

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

VLIV ÚPOLOVÝCH AKTIVIT NA HLADINU IRISINU A BDNF V KRVI U
SENIORŮ NAD 65 LET

DISERTAČNÍ PRÁCE

Vedoucí disertační práce:
doc. Mgr. Michal Šteffl Ph.D.

Vypracovala:
PhDr. Veronika Holá

Praha, 2025

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracovala samostatně pod vedením doc. Mgr. Michala Šteffla Ph.D., a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

PhDr. Veronika Holá

Poděkování

Ráda bych vyjádřila své upřímné poděkování všem, kteří mi byli během této práce nápomocní.

Mé největší poděkování patří mému školiteli doc. Mgr. Michalu Štefflovi, Ph.D. za odborné vedení, neutuchající podporu, trpělivost a cenné rady, bez kterých by tento výzkum a disertační práce nemohly vzniknout. Jeho přístup a ochota spolupracovat v každé fázi výzkumu byly pro mě neocenitelné.

Velké díky patří také MgA. Haně Polanské, se kterou jsem úzce spolupracovala v rámci intervence a jejíž podpora a zkušenosti byly pro realizaci jednotlivých částí projektu zásadní. Mé poděkování směřuje i k MRes. Tereze Jandové, Ph.D., která mi byla velkou oporou při měření, sběru dat a také při výběru zahraniční stáže, jež významně obohatila můj profesní růst.

Dále bych ráda poděkovala prof. MUDr. Aleši Bartošovi, Ph.D. z Poradny pro poruchy paměti Fakultní nemocnice Královské Vinohrady za cenné rady a spolupráci při výzkumu. Mé díky patří i zdravotní sestře Renatě Petroušové a laborantce Ivaně Peluhové za jejich obětavou pomoc. Děkuji také psycholožkám Josefíně Weinerové a Marii Krejčové, které dohlížely na proces kognitivního testování, a doc. RNDr. Ing. Janě Dytrtové, Ph.D. a Ishaku Kovacovi, Ph.D. za analýzu biochemických vzorků.

Na závěr bych ráda poděkovala své rodině za neustálou podporu, trpělivost a pomoc během celého mého náročného studia.

ABSTRAKT

Fyzická aktivita může pozitivně ovlivnit kognitivní funkce starších dospělých prostřednictvím sekrece neuroprotektivních exerkínů, jako jsou irisin a Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF). Tato studie se zaměřuje na analýzu účinků bojových sportů na hladiny těchto látek, synaptickou plasticitu a neuroprotektu u seniorů nad 65 let. Sekundárně sleduje vliv této terapie na kognitivní funkce, svalovou sílu a fyzickou výkonnost. Výzkumy v této oblasti jsou zatím omezené a jejich výsledky nejednoznačné.

Výsledky ukázaly statisticky významný nárůst hladin BDNF ve skupině BS ve srovnání s KS ($p = 0,001$), což naznačuje pozitivní vliv bojových sportů na neurobiologické procesy spojené s kognitivní funkcí a náladou. Statisticky významné zlepšení bylo rovněž zaznamenáno v úkolu ČAPR (čtyř nebo pět čárová obrazová produkce) ($p = 0,018$), který odráží zlepšení vizuálně-prostorových schopností. Parametr RAVLT B, který hodnotí schopnost vybavení slov v rušivém prostředí, ukázal významné zlepšení ve skupině BS ($p = 0,045$), zatímco KS vykazovala pokles. Ostatní sledované parametry nevykazovaly mezi skupinami statisticky významné rozdíly. Bylo také zjištěno, že výchozí úroveň kognitivních funkcí a fyzické výkonnosti významně ovlivňovala rozsah změn během intervence.

Kvalitativní analýza prostřednictvím fokusních skupin identifikovala tři hlavní témata: fyzická a zdravotní benefity bojových sportů, pozitivní dopad na náladu a kognitivní funkce a společenské zapojení účastníků. Účastníci ocenili přínos intervence nejen z hlediska zdraví, ale také díky možnosti sociální interakce.

Závěrem lze konstatovat, že bojové sporty představují slibnou nefarmakologickou metodu, která podporuje zdravé stárnutí, zlepšuje některé kognitivní a vizuálně-prostorové schopnosti a pozitivně ovlivňuje neurobiologické procesy. Tyto výsledky poskytují důležité důkazy pro širší využití bojových sportů jako účinného programu pro starší populaci, i když jsou zapotřebí další studie k potvrzení těchto zjištění.

Klíčová slova: funkční pohyblivost, stárnutí, demence, irisin, BDNF, úpolové aktivity, sebeobrana pro seniory.

ABSTRACT

Physical activity has the potential to positively influence the cognitive functions of older adults through the secretion of neuroprotective exerkines, such as irisin and Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF). This study focuses on analyzing the effects of martial arts on the levels of these substances, synaptic plasticity, and neuroprotection in seniors over the age of 65. Additionally, it investigates the impact of this therapy on cognitive functions, muscle strength, and physical performance. Research in this field remains limited, and its findings are inconclusive.

The results demonstrated a statistically significant increase in BDNF levels in the BS group compared to the KS group ($p = 0.001$), suggesting a positive effect of martial arts on neurobiological processes associated with cognitive function and mood. Statistically significant improvement was also observed in the ČAPR task (Four- or Five-Line Image Production) ($p = 0.018$), reflecting enhanced visuospatial abilities. The RAVLT B parameter, which evaluates word recall ability in a distracting environment, showed significant improvement in the BS group ($p = 0.045$), while the KS group exhibited a decline. Other measured parameters did not show statistically significant differences between groups. It was also found that baseline levels of cognitive function and physical performance significantly influenced the extent of changes during the intervention.

Qualitative analysis through focus groups identified three main themes: physical and health benefits of martial arts, a positive impact on mood and cognitive function, and social engagement of participants. Participants appreciated the intervention not only for its health benefits but also for the opportunity for social interaction.

In conclusion, martial arts represent a promising non-pharmacological method that supports healthy aging, improves certain cognitive and visuospatial abilities, and positively influences neurobiological processes. These findings provide important evidence for the broader use of martial arts as an effective program for the older population, although further studies are needed to confirm these results.

Keywords: Functional mobility, Aging, Dementia, Irisin, BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor), Combat activities, Self-defense for seniors.

Seznam použitých zkratek

ZKRATKA	ANGLICKY	ČESKY
AN		Alzheimerova nemoc
BDNF	Brain Derived Neurotrophic	z mozku odvozený růstový faktor
BS		bojové sporty
ČAPR		čtyř nebo pěti čárová obrazová produkce
FNDC5	Fibronectin type III domain-containing protein 5	Protein 5 obsahující doménu fibronektinu typu III, prekursor irisinu
KS		kontrolní skupina
MKP	Mild Cognitive Impairment	mírná kognitivní porucha
PA		pohybová aktivita
POBAV		pojmenování obrázků a jejich a vybavení
RAVLT	Rey Auditory Verbal Learning Test	Reyův auditorní verbální test
RTC	Randomize Control Trial	randomizovaná kontrolovaná studie
TT		taneční terapie
TMT A a B	Trial Making Test	test cesty
WAIS-III	Wechsler Adults Intelligence Scale	Wechslerova inteligenční škála pro dospělé
WHO	World Health organization	Světová zdravotní organizace

Obsah

1. ÚVOD	9
2. SOUČASNÝ STAV BĚDÁNÍ	11
2.1 Desetiletí podpory zdravého stárnutí 2020–2030	11
2.2 Mírná kognitivní porucha a syndrom demence	11
2.3 Neuromuskulární vztahy	14
2.3.1 Vztah mezi fyzickou aktivitou a kognitivními funkcemi	15
2.3.2 Sebeobrana, tai chi a úpolové aktivity seniorů a kognitivní funkce ..	17
2.4 Exerkiny	18
2.4.1 Myokiny	19
2.4.2 FNDC5 / Irisin a význam	21
2.4.3 Dlouhodobé cvičení a jeho dopad na hladiny irisinu v krvi	22
2.4.4 BDNF - Brain Derived Neurothrophic Factor	24
2.5 Úpolové aktivity	25
2.5.1 Trénink bojových umění u seniorů	26
2.5.2 Bojové sporty a jejich problematika	28
2.5.3 Tai chi	30
2.5.4 Úpoly	32
2.5.5 Sebeobrana seniorů	35
2.5.6 Praktická výuka	40
3. CÍLE, VĚDECKÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY	43
3.1 Cíl práce	43
3.2 Vědecké otázky	43
4. METODY ZPRACOVÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE	44
4.1 Design studie	44
4.2 Etická komise	45
4.3 Charakteristika vzorku	45

4.3.1 Kontrolní skupina.....	46
4.3.2 Bojové sporty	46
4.4 Ukázka tréninkové jednotky	47
4.4.1 Struktura tréninkových jednotek	54
4.5 Hodnocení kognitivních schopností.....	57
4.5.1 Rychlé hodnocení kognitivních funkcí	58
4.5.2 Rozsáhlá sada neuropsychologických testů	59
4.6 Analýza tělesného složení a svalové síly	60
4.7 Zpracování a příprava krevních vzorků	61
4.8 Zpracování a vyhodnocení dat	61
5. VÝSLEDKY	63
5.1 Kvantitativní část studie.....	63
5.2 Kvalitativní část studie.....	67
5.2.1 Kvantitativní analýza dat	69
5.3 Výsledky vědeckých otázek a hypotéz	72
6. DISKUZE.....	74
6.1 Diskuse k hypotézám	74
6.2 Hladiny exerkinů.....	75
6.3 Antropometrie a fyzická kondice	77
6.4 Kognitivní zdatnost	78
6.5 Omezení a návrhy pro další výzkum.....	79
7. ZÁVĚR	80
SEZNAM LITERATURY	81
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ.....	102

1. ÚVOD

Stárnutí populace představuje jeden z nejvýznamnějších demografických jevů současné doby, zejména v rozvinutých zemích. Podle odhadů se počet osob starších 80 let do roku 2050 zvýší ze 143 milionů na 426 milionů (Social Affairs, Population Division, 2010). Tento trend s sebou nese zvýšené nároky nejen na zdravotnické systémy, ale i na kvalitu života seniorů, kteří čelí zvýšenému riziku neurodegenerativních onemocnění, jako je demence. V současnosti demencí trpí přibližně 50 milionů lidí po celém světě, přičemž do roku 2050 se očekává nárůst na 152 milionů případů (World Health Organization, 2022).

