 2011, Zaheri & Marandi, 2016). Analýza dat zjistila nesignifikantní účinek.

Dvě studie (n = 18) měřily srdeční frekvenci po okamžitém podání Ženšenu (Ping et al., 2011, Wong et al., 2011). Celkový efekt nebyl významný.

### **7.2.5 Kreatinkináza (CK)**

CK je enzym zodpovědný za katalýzu přeměny kreatinu a adenosinotriposfátu (ATP) na fosfokreatin a adenosindifosfát ADP (Sayers & Clarkson, 2003). Přítomnost CK v krvi se považuje za nepřímý indikátor poškození svalů (Baird et al., 2012). Hladiny CK v séru v běžné populaci se pohybují v rozmezí 20 až 200 IU/l a mohou stoupat po excentrické aktivitě v důsledku poškození svalů kosterního aparátu (Armstrong et al., 1983).

Hladiny CK aktivit byly v zahrnutých studiích hodnoceny pomocí čtyř různých přístupů. První přístup spočíval v odběru krve před a po testu na běžeckém pásu s klopením nahoru (Jung et al., 2011). Druhým způsobem byl odběr krve před a po testu na běžeckém pásu s klopením dolů (Pumpa et al., 2013). Třetím způsobem byly odběry krve po dokončení čtyř dynamických sestav čtvrt-sedy s excentrickou akcí při 70 % 1-RM do koncentrického selhání (Souza et al., 2022). Čtvrtým způsobem byl vyčerpávací test na kole, při kterém se rychlost a výkon kola současně zvyšovaly každou minutu, dokud nedojde k únavě, následovaným měřením hladiny CK v krvi (Chen et al., 2021).

Tři studie (n = 50) byly zahrnuty pro analýzu krátkodobého účinku Ženšenu na CK aktivitu (Chen et al., 2021, Cristina-Souza et al., 2022, Pumpa et al., 2013). Účinek ve skupině, které byl podáván Ženšen nebyl signifikantní ve srovnání s placebem.

#### **7.2.6 Vertikální výskok z podřepu (SJ)**

Kontra-pohybový skok (CMJ) a výskok z podřepu (SJ) jsou dva druhy vertikálního výskoku, které se často používají k posouzení sportovní výkonnosti. Poskytují významné a konzistentní měření výbušné síly dolních končetin (Nagahara et al., 2014). Normativní rozsah SJ u mužů ve věku 20-29 let je od 68,6 cm do  $\geq 86,36$  cm. Normativní hodnoty pro CMJ u mužů se pohybují v rozmezí od 41-50 cm do  $\geq 70$  cm (O'Malley et al., 2018).

#### **7.2.7 Vertikální výskok bez dopomoci rukou (CMJ)**

CMJ byl proveden se zapojenými účastníky stojícími vzpřímeně, rukama podél těla a s rovnými nohama u sebe. Vykonali dolní kontra-pohyb a poté vyskočili co nejvýše na pokyn "jdi". Nejlepší ze tří skoků s největší dosaženou výškou byl měřen v centimetrech (cm). SJ byl proveden s rukama účastníků položenými na čtyřhlavém svaly, aby se minimalizoval jakýkoli moment síly získaný z pohybu paží, následovaný dřepem do úhlu 90 stupňů v kolenu a kyčelním kloubu se šířkou nohou ve šíři ramen. Tuto polohu udrželi po dobu 3 sekund před vertikálním výskokem a výskok zahájili na pokyn "jdi". Skok byl proveden třikrát a nejlepší hodnota v cm byla zaznamenána (Pumpa et al., 2013).

Jedna studie měřila krátkodobé účinky na výkon vertikálního skoku měřeného dvěma způsoby – výskokem z podřepu a skokem bez dopomoci rukou (n = 20, Pumpa et al., 2013). Vliv Ženšenu byl prokázán jako signifikantní ve prospěch skupiny užívající Ženšen v porovnání se placebem. V této studii byla použita vysoká dávka.

#### **7.2.8 Maximální spotřeba kyslíku (VO<sub>2</sub> max)**

Maximální rychlost spotřeby kyslíku měřená během postupného cvičení se popisuje jako VO<sub>2</sub> max, která je reprezentována v litrech/min jako absolutní číslo nebo v mililitrech/kg/min jako relativní hodnota (Clemente et al., 2009). Normativní množství pro neškolené zdravé muže je zhruba 35-40 ml/kg/min, zatímco elitní mužští běžci mohou spotřebovat až 85 ml/kg/min a ženské elitní běžkyně mohou spotřebovat přibližně 77 ml/kg/min (Barnes & Kilding, 2015).

VO<sub>2</sub> max v zahrnutých studiích bylo měřeno pomocí pěti různých metod. Nejprve byl proveden kontinuálně gradovaný protokol na cykloergometru s mechanickým brzděním, s počáteční zátěží 50 wattů, která se postupně zvyšovala o 25 wattů každé 3 minuty po celou dobu testu. Test byl opakován, dokud jednotlivec nedosáhl dobrovolné únavy nebo již nebyl schopen udržet tempo 50 otáček za minutu (Engels et al., 1996).

Zadruhé byl pomocí cykloergometru s mechanickým brzděním proveden běžný gradovaný maximální cvičební program s počáteční zátěží 100 wattů po dobu 3 minut a následně se zvyšovala o 50 wattů s 3minutovými intervaly, dokud účastník nemohl udržet kadenci 50 otáček za minutu (Engels & Wirth, 1997).

Během cvičebního testu byla pomocí spirometrie s otevřeným okruhem kontinuálně monitorována VO<sub>2</sub> max. Třetí technikou byl prováděn vícestupňový inkrementální cvičební test s počáteční zátěží 50 wattů, který se každé 3 minuty zvyšoval o 50 wattů až do dobrovolné únavy (Ziembra et al., 1999). Čtvrtou technikou byl upravený Bruceův protokol, který zahrnoval test na běžeckém pásu a VO<sub>2</sub> max bylo určeno pomocí spirometrie s otevřeným okruhem (Lee et al., 2018). Test byl zastaven, když byla dosažena cílová srdeční frekvence (85 % předpokládaného maxima věku, tj. 220 - věk).

Nakonec byl proveden dlouhý jízdní test, při kterém se rychlost a výkon zvyšovaly o 15 wattů/minutu až do dobrovolné únavy (Chen et al., 2021). Vzhledem k rozdílným jednotkám měření a s cílem zajištění jednotnosti a poskytnutí jasně klinického významu byly jednotky převedeny z L/min na ml/kg/min pomocí vzorce: Hodnota v L/min x 1000 (ml/min) a poté vydělena tělesnou hmotností (kg).

Čtyři studie byly zahrnuty k analýze účinnosti Ženšenu na VO<sub>2</sub> max (n = 141; Chen et al., 2021; Engels et al., 1996; Engels & Wirth, 1997; E. S. Lee et al., 2018). Porovnáním dat pro dlouhodobou suplementaci Ženšenem se ukázalo, že v porovnání s placebem neexistuje ve skupině, kde byl podáván Ženšen významný účinek. Při porovnání dat pro suplementaci vysokou dávkou Ženšenu se ukázalo, že v porovnání s placebem není ve skupině, kde byl podáván Ženšen významný účinek.

### **7.3 Diskuze**

Tento systematický přehled byl zaměřen na možné účinky suplementace Ženšenem na fyzický výkon a fyziologické ukazatele u sportovců a aktivních účastníků. Cílem bylo zjistit, zda by Ženšen mohl být doporučen jako účinný doplněk pro zlepšení fyzického

výkonu u aktivních a zdravých účastníků vzhledem k nedostačujícím datům týkajících se jeho účinnosti u sportovců a aktivních účastníků.

Cílem tohoto systematického přehledu bylo určit vztah dávkování a účinků suplementace Ženšenem na fyzický výkon a fyziologické ukazatele u aktivních a zdravých účastníků, a to prostřednictvím přezkoumání dat z předchozích studií. Celkem byly prohledány tři elektronické databáze pomocí klíčových slov souvisejících s definovanou problematikou. Dále byl zpracován systematický přehled formou tabulky, která zahrnovala 13 studií, které splňovaly předem stanovená kritéria zařazení. Výstupními mírami fyzického výkonu byly VAS, RPE, PPO a skokové výkony (SJ a CMJ), zatímco fyziologickými ukazateli byly HR, CK aktivita a  $VO_2$  max.

Bolest byla první výstupní mírou tohoto systematického přehledu, která byla hodnocena pomocí stupnice VAS. Analýza zahrnovala tři studie. Výsledky ukazují, že nedošlo k významné změně skóre bolesti mezi skupinami suplementující Ženšen nebo placebo. Výsledky tohoto průzkumu přispívají k dřívějším studiím, které nenašly významný vliv Ženšenu na svalovou bolest až 48 hodin po cvičení (Cristina-Souza et al., 2022; Pampa et al., 2013). Naše zjištění však také odporují předchozím studiím, kde bylo u účastníků s fibromyálií hlášeno významné snížení bolesti při suplementaci nízkými dávkami Ženšenu, tedy 100 mg/den po dobu 12 týdnů (Braz et al., 2013). Rozdíly ve výsledcích mohou být způsobeny dávkovým režimem a fyzickou diagnózou účastníků.

Druhým zkoumaným výstupním parametrem bylo RPE a do systematického přehledu byly zahrnuty čtyři studie. Výsledky ukazují, že efekt ve skupině, které byla podávána vysoká dávka Ženšenu nebyl signifikantní ve srovnání s placebem, což naznačuje, že ani vysoká ani nízká dávka Ženšenu neměla pozitivní vliv na RPE. Paralelní zjištění byla demonstrována v předchozích studiích, které zahrnovaly aerobní cvičení, kde RPE neprokázal žádnou významnou změnu (Allen et al., 1998; Engels & Wirth, 1997; Ping et al., 2011). Na druhé straně, v testu s použitím nízkých dávek Ženšenu byl pozorován okamžitý účinek u účastníků, kteří prokázali významně nižší RPE ve srovnání s placebem (Bhattacharjee & Bandyopadhyay, 2020). Také v některých studiích bylo použito anaerobní cvičení k měření RPE a bylo pozorováno významné snížení RPE (Caldwell et al., 2018). Rozdílné účinky mohou souviset s typem cvičení, protože RPE je vysoko korelován s HR, respiračí a ventilací během aerobního cvičení, zatímco RPE během

anaerobního cvičení je výrazně spojeno s kapacitou udržování pH v kosterním svalu (Gamberale, 1972, Lagally et al., 2002, Noble & Robertson, 1996, Scherr et al., 2013).

Třetím výstupním parametrem byla PPO a do systematického přehledu byly zahrnuty dvě studie. Data z těchto studií ukazují, že vysoké dávky Ženšenu neměli vliv na PPO ve skupině, kde byly podávány ve srovnání s placebem. Tento nedostatek vlivu na výkon může být způsoben nedostatečnou konzistencí typu cvičení prováděného v rámci studií. V některých studiích byl použit Wingate test k hodnocení PPO (Engels et al., 2003), zatímco v jiných byl použit cyklistický ergometr (Kulaputana, 2007). Většina studií však dospěla k závěru, že dlouhodobé podávání Ženšenu nemá významné přínosy pro výkon při cvičení u zdravých účastníků provádějících progresivní cvičení (Allen et al., 1998, Engels et al., 1996).

Čtvrtým výstupním parametrem byla srdeční frekvence (HR) a do systematického přehledu bylo zahrnuto šest studií. Výsledky tohoto průzkumu naznačují, že dávkování ve skupině, která užívala Ženšen, nevykazovala signifikantní rozdíly ve srovnání s placebem, což naznačuje, že ani vysoká ani nízká dávka Ženšenu neměly příznivý okamžitý účinek na srdeční frekvenci. Na druhé straně předchozí studie ukázaly, že krátkodobá suplementace nízkou dávkou Ženšenu může být využita k zlepšení srdeční frekvence během cvičení a následně kardiovaskulárního výdeje (Pieralisi et al., 1991; Zaheri & Marandi, 2016). Pozitivní výsledek by mohl být připisován rezistenčnímu tréninkovému režimu, který mohl zvýšit srdeční frekvenci (Chaudhary et al., 2010). Naše zjištění také podporují výsledky předchozích studií, kde okamžitá a krátkodobá suplementace nízkou nebo vysokou dávkou Ženšenu nenašla žádný signifikantní účinek na srdeční frekvenci (Allen et al., 1998; Eschbach et al., 2000; Ping et al., 2011; Wong et al., 2011). Autoři předpokládali, že účinné látky v Ženšenu nebyly účastníky efektivně absorbovány, což mělo negativní dopad na aktivní účastníky.

CK aktivita byla pátou měřenou veličinou tohoto systematického přehledu, do které byly zahrnuty tři studie. Krátkodobé podávání Ženšenu nemělo vliv na hladiny plazmatické CK ve skupině, které byl podáván Ženšen ve srovnání s kontrolní skupinou, které bylo podáváno placebo. Předchozí výzkumy zjistily, že podávání Ženšenu snižuje hladiny plazmatické CK, což naznačuje snížení poškození svalových vláken způsobeného během běhu na běžecím trenažéru s vysokou intenzitou (Chen et al., 2021; Hsu et al., 2005, Jung et al., 2011, Setamdideh & Atashak, 2017). Výzkumníci věří, že mechanismus pro



snížení poškození svalu způsobeného cvičením je antioxidační aktivita Ženšenu (Cheung et al., 2007, Hwang et al., 2007, Voces et al., 2004). Zjištění tohoto systematického přehledu jsou v souladu s výsledky předchozích studií, kde nebyl zjištěn žádný účinek Ženšenu na hladiny CK u dobře trénovaných mužských účastníků (Cristina-Souza et al., 2022, Pumpa et al., 2013).

Výkon při vertikálním výskoku byl šestým měřeným výstupem tohoto systematického přehledu. Výsledky ukazují, že krátkodobé doplňování Ženšenu mělo významný vliv na výkon při vertikálním výskoku ve srovnání s kontrolní skupinou. Současné údaje nepotvrdily závěry dřívějšího výzkumu, při kterém byly využívány anaerobní hodnocení jako výkonová měřítka, nicméně nebyl u účastníků užívající Ženšen zjištěn žádný ergogenní dopad ve srovnání s kontrolní skupinou (Jung et al., 2020, Engels et al., 2003, 2001, Engels & Wirth, 1997). Nedostupnost více dat o výkonu při vertikálním výskoku by mohl vysvětlovat, proč bylo toto zjištění významné.

Sedmým měřeným výstupem bylo  $VO_2$  max a do systematického přehledu byly zahrnuty čtyři studie měřící tento parametr. Zjistili jsme, že dlouhodobé užívání Ženšenu ve vysoké dávce nemá v porovnání s kontrolní skupinou žádný významný vliv na maximální spotřebu kyslíku v porovnání se skupinou, kde byl suplementován Ženšen. Nedávná metaanalýza ukázala, že Ženšen nemá účinnost při zlepšování fyzického výkonu (Bach et al., 2016). Na rozdíl od toho však některé studie zjistily pozitivní účinek Ženšenu na zlepšení  $VO_2$  max (Chen et al., 2021, Gross et al., 2002, Michael et al., 2005, Lee et al., 2018). Je pravděpodobné, že rozdílné výsledky jsou způsobeny rozdíly v typu užitého Ženšenu, fyzickém stavu účastníků, typu a intenzitě prováděného cvičení.

Dalším důvodem pro nedostatek statisticky významných výsledků při fyziologických a fyzických měřeních po doplňování Ženšenu může být přítomnost stropních efektů u sportovců a fyzicky aktivních účastníků. Sportovci mají na začátku vyšší fyziologické a fyzické hodnoty než běžní lidé. Vzhledem k omezené velikosti účinku může tento stropní efekt omezit terapeutickou odpověď. Nicméně u lidí s více onemocněními lze pozorovat opačný efekt, protože jejich vnímání na změny v těchto parametrech je větší.

Tvorba tohoto systematického přehledu, který zkoumá účinek Ženšenu na fyzický výkon a fyziologické parametry, má několik omezení. Třináct studií zahrnutých do této metaanalýzy použilo výrazně odlišné protokoly pro suplementaci Ženšenu. Protože neexistují konkrétní protokoly pro zlepšení fyzického výkonu a fyziologických

parametrů, výsledek je méně pravděpodobně konzistentní. Navíc systematický přehled nebyl specifický pro konkrétní sport, a proto se vzorek suplementace může lišit v různých sportech. Třetím omezením tohoto přezkoumání je, že jsme omezovali studie pouze na anglický jazyk, což by mohlo vést k jazykovému zkreslení. Nakonec měly některé zahrnuté studie malý vzorek a heterogenitu. Pro další porozumění jsou potřeba vysoko kvalitní studie s doporučenými protokoly a zaměřením na konkrétní atletické populace. Navrhujeme standardizovat metodologickou kvalitu budoucích studií na Ženšen.

## 7.4 Zhodnocení

Vyřešení kontroverze ohledně dávkování a ergogenního účinku mezi lékaři, trenéry a sportovci je důležité, protože v této oblasti sportovní vědy panuje mnoho zmatku. Pro řešení tohoto problému byl proveden strukturovaný systematický přehled fyziologických a fyzických parametrů, aby se získalo další pochopení v této oblasti sportovní vědy. Výsledek tohoto přehledu prokázal významné zlepšení ve výkonnosti vertikálního skoku s vysokou dávkou (> 300 mg) Ženšenového doplňku stravy v krátkodobém horizontu (<4 týdny). Jiné výsledky fyzického výkonu, konkrétně VAS a PPO, prokázaly nesignifikantní účinky Ženšenu v porovnání s placebem. Fyziologické měření CK má inverzní vztah s kardiopulmonální dynamikou SR a  $VO_2$ . Nebyly nalezeny signifikantní účinky Ženšenu oproti placebo pro CK (krátkodobě),  $VO_2$  (dlouhodobě a vysokou dávkou) a SR (okamžitě, vysokou i nízkou dávkou). Kromě toho další fyziologické měření RPE poskytlo nesignifikantní výsledek pro dávkovou odezvu a krátkodobé účinky Ženšenu. Tento systematický přehled nastínil další důkazy týkající se dávkování Ženšenu (množství a délka), které jsou potřebné k dosažení fyzických a fyziologických zisků u sportovců a fyzicky aktivní populace. Dávkování je složitý proces, který zahrnuje manipulaci s proměnnými, jak bylo diskutováno v tomto přehledu. Výsledky odezvy na dávku a efektu mohou být konzultovány doktory a trenéry, aby předspsali vhodnou suplementaci Ženšenu a dosáhli požadovaných výsledků. K překonání omezení by měly být v budoucnosti provedeny další metodologicky dobře navržené studie zkoumající dávkování a účinky Ženšenu. Současný výzkum týkající se suplementace Ženšenu se neustále vyvíjí. Výsledky tohoto systematického přehledu mají význam, protože mohou sloužit jako průvodce pro trenéry ohledně suplementace a dávkování Ženšenu jako ergogenního doplňku stravy. Ženšen zkoumaný v tomto přehledu je široce dostupný a v současné době legální v mezinárodních soutěžích. V současné době neexistují žádné

dlouhodobé studie zkoumající dlouhodobé užívání doplňků Ženšenu u sportovců a aktivních dospělých. Trenéři musí zvýšit své povědomí o používání Ženšenu jako ergogenní látky, protože účinky popsané v této studii se vztahují pouze na dospělé osoby, které se zabývají fyzickou aktivitou a sportem (trénující více než 12 hodin týdně a účastníci se sportu déle než tři roky). V praxi je tedy doporučeno implementovat doplňování Ženšenu ve vysokých dávkách pro sportovce, pokud je to možné, pro zlepšení výkonu na krátkodobé bázi.