Jedním z hlavních rizikových faktorů spojených s neurodegenerativními chorobami a fyzickou deteriorací je nízká úroveň pohybové aktivity (PA). Fyzická aktivita je považována za klíčový nefarmakologický prostředek prevence kognitivního úpadku a zlepšení celkové funkční zdatnosti starších dospělých (Jandova et al., 2021). V posledním desetiletí roste zájem o intervence zaměřené na komplexní pohybové programy, které kromě fyzických benefitů zahrnují i psychickou stimulaci a sociální interakci.

Zejména úpolové aktivity, zahrnující prvky bojových sportů a sebeobrany, se ukazují jako slibný nástroj pro podporu fyzického i kognitivního zdraví starších dospělých. Tyto aktivity nejenže posilují svalovou sílu, flexibilitu a rovnováhu (Woodward, 2009; Wayne et al., 2014), ale také stimulují neurobiologické procesy v centrálním nervovém systému. Recentní studie prokázaly, že fyzická aktivita podporuje sekreci vybraných neuroaktivních látek, jako je irisin a BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor), které hrají klíčovou roli v procesech neuroplasticity, kognitivní flexibility a paměti (Hola et al., 2024; Lourenco et al., 2019).

BDNF je důležitý neurotrofní faktor, který podporuje přežití neuronů a růst synapsí a hraje zásadní roli při učení a paměťových funkcích (Erickson et al., 2011). Pokles hladin BDNF je spojen s neurodegenerativními procesy, jako je Alzheimerova choroba (Borba et al., 2016; Fahnstock et al., 2002). Irisin, myokin uvolňovaný během svalové kontrakce, byl identifikován jako faktor podporující metabolické procesy a zároveň regulující hladiny BDNF v mozku (Wrann et al., 2013; Jandova et al., 2021). Jeho úloha v prevenci kognitivního úpadku a podpoře celkové neuroplasticity je předmětem intenzivního výzkumu.

Pravidelná účast na úpolových aktivitách, jako je Tai Chi či jiné formy bojových sportů, již prokázala pozitivní účinky na zlepšení fyzické zdatnosti, rovnováhy a mentálních funkcí u seniorů (Rashti et al., 2019; Kujach et al., 2022). Výsledky randomizovaných kontrolovaných studií ukazují, že tyto aktivity mohou být efektivním nástrojem v boji proti sarkopenii, osteoporóze a kognitivnímu deficitu (Huang et al., 2017; Wayne et al., 2014). Zatím však chybí dostatek dat o jejich vlivu na hladiny neuroprotektivních látek, jako jsou BDNF a irisin.

Tato disertační práce se zaměřuje na analýzu vlivu úpolových aktivit na hladiny BDNF a irisinu v krvi seniorů starších 65 let a jejich dopad na kognitivní funkce a fyzickou zdatnost. Pochopení těchto vztahů by mohlo přispět k rozvoji nových nefarmakologických intervencí, které podporují zdravé stárnutí a zlepšují kvalitu života u stárnoucí populace. Výzkum propojuje neurobiologické mechanismy s praktickými intervencemi, čímž reaguje na aktuální společenské a vědecké výzvy v oblasti gerontologie a tělovýchovných věd.

2. SOUČASNÝ STAV BĚDÁNÍ

2.1 Desetiletí podpory zdravého stárnutí 2020–2030

Světová zdravotnická organizace (WHO) vyhlásila období 2020–2030 jako „Desetiletí zdravého stárnutí“. Tato iniciativa zahrnuje akční plán na podporu zdravého stárnutí, zdůrazňuje integrovanou péči o seniory a stanovuje základní principy zdravého stárnutí. Klíčovým konceptem v tomto rámci je „Intrinsic Capacity“, což označuje schopnost jednotlivce udržovat fyzické i mentální zdraví po co nejdelší dobu. Mezi klíčové složky této schopnosti patří vitalita, zaměřená na podporu svalů, kostí a kloubů, a obecně mobilita. Tyto faktory jsou nezbytné pro udržení nezávislosti a dlouhověkosti (Holmerová, 2017).

Vitalita, jako zásadní prvek Intrinsic Capacity, hraje významnou roli nejen v každodenních aktivitách, ale také v celkovém zdraví seniorů. Pravidelná fyzická aktivita, zejména zaměřená na posílení svalové hmoty, flexibility a rovnováhy, přispívá k prevenci úrazů a pádů. To je zvláště důležité u starší populace, kde ztráta mobility může vést k izolaci, zvýšené zátěži zdravotnického systému a snížené kvalitě života (Wayne et al., 2014).

Jedním z hlavních aspektů podpory zdravého stárnutí jsou intervenční aktivity, které by měly být zaměřeny nejen na fyzické, ale i na kognitivní a smyslové schopnosti. Výzkum ukazuje, že takové aktivity mohou zlepšit nejen fyzickou kondici, ale také mentální zdraví a celkovou pohodu. Mezi nejúčinnější metody patří pravidelná cvičení zaměřená na rovnováhu, sílu a koordinaci, která jsou spojena se snížením rizika kognitivního poklesu a deprese (Holmerová, 2017).

2.2 Mírná kognitivní porucha a syndrom demence

Demence představuje široké spektrum více než sta různých onemocnění, mezi něž patří například Alzheimerova nemoc (AN), která tvoří přibližně 60–70 % diagnostikovaných případů demence. Dalšími typy demence jsou frontotemporální lobární degenerace, demence s Lewyho tělísky, vaskulární demence a demence spojené s konkrétními nemocemi, jako jsou Parkinsonova, Huntingtonova či Pickova nemoc, Creutzfeldt-Jakobova nemoc, AIDS nebo dlouhodobý alkoholismus. Demence může vzniknout buď jako důsledek poškození mozku, nebo může mít progresivní charakter,

kdy dochází k postupnému zhoršování kognitivních funkcí v důsledku neurodegenerativního procesu, jenž ovlivňuje různé kognitivní domény (Čechová, 2020).

Alzheimerova nemoc, nejčastější forma demence, často začíná mnoho let před prvními klinickými příznaky, což je období označované jako preklinické stádium nemoci. Toto období, které může trvat 20–25 let, je charakterizováno patologickými změnami v mozkové tkáni, jako je hromadění senilních plaků amyloidu beta a intracelulární tvorba neurofibrilárních klubek obsahujících hyperfosforylovaný protein tau (Čechová, 2020; Selkoe & Hardy, 2016). Tyto patologické procesy vedou ke ztrátě synaptických spojení a neuronální smrti, což postupně narušuje paměť, exekutivní funkce a další kognitivní domény.

Mírná kognitivní porucha (MKP) představuje prodromální stadium demence, zejména Alzheimerovy nemoci. Je charakterizována zřetelným poklesem výkonu v jedné či více kognitivních doménách, přičemž tento pokles odpovídá 1–1,5 směrodatné odchylky pod průměr pro daný věk a vzdělání, jak je měřeno standardizovanými neuropsychologickými testy (Albert et al., 2011). Na rozdíl od demence však MKP neovlivňuje schopnost vykonávat každodenní činnosti. Pacienti nebo jejich blízcí si často stěžují na problémy s pamětí nebo pozorností. Riziko progresu MKP do Alzheimerovy nemoci činí přibližně 10–15 % ročně.

Alzheimerova nemoc je charakteristická ztrátou neuronálních synapsí, odumíráním pyramidových neuronů a progresivní neurodegenerací, která postihuje zejména hipokampus a neokortex – klíčové oblasti podílející se na komplexních mozkových funkcích, jako je paměť a prostorová orientace. Nemoc je značně heterogenní, přičemž někteří pacienti mohou trpět více neurodegenerativními onemocněními současně. Typické kognitivní deficity ovlivňují více domén, přičemž nejvíce postižena bývá paměť. Postupem času pacienti ztrácejí schopnost vykonávat každodenní činnosti, což vede k jejich závislosti na pomoci druhých (McKhann et al., 2011).

Díky pokroku v diagnostických metodách, jako je využití biomarkerů v mozkomíšním moku (např. hladiny amyloidu beta a tau proteinu) a zobrazení pomocí PET, je možné identifikovat Alzheimerovu nemoc v raných stádiích. Tyto metody jsou klíčové pro výzkum a vývoj preventivních intervencí (Čechová, 2020; Selkoe & Hardy, 2016).

Neuroprotektivní strategie a výzkum

V současnosti neexistuje účinná léčba Alzheimerovy nemoci. Farmakologická léčba, například inhibitory acetylcholinesterázy a memantin, poskytuje pouze omezenou symptomatickou úlevu (Ferreira et al., 2015). Z tohoto důvodu se výzkum zaměřuje na vývoj strategií, které by zpomalily progresi nemoci nebo zabránily vzniku patologických změn. Mezi perspektivní terapeutické přístupy patří imunoterapie zaměřená na odstranění amyloidu beta a vývoj látek podporujících neuroplasticitu (Ferreira et al., 2015; Selkoe & Hardy, 2016).

Fyzická aktivita byla identifikována jako klíčová nefarmakologická intervence, která může mít pozitivní vliv na hladiny neurotrofických faktorů, jako je BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor). Tento faktor podporuje neuroplasticitu a regeneraci neuronálních spojení, což může přispět k prevenci kognitivního poklesu (Erickson et al., 2011). Studie ukazují, že pravidelná aerobní cvičení mohou zvýšit hladiny BDNF a zlepšit kognitivní funkce u pacientů s MKP a Alzheimerovou nemocí (Coelho et al., 2014).

Další nefarmakologickou strategií jsou kognitivní tréninky zaměřené na zlepšení paměti, pozornosti a exekutivních funkcí. Randomizované kontrolované studie potvrdily, že tyto intervence mohou oddálit přechod MKP do demence (Bahar-Fuchs et al., 2013).

Význam prevence

Preventivní strategie zahrnující kombinaci fyzické aktivity, kognitivní stimulace, zdravé stravy a kontroly rizikových faktorů, jako je hypertenze a obezita, hrají klíčovou roli ve snižování rizika rozvoje demence. Výzkumy ukazují, že středomořská dieta bohatá na antioxidanty a omega-3 mastné kyseliny může mít ochranný vliv na kognitivní funkce (Valls-Pedret et al., 2015).

Závěrem lze říct, že demence a mírná kognitivní porucha představují závažný globální zdravotní problém. I přes neexistenci účinné léčby existuje řada preventivních a podpůrných strategií, které mohou zlepšit kvalitu života pacientů a zpomalit progresi onemocnění. Další výzkum zaměřený na identifikaci biomarkerů a vývoj nových terapeutických přístupů je nezbytný pro efektivní boj s těmito onemocněními.