## 8 Systematický přehled *Rhodiola rosea* (Rozchodnice růžová) a její vliv na sportovní výkon

*Rhodiola rosea*, je rostlina z čeledi tlustolistovitých, která se nachází převážně v oblastech s vysokou nadmořskou výškou v Evropě a Asii (Kelly, 2001). V tradiční lidové medicíně se *Rhodiola rosea* používá k léčbě únavy a dříve bylo prokázáno, že má neuromodulační a antidepresivní účinky (Perfumi & Mattioli, 2007). Také se uvádí, že pomáhá zvládat různé psychologické a fyziologické stresory (Mironova & Neumoin, 2000). Toto zjištění má důležitý význam při definování *Rhodioly rosei* jako "adaptogenu", protože může zvýšit schopnost organismu vyhnout se poškození a usnadnit adaptaci na stresory prostředí, včetně oxidačního stresu, úzkosti a fyzického cvičení (Wikman & Wagner, 1999).

Předchozí výzkumy většinou zkoumali *Rhodiolu roseu* jako potenciální ergogenní bylinu pro zlepšování fyzické výkonnosti. Abidov et al., (2003) prokázali, že potkani, kterým byl podáván extrakt z *Rhodioly rosei* po dobu 6 dnů plavali déle a měli delší čas do vyčerpání během nuceného cvičebního testu ve srovnání s kontrolními zvířaty. Další zkoumání fyziologických mechanismů zodpovědných za tento nárůst výkonu odhalilo, že obsah mitochondriálního ATP byl vyšší v kosterním svalu u zvířat, kterým byl podáván extrakt z *Rhodioly rosei* po cvičení, což naznačuje roli RR v re syntéze ATP a homeostázi energie (Abidov et al., 2003).

Výtažky z *R. rosea*, hlavně ve formě vodno-alkoholových tinktur nebo extraktu ze suchého kořene, jsou nyní standardizovány jako ro-saviny a salidrosid. I když jsou rosaviny nyní akceptovanou účinnou látkou *R. roseai* (a její extrakty), nejsou nezbytně jedinými farmakologicky aktivními složkami zodpovědnými za účinnost pozorovanou v klinických studiích. Skutečná identifikace sloučenin zodpovědných za mnoho zdravotních přínosů *R. roseai* stále není potvrzena. Extrakt *R. rosea* používaný většinou klinických studií byl standardizován na minimálně 3 % rosavinů a 0,8 % až 1 % salidrosidů, protože přirozený poměr těchto sloučenin v kořeni *R. rosea* je přibližně 3:1. (Lee et al., 2000).

V *R. rosea* a příbuzných druzích byly identifikovány různé antioxidanty, včetně p-tyrosolu, organických kyselin (kyseliny gallové, kyseliny chlorogenové) a flavonoidů (katechinů a proantokyanidinů (Ohsugi et al., 1999). glykosidické sloučeniny (rhodiolin,

rosin, rosavin, rosarin a rosiridin) a p-tyrosol se považují za nejdůležitější rostlinné složky potřebné pro terapeutickou aktivitu (Brekhman & Dardymov, 1969). Obsah salidrosidu a p-tyrosolu v kořenových vzorcích získaných z různých oblastí v Číně se ukázal být v rozmezí od 1,3 mg / g do 11,1 mg / g a od 0,3 mg / g do 2,2 mg / g (Linh et al., 2000). Tyto 2 sloučeniny byly nalezeny ve všech druzích *Rhodiola*, které byly zkoumány; avšak ostatní aktivní glykosidy, včetně rosavinu, rosinu a rosarinu, nebyly nalezeny ve všech zkoumaných druzích *Rhodiola*. Vzhledem k této variaci u rodu *Rhodiola* závisí ověření *R. rosea* pomocí vysokoúčinné kapalínové chromatografie (HPLC) a na obsahu dalších glykosidů. Rosavin je účinná látka, která je v současné době vybrána k standardizaci extraktů (Boon-Niermeijer et al., 2000).

Tradiční Sibiřané používali *R. rosea* ke zvýšení fyzické výkonnosti, produktivity práce, dlouhověkosti, odolnosti vůči nemocem z vysokých nadmořských výšek a k léčbě únavy, deprese, anémie, impotence, gastrointestinálních potíží, infekcí, nervových poruch, nachlazení, chřipky, tuberkulózy, rakoviny, kýly, hysterie, astenie, nespavosti, schizofrenie, sexuálních dysfunkcí zejména u mužů, bolestí hlavy, kurdějů a zánětů. Extrakt z kořene *R. rosea* obsahuje silné adaptogeny. Výzkum ukázal, že chrání zvířata a lidi před duševním a fyzickým stresem, toxiny a chladem (Khanum et al., 2005).

Studie Abidov et al. (2003) věnovaná účinkům *R. rosea* ukázala, že malé dávky (100 až 150 mg/den) a střední dávky (200 až 600 mg/den) mají stimulační účinek, jako je prodloužení doby, po kterou myši mohou plavat. Naopak větší dávky (>600 mg/den) vykazují spíše sedativní účinky. Malé dávky zvyšují bioelektrickou aktivitu mozku, pravděpodobně přímo působením na vzestupnou a sestupnou retikulární formaci mozkového kmene (Kurkin & Zapesochnaya, 1985).

Účinky *R. rosea* můžeme rozdělit na dvě fáze:

- (1) stimuluje neurotransmitery, jako jsou adrenalin, dopamin, serotonin a nikotinové cholinergní účinky v centrálním nervovém systému
- (2) zvyšuje účinky těchto neurotransmiterů v mozku zvyšováním propustnosti krevní mozkové bariéry pro prekurzory DA a 5-HT (Petkov et al., 1986).

Uvolňování noradrenalinu, serotoninu a dopaminu ve vzestupné dráze mozkového kmene aktivuje mozkovou kůru a limbický systém. V důsledku toho bylo zjištěno, že mozkové

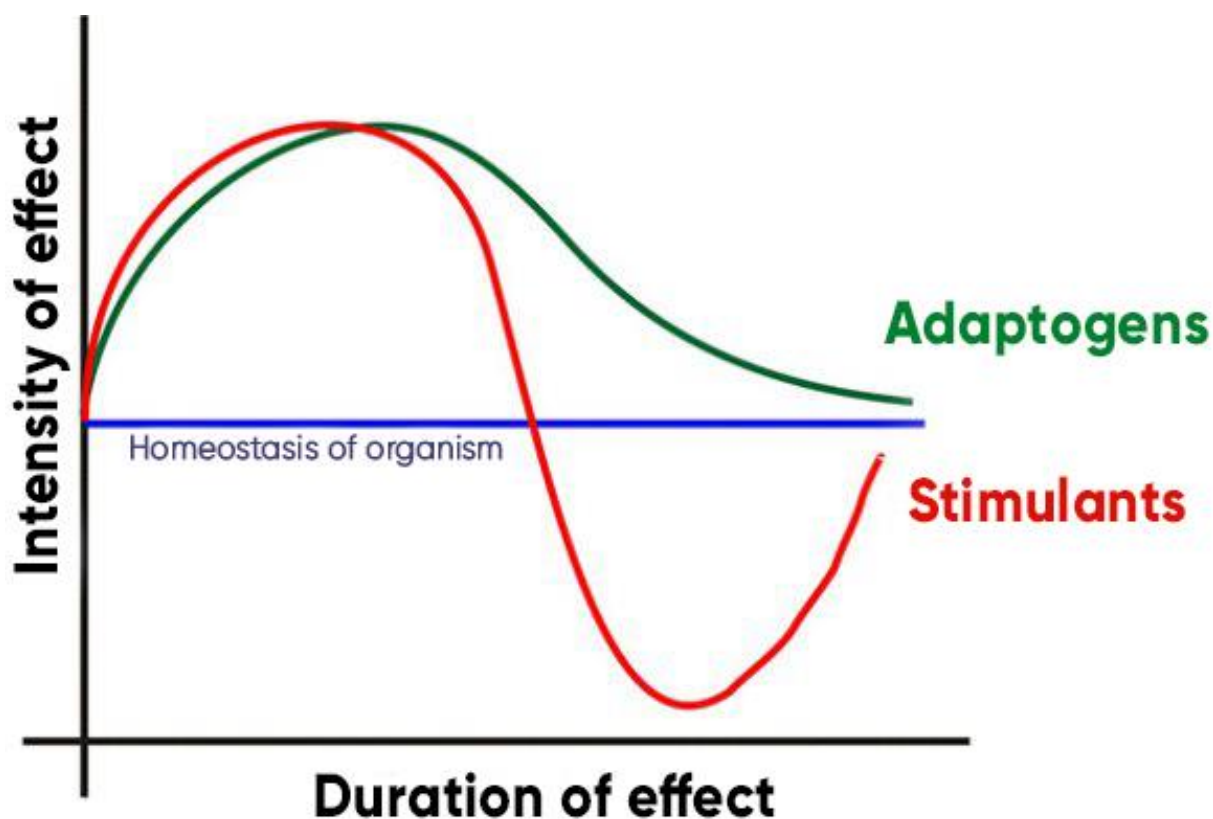
funkce (myšlení, analýza, hodnocení, kalkulace a plánování) a funkce mozkové kůry pozornost, paměť, učení jsou zlepšeny (Kurkin & Zapesochnaya, 1985).

Dvojitý účinek stimulace kognitivních funkcí a emočního uklidnění přináší výhody jak pro okamžité kognitivní a paměťové výkony, tak i pro dlouhodobou ochranu funkce mozku. Krasik et al., (1970) zkoumali psychostimulační účinky R. rosea u 53 zdravých jedinců a 412 pacientů s neurozami a astenickými syndromy funkčního i organického původu. Symptomy astenie (únava, pokles pracovní kapacity, ospalost, špatná chuť k jídlu, podrážděnost a bolesti hlavy) reagovaly příznivě na R. rosea 50 mg 3x/den. Délka léčby se pohybovala od 10 dnů do 4 měsíců. Astenické stavy zahrnovaly jak psychiatrické, tak i fyzické, například po chřipce nebo jiné nemoci. V otevřené studii u 128 pacientů ve věku 17 až 55 let R. rosea zmírnila únavu, podrážděnost, rozptýlenost, bolesti hlavy, slabost a další vegetativní symptomy u 64 % případů. Zlepšení bylo hodnoceno psychologickým testováním a produktivitou práce. (Krasik et al., 1970).

Adaptogeny se liší od ostatních stimulantů během nuceného vyčerpávajícího svalového výkonu. S klasickými stimulanty následuje po počátečním zvýšení výkonnosti období výrazného snížení výkonu (výrazně pod průměrem). Opakované užívání stimulantů centrálního nervového systému vyčerpává katecholaminy v mozku a snižuje podmíněné reflexy. Na rozdíl od stimulantů, po extraktech R. rosea následuje na počáteční nárůst výkonnosti menší snížení, takže výkonnost zůstává nad průměrem (Panossian et al., 1999).

Studie na zvířatech naznačují mechanismy, které by mohly být zapojeny do těchto účinků. R. rosea zvyšuje významné energetické metabolity, adenosintrifosfát (ATP) a kreatinfosfát v mitochondriích svalů a mozku myši, které plavou do vyčerpání. Může také zlepšit opětovné vstřebávání amoniaku a metabolismus energie buňky zvýšením syntézy ATP, ribonukleové kyseliny (RNA), proteinů a aminokyselin (Huang, 2009)

Graf 1 - Graf znázorňující intenzitu působení adaptogenu v čase, ve srovnání s intenzitou působení klasického stimulantu, zdroj: Domene et al., (2013)



## 8.1 Metodika

Tento systematický literární přehled se zabývá účinky suplementace rhodioly rosei na sportovní výkon. Jako základ byla použita metodika PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses), aby byla zvýšena kvalita hodnocení možných rizik v tomto výzkumu. PRISMA statement má poskytnout robustní strukturu pro systematický a transparentní přehled studií požadovaného předmětu. PRISMA statement se skládá ze 27 položek, které je nutné postupně dodržovat, aby byla zajištěna kvalita přehledu.

### 8.1.1 Vstupní kritéria

Vstupní kritéria pro tento systematický přehled byla následující:

1. klinické studie (randomizované nebo ne) u zdravých žen a mužů.
2. články, které byly publikovány od roku 1990 do roku 2022.

3. pouze studie, které byly publikovány v anglickém jazyce.
4. studie, které hodnotily účinek suplementace Rhodiolou roseou ve srovnání s kontrolní skupinou nebo s opakovanými měřeními.
5. studie, které hlásily účinky na proměnné související s fyzickým výkonem (např. síla svalů, VO<sub>2</sub>max, únava svalů, únava a fyzická regenerace).
6. Studie, které neodpovídaly původnímu výzkumu (např. poznámky, recenze, disertace atd.) nebo nezahrnovaly dospělé zdravé jedince (např. děti, starší osoby atd.), byly vyloučeny.

### **8.1.2 Zdroje informací**

K prozkoumání literatury na dané téma byly použity následující volně přístupné výzkumné databáze: PubMed/Medline, ScienceDirect a Google Scholar.

### **8.1.3 Strategie vyhledávání**

K vyhledání vhodných studií a článků byla použita následující klíčová slova:

Rhodiola, Rhodiola rosea, Dietary Supplements, Supplement, Food Supplements, Herbal, Food, Supplementation, Sport, Athletics, Sport Performance, Muscle Strenght, Exercise, Physical, Testosterone,

Pro nalezení klíčových zdrojů byla tato slova obměňována a kombinována ve formě synonym.

### **8.1.4 Selekcce studií**

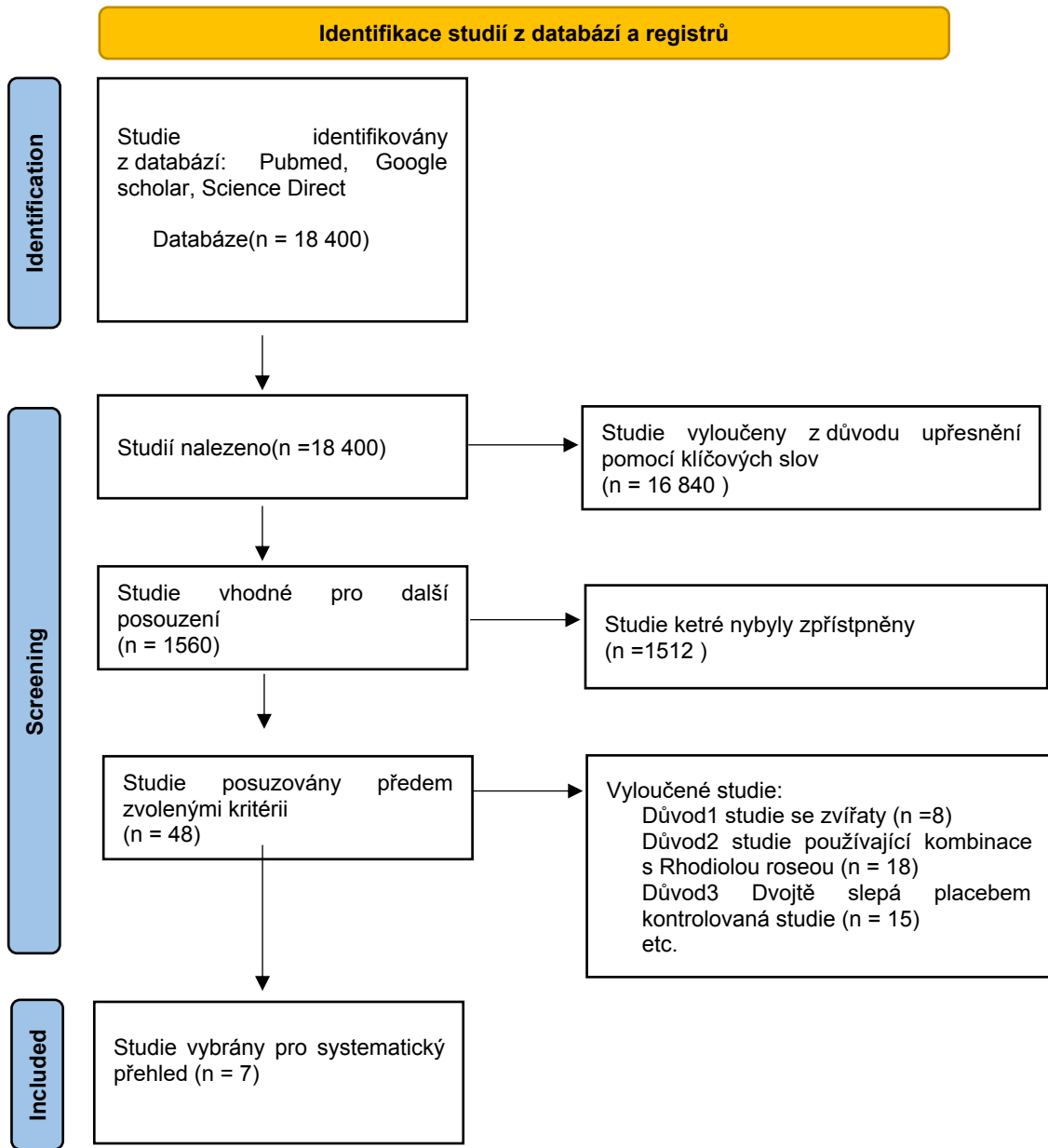
V předem stanovených databázích pro vyhledávání byly provedeny výběry článků, které se zabývají odpovídajícím tématem. Z 18 400 nalezených článků a po odstranění duplicitních článků nalezených ve více než jedné databázi, kde počet 18 400 článků zůstal, bylo provedeno vyhodnocení přípustnosti.

16 840 článků bylo vyloučeno, protože nespĺňovaly parametry zájmu tohoto systematického přehledu, stejně jako studie, které používaly jiné látky ve spojení s Rhodiolou roseou, studie s osobami s chronickými onemocněními a studie se zvířaty.

Nakonec zůstalo 13 zbývajících článků, které splňovaly všechna předem stanovená kritéria pro tuto systematický přehled. Schéma thoto vyhledávání můžete vidět v diagramu č.4



Obrázek 10 - Diagram č. 4



Zdroj: PRISMA

Tabulka 4 – Systematický přehled studií a jejich výsledků Rhodiola rosa (převzato a upraveno podle, Darbinyan 2000, Abidov 2004, De Bock 2004, Walker 2007, Williams 2022, Olsson 2008, Shevstov 2003)

Studie	Země	Účastníci	Placebo	Podávaná látka	Množství (mg/den)	Trvání studie (týdny)	Testovací cvičení	Testované parametry	Výsledek
Darbinyan (2000)	USA	Zdraví dospělí (lékaři) (n-50)	Ano	RR extrakt	170mg	2	škála únavy	Únava	+
Abidov (2004)	Rusko	Zdraví dospělí (n-36)	Ano	RR extrakt (Rosavin)	340 mg	4	Ciklistický ergometr	Hladina CK, CRP v krvi	-
De Bock (2004)	Belgie	Trénovaní muži (n-24)	Ano	RR extrakt	100mg	4	Ciklistický ergometr ,reakční čas, extenze v koleni	VO2 max Síla dolních končetin	+
Walker (2007)	USA	Trénovaní muži (n-12)	Ano	RR extrakt	1500mg	4 dny	Síla stisku v izometrické kontrakci	Síla stisku Borgova škála	+
Williams (2022)	USA	Zdraví a aktivní muži (n-10)	Ano	RR extrakt	1500mg	3dny	Bench press, Sprinty	Síla na 1Rm % bench press 40, 60,75 Laktát VO2 max	-
Olsson (2008)	Švédsko	dospělí muži a ženy (n-60)	Ano	RR extrakt	144mg	4	Škála únavy Ciklistický ergometr	Únava Vo2 max	+
Shevstov (2003)	Rusko	Dospělí vojenští kadeti (n-121)	Ano	RR extrakt	370mg	2	Testy mentální kapacity	Paměť, pozornost	+

## **8.2 Měřené parametry a jejich výsledky**

### **8.2.1 Regenerace**

Studie Abidov (2004) zkoumala regeneraci svalů u 30 dospělých jedinců měřením hladin C-reaktivního proteinu (CRP) a kreatinkinázy (CK) v krvi. Subjekty podstoupily vyčerpávající fyzický test, který spočíval v jízdě na ergometru s výkonem 20 W s postupným zvyšováním výkonu o 10 W/min až do dobrovolného vyčerpání (tj. subjekt již nebyl schopen se pohybovat s frekvencí 60 otáček za minutu). Výsledky naznačují, že R. rosea významně snižuje hladiny CRP po 5 hodinách i 5 dnech po testu. Nepříznivé účinky nebyly hlášeny.