2.3 Neuromuskulární vztahy

Evoluční poznatky potvrzují úzký vztah mezi vývojem svalstva a mozkových funkcí. Schopnost vzpřímeného pohybu, chůze a běhu, která se vyvinula v průběhu milionů let, nejen podpořila fyzický rozvoj kosterního svalstva, ale zároveň stimulovala paralelní změny v mozku. Běh vyžaduje komplexní kognitivní procesy, jako je prostorová orientace, rozhodování a plánování, což vedlo k rozvoji vyšších kognitivních funkcí. Tímto způsobem byla podpořena evoluční výhoda jedinců, kteří dokázali efektivněji zpracovávat informace a přizpůsobit se měnícím se podmínkám (Gomez, 2021).

Kosterní svalstvo, tvořící až 40 % tělesné hmoty, hraje klíčovou roli nejen v pohybu, ale také v řízení energetické rovnováhy a celkové metabolické stability organismu. Aktivní svalová hmota je považována za hlavní zdroj biologicky aktivních molekul, které prostřednictvím endokrinních funkcí ovlivňují různé tělesné systémy včetně mozku (Carbone et al., 2012; Pedersen & Febbraio, 2012). Tyto signální molekuly, známé jako myokiny, podporují mezibuněčnou komunikaci a mohou hrát zásadní roli v prevenci neurodegenerativních onemocnění a systémového zánětu.

Pravidelné vytrvalostní cvičení podporuje uvolňování trofických faktorů, jako je BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor), který hraje klíčovou roli v neuroplasticitě, učení a paměti. Tento proces probíhá prostřednictvím aktivace neuronálních signálních drah, jež jsou zapojené do adaptace mozku na fyzickou aktivitu (Wrann et al., 2013a). BDNF zároveň chrání nervové buňky před degenerací, což je zásadní při prevenci Alzheimerovy nemoci a dalších neurodegenerativních poruch (Erickson et al., 2011).

Pohybové aktivity zahrnující složité motorické úkoly, jako je běh či bojové sporty, navíc stimulují rozvoj vyšších kognitivních funkcí. Tyto aktivity vyžadují rozhodování, plánování a rychlou reakci, což podporuje rozvoj exekutivních funkcí mozku. Evoluční výzkumy ukazují, že fyzická aktivita a neurobiologické procesy jsou úzce propojeny, přičemž pravidelný pohyb přispívá k lepší adaptabilitě organismu na fyzický i psychický stres (Raichlen & Gordon, 2011).

Kromě přímých kognitivních přínosů má fyzická aktivita také vliv na emocionální a metabolické procesy. Vytrvalostní cvičení například zlepšuje regulaci stresových hormonů, jako je kortizol, a podporuje produkci myokinů s neuroprotektivními účinky, například IL-6 a irisinu (Mattson, 2012; Pedersen & Febbraio, 2012). Tyto molekuly propojují svalovou činnost s mozkem a mohou snižovat riziko vzniku systémových

zánětů, které jsou častým faktorem při rozvoji neurodegenerativních onemocnění (Wrann et al., 2013a).

Navíc se ukazuje, že fyzická aktivita může zpomalovat procesy stárnutí na buněčné úrovni. Produkce myokinů během svalové kontrakce nejen stimuluje růst a regeneraci mozkových buněk, ale také podporuje mitochondriální funkce a snižuje oxidační stres, což je klíčové pro udržení kognitivního zdraví ve vyšším věku (Lourenco et al., 2019).

2.3.1 Vztah mezi fyzickou aktivitou a kognitivními funkcemi

Pravidelná fyzická aktivita (FA) má výrazný vliv na kognitivní funkce, což potvrzují výzkumy prováděné na zvířatech i lidech. Aerobní cvičení zlepšuje metabolické procesy v mozku a podporuje neuroplasticitu, čímž se stává klíčovým faktorem pro zachování a zlepšení kognitivních schopností ve všech věkových skupinách (Neeper et al., 1995; Black et al., 1990). Tento pozitivní vliv byl opakovaně potvrzen u zdravých jedinců i osob s mírnou kognitivní poruchou (MKP), přičemž byl zaznamenán větší efekt u dlouhodobých a středně intenzivních cvičení (Colcombe & Kramer, 2003; Falck et al., 2019).

Starší dospělí, kteří se věnují aerobní aktivitě střední intenzity alespoň 30 minut pět dní v týdnu, vykazují lepší exekutivní funkce, pracovní paměť a rychlost zpracování informací (Northey et al., 2018a; Vina et al., 2014). Vyšší intenzita cvičení je spojena s větším efektem na neurokognitivní funkce, přestože její implementace u seniorů může být náročnější (Rainbow Tin Hung Ho et al., 2015). Některé studie rovněž zdůrazňují přínos kombinovaných tréninků, zahrnujících aerobní, silový a koordinační prvek, které synergicky ovlivňují různé kognitivní domény (Berryman et al., 2014; Voelcker-Rehage et al., 2011).

Neurobiologické mechanismy, které propojují fyzickou aktivitu s kognitivními funkcemi, zahrnují zvýšenou produkci neurotrofických faktorů, jako je BDNF. Tento růstový faktor podporuje synaptickou plasticitu, neurogenezi a ochranu neuronů před degenerací, přičemž největší změny byly pozorovány u aerobních aktivit (Erickson et al., 2011; Wrann et al., 2013a). Další mechanismy zahrnují zlepšenou regulaci stresových hormonů, redukci systémového zánětu a zvýšenou aktivitu mitochondrií, což přispívá k dlouhodobému zdraví mozku (Mattson, 2012; Lourenco et al., 2019).

Výzkumy ukazují, že fyzická aktivita také ovlivňuje specifické mozkové oblasti. Například aerobní cvičení stimuluje růst hipokampu, který je klíčový pro paměť a prostorovou orientaci, zatímco odporový trénink pozitivně ovlivňuje exekutivní funkce a pracovní paměť (Frith & Loprinzi, 2018). Intenzivní intervalový trénink (HIIT) se ukazuje jako slibná možnost pro zlepšení kognitivních funkcí díky své efektivitě a kratší době trvání, což může být pro seniory vhodnější (Gibala & Little, 2017).

Koordinační cvičení, jako je jóga nebo Tai Chi, mají přímý vliv na aktivaci mozkových drah zodpovědných za motorickou kontrolu a prostorovou orientaci. Tyto aktivity stimulují kognitivní procesy i bez přímého vlivu na kardiopulmonální zdatnost, což z nich činí vhodnou alternativu pro seniory nebo osoby s fyzickými omezeními (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013; Gothe & McAuley, 2015). Zajímavé je, že dlouhodobé praktiky těchto aktivit jsou spojeny s většími objemy šedé hmoty v mozku, což přispívá k prevenci neurodegenerativních změn (Erickson et al., 2011).

V kontextu prevence kognitivního úpadku bylo prokázáno, že různé druhy fyzické aktivity mají synergický efekt na ochranu mozkových funkcí. Například kombinované programy aerobního a silového tréninku zlepšují jak psychomotorickou rychlost, tak exekutivní funkce, přičemž tyto přínosy jsou patrné u osob s MKP i zdravých jedinců (Berryman et al., 2014; Lam et al., 2015).

Z hlediska metodologie by další výzkumy měly zahrnovat delší intervenční období a zkoumat různé intenzity a typy cvičení, aby bylo možné přesněji identifikovat optimální přístup pro podporu kognitivních funkcí. HIIT představuje slibnou oblast, která kombinuje fyziologické a kognitivní benefity díky rychlé aktivaci neuronálních drah a metabolických procesů (Gibala & Little, 2017).

Celkově lze fyzickou aktivitu považovat za účinný nástroj pro podporu kognitivního zdraví, přičemž její efektivita závisí na intenzitě, délce a typu prováděné aktivity. Kombinace různých forem cvičení představuje komplexní přístup, který je schopen podpořit zachování kognitivních funkcí a prevenci neurodegenerativních onemocnění u starších dospělých (Northey et al., 2018b; Babaei & Azari, 2022).

2.3.2 Sebeobrana, tai chi a úpolové aktivity seniorů a kognitivní funkce

Sebeobránné aktivity, jako je tai chi nebo základní techniky bojových umění, jsou stále častěji předmětem výzkumů pro jejich potenciál zlepšit kognitivní funkce u starších dospělých. Tento typ fyzické aktivity nepřispívá pouze k fyzickému zdraví, ale má také pozitivní vliv na paměť, exekutivní funkce a rozhodovací schopnosti (Wayne et al., 2014; Sun et al., 2015). Sebeobrana podporuje neuroplasticitu kombinací motorického učení, pozornosti a strategického myšlení, což jsou klíčové prvky zpomalující kognitivní pokles spojený se stárnutím (Chang et al., 2018).

Jedním z nejvíce zkoumaných příkladů je tai chi, tradiční čínská forma bojového umění zaměřená na pomalé a plynulé pohyby. Randomizované kontrolované studie ukazují, že pravidelná praxe tai chi vede ke zlepšení exekutivních funkcí, pracovní paměti a pozornosti. Účastníci, kteří cvičili tai chi po dobu šesti měsíců, vykazovali významné zlepšení v Testu spojování cest A a B (*Trail Making Test*), což naznačuje zvýšenou mentální flexibilitu a rychlost zpracování informací (Taylor-Piliae et al., 2010; Wayne et al., 2014). Navíc bylo prokázáno, že tai chi má vliv na strukturální změny v mozku, včetně růstu hipokampu, což je klíčová oblast pro paměť a prostorovou orientaci (Erickson et al., 2011).

Kromě tai chi bylo prokázáno, že i další formy sebeobrany mohou mít pozitivní vliv na kognitivní schopnosti. Programy zahrnující techniky, jako jsou úniky z úchopů nebo jednoduché bloky, vedou k mentální stimulaci zlepšující schopnost řešit problémy a osvojovat si nové pohybové vzorce. Tyto techniky vyžadují strategické plánování a rychlé rozhodování, což přispívá k neurokognitivní adaptaci a celkovému zlepšení funkčnosti mozku (Sun et al., 2015; Li et al., 2016).

Sebeobránné aktivity mají také významný sociální rozměr, který je klíčový pro kognitivní zdraví. Skupinové tréninky vytvářejí příležitosti pro interakci s ostatními, což bylo prokázáno jako ochranný faktor proti kognitivnímu úpadku. Sociální zapojení během těchto aktivit zlepšuje náladu, zmírňuje příznaky deprese a přispívá k lepší psychické pohodě, což má nepřímý pozitivní dopad na kognitivní funkce (Ahlskog et al., 2011; Cass, 2017).