Studie Walker (2007) zkoumala účinek R. rosea na výkonnost při cvičení u dvanácti jedinců mužského pohlaví. Subjekty užívaly R. roseau, nebo placebo po dobu 3 dnů před měřením výsledků fyzického testu a další dávku v den test. Primárním výstupem byla regenerace svalů měřená hladinami ATP a sekundárními výstupy byly doba výkonu a vnímaná únava. Všechny výstupy byly měřeny v průběhu fyzického testu a během regenerace. Mezi skupinami nebyl zaznamenán významný rozdíl v hladinách fosfokreatinu a ATP po dobu výkonu a vnímání únavy. Nebyla zmíněna žádná nepříznivá událost ani odstoupení.

### **8.2.2 Svalová síla**

Williams (2022) zkoumala účinky R. rosea u 10 zdravých dospělých mužů, jako hlavní výstupy byly použity parametry jako svalová síla a anaerobní kapacita. Bylo zjištěno, že krátkodobé podávání R. rosea zvyšuje počet opakování na benchpress 60 % 1RM. Zatímco krevní LA se během cvičení zvýšil u obou skupin R. rosea i placebo. LA po cvičení byl s R. rosea vyšší. Tyto výsledky naznačují, že krátkodobé doplnění R. rosea zvyšuje výkon při provádění cvičení kde je zapotřebí explozivní síla. R. rosea však může snižovat sílu v izometrické kontrakci a zvyšuje krevní LA po cvičení.

Výsledky této studie ukazují, že krátkodobé doplnění R. rosea vedlo k významnému zvýšení střední rychlosti činky o 8 % ve srovnání s placebem. Dále bylo pozorováno zlepšení anaerobní síly během opakovaných testů anaerobního sprintu Wingate s identickým dávkovacím režimem R. rosea.

Ve studii De Bock (2004) byly zkoumány akutní a dlouhodobé účinky *R. rosea* na výkon při cvičení. V této studii byla hlavním výstupem kapacita vytrvalosti, síla svalů, rychlost pohybu končetin a reakční čas.

Tři z šesti parametrů kapacity vytrvalosti (čas do vyčerpání, příjem kyslíku a výdej oxidu uhličitého) se signifikantně zlepšily ve skupině *R. rosea*. V ostatních měřených parametrech (síla svalů, rychlost pohybu končetin a reakční čas) nebyl mezi skupinou, které byla podávána účinná látka a které bylo podáváno placebo pozorován rozdíl.

Ve studii De Bock (2004) jeden účastník na *R. rosea* v průběhu suplementace odstoupil z důvodů nesouvisejících s protokolem studie (důvod nebyl uveden). Jeden subjekt, se silnými bolestmi hlavy během akutní suplementace a jeden s mírnými bolestmi hlavy během dlouhodobé suplementace. Jeden subjekt zažil mírnou bolest hlavy a další trpěl nespavostí během dlouhodobé suplementace *R. rosea*.

### **8.2.3 Mentální únava**

Olsson (2008) ve své studii hodnotil účinnost extraktu z *R. rosea*, SHR-5, při únavě způsobené stresem. Šedesáti subjektům bylo podáváno 576 mg přípravku z *R. rosea* nebo placebo denně po dobu 28 dnů. Mentální únava byla měřena pomocí Pines burnout škály a byla primárním výstupem. Dalšími hodnocenými výstupy byla deprese, která byla hodnocena pomocí (Montgomery-Asbergovi škály), kvalita života (krátký dotazník z medicínských výstupů, SF-36), pozornost (počítačový test kontinuálního výkonu Conners II, CCCPT II) a únavový efekt (měřený hladinou kortizolu po probuzení). Všechny výstupy byly měřeny před a po dobu léčby. Skóre Pines burnout škály a dva z pěti indexů CCCPT II se zlepšily ve prospěch *R. rosea*. I když výzkumníci závěrem uvádějí, že výsledky sledování byly vynechány pro nejméně 5 účastníků kvůli fyzické ztrátě dat a odchylkám v protokolu. Analýzy podle protokolu (tj. analýzy pouze u účastníků, kteří dodržovali protokol po celou dobu studie) mohou nadhodnocovat účinek léčby, pokud jsou důvody pro neúplná data spojeny s účinkem léčby. V tomto případě však není uvedeno, jaké "odchylky v protokolu" nastaly. Během období studie se nevyskytly žádné nežádoucí účinky.

Darbidian (2000) zkoumal ve své studii účinky *R. rosea* na 56 arménských lékařích s cílem zjistit, zda má vliv na nekonkrétní únavu. Účastníci byli rozděleni do dvou skupin. První, která užívala 170 mg *R. rosea* (standardizovaného na 2,6 % salidrosidu).

Druhá, které bylo podáváno placebo. Studie trvala dva týdny, následované dvoutýdenní odpočinkovou dobou, po které byli účastníci vyměněni na další dva týdny. Primárním výstupním parametrem byla úroveň únavy, měřená pomocí indexu únavy vyvinutého pro tuto studii, avšak nástroj nebyl ověřen. Měření byla prováděna před a po experimentálním období. Autoři uvedli, že po dvoutýdenní suplementaci *R. rosea* došlo k významnému zlepšení indexu únavy. Protože není možné jejich analýzu replikovat a potvrdit, výsledky této studie musí být interpretovány jako nedostatečné. Autoři uvádějí, že nedošlo k žádným nežádoucím účinkům, ale nebylo zaznamenáno, zda někdo ze studie vypadl.

Abidov (2004) hodnotil ve své studii účinek dvou různých dávek *R. rosea* na mentální únavu. Výzkum byl proveden ve 4:00 ráno, když účastníci pracovali na noční směně. Kapacita pro mentální práci, měřená pomocí neznámého únavového indexu a pulzního tlaku, byla hodnocena před noční službou a jednu hodinu po užití *R. rosea*. Po užití *R. rosea* byl vyplněn dotazník hodnotící všeobecný stav pohody. Únavový index byl složen ze tří parametrů: vizuálního vnímání, krátkodobé paměti a vnímání pořadí. Zlepšení ve prospěch obou dávek *R. rosea* bylo patrné v únavovém indexu, pro ostatní výsledky nebyly zaznamenány významné rozdíly mezi skupinami. Způsob randomizace nebyl jasný. Jeden subjekt ve skupině s placebem zažil hypersalivaci, zda došlo k odstoupení ze studie nebo k nepříznivým účinkům, nebylo hlášeno.

### **8.3 Diskuze**

I když 7 z 7 zahrnutých studií jsou dvojitě slepé placebem kontrolované studie neexistuje dostatek důkazů pro zhodnocení účinnosti *Rhodioly rosea* při fyzické nebo duševní únavě. Randomizované dvojitě slepé studie jsou moderním zlatým standardem pro hodnocení účinnosti podávaných preparátů. Studie Abidov (2004), Darbinyan (2000) a De Bock (2004) zkoumaly *R. rosea* pro zlepšení duševního výkonu bylo v nich naznačeno, že bylina může být účinná při zlepšování celkového zdraví u duševně unavené populace. Nicméně u dvou těchto studií se zdá, že nebyly použity ověřené metody měření únavy, což ztěžuje posouzení platnosti jejich zjištění. Zbývající studie nabídly nejasné nebo negativní výsledky ohledně zvýšení fyzického výkonu. Je nutné provést další důkladné studie, aby bylo možné určit účinek *R. rosea* na duševní únavu a sportovní výkonnost.

R. rosea prokázala velmi nízký výskyt vedlejších účinků a nízkou klinickou toxicitu. I když nebyly identifikovány žádné kontraindikace s jinými bylinnými nebo lékovými přípravky, je důležité zvážit, že R. rosea může mít synergicky účinek s jinými látkami projevujícími stimulační vlastnosti. Stejně jako u mnoha přírodních produktů pro zdraví je pravděpodobnost adekvátního hlášení nežádoucích účinků nižší než u konvenčních léků. Klinické studie uvádějí, že produkty obsahující pouze R. rosea se dávkují v rozmezí 50 mg až 660 mg na kapsli, s maximální denní dávkou 1500 mg, což naznačuje velký bezpečnostní rozptyl. Studie uvádějící pozitivní účinky R. rosea na fyzickou výkonnost uvádějí dávky 200 mg/den a 680 mg/den, a ty, které hlásí pozitivní účinky na mentální únavu, uvádějí dávky v rozmezí 100-576 mg/den.

Současný důkaz o účinnosti R. rosea je protichůdný a nedostatečný. Je třeba navrhnout metodicky standardizované studie, které umožní získat data s dostatečnou interní validitou. Tyto studie mohou pomoci informovat trenéry, tvůrce suplementů poskytovatele zdravotní péče a veřejnost o účinnosti doplňování R. rosea pro fyzický a duševní výkon.

## **8.4 Zhodnocení**

Rhodiola rosea, také známá jako zlatý kořen, je rostlina s adaptogenní aktivitou, která může ovlivňovat několik fyziologických mechanismů, stimuluje metabolismus, podporuje využívání mastných kyselin, má ergogenní funkci a zvyšuje odolnost těla při fyzickém namáhání. Nicméně, předpokládaná ergogenní funkce R. roseai stále není vyjasněna. Studie použité pro tento systematický přehled mají rozporuplné výsledky. Studie De Bock (2004) prokázala že akutní podání RR může zlepšit výkon při vytrvalostním cvičení u lidí. Abidov (2004) ve své studii prokázal, že doplňování R. roseai (170 mg/den po dobu 4 týdnů) u dobře trénovaných mužských sportovců nedokázalo významně zlepšit všechny sledované výkonnostní ukazatele. Nebylo zaznamenáno žádné zlepšení srdečního tepu nebo VO<sub>2</sub>max. Hodnocení intenzity, únavy a úsilí, které sportovci vnímali během testu, vyhodnocené pomocí Borgovy stupnice, bylo v podstatě stejné po podání R. roseai nebo placebo.

Navrhovaný ergogenní efekt R. roseai by mohl být způsoben zlepšením spotřeby sacharidů a mastných kyselin. Čtyřtýdenní podávání R rosei, bylo schopné snížit hladiny mastných kyselin jak během výkonu, tak v době zotavení. Tento účinek by mohl být

vysvětlen lepším využíváním mastných kyselin, vedoucím k úspoře glykogenu, indukovanou podáním *R. rosei*. Tento mechanismus může usnadnit zotavení po fyzickém cvičení. Je všeobecně známo, že mírná fyzická aktivita má mnoho příznivých účinků, ale akutní cvičení může způsobit poškození kosterního svalu zvýšením produkce reaktivních kyslíkových radikálů a spotřebou antioxidantů. Změny v redoxním stavu způsobené zvýšenou produkcí volných kyslíkových radikálů nebo sníženou aktivitou antioxidantů mohou vést k oxidačnímu stresu, který může narušit fyzickou výkonnost. Studie použité pro tento systematický přehled naznačují, že *R. rosea* dokáže snížit produkci volných radikálů a tím zlepšit fyzickou výkonnost.

Je potřeba více vědeckých výzkumů, aby byly potvrzeny preventivní a léčebné přínosy *R. rosea*. Jsou nutné kontrolované studie, které by prozkoumaly její použití jako antidepresivum, při poruchách paměti a kognice, při poruchách pozornosti, hyperaktivity, při traumatu mozku, Parkinsonově chorobě, ochraně před srdeční arytmií, v oblasti sportovní výkonnosti, v letectví a kosmické medicíně (zvyšování fyzické a mentální výkonnosti a snižování stresových reakcí).

## 9 Závěr

V této diplomové práci byly zkoumány adaptogeny, konkrétně Ženšen, Vitanie snodárná a Rhodiola rosea, v kontextu zlepšování fyzického a psychického výkonu. Cílem práce bylo přiblížit mechanismy působení těchto adaptogenů v lidském organismu, ověřit vliv adaptogenů na lidský organismus a zhodnotit jejich potenciál pro podporu sportovní výkonnosti na základě dostupných studií. Při přiblížení mechanismů působení bylo prokázáno, že adaptogeny mají schopnost regulovat stresové hormony a podporovat homeostázu organismu, což může vést k celkovému zlepšení zdraví a pohody. Konkrétně bylo prokázáno, že Vitanie snodárná má schopnost snižovat hladinu kortizolu, což může mít pozitivní vliv na psychickou pohodu a snižovat úzkost a stres. Rhodiola rosea zase může pomoci snížit únavu a zlepšit výkonnost. Při ověřování vlivu adaptogenů na lidský organismus byly zjištěny rozporuplné výsledky. Některé studie použité v této práci neprokázaly účinnost všech zkoumaných adaptogenů. Nicméně, mnoho studií naznačilo, že adaptogeny mohou mít významný vliv na lidský organismus. Vitanie snodárná a Rhodiola rosea byly například spojeny se zlepšením nálady, snížením únavy a zvýšením fyzické výkonnosti. V kontextu sportovní výkonnosti byl vliv adaptogenů ověřen na základě dostupných studií. Rhodiola rosea byla spojena se zlepšením fyzické výkonnosti a vytrvalosti. Nicméně, i když některé studie naznačují, že adaptogeny mohou pomoci zlepšit sportovní výkon, je nutné provést další výzkum a ověřit účinnost konkrétních adaptogenů a jejich vhodné dávkování a kombinace s dalšími látkami. V budoucnosti by adaptogeny mohly být využity k podpoře sportovní výkonnosti a zlepšení celkového zdraví a pohody. Nicméně, aby bylo možné efektivně využít jejich potenciálu, je nutné provést další výzkum a ověřit účinnost konkrétních adaptogenů a jejich dávkování. Vzhledem k tomu, že adaptogeny byly v tradiční medicíně využívány již po staletí, jejich možné využití by mohlo být široké. Může se jednat o podporu zdraví a vitality všech věkových skupin, včetně sportovců a profesionálních atletů. Dále by se mohly adaptogeny použít při léčbě některých zdravotních obtíží, jako jsou například stres, úzkost, deprese a únavový syndrom. Výsledky této práce tedy naznačují, že adaptogeny mohou mít určité pozitivní účinky na lidský organismus a sportovní výkon, avšak jejich účinnost a bezpečnost vyžadují další výzkum a zkoumání.



## 10 Literatura:

Abidov, M., Crendal, F., Grachev, S., Seifulla, R., & Ziegenfuss, T. (2003). Effect of extracts from *Rhodiola rosea* and *Rhodiola crenulata* (Crassulaceae) roots on ATP content in mitochondria of skeletal muscles. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 136(6), 585–587.

Abidov, M., Grachev, S., Seifulla, R. D., & Ziegenfuss, T. N. (2004). Extract of *Rhodiola rosea* radix reduces the level of C-reactive protein and creatinine kinase in the blood. *Bulletin of experimental biology and medicine*, 138(1), 63-64.

Armstrong, R. B., Ogilvie, R. W., & Schwane, J. (1983). Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 54(1), 80–93.

Asea A, Kaur P, Panossian A, Wikman G. Evaluation of molecular chaperons Hsp72 and neuropeptide Y as characteristic markers of adaptogenic activity of plant extracts. *Phytomedicine*. 2013;20:1323-1329.

Bahrke MS, Morgan WP. Evaluation of the ergogenic properties of ginseng. *Sports Med*. 1994;18:229–48.

Bahrke MS, Morgan WP. Evaluation of the ergogenic properties of ginseng. *Sports Med*. 1994;18:229–48.

Bach, H. V., Kim, J., Myung, S. K., & Cho, Y. A. (2016). Efficacy of ginseng supplements on fatigue and physical performance: A meta-analysis. *Journal of Korean Medical Science*, 31(12), 1879–1886.

Baird, M. F., Graham, S. M., Baker, J. S., & Bickerstaff, G. F. (2012). Creatine kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2012.

Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Running economy: Measurement, norms, and determining factors. *Sports medicine-open*, 1(1), 1–15.

Block, K.I. and Mead, M.N., 2003. Immune system effects of echinacea, ginseng, and astragalus: a review. *Integrative cancer therapies*, 2(3), pp.256-257.

- Boon-Niermeijer, E. K., Van den Berg, A., Wikman, G., & Wiegant, F. A. C. (2000). Phyto-adaptogens protect against environmental stress-induced death of embryos from the freshwater snail *Lymnaea stagnalis*. *Phytomedicine*, 7(5), 389-399.
- Borg, G. A. V. (1961). Perceived exertion in relation to physical workload and pulse rate. *K. Fysiogr. Saellsk. Lund. Foerh*, 31, 105–115.
- Brekhman II, Dardymov IV. New substances of plant origin which increase nonspecific resistance. *Annu Rev Pharmacol*. 1969;9:419-430.
- Brekhman II. On antitoxic action of *Eleutherococcus*. Moscow: Meditsina; 1982:37
- Brekhman, I. I., & Dardymov, I. V. (1969). New substances of plant origin which increase nonspecific resistance. *Annual review of pharmacology*, 9(1), 419-430.
- Caldwell, L.K., DuPont, W.H., Beeler, M.K., Post, E.M., Barnhart, E.C., Hardesty, V.H., Anders, J.P., Borden, E.C., Volek, J.S. and Kraemer, W.J., 2018. The effects of a Korean ginseng, GINST15, on perceptual effort, psychomotor performance, and physical performance in men and women. *Journal of sports science & medicine*, 17(1), p.92.
- Clemente, C. J., Withers, P. C., & Thompson, G. G. (2009). Metabolic rate and endurance capacity in Australian varanid lizards (Squamata: Varanidae: *Varanus*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 97(3), 664–676.
- Couper, M. P., Tourangeau, R., Conrad, F. G., & Singer, E. (2006). Evaluating the effectiveness of visual analog scales: A web experiment. *Social JOURNAL OF SPORTS SCIENCES 15 Science Computer Review*, 24(2), 227–245.
- Cristina-Souza, G., Santos-Mariano, A. C., Lima-Silva, A. E., Costa, P. L., Domingos, P. R., Silva, S. F., Osiecki, R., De-Oliveira, F. R., & Osiecki, R. (2022). Panax ginseng supplementation increases muscle recruitment, attenuates perceived effort, and accelerates muscle force recovery after an eccentric-based exercise in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(4), 991–997.
- Cristina-Souza, G., Santos-Mariano, A.C., Lima-Silva, A.E., Costa, P.L., Domingos, P.R., Silva, S.F., Abreu, W.C., De-Oliveira, F.R. and Osiecki, R., 2022. Panax ginseng supplementation increases muscle recruitment, attenuates perceived effort, and accelerates

muscle force recovery after an eccentric-based exercise in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(4), pp.991-997.

Cristina-Souza, G., Santos-Mariano, A.C., Lima-Silva, A.E., Costa, P.L., Domingos, P.R., Silva, S.F., Abreu, W.C., De-Oliveira, F.R. and Osiecki, R., 2022. Panax ginseng supplementation increases muscle recruitment, attenuates perceived effort, and accelerates muscle force recovery after an eccentric-based exercise in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(4), pp.991-997.

Darbinyan, V., Kteyan, A., Panossian, A., Gabrielian, E., Wikman, G., & Wagner, H. (2000). Rhodiola rosea in stress induced fatigue—a double blind cross-over study of a standardized extract SHR-5 with a repeated low-dose regimen on the mental performance of healthy physicians during night duty. *Phytomedicine*, 7(5), 365-371.

De Bock, K., Eijnde, B. O., Ramaekers, M., & Hespel, P. (2004). Acute Rhodiola rosea intake can improve endurance exercise performance. *International journal of sport nutrition & exercise metabolism*, 14(3).

Domene, A. M. (2013). Effects of adaptogen supplementation on sport performance. A recent review of published studies. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(4), 1054-1066.

Domene, A.M. (2013). Effects of adaptogen supplementation on sport performance. A recent review of published studies. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8, 1054-1066.

EMA/HMPC/321232/2012. Assessment report on Panax ginseng C.A. Meyer, radix. Based on Article 16d (1), Article 16f and Article 16h of Directive 2001/83/EC as amended (traditional use). Final. 25 March 2014

Engels, H.J. and Wirth, J.C., 1997. No ergogenic effects of ginseng (Panax ginseng CA Meyer) during graded maximal aerobic exercise. *Journal of the American Dietetic Association*, 97(10), pp.1110-1115.