Dlouhodobé studie naznačují, že kombinace fyzických a mentálních aspektů sebeobrany může vést k výrazným strukturálním změnám v mozku. Bylo prokázáno, že pravidelný trénink bojových umění podporuje růst šedé hmoty v oblastech zodpovědných za paměť a prostorovou orientaci, což je klíčové pro prevenci neurodegenerativních

onemocnění (Erickson et al., 2011; Sun et al., 2015). Navíc aktivity, jako je tai chi, kombinují fyzické pohyby se zaměřením na dech a koncentraci, což zvyšuje jejich účinnost při stimulaci mozkových funkcí (Wayne et al., 2014).

Dosavadní výzkumy naznačují, že sebeobránné aktivity jsou účinným nástrojem pro podporu kognitivního zdraví u seniorů, přičemž kombinují fyzický, mentální a sociální dopad. Přesto je potřeba dalších studií zaměřených na dlouhodobé účinky a optimální implementaci těchto aktivit, aby bylo možné plně využít jejich potenciál (Taylor-Piliae et al., 2010; Wayne et al., 2014; Sun et al., 2015).

2.4 Exerkiny

Exerkiny jsou biologicky aktivní molekuly uvolňované během akutní i dlouhodobé fyzické aktivity, které hrají klíčovou roli v regulaci růstových a adaptivních mechanismů na molekulární i buněčné úrovni. Tyto látky mají významný dopad na podporu neuroplasticity a zlepšení celkové fyzické i mentální kondice (Chow et al., 2022). Exerkiny lze rozdělit do dvou hlavních skupin: růstové faktory, jako je BDNF (Brain-Derived Neurotrophic Factor), a nukleové kyseliny, například mikroRNA. Obě tyto skupiny se podílejí na komplexních fyziologických změnách, které jsou důsledkem fyzické aktivity, a významně přispívají k adaptaci organismu na zátěž.

Kosterní svalstvo, představující přibližně 40 % celkového tělesného objemu, je jedním z největších orgánů lidského těla. Díky své metabolické aktivitě funguje jako významný zdroj exerkinů, které mohou působit na různé orgány a tkáně v těle. Kosterní svaly tak slouží jako hlavní „továrna“ na myokiny, což je podskupina exerkinů specificky produkovaných svalovou tkání (Legård & Pedersen, 2019). Zatímco pojmy "exerkiny" a "myokiny" bývají někdy zaměňovány, odborná literatura zdůrazňuje, že myokiny zahrnují látky výhradně produkované svalovou kontrakcí, zatímco exerkiny představují širší skupinu molekul uvolňovaných v reakci na fyzickou aktivitu.

Během fyzického cvičení dochází k aktivaci kosterního svalstva, což stimuluje produkci různých myokinů působících endokrinně, parakrinně a autokrinně. Mezi nejvýznamnější myokiny patří irisin, spojovaný se zlepšením metabolického zdraví a podporou neuroplasticity, a interleukin-6 (IL-6), který reguluje zánětlivé procesy a metabolismus glukózy (Pedersen & Febbraio, 2012). Tyto molekuly mají dalekosáhlé účinky na funkce mozku, například podporují neurogenezi, chrání neurony před degenerativními procesy a přispívají k lepší adaptaci organismu na stresové podmínky.

Například studie ukazují, že irisin podporuje přeměnu bílé tukové tkáně na hnědou, což má pozitivní vliv na energetický metabolismus a ochranu před obezitou (Boström et al., 2012).

Exerkiny jsou také intenzivně studovány pro jejich potenciál jako biomarkery a terapeutické nástroje. Jejich role v prevenci a léčbě chronických onemocnění, včetně neurodegenerativních poruch, diabetu a kardiovaskulárních onemocnění, je stále více uznávána (Whitham & Febbraio, 2016). Myokiny jako BDNF nebo irisin mají přímý dopad na kognitivní zdraví a podporu dlouhověkosti tím, že zlepšují neuroplasticitu, podporují paměťové procesy a chrání nervové buňky před oxidačním stresem (Wrann et al., 2013). Tyto účinky z nich činí klíčový mechanismus, kterým fyzická aktivita přispívá k systémovému zdraví.

Zvláštní pozornost si zaslouží také vliv exerkinů na zánětlivé procesy v organismu. Některé myokiny, jako IL-6, regulují produkci prozánětlivých a protizánětlivých molekul, čímž snižují riziko vzniku chronického zánětu, který je spojen s neurodegenerativními poruchami, jako je Alzheimerova nemoc (Pedersen & Febbraio, 2012). Tento proces nejen chrání centrální nervový systém, ale také zlepšuje metabolickou rovnováhu a celkovou adaptabilitu organismu.

Exerkiny tak demonstrují, že fyzická aktivita není pouze prostředkem k udržení fyzické kondice, ale působí jako komplexní mechanismus podporující zdraví na systémové úrovni. Díky jejich širokému působení na metabolické, kognitivní a imunitní funkce jsou klíčovým nástrojem v prevenci stárnutí a rozvoje chronických onemocnění. Tento přístup naznačuje, že pravidelný pohyb by měl být základem pro udržení celkové funkční zdatnosti a kvality života, zejména u starších dospělých (Chow et al., 2022).

2.4.1 Myokiny

Myokiny jsou signální molekuly produkované a uvolňované kosterním svalstvem v reakci na svalové kontrakce. Tyto bioaktivní molekuly, odvozené z mnohojaderných buněk myofibril, hrají klíčovou roli nejen při řízení svalových kontrakcí, ale také při vykonávání parakrinních, autokrinních a endokrinních funkcí (Frontera & Ochala, 2015; Pedersen, 2011). Myokiny koordinují metabolické procesy a zprostředkovávají komunikaci mezi svaly a dalšími orgány, jako jsou játra, kosti, mozek a tuková tkáň, prostřednictvím specifických signálních drah (Legård & Pedersen, 2019). Díky těmto

vlastnostem jsou myokiny klíčovými mediátory mezi fyzickou aktivitou a celkovým zdravím organismu.

Intenzita, typ a objem fyzické aktivity výrazně ovlivňují množství a složení myokinů uvolňovaných do krevního oběhu. Například interleukin-6 (IL-6), jeden z nejlépe prostudovaných myokinů, je produkován během intenzivní fyzické aktivity a reguluje zánětlivé procesy, metabolismus glukózy a energetickou rovnováhu (Pedersen & Febbraio, 2012). Další významný myokin, irisin, je spojován s neuroplasticitou, metabolickými přínosy a adaptací mozku na fyzickou aktivitu (Wrann et al., 2013). Zajímavé je, že myokiny nejsou produkovány pouze během fyzické aktivity, ale také v klidovém stavu, kdy podporují diferenciaci, proliferaci a regeneraci svalových buněk. Tímto způsobem přispívají k udržení svalového zdraví i bez fyzického zatížení (Legård & Pedersen, 2019).

Od jejich objevu v roce 2000 se myokiny staly předmětem intenzivního vědeckého zájmu. Studie naznačují, že myokiny jsou klíčovými aktéry v tzv. „orgánovém krosstalku“, což je interakce mezi různými orgánovými systémy. Kosterní svalstvo zde funguje jako důležitý regulační orgán, jehož aktivita ovlivňuje nejen samotné svaly, ale i vzdálené orgány, jako je kardiovaskulární systém, endokrinní systém a mozek (Whitham & Febbraio, 2016). Tento mechanismus umožňuje fyzické aktivitě působit jako systémový nástroj pro podporu zdraví.

Myokiny mají široké spektrum zdravotních přínosů. Patří mezi ně zlepšení metabolického zdraví, podpora neuroplasticity a snížení rizika chronických onemocnění, jako je diabetes typu 2, kardiovaskulární choroby nebo neurodegenerativní onemocnění (Pedersen & Febbraio, 2012). Například irisin, který je produkován během aerobního cvičení, stimuluje neurogenezi v hipokampu, což je klíčová oblast mozku zodpovědná za paměť a prostorovou orientaci. Tento efekt může mít významný dopad na zpomalení kognitivního poklesu u stárnoucích jedinců (Wrann et al., 2013). Navíc IL-6 reguluje zánětlivé procesy, což přispívá k ochraně před systémovým zánětem, jenž je častým rizikovým faktorem neurodegenerativních a metabolických onemocnění.

Význam myokinů spočívá také v jejich potenciálu jako biomarkerů fyzické aktivity a terapeutických molekul. Díky jejich schopnosti ovlivňovat metabolické, kognitivní a imunitní funkce jsou myokiny zkoumány jako klíčové mechanismy, kterými fyzická aktivita přispívá ke zdravému stárnutí a prevenci onemocnění. Výzkumy ukazují,

že pravidelná fyzická aktivita podporuje dlouhodobé uvolňování myokinů, což vede ke komplexním zdravotním přínosům na systémové úrovni (Legård & Pedersen, 2019).

Celkově myokiny demonstrují, jak fyzická aktivita aktivuje složité signální dráhy, které propojují svaly s dalšími orgány a přispívají k dlouhodobému zdraví. Tento výzkum otevírá nové možnosti pro cílené intervence zaměřené na optimalizaci fyzické aktivity a využití myokinů v klinické praxi, a to nejen jako nástroje prevence, ale také jako součást léčebných strategií u různých chronických onemocnění (Whitham & Febbraio, 2016; Wrann et al., 2013).

2.4.2 FNDC5 / Irisin a význam

Irisin je myokin, jehož příznivé účinky na centrální nervový systém (CNS) byly prokázány jak na zvířecích modelech, tak u lidí. Tento protein má klíčový vliv na zvýšení hladin mozkového neurotrofního faktoru (BDNF) v hipokampu, což podporuje synaptickou plasticitu a procesy spojené s učením a pamětí (Lourenco et al., 2019; Bociek, 2019). BDNF je klíčový pro neuroplasticitu, což činí irisin důležitým biomarkerem pro zkoumání vlivu fyzické aktivity na kognitivní funkce (Bekinschtein et al., 2008; Yoen Kim & Song, n.d.).

Irisin byl poprvé popsán jako protein odvozený od genu FNDC5, který je exprimován v mozku, kosterním svalstvu a dalších tkáních. FNDC5 je aktivován transkripčním koaktivátorem PGC-1 α během fyzické aktivity. Tento proces vede k uvolňování irisinu do krevního oběhu, kde podporuje transformaci bílé tukové tkáně na metabolicky aktivní hnědou tukovou tkáň, což má pozitivní vliv na energetický metabolismus a regulaci glukózy (Boström et al., 2012; Cannon & Nedergaard, 2004).

Kromě metabolických výhod se irisin ukázal jako významný faktor v ochraně proti neurodegenerativním procesům, včetně Alzheimerovy choroby. Má rovněž antidepresivní účinky, které pomáhají regulovat náladu (Siteneski et al., 2018; Wrann et al., 2013b). Jeho schopnost podporovat expresi BDNF přispívá ke zlepšení kognitivních funkcí a ochraně neuronů před degenerací. Navíc hraje zásadní roli v prevenci ztráty kostní hmoty a svalové atrofie, což je obzvláště důležité u stárnoucí populace (Mahgoub et al., 2018).

Recentní výzkumy naznačují, že irisin může mít pozitivní vliv na imunitní funkce a redukci systémového zánětu. Podporuje produkci protizánětlivých cytokinů, což může být klíčové při prevenci autoimunitních a zánětlivých onemocnění (Mazur-Bialy et al.,

2017). Tento mechanismus by mohl přispět k ochraně CNS před zánětlivými procesy spojenými s neurodegenerativními poruchami, jako je Alzheimerova choroba.

Další studie poukazují na významnou roli irisinu v mozkovém energetickém metabolismu. Irisin může zvyšovat neurogenezi a podporovat zdraví neuronálních sítí, což je klíčové při ochraně proti kognitivnímu úpadku (Lourenco et al., 2019). Například mikroinjekce irisinu do hipokampální oblasti u potkanů zlepšila prostorové a pasivní učení (Mohammad Rashedul Islam et al., 2017).

Experimentální modely rovněž prokazují, že irisin může zpomalovat procesy stárnutí na buněčné úrovni. Zlepšuje mitochondriální funkce a snižuje oxidační stres, což jsou klíčové mechanismy při zpomalení buněčného stárnutí (Zhou et al., 2020).

Irisin tak představuje slibný biomarker a terapeutický cíl s širokým spektrem potenciálních aplikací v oblasti prevence a léčby neurodegenerativních poruch, metabolických dysfunkcí a systémového zánětu. Nicméně současné výzkumy stále přinášejí smíšené výsledky, zejména kvůli variabilitě v metodikách měření a interpretaci dat. Proto je nezbytné zaměřit další studie na standardizaci metodik a hlubší pochopení biologických mechanismů (Jandova et al., 2021; Maak et al., 2021).

Závěrem lze říct, že irisin je zásadním spojovacím prvkem mezi fyzickou aktivitou a systémovým zlepšením zdraví. Jeho terapeutický potenciál zahrnuje jak zlepšení metabolických funkcí, tak ochranu před kognitivním poklesem, což z něj činí důležitý cíl pro další výzkum zaměřený na podporu zdravého stárnutí.

2.4.3 Dlouhodobé cvičení a jeho dopad na hladiny irisinu v krvi

Tato kapitola vychází z odborné publikace *Long-term effect of exercise on irisin blood levels - Systematic Review and Meta-analysis* (Jandova et al., 2021), která představuje první systematický přehled a metaanalýzu zkoumající dlouhodobé účinky různých cvičebních intervencí na hladinu irisinu v krvi. Studie zahrnuje 59 studií s 2164 účastníky různého zdravotního stavu, včetně zdravých jedinců, sportovců, osob s nadváhou či obezitou, těhotných žen a pacientů s chronickými onemocněními, jako jsou diabetes mellitus 2. typu, intersticiální plicní onemocnění nebo roztroušená skleróza. Věkové rozpětí účastníků bylo 9–71 let. Výzkum zahrnoval kombinaci randomizovaných kontrolovaných a nerandomizovaných studií, přičemž některé studie postrádaly kontrolní skupinu.

Cvičební intervence zahrnovaly vytrvalostní a odporové cvičení, intervalový trénink, chůzi, plavání a další formy fyzické aktivity. Z výsledků vyplynulo, že 33 studií wykázalo statisticky významné změny v hladinách irisinu, přičemž 23 studií prokázalo zvýšení hladiny a 10 studií pokles. Významné mezi skupinové rozdíly byly pozorovány v 15 studiích. Vytrvalostní trénink měl pozitivní efekt ve čtyřech případech, odporový trénink ve třech případech a kombinované, intervalové či aerobně-odporové programy v menším počtu případů. Vysoce intenzivní intervalový trénink (HIIT) se ukázal jako efektivnější ve zvyšování hladin irisinu než kontinuální cvičení střední intenzity.

Hladiny irisinu u specifických skupin

U obézních dospělých bylo pozorováno, že dlouhodobé cvičení mírné intenzity zvyšuje hladiny irisinu, zatímco některé specifické modalities, jako například taekwondo u obézních dětí, měly opačný efekt. Metaanalýza zahrnuje údaje od 717 účastníků cvičebních skupin a 467 kontrolních účastníků. Celkový vliv byl pozitivní ve prospěch cvičebních skupin s hodnotou $SMD = 0,39$ (95 % CI 0,27–0,52).

Dopady cvičení u starší populace

Významné výsledky se týkaly studií zaměřených na starší populaci. Metaanalýza ukázala, že dlouhodobé vytrvalostní a odporové cvičení zvyšují hladiny irisinu u obézních starších žen a mužů středního věku (Amanat et al., 2020; Bonfante et al., 2017). Mezi dalšími intervencemi měly pozitivní efekt trénink svalů pánevního dna (Weber-Rajek et al., 2019), aquaerobik (J. H. Kim & Kim, 2018), golf (Neumayr et al., 2021) a intervalový trénink (Rashti et al., 2019). U zdravých starších jedinců tyto modalities rovněž podporovaly ochranu proti ztrátě kostní hmoty a svalové atrofii, což poukazuje na terapeutické využití irisinu (Mahgoub et al., 2018).

Metodologická omezení a další výzkum

I přes pozitivní závěry vykazovala metaanalýza vysokou heterogenitu napříč studiemi, což může být částečně způsobeno variabilitou v měření hladin irisinu. Většina dat pochází z komerčních ELISA souprav, u nichž byla prokázána zkřížená reaktivita s nesespecifickými proteiny (Albrecht et al., 2020). Tento faktor může ovlivňovat přesnost výsledků, a proto je nezbytné zaměřit se na standardizaci měření a metodologickou harmonizaci.

Navzdory těmto omezením studie potvrzují, že dlouhodobé cvičení přispívá ke zvýšení hladin irisinu, zejména u obézních jedinců a starší populace. Irisin může hrát klíčovou roli při prevenci obezity, osteoporózy a sarkopenie. Rovněž by mohl být využit jako biomarker k hodnocení zdravotního stavu kostí a svalů a jako terapeutický cíl pro podporu zdravého stárnutí.

Celkové výsledky naznačují, že irisin má potenciál stát se důležitým ukazatelem účinků dlouhodobé fyzické aktivity na zdraví, zejména u starších dospělých a obézních jedinců. Další výzkumy by měly zahrnout přísnější metodologické standardy a hlouběji se zaměřit na pochopení mechanismů účinku tohoto myokinu. Kombinace cvičení s různou intenzitou a specifických programů by mohla přinést nové terapeutické přístupy v prevenci onemocnění souvisejících s nečinností a stárnutím.

2.4.4 BDNF - Brain Derived Neurothrophic Factor

BDNF patří mezi nejvýznamnější neurotrofické faktory, jehož přítomnost a funkce byly identifikovány jak v centrálním nervovém systému (CNS), tak v periferních tkáních, včetně kosterního svalstva. Bylo prokázáno, že při svalových kontrakcích během fyzické aktivity dochází k významnému uvolňování BDNF (Ribeiro et al., 2021). Tento neurotrofin hraje klíčovou roli v podpoře synaptické plasticity, přežití neuronů, regeneraci poškození, regulaci neurotransmiterů a axonálním růstu (Fahnestock et al., 2002).

Historicky byl BDNF poprvé popsán v roce 1982 (Barde et al., 1982) a jeho důležitost byla následně potvrzena při procesech učení a paměti (Alonso et al., 2002; Kuipers & Bramham, 2006). Ztráta synapsí a nízké hladiny BDNF jsou charakteristickými projevy neurodegenerativních onemocnění, zejména Alzheimerovy nemoci (AN). První studie zaměřené na pacienty s AN odhalily významné snížení hladin BDNF v hipokampu, entorhinálním a parietálním kortexu (Narisawa-Saito et al., 1996), což bylo později potvrzeno analýzou plazmatických hladin BDNF (Borba et al., 2016). Tyto hladiny navíc negativně korelují s rychlostí progresu mírné kognitivní poruchy (MKP) do stadia demence (Laske et al., 2011).

Cvičení bylo identifikováno jako jedna z mála nefarmakologických strategií, která dokáže zvýšit hladiny BDNF a tím potenciálně zlepšit neuroplasticitu a kognitivní funkce. Na zvířecích modelech bylo prokázáno, že pravidelná fyzická aktivita stimuluje sekreci BDNF, zejména v hipokampu, což podporuje regeneraci synapsí a zlepšuje učení i paměť

(Cotman et al., 2007). U lidí vedlo šestiměsíční aerobní cvičení ke zvýšení plazmatických hladin BDNF, nárůstu objemu hipokampu a zlepšení prostorové paměti (Erickson et al., 2011). Rovněž u pacientů s AN bylo zjištěno, že aerobní cvičení pozitivně ovlivňuje hladiny BDNF a koreluje s intenzitou fyzické aktivity (Coelho et al., 2014).

Další výzkumy naznačují, že osa PGC-1 α /FNDC5/BDNF může být klíčová při přenosu účinků cvičení na CNS. FNDC5, jako prekurzor irisinu, se ukazuje být schopen překonat hematoencefalickou bariéru a stimulovat vyplavování BDNF v hipokampu, což podporuje neuroplasticitu a metabolické adaptace (Wrann et al., 2013b). Lourenco et al. (2019) identifikovali, že zlepšené synaptické funkce u pacientů s AN jsou přímo spojeny s vyššími hladinami FNDC5 a BDNF.

Farmakologická podpora BDNF, kombinovaná s pravidelnou fyzickou aktivitou, tak představuje slibný terapeutický přístup nejen pro léčbu kognitivních poruch, ale i pro ochranu mozkových struktur před progresivní neurodegenerací.

2.5 Úpolové aktivity

Úpolové aktivity, zahrnující bojová umění a sebeobrané techniky, nabízejí unikátní kombinaci fyzické, kognitivní a psychosociální stimulace. Tato forma fyzické aktivity je zvláště významná pro seniory, protože podporuje jejich fyzickou kondici, zlepšuje svalovou sílu, flexibilitu a rovnováhu, čímž pomáhá snižovat riziko pádů a úrazů (Wayne et al., 2014; Solianik et al., 2021).

Kromě fyzických přínosů mají úpolové aktivity pozitivní vliv na kognitivní funkce, jako je paměť, pozornost a schopnost řešit problémy, což může významně přispět k udržení mentálního zdraví ve vyšším věku (Woodward, 2009). Úpolové aktivity rovněž posilují sociální interakce a snižují riziko sociální izolace, což má pozitivní vliv na celkovou pohodu seniorů. Tento aspekt je klíčový pro prevenci deprese a zlepšení celkové kvality života.

Individuální přizpůsobení programů úpolových aktivit podle zdravotního stavu a fyzické kondice seniorů je zásadní. Vhodně navržené programy mohou být bezpečné a efektivní, přičemž senioři by měli konzultovat své aktivity s lékaři nebo kvalifikovanými instruktory. Tím lze zajistit, že vybrané aktivity splňují potřeby jednotlivce a minimalizují rizika (Fong Yan et al., 2024).

Úpolové aktivity tak představují komplexní nástroj nejen pro zlepšení fyzické zdatnosti, ale i pro podporu mentálního zdraví a celkové kvality života seniorů. Optimalizace těchto programů může hrát klíčovou roli v aktivním a zdravém stárnutí.

2.5.1 Trénink bojových umění u seniorů

Trénink bojových umění u seniorů představuje unikátní příležitost, jak spojit fyzickou aktivitu s psychologickou a sociální podporou. Starší populace čelí specifickým výzvám spojeným se stárnutím, jako je snížení svalové síly, zhoršení stability a rovnováhy, pokles kognitivních funkcí a vyšší riziko pádů. Bojová umění mohou při správném vedení významně přispět k jejich zmírnění. Je však nezbytné přizpůsobit tréninkové metody fyziologickým, kognitivním a psychickým potřebám seniorů, aby byl bezpečný, efektivní a motivující.

Přizpůsobení tréninkových metod

Senioři mají odlišné fyzické a psychické schopnosti oproti mladším jedincům, což vyžaduje specifický přístup k jejich tréninku. Zatímco mladší cvičenci se mohou zaměřit na intenzivní fyzické zatížení a komplexní techniky, trénink seniorů by měl:

- **Klást důraz na základní pohybové dovednosti:** Patří sem rozvoj rovnováhy, flexibility, síly a koordinace, které jsou klíčové pro prevenci pádů a udržení soběstačnosti.
- **Zohledňovat individuální schopnosti:** Trénink musí být přizpůsoben aktuálnímu zdravotnímu stavu, fyzické kondici a osobním limitům každého účastníka.
- **Začínat pomalu a postupně zvyšovat intenzitu:** Techniky by měly být jednoduché, s důrazem na přesnost pohybů. Postupně je možné přidávat složitější prvky a zvyšovat intenzitu cvičení.
- **Zahrnovat kompenzační cvičení:** Trénink by měl obsahovat protahovací a relaxační techniky, které podporují regeneraci a prevenci přetížení.

Fyziologické přínosy tréninku

Výzkumy ukazují, že pravidelný trénink bojových umění má řadu pozitivních fyziologických efektů. Například trénink tai chi, který je považován za měkkou formu bojového umění, vedl ke zlepšení kvality života, funkční mobility a rovnováhy u seniorů (Roberson et al., 2015). Jiná studie zaměřená na trénink ving tsun (VT) prokázala, že pravidelný trénink může přispět ke zvýšení svalové síly a udržení kostní denzity (Ryan et al., 2015). Tyto aktivity mohou rovněž přispět k prevenci pádů, které jsou jedním z nejzávažnějších zdravotních rizik pro starší populaci.

Rovnováha a stabilita

Zlepšení rovnováhy a stability je klíčovým cílem tréninku bojových umění pro seniory. Specifická cvičení, jako jsou přetahování, úpolové hry nebo simulace situací vyžadujících rychlé změny směru, pomáhají rozvíjet propriocepci, koordinaci a reakční schopnosti. Studie prokázaly, že cvičení zaměřená na rovnováhu mohou snížit riziko pádů až o 30 % (Sherrington et al., 2011).

Svalová síla a kostní denzita

Pravidelný trénink zahrnující odporové a dynamické pohyby může pomoci udržet nebo zvýšit svalovou sílu a kostní denzitu. To je obzvláště důležité u seniorů, kteří často čelí úbytku svalové hmoty (sarkopenii) a řidnutí kostí (osteoporóze). Například trénink aikida nebo juda, který zahrnuje nácvik pádů a kontrolovaných úchopů, může přispět ke zlepšení celkové funkční zdatnosti.

Kognitivní a psychologické přínosy

Bojová umění mají rovněž významný vliv na kognitivní funkce a psychologickou pohodu seniorů. Využívání technik, které vyžadují soustředění, rychlé rozhodování a prostorovou orientaci, podporuje neuroplasticitu mozku a zlepšuje kognitivní schopnosti. Studie provedená Ericksonem et al. (2011) zjistila, že pravidelné cvičení vedlo ke zvýšení objemu hipokampu, což je oblast mozku klíčová pro paměť a prostorovou orientaci.

Sebedůvěra a schopnost zvládat konflikty

Trénink bojových umění může významně zvýšit sebedůvěru seniorů. Pravidelné zvládání nových technik a simulace modelových situací přispívají k pocitu kontroly nad

vlastním tělem a okolím. To může mít pozitivní dopad na schopnost zvládat konfliktní situace, což je důležitý aspekt psychické pohody.

Sociální interakce a motivace

Dalším klíčovým prvkem tréninku bojových umění u seniorů je podpora sociálních vazeb. Skupinové aktivity vytvářejí prostor pro setkávání s vrstevníky, sdílení zkušeností a budování vzájemné podpory. To má nejen pozitivní vliv na motivaci, ale také na celkovou kvalitu života. Studie ukazují, že sociální interakce během tréninku mohou snižovat pocity osamělosti a zlepšovat emoční stabilitu (Sherrington et al., 2011).

Příklady přístupů v praxi

- **Tai Chi jako nástroj zlepšení kvality života:** Studie zaměřené na tai chi ukázaly, že i krátkodobé programy, trvající 10 týdnů, vedly k významnému zlepšení funkční mobility, rovnováhy a kvality života (Roberson et al., 2015). Tai chi je ideální pro seniory díky své plynulé a nenáročné povaze, která minimalizuje riziko zranění.
- **Aikido a jeho přínosy:** Trénink aikida zahrnuje techniky vyvádění útočníka z rovnováhy a nácvik pádů, což přispívá k rozvoji stability a snížení strachu z pádů.
- **Judo pro seniory:** Začátečnické techniky juda, jako je správný nácvik pádů na měkkých žínkách, mohou být přizpůsobeny tak, aby byly bezpečné a zároveň efektivní pro zlepšení fyzické zdatnosti.

Trénink bojových umění u seniorů je multidimenzionální aktivita, která přináší fyzické, kognitivní a sociální benefity. Přestože je klíčové přizpůsobit trénink individuálním potřebám a schopnostem, správně vedený program může významně přispět k prevenci zdravotních problémů a zlepšení kvality života seniorů. Kombinace fyzických cvičení, psychologické podpory a sociální interakce činí bojová umění ideálním nástrojem pro podporu aktivního a zdravého stárnutí.

2.5.2 Bojové sporty a jejich problematika

Bojové sporty představují širokou skupinu disciplín, které kombinují fyzickou zdatnost, psychologickou přípravu a sociální interakci. Mezi nejznámější bojové sporty

patří judo, karate, taekwondo, aikido nebo box, přičemž jejich společným rysem je přímá interakce mezi účastníky prostřednictvím technik, jako jsou údery, kopy, hody, páky či úchopy. Pro seniory však mohou být bojové sporty přizpůsobeny tak, aby odpovídaly jejich fyziologickým a psychologickým potřebám, čímž se eliminuje riziko zranění a podporuje jejich celková pohoda.

Předsudky vůči bojovým sportům

Jedním z nejčastějších předsudků je vnímání bojových sportů jako příliš náročných a rizikových pro starší populaci. Obavy obvykle pramení z představy, že tyto sporty zahrnují vysokou intenzitu, fyzický kontakt a náročné techniky, což by mohlo vést k přetížení kloubů a svalů. Tento pohled je však často zkreslený. Výzkumy potvrzují, že správně vedený trénink bojových sportů může být bezpečný, a dokonce vysoce prospěšný i pro starší osoby. Například studie provedené na seniorech zapojených do tréninku tai chi nebo aikida ukázaly, že tyto aktivity mohou zlepšit stabilitu, rovnováhu a sílu (Ryan et al., 2015; Roberson et al., 2015).

Význam přizpůsobení tréninku

Klíčem k úspěšnému zapojení seniorů do bojových sportů je jejich přizpůsobení individuálním potřebám a možnostem. Zatímco mladší jedinci mohou zvládnout intenzivní fyzické zatížení a komplexní techniky, trénink seniorů by měl být zaměřen na zlepšení základních fyzických a kognitivních dovedností. To zahrnuje:

- **Rozvoj rovnováhy a stability:** Zlepšení rovnováhy je zásadní pro prevenci pádů, které představují významné riziko pro seniory.
- **Zvýšení svalové síly a flexibility:** Posílení svalů, zejména dolních končetin a trupu, pomáhá udržet správné držení těla a zlepšuje funkční schopnosti potřebné pro každodenní aktivity.
- **Podpora kognitivních schopností:** Bojové sporty vyžadují rychlé rozhodování a prostorovou orientaci, což může přispět k udržení kognitivních funkcí.

Sociální a psychologické přínosy

Dalším významným přínosem bojových sportů je jejich pozitivní vliv na sociální a psychologickou stránku seniorů. Pravidelné setkávání s vrstevníky během tréninků

podporuje sociální interakce, redukuje pocity osamělosti a zvyšuje sebedůvěru účastníků. Výzkumy rovněž ukazují, že zapojení do pravidelné fyzické aktivity, jako jsou bojové sporty, může zmírnit symptomy deprese a úzkosti (Roberson et al., 2015).

Výzkumné důkazy o přínosech bojových sportů pro seniory

Studie zaměřené na aplikaci bojových sportů u seniorů prokázaly široké spektrum pozitivních efektů. Například trénink tai chi byl spojen se zlepšením kvality života, funkční mobility a rovnováhy u seniorů (Roberson et al., 2015). Jiný výzkum ukázal, že pravidelný trénink aikida nebo juda může snížit riziko pádů díky zlepšení koordinace a nácviu pádové techniky (Ryan et al., 2015).

Problematika bezpečnosti a efektivity

Bezpečnost a efektivita tréninku jsou základními faktory, které je třeba zohlednit při zapojení seniorů do bojových sportů. Vhodná příprava zahrnuje:

- **Postupné zvyšování intenzity:** Trénink by měl začínat jednoduchými technikami a postupně se zvyšovat náročnost.
- **Použití ochranných pomůcek:** Tatami, chrániče a další vybavení minimalizují riziko zranění.
- **Důraz na správnou techniku:** Instruktoři by měli klást důraz na preciznost pohybů a zohlednit individuální schopnosti cvičenců.

Bojové sporty nabízejí jedinečnou kombinaci fyzických, kognitivních a sociálních přínosů, které mohou významně přispět k udržení kvality života seniorů. Přestože čelí řadě předsudků, správně koncipovaný a vedený trénink může eliminovat potenciální rizika a vytvořit bezpečné a efektivní prostředí pro seniory, které podporuje jejich fyzickou i psychickou pohodu. Tyto aktivity mohou být důležitým nástrojem prevence pádů, udržení mobility a zlepšení celkového zdraví.

2.5.3 Tai chi

Výzkumy ukazují, že Tai Chi může zlepšovat kognitivní funkce, zejména u starších dospělých. Tento účinek je pravděpodobně zprostředkován zvýšením hladin myokinů, jako je irisin, který je produkován při fyzické aktivitě. Irisin reguluje

energetický metabolismus, podporuje neuroplasticitu mozku a zlepšuje synaptickou aktivitu. Ve studii provedené Guazzarini et al. (2024) bylo zjištěno, že šest měsíců pravidelné praxe Tai Chi významně zvýšilo hladiny irisinu a zlepšilo výsledky v testech verbální paměti u starších osob. Tento efekt ukazuje na potenciál Tai Chi jako nenákladné a přístupné intervence zaměřené na oddálení kognitivního úpadku (Guazzarini et al., 2024; Angulo et al., 2020).

Navzdory slibným výsledkům je však vliv Tai Chi na neurokognitivní funkce stále předmětem zkoumání. Přehledová studie z roku 2023 zdůraznila, že i když Tai Chi může být užitečné při mírném kognitivním úpadku a v raných stádiích demence, je potřeba dalšího výzkumu k pochopení mechanismů, které tyto účinky zprostředkovávají (Jasim et al., 2023).

Tai Chi má významný vliv na kostní hustotu (BMD) a prevenci osteoporózy, což potvrzují systematické přehledy studií. Například Chow et al. (2018) analyzovali devět studií, které zahrnovaly 1222 účastníků, a zjistili, že pravidelná praxe Tai Chi zpomaluje úbytek kostní hmoty a zlepšuje BMD, zejména v oblasti páteře a kyčlí. Dlouhodobá praxe (alespoň 12 měsíců s více než 185 hodinami cvičení) byla klíčová pro dosažení statisticky významných výsledků (Chow et al., 2018; Qin et al., 2005).

Pokročilé metody, jako je periferní kvantitativní počítačová tomografie (pQCT), odhalily pozitivní vliv Tai Chi na trabekulární i kortikální kostní hustotu. Například studie od Chan et al. (2004) zjistila, že ženy praktikující Tai Chi po dobu 12 měsíců vykázaly zpomalení úbytku kostní hmoty ve srovnání s kontrolní skupinou. Tyto výsledky naznačují, že Tai Chi může být efektivní alternativou nebo doplňkem farmakologické léčby osteoporózy (Chan et al., 2004; Woo et al., 2007).

Jedním z hlavních benefitů Tai Chi je jeho schopnost zlepšit rovnováhu a snížit riziko pádů, zejména u starších dospělých. Studie provedená Li et al. (2005) ukázala, že pravidelné cvičení Tai Chi snížilo riziko pádů o 55 % ve srovnání se skupinou provádějící pouze protahovací cviky. Účastníci rovněž vykázali zlepšení funkční rovnováhy a fyzické výkonnosti a snížení strachu z pádů (Li et al., 2005; Tousignant et al., 2012).

Dlouhodobá pravidelná praxe Tai Chi je klíčová pro udržení těchto benefitů. Studie od Murphy a Singh (2008) ukázala, že zlepšení rovnováhy, získané po 12 týdnech cvičení Tai Chi, bylo udrženo pouze tehdy, pokud účastníci pokračovali v pravidelném tréninku (Murphy & Singh, 2008).

Tai Chi má také pozitivní vliv na kardiovaskulární systém. Lan et al. (1996) zjistili, že pravidelní praktikanti Tai Chi vykazovali vyšší maximální příjem kyslíku ($\text{VO}_2 \text{ max}$) ve srovnání se sedavými jedinci. Navíc studie Tsai et al. (2003) prokázala, že 12 týdnů cvičení Tai Chi vedlo ke snížení systolického a diastolického krevního tlaku a ke zlepšení lipidového profilu u účastníků s hypertenzí (Lan et al., 1996; Tsai et al., 2003). Tato zjištění naznačují, že Tai Chi je účinným nástrojem pro podporu kardiovaskulárního zdraví, který může být obzvláště prospěšný pro starší dospělé a jedince s rizikovými faktory srdečních onemocnění.

2.5.4 Úpoly

Přínos pádových technik

Trénink pádových technik je klíčovým prvkem úpolových aktivit, které se zaměřují na minimalizaci rizika zranění při pádech. Základem těchto technik je naučit tělo efektivně absorbovat energii pádu prostřednictvím správné techniky rozložení síly a orientace těla. Vědecké studie ukazují, že osoby trénující pádové techniky, jako jsou kotouly, převaly či kontrolované přistání na zem, vykazují výrazně menší riziko zlomenin nebo jiných poranění při náhlých pádech (Chan et al., 2004).

V rámci kontrolovaných experimentů bylo prokázáno, že trénink pádů zlepšuje svalovou paměť, což umožňuje rychlejší reakci na neočekávané situace, jako je uklouznutí nebo náraz (Chow et al., 2018). Navíc se zlepšuje stabilita dolních končetin a schopnost koordinace, což je klíčové nejen pro sportovce, ale i pro seniory. V kontextu prevence pádů u starších osob je pravidelný trénink pádových technik spojován s výrazným snížením počtu hospitalizací v důsledku pádů a zlomenin (Song et al., 2014).

Kontrolované dopady navíc snižují riziko poranění krčních obratlů nebo horních končetin, protože tělo se učí rozptýlit sílu pádu na větší plochu a zapojit správné svalové skupiny, aby absorbovaly šok (Hong et al., 2000). Tato dovednost je přínosná zejména při sebeobraně, kdy může být pád nevyhnutelnou součástí interakce s protivníkem.

Posilování soustředění a postřehu

Úpolové aktivity přirozeně zahrnují prvky, které vyžadují vysokou úroveň koncentrace a schopnost rychle reagovat na pohyb protivníka či změny situace. Studie zaměřené na úpolové sporty, jako je judo, ukázaly, že pravidelný trénink vede k výraznému zlepšení reakční doby a schopnosti vnímat dynamiku okolního prostředí

(Wayne et al., 2007). Tento efekt je přičítán kombinaci fyzických a mentálních stimulů, které jsou v tréninku neustále přítomny.

Například během tréninku judo či Tai Chi je vyžadována neustálá pozornost k těžišti těla a pohybu protivníka. Tato interakce stimuluje neuronové sítě odpovědné za prostorovou orientaci a rozhodovací procesy (Song et al., 2014). Kognitivní přínos těchto aktivit byl rovněž prokázán u starších osob, u kterých se pravidelná praxe úpolových aktivit projevila zlepšením paměti, rozhodování a celkové mentální bdělosti (Chan et al., 2004).

Dlouhodobé cvičení těchto technik navíc podporuje plasticitu mozku, což znamená, že se zvyšuje schopnost mozku adaptovat se na nové situace a rychle se učit. Tento benefit je zvláště užitečný u seniorů, kde přispívá k prevenci kognitivního úpadku (Chow et al., 2018).

Trénink vychylování a reakčních schopností

Úpolové vychylování se zaměřuje na zlepšení schopnosti těla reagovat na vnější síly, které ohrožují stabilitu. Tato dovednost zahrnuje nejen svalovou sílu, ale také schopnost mozku analyzovat směr a intenzitu síly a přizpůsobit tělesnou polohu tak, aby nedošlo k pádu. Studie ukazují, že pravidelný trénink vychylování výrazně zvyšuje propriocepci, což je schopnost vnímat polohu a pohyb těla bez vizuální zpětné vazby (Chan et al., 2004).

Například v Tai Chi nebo judu se často trénuje situace, kdy je tělo vychýleno z rovnováhy, a cílem je naučit se obnovit stabilitu prostřednictvím malých korekcí těžiště. Tyto dovednosti jsou klíčové nejen v prevenci pádů, ale také v každodenním životě, kdy dochází k interakcím s nerovným povrchem nebo náhlým změnám pohybu (Li et al., 2005).

Důležitou součástí tohoto tréninku je také schopnost rychle reagovat na protivníka nebo vnější podněty. Například v judu je kladen důraz na detekci malých změn v postoji soupeře, což umožňuje rychlé přizpůsobení a protiútok (Hong et al., 2000). Tato schopnost rychlé analýzy a reakce je užitečná nejen ve sportovním prostředí, ale i v běžném životě, kdy může pomoci zabránit zraněním.

Prevence pádů a zlepšení rovnováhy

Prevence pádů a zlepšení rovnováhy patří k nejdůležitějším aspektům úpolových aktivit, zejména ve vztahu ke starším osobám a osobám se zvýšeným rizikem pádů. Pravidelný trénink úpolových aktivit, jako je judo, aikido, nebo Tai Chi, přináší významné benefity v oblasti zlepšení rovnováhy, koordinace a propriocepce, což významně snižuje pravděpodobnost pádu.

Výzkumy ukazují, že cvičení zaměřená na zlepšení rovnováhy, jako je Tai Chi, mohou snížit výskyt pádů až o 55 % u starších osob, a to zejména díky rozvoji svalové síly, stability a schopnosti těla reagovat na náhlé změny v poloze (Li et al., 2005). Jednou z klíčových složek těchto aktivit je zlepšení senzorio-motorické koordinace, která umožňuje přesnější vnímání polohy těla a následnou úpravu pohybu.

Například studie, která sledovala efekt pravidelného tréninku Tai Chi na seniory, ukázala, že osoby, které absolvovaly tříměsíční trénink, vykazovaly lepší výsledky v testech rovnováhy (např. Timed Up and Go test a One-Legged Stance test) a zaznamenaly výrazný pokles strachu z pádů (Murphy & Singh, 2008).

Propriocepce, což je schopnost vnímat polohu těla v prostoru, je klíčovým faktorem při prevenci pádů. Pravidelný trénink úpolových technik, jako je vychylování nebo stabilizace polohy, stimuluje proprioceptivní receptory ve svalech, šlachách a kloubech, což zlepšuje schopnost těla reagovat na náhlé vnější podněty (Hong et al., 2000). Úpolové aktivity rovněž posilují hluboké stabilizační svaly, které jsou nezbytné pro udržení rovnováhy při stoji i při pohybu.

Dynamická stabilita, tedy schopnost udržet rovnováhu během pohybu, je významně ovlivněna pravidelným cvičením. Studie ukazují, že aktivity, jako je judo nebo aikido, které zahrnují kontrolované vychylování z rovnováhy, vedou k lepším výsledkům v rovnovážných testech a k rychlejším reakcím na ztrátu stability (Tousignant et al., 2012).

Další důležitou složkou prevence pádů je nervosvalová koordinace, která je klíčová pro rychlou a přesnou reakci na nečekané situace, jako je uklouznutí nebo změna terénu. Vědecké výzkumy naznačují, že pravidelný trénink Tai Chi zvyšuje aktivitu nervových drah odpovědných za svalovou koordinaci, což vede ke zlepšení rovnováhy a motorických dovedností (Lan et al., 1996). Tato aktivace přispívá také k lepší schopnosti kompenzovat náhlé změny v těžišti těla.

Dlouhodobé zapojení do úpolových aktivit, jako je pravidelné cvičení Tai Chi nebo judo, může vést k výraznému zlepšení celkové stability těla. Například meta-analýza zahrnující 108 seniorů zjistila, že trénink Tai Chi prováděný třikrát týdně po dobu šesti měsíců významně snížil výskyt pádů a zlepšil výkonnost v testech rovnováhy, jako je Functional Reach Test (Wolf et al., 1996).

2.5.5 Sebeobrana seniorů

Sebeobrana je klíčovým nástrojem nejen pro ochranu, ale i pro zlepšení kvality života seniorů. Tato aktivita nabízí fyzické, psychologické a sociální benefity, které mají dalekosáhlé dopady na celkové zdraví a pohodu této věkové skupiny. Sebeobranné programy zaměřené na seniory jsou navrženy tak, aby rozvíjely fyzickou kondici, koordinaci a flexibilitu, přičemž zohledňují jejich specifické potřeby a limity. Pravidelné cvičení sebeobrany poskytuje seniorům možnost zlepšit jejich stabilitu a pohyblivost, což je klíčové pro prevenci pádů, které představují hlavní riziko pro tuto věkovou skupinu. Zároveň se senioři učí efektivním technikám, které jim pomáhají řešit krizové situace a zvyšují jejich sebevědomí (Fojtík, 1994; Woodward, 2009).

Pravidelné lekce sebeobrany také podporují psychickou odolnost seniorů tím, že je učí rozpoznávat rizikové situace a reagovat na ně přiměřeným způsobem. Klíčovou součástí výuky je prevence konfliktu, která zahrnuje vyhýbání se nebezpečným situacím a psychologické zvládání interakcí s potenciálními útočníky. Tyto schopnosti nejen zvyšují jejich bezpečnost, ale také přispívají k celkovému posílení duševního zdraví. Jak uvádějí odborné studie, pravidelná účast na trénincích sebeobrany může u seniorů vést k nárůstu sebevědomí a lepšímu pocitu kontroly nad vlastním životem (Ryan et al., 2015; Neide Joana, 2010).

Vědecké studie potvrzují, že dobře strukturované sebeobranné programy mohou zlepšit celkovou tělesnou rovnováhu, mobilitu a sebevědomí seniorů. Například studie zaměřená na trénink bojového umění Ving Tsun (VT) u seniorů prokázala, že pravidelné cvičení může přispět k prevenci pádů a zlepšit celkovou tělesnou stabilitu. I když výsledky ukazují, že trénink vyžaduje dlouhodobé zapojení pro dosažení větších efektů, trendy zlepšení v oblasti fyzické i psychické kondice jsou zřejmé (Ryan et al., 2015). Podobné přínosy byly zaznamenány i u dalších forem bojových umění, včetně Tai Chi, které kombinuje prvky sebeobrany s meditativními technikami a cvičením zaměřeným na zlepšení rovnováhy a flexibility (Roberson et al., 2015).

Součástí efektivní výuky sebeobrany pro seniory je také přizpůsobení tréninkového programu jejich individuálním potřebám a schopnostem. Trenéři musí zohledňovat nejen fyzickou kondici cvičenců, ale i jejich psychologické a sociální potřeby. Klíčové je vytvoření pozitivního prostředí, které seniory motivuje k pravidelnému cvičení, posiluje jejich sebevědomí a přispívá k rozvoji komunity. Výuka by měla zahrnovat základní techniky, jako jsou úhyby, kryty, jednoduché údery a kopy, které jsou snadno osvojitelné a praktické pro každodenní život. Důraz by měl být kladen na taktiku, prevenci konfliktu a psychologické zvládání krizových situací (Chvátalová, Reguli, & Vít, 2012).

Sebeobrana tedy není pouze o fyzické kondici, ale také o posílení psychické odolnosti a zlepšení kvality života seniorů. Je to komplexní přístup, který jim umožňuje zvládat každodenní výzvy s větší sebedůvěrou a bezpečností. Jak ukazují studie, pravidelné tréninky nejen zlepšují jejich fyzickou zdatnost, ale také přispívají k jejich mentálnímu zdraví a celkové pohodě (Neide Joana, 2010; Fojtík, 1994).

2.5.5.1 Formy sebeobrany

Sebeobrana zahrnuje soubor strategií, technik a dovedností, které pomáhají jedincům chránit se před potenciálním nebezpečím. U seniorů by měla být sebeobrana přizpůsobena jejich fyzickým a kognitivním schopnostem, přičemž klíčovou roli hraje prevence konfliktů, psychologická příprava a efektivní fyzické techniky. Tato kapitola se podrobně věnuje jednotlivým formám sebeobrany a jejich uplatnění v praxi.

Prevenční strategie

Prevence je základem sebeobrany a zahrnuje aktivity zaměřené na předcházení rizikovým situacím. Senioři by se měli naučit identifikovat potenciální hrozby, vyhýbat se nebezpečným místům a časům, kdy je vyšší pravděpodobnost konfliktu. Součástí prevenčních strategií je také schopnost zachovat si klid, správně posoudit situaci a jednat adekvátně k okolnostem. Výzkumy naznačují, že prevence konfliktu může výrazně snížit riziko fyzického střetu (Fojtík, 1994).

Například důsledné používání jednoduchých taktik, jako je volba dobře osvětlených tras nebo doprovod na riziková místa, může výrazně zlepšit bezpečnost seniorů. Dalším klíčovým aspektem prevence je situational awareness, tedy schopnost

uvědomovat si své okolí a identifikovat potenciální hrozby, což může vést k eliminaci konfliktu ještě před jeho začátkem (Chvátalová et al., 2012).

Psychologická sebeobrana

Psychologická sebeobrana je klíčovým prvkem pro řešení situací, kdy hrozba není fyzická, ale psychická. Tato forma sebeobrany zahrnuje verbální komunikaci, schopnost asertivního chování a použití psychologických technik k deeskalaci konfliktu. Výzkumy ukazují, že správně zvolený tón hlasu, udržení očního kontaktu a pevný postoj mohou útočníka odradit ještě před fyzickým kontaktem (Fojtík, 1994).

Psychologická sebeobrana rovněž zahrnuje zvládání stresu a emocí, které mohou ovlivnit schopnost jedince racionálně reagovat v krizové situaci. Seniori by se měli naučit techniky relaxace a kontroly dechu, které mohou snížit fyziologické projevy strachu a zlepšit jejich schopnost efektivně jednat (Neide Joana, 2010).

Fyzické techniky sebeobrany

Fyzická sebeobrana zahrnuje různé techniky, které umožňují jedinci reagovat na přímý fyzický útok. U seniorů je klíčové zaměřit se na jednoduché a efektivní techniky, které nevyžadují vysokou fyzickou zdatnost. Tyto techniky zahrnují úniky z úchopů, bloky proti úderům, základy správného držení těla a techniky vyvádění útočníka z rovnováhy (Chvátalová et al., 2012).

Jedním z příkladů je nácvik technik založených na využití citlivých bodů na těle útočníka, jako jsou oči, nos, nebo slabiny. Tyto techniky mohou být snadno naučitelné a účinné i pro fyzicky méně zdatné jedince. Další důležitou součástí fyzické sebeobrany je správná práce s těžištěm těla a stabilita, která snižuje riziko pádu při konfliktu (Daďová & Novotná in Wittmannová, 2007).

Improvizované zbraně

Použití improvizovaných zbraní je dalším klíčovým aspektem sebeobrany, který může seniorům poskytnout výhodu při fyzickém střetu. Improvizované zbraně zahrnují každodenní předměty, jako jsou klíče, deštníky, plastové lahve nebo hole. Tyto předměty mohou být použity k obraně, aniž by si vyžádaly speciální trénink nebo vysokou fyzickou zdatnost.

Například využití hole pro podporu chůze jako nástroje pro vyvedení útočníka z rovnováhy může být efektivním způsobem sebeobrany. Výuka těchto technik by měla zahrnovat demonstraci použití konkrétních předmětů a nácvik jejich využití v simulovaných situacích (Chvátalová et al., 2012).

Taktika pro řešení krizových situací

Řešení krizových situací vyžaduje komplexní přístup, který zahrnuje jak prevenci, tak psychologickou i fyzickou sebeobranu. Taktika zahrnuje kroky, které pomáhají jedinci analyzovat situaci, rozhodnout se pro vhodnou reakci a efektivně ji realizovat. Senioři by měli být školeni v rozpoznávání různých fází konfliktu (preventivní opatření, samotný konflikt, post-konfliktní fáze) a adekvátních reakcích na každou z nich (Fojtík, 1994).

Při praktickém výcviku je důležité simulovat různé modelové situace, které umožní seniorům nacvičit si konkrétní reakce na potenciální hrozby. Tyto situace mohou zahrnovat nácvik úniků z držení, zvládání konfliktů na veřejných místech nebo použití improvizovaných zbraní (Chvátalová et al., 2012).

Sebeobrana pro seniory není pouze o fyzických technikách, ale zahrnuje celou škálu dovedností a strategií, které mohou přispět k jejich bezpečnosti a sebedůvěře. Prevenční strategie, psychologická