Engels, H.J., Said, J.M. and Wirth, J.C., 1996. Failure of chronic ginseng supplementation to affect work performance and energy metabolism in healthy adult females. *Nutrition Research*, 16(8), pp.1295-1305.

Evaluation of Herbal Drugs. Amsterdam: Elsevier; 2019:1-28.

Fletcher, G. F., Ades, P. A., Kligfield, P., Arena, R., Balady, G. J., Bittner, V. A., Williams, M. A., Fleg, J. L., Forman, D. E., Gerber, T. C., Gulati, M., Madan, K., Rhodes, J., Thompson, P. D., & Williams, M. A. (2013). Exercise standards for testing and training: A scientific statement from the American heart association. *Circulation*, 128(8), 873–934

Gertsch, J., Viveros-Paredes, J.M. and Taylor, P., 2011. Plant immunostimulants—Scientific paradigm or myth?. *Journal of ethnopharmacology*, 136(3), pp.385-391.

Goldberg ED, Shubina TS, Shternberg IB. Protective role of Eleutherococcus during the administration of rubomychia under experimental conditions. *Antibiotiks*. 1971;16:113-114.

Heidelberg, London, New York: Springer; 2009:351-364.

Huang, S. C., Lee, F. T., Kuo, T. Y., Yang, J. H., & Chien, C. T. (2009). Attenuation of long-term *Rhodiola rosea* supplementation on exhaustive swimming-evoked oxidative stress in the rat. *Chin J Physiol*, 52(5), 316-324.

Hybertson BM, Gao B, Bose SK, McCord JM. Oxidative stress in health and disease: the therapeutic potential of Nrf2 activation. *Mol Aspects Med*. 2011;32:234-246.

Chen, Y. M., Wang, I. L., Zhou, S., Tsai, T. Y., Chiu, Y. S., & Chiu, W. C. (2021). Six weeks of Jilin ginseng root supplementation attenuates drop jump-related muscle injury markers in healthy female college students. *Food & Function*, 12(4), 1458–1468.

Choudhary, B., Shetty, A., & Langade, D. (2015). Efficacy of Ashwagandha (*Withania somnifera* [L.] Dunal) in improving cardiorespiratory endurance in healthy athletic adults. *AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda)*.

Ivanova Stojcheva, E., & Quintela, J. C. (2022). The effectiveness of *rhodiola rosea* L. Preparations in alleviating various aspects of life-stress symptoms and stress-induced conditions—encouraging clinical evidence. *Molecules*, 27(12), 3902.

Jadaun, J.S.; Sangwan, N.S. Berry transcriptome: Insights into a novel resource to understand development dependent secondary metabolism in *Withania somnifera* (Ashwagandha). *Physiol. Plant.* 2019, 168, 148–173.

Janene M. Rigelsky, Pharm.D., Burgunda V. Sweet, Pharm.D., Hawthorn: Pharmacology and therapeutic uses, *American Journal of Health-System Pharmacy*, Volume 59, Issue 5, 1 March 2002, Pages 417–422

Jayaprakasam, B.; Zhang, Y.; Seeram, N.P.; Nair, M.G. Growth inhibition of human tumor cell lines by withanolides from *Withania somnifera* leaves. *Life Sci.* 2003, 74, 125–132.

John, J. (2014). Therapeutic potential of *Withania somnifera*: A report on phyto-pharmacological properties. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*.

Joyner, M. J., & Casey, D. P. (2015). Regulation of increased blood flow (hyperemia) to muscles during exercise: A hierarchy of competing physiological needs. *Physiological Review*

Jung, H.L., Kwak, H.E., Kim, S.S., Kim, Y.C., Lee, C.D., Byurn, H.K. and Kang, H.Y., 2011. Effects of *Panax ginseng* supplementation on muscle damage and inflammation after uphill treadmill running in humans. *The american journal of chinese medicine*, 39(03), pp.441-450.

Kelly, G. S. (2001). *Rhodiola rosea*: A possible plant adaptogen. *Alternative Medicine Review*, 6(3), 293–302. Retrieved from

Khanum, F., Bawa, A. S., & Singh, B. (2005). *Rhodiola rosea*: a versatile adaptogen. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 4(3), 55-62.

Kiefer, D.S. and Pantuso, T., 2003. *Panax ginseng*. *American family physician*, 68(8), pp.1539-1542.

Kirakosyan, A., Seymour, E., Kaufman, P.B., Warber, S., Bolling, S. and Chang, S.C., 2003. Antioxidant capacity of polyphenolic extracts from leaves of *Crataegus laevigata* and *Crataegus monogyna* (Hawthorn) subjected to drought and cold stress. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(14), pp.3973-3976.

Krasik, E. D., Potapov, A. I., Minakov, M. S., Petrov, M. I., & Shmilovich, A. L. (1970). Experience with the differentiated rehabilitation of mental patients. *Zhurnal nevropatologii i psikiatrii imeni SS Korsakova* (Moscow, Russia: 1952), 70(11), 1707-1712.

Kurkin, V. A., Zapesochnaya, G. G., & Shchavlinskii, A. N. (1985). Terpenoids of the rhizomes of *Rhodiola rosea*. *Chemistry of Natural Compounds*, 21(5), 593-597.

Kwon, H. J., Ryu, Y. B., Jeong, H. J., Kim, J. H., Park, S. J., Chang, J. S., ... & Lee, W. S. (2009). Rhodiosin, an antioxidant flavonol glycoside from *Rhodiola rosea*. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 52, 486-492.

LEBEDEV, A.A. (1967). Schizandrin - a new stimulant from *Schizandra chinensis* fruits. Dissertation for a Degree in Medicine. Tashkent University, Tashkent

Lee, E.S., Yang, Y.J., Lee, J.H. and Yoon, Y.S., 2018. Effect of high-dose ginsenoside complex (UG0712) supplementation on physical performance of healthy adults during a 12-week supervised exercise program: A randomized placebo-controlled clinical trial. *Journal of Ginseng Research*, 42(2), pp.192-198.

Leung, K. W., & Wong, A. S. (2013). Ginseng and male reproductive function. *Spermatogenesis*, 3(3), e26391

Lin CC, Huang PC 2000. Antioxidant and hepatoprotective effects of *Acathopanax senticosus*. *Phytother Res* 14:

Maslov LN, Lishmanov YB, Arbuzov AG, et al. Antiarrhythmic activity of phytoadaptogens in short-term ischemia-reperfusion of the heart and postinfarction cardiosclerosis. *Bull Exp Biol Med*. 2009;147:331-334.

Mayell, M., 2001. Maitake extracts and their therapeutic potential-a review. *Alternative Medicine Review*, 6(1), pp.48-60.

Ming, D. S., Hillhouse, B. J., Guns, E. S., Eberding, A., Xie, S., Vimalanathan, S., & Towers, G. N. (2005). Bioactive compounds from *Rhodiola rosea* (Crassulaceae). *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to*

Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 19(9), 740-743.

Mirjalili, M.H.; Moyano, E.; Bonfill, M.; Cusido, R.M.; Palazón, J. Steroidal Lactones from *Withania somnifera*, an Ancient Plant for Novel Medicine. *Molecules* 2009, 14, 2373-2393.

Mirjalili, M.H.; Moyano, E.; Bonfill, M.; Cusido, R.M.; Palazon, J. Steroidal lactones from *Withania somnifera*, an ancient plant for novel medicine. *Molecules* 2009, 14, 2373–2393.

Mishra, L.C.; Singh, B.B.; Dagenais, S. Scientific basis for the therapeutic use of *Withania somnifera* (ashwagandha): A review. *Altern. Med. Rev.* 2000, 5, 334–346.

Mohanan P, Subramaniyam S, Mathiyalagan R, Yang DC. Molecular signaling of ginsenosides Rb1, Rg1, and Rg3 and their mode of actions. *J Ginseng Res.* 2018;42:123-132.

Monakhov BV. Reduction of the toxic effect of various antitumor preparations by means of *Eleutherococcus* extract. *Vopr Onkol.* 1967;13:71-76.

Mukherjee , PK. Traditional systems of medicine and harmonization. In: Mukherjee PK, ed. *Quality Control and*

Nagahara, R., Naito, H., Miyashiro, K., Morin, J. B., & Zushi, K. (2014). Traditional and ankle-specific vertical jumps as strength-power indicators for maximal sprint acceleration. *J Sports Med Phys Fitness*, 54(6), 691–699.

Nocerino E, Amato M, Izzo AA. The aphrodisiac and adaptogenic properties of ginseng. *Fitoterapia.* 2000;71(Suppl 1):S1–5.

O'Malley, E., Richter, C., King, E., Strike, S., Moran, K., Franklyn-Miller, A., & Moran, R. (2018). Countermovement jump and isokinetic dynamometry as measures of rehabilitation status after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training*, 53(7), 687–695.

Oliynyk S, Oh S. The pharmacology of actoprotectors: practical application for improvement of mental and physical performance. *Biomol Ther (Seoul).* 2012

Sep;20(5):446-56. doi: 10.4062/biomolther.2012.20.5.446. PMID: 24009833; PMCID: PMC3762282.

Olsson EM, von Schéele B, Panossian AG. A randomized double-blind placebo controlled parallel group study of SHR-5 extract of *Rhodiola rosea* roots as treatment for patients with stress related fatigue. *Planta Med.* 2009;75:105-112.

Olsson, E. M., von Schéele, B., & Panossian, A. G. (2009). A randomised, double-blind, placebo-controlled, parallel-group study of the standardised extract shr-5 of the roots of *Rhodiola rosea* in the treatment of subjects with stress-related fatigue. *Planta medica*, 75(02), 105-112.

Onanong Kulaputana, M., 2007. Ginseng supplementation does not change lactate threshold and physical performances in physically active Thai men. *J. Med. Assoc. Thai*, 90(6), pp.1172-1179.

Panossian A, Hamm R, Wikman G, Kadioglu O, Efferth T. Synergy and antagonism of active constituents of ADAPT-232 on transcriptional level of metabolic regulation in isolated neuroglial cells. *Front Neurosci.* 2013;7:16.

Panossian A, Seo EJ, Efferth T. Novel molecular mechanisms for the adaptogenic effects of herbal extracts on isolated brain cells using systems biology. *Phytomedicine.* 2018;50:257-284.

Panossian A, Seo EJ, Efferth T. Synergy assessments of plant extracts used in the treatment of stress and aging-related disorders. *Synergy Research.* 2018;7:39-49.

Panossian A, Seo EJ, Wikman G, Efferth T. Synergy assessment of fixed combinations of *Herba Andrographidis* and *Radix Eleutherococci* extracts by transcriptome-wide microarray profiling. *Phytomedicine.* 2015;22:981-992

Panossian A, Wikman G, Kaur P, Asea A. Molecular chaperones as mediators of stress protective effect of plant adaptogens. In: Asea AAA, Pedersen BK, eds. *Heat Shock Proteins and Whole Body Physiology.* Vol 5. Dordrecht,

Panossian A, Wikman G, Wagner H. Plant adaptogens III. Earlier and more recent aspects and concepts on their mode of action. *Phytomedicine.* 1999;6:287-300.



Panossian A. Adaptogens in mental and behavioral disorders. *Psychiatr Clin North Am.* 2013;36:49-64.

Panossian AG, Efferth T, Shikov AN, et al. Evolution of the adaptogenic concept from traditional use to medical systems: Pharmacology of stress- and aging-related diseases. *Med Res Rev.* 2021;41:630–703. <https://doi.org/10.1002/med.21743> PANOSSIAN ET AL. | s. 41-52

PANOSSIAN, A. (2003). Adaptogens: a historical overview and perspective. *Natural Pharmacy*, 7(4), s. 19-20

Panossian, A. Understanding adaptogenic activity: Specificity of the pharmacological action of adaptogens and other phytochemicals. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2017, 1401, s. 49-64

Panossian, A., Wikman, G., & Wagner, H. (1999). Plant adaptogens III. Earlier and more recent aspects and concepts on their mode of action. *Phytomedicine*, 6(4), 287-300.

Panossian, A.G., 2003. Adaptogens: Tonic herbs for fatigue and stress. *Alternative & Complementary Therapies*, 9(6), s. 327-331.

Pérez-Gómez, J.; Villafaina, S.; Adsuar, J.C.; Merellano-Navarro, E.; Collado-Mateo, D. Effects of Ashwagandha (*Withania somnifera*) on VO<sub>2</sub>max: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* 2020, 12, 1119.

Petkov, V. D., Yonkov, D., Mosharoff, A., Kambourova, T., Alova, L., Petkov, V. V., & Todorov, I. (1986). Effects of alcohol aqueous extract from *Rhodiola rosea* L. roots on learning and memory. *Acta physiologica et pharmacologica Bulgarica*, 12(1), 3-16.

Ping, F.W.C., Keong, C.C. and Bandyopadhyay, A., 2011. Effects of acute supplementation of *Panax ginseng* on endurance running in a hot & humid environment. *Indian Journal of Medical Research*, 133(1), pp.96-102.

Pingali, U.; Pilli, R.; Fatima, N. Effect of standardized aqueous extract of *Withania somnifera* on tests of cognitive and psychomotor performance in healthy human participants. *Pharmacogn. Res.* 2014, 6, 12.

Popov, S.V., Popova, G.Y., Nikolaeva, S.Y., Golovchenko, V.V. and Ovodova, R.G., 2005. Immunostimulating activity of pectic polysaccharide from *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 19(12), s.1052-1056.

Pumpa, K.L., Fallon, K.E., Bensoussan, A. and Papalia, S., 2013. The effects of *Panax notoginseng* on delayed onset muscle soreness and muscle damage in well-trained males: a double blind randomised controlled trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 21(3), pp.131-140.

Rasoanaivo, P., Wright, C.W., Willcox, M.L. and Gilbert, B., 2011. Whole plant extracts versus single compounds for the treatment of malaria: synergy and positive interactions. *Malaria journal*, 10(1), pp.1-12.

Raut, A. A., Rege, N. N., Tadvi, F. M., Solanki, P. V., Kene, K. R., Shirolkar, S. G., Pandey, S. N., Vaidya, R. A., & Vaidya, A. B. (2012). Exploratory study to evaluate tolerability, safety, and activity of *Ashwagandha* (*Withania somnifera*) in healthy volunteers

Reuland DJ, McCord JM, Hamilton KL. The role of Nrf2 in the attenuation of cardiovascular disease. *Exerc Sport Sci Rev*. 2013;41:162-168

Sandhu, J., Shah, B., Shenoy, S., Padhi, M., Chauhan, S., & Lavekar, G. (2010). Effects of *Withania somnifera* (*Ashwagandha*) and *Terminalia arjuna* (*Arjuna*) on physical performance and cardiorespiratory endurance in healthy young adults. *International Journal of Ayurveda Research*.

Sayers, S. P., & Clarkson, P. M. (2003). Short-term immobilization after eccentric exercise. Part II: Creatine kinase and myoglobin. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(5), 762–768.

Sellami M, Slimeni O, Pokrywka A, Kuvačić G, D Hayes L, Milic M, Padulo J. Herbal medicine for sports: a review. *J Int Soc Sports Nutr*. 2018 Mar 15;15:14. doi: 10.1186/s12970-018-0218-y. PMID: 29568244; PMCID: PMC5856322.

Shenoy, S., Chaskar, U., Sandhu, J. S., & Paadhi, M. M. (2012). Effects of eight-week supplementation of Ashwagandha on cardiorespiratory endurance in elite Indian cyclists. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, 3(4), 209–214

Shevtsov, V. A., Zholus, B. I., Shervarly, V. I., Vol'Skij, V. B., Korovin, Y. P., Khristich, M. P., ... & Wikman, G. (2003). A randomized trial of two different doses of a SHR-5 *Rhodiola rosea* extract versus placebo and control of capacity for mental work. *Phytomedicine*, 10(2-3), 95-105.

Singh P, Srivastava MM, Khemani LD. Renoprotective effects of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees in rats. *Ups J Med Sci*. 2009;114:136-139

Singh, N.; Bhalla, M.; De Jager, P.; Gilca, M. An Overview on Ashwagandha: A Rasayana (Rejuvenator) of Ayurveda. *Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med*. 2011

The World Anti-Doping Agency—WADA. Executive Committee Approved the List of Prohibited Substances and Methods for 2022. Available online:

Todorova V, Ivanov K, Delattre C, Nalbantova V, Karcheva-Bahchevanska D, Ivanova S. Plant Adaptogens-History and Future Perspectives. *Nutrients*. 2021 Aug 20;13(8):2861. doi: 10.3390/nu13082861. PMID: 34445021; PMCID: PMC8398443.

Tripathi, R.K.; Salve, B.A.; Petare, A.U.; Raut, A.A.; Rege, N.N. Effect of *Withania somnifera* on physical and cardiovascular performance induced by physical stress in healthy human volunteers. *Int. J. Basic Clin. Pharmacol*. 2016.

Vickers, A., 2002. Botanical medicines for the treatment of cancer: rationale, overview of current data, and methodological considerations for phase I and II trials. *Cancer investigation*, 20(7-8), s.1069-1079.

Wagner, H.; Nörr, H.; Winterhoff, H. Plant adaptogens. *Phytomedicine* 1994, 1, 63–76.

Wagner, H.K.M. (1995). Immunostimulants and Adaptogens from Plants. In: Arnason, J.T., Mata, R., Romeo, J.T. (eds) *Phytochemistry of Medicinal Plants. Recent Advances in Phytochemistry*, vol 29. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1778-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1778-2_1)

Walker, T. B., Altobelli, S. A., Caprihan, A., & Robergs, R. A. (2007). Failure of *Rhodiola rosea* to alter skeletal muscle phosphate kinetics in trained men. *Metabolism*, 56(8), 1111-1117.

Wang LM, Zhao X, Jx Chen, et al. Biological indicators of sub-optimal health status. *J Trad Chin Med*. 2013;33: 647-650.

Wankhede, S., Langade, D., Joshi, K., Sinha, S. R., & Bhattacharyya, S. (2015). Examining the effect of *Withania somnifera* supplementation on muscle strength and recovery: A randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*.

Wankhede, S.; Langade, D.; Joshi, K.; Sinha, S.R.; Bhattacharyya, S. Examining the effect of *Withania somnifera* supplementation on muscle strength and recovery: A randomized controlled trial. *J. Int. Soc. Sports Nutr*. 2015, 12, 43.

Wiegant FAC, Limandjaja G, de Poot SAH. Plant adaptogens activate cellular adaptive mechanisms by causing mild damage. In: Lukyanova L, Takeda N, Singal PK, eds. *Adaptation Biology and Medicine*, vol. 5: Health Potentials. New Delhi: Narosa Publishing House; 2008:319-332.

WINSTON, David a Steven MAIMES. *Herbs for Strength, Stamina, and Stress Relief*. Praha: Triton, 2011. ISBN 978-80-7387-496-4. s.17

Yang SL, Kuo FH, Chen PN, et al. Andrographolide suppresses the migratory ability of human glioblastoma multiforme cells by targeting ERK1/2-mediated matrix metalloproteinase-2 expression. *Oncotarget*. 2017;8:105860-105872.

Yu, Z., Guo, F., Guo, Y., Zhang, Z., Wu, F. and Luo, X., 2017. Optimization and evaluation of astragalus polysaccharide injectable thermoresponsive in-situ gels. *PloS one*, 12(3), p.e0173949.

Yuan, H., Ma, Q., Ye, L. and Piao, G., 2016. The traditional medicine and modern medicine from natural products. *Molecules*, 21(5), p.559.

Zaheri, S. and Marandi, S.M., 2016. The effect of ginseng supplement on heart rate, systolic and diastolic blood pressure to resistance training in trained males. *Artery Research*, 15, pp.6-11.

Ziegenfuss, T. N., Kedia, A. W., Sandrock, J. E., Raub, B. J., Kerksick, C. M., & Lopez, H. L. (2018). Effects of an aqueous extract of withania somnifera on strength training adaptations and recovery: The STAR trial. *Nutrients*

Ziegler, P. J., Nelson, J. A., & Jonnalagadda, S. S. (2003). Use of dietary supplements by elite figure skaters. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 13(3), 266–276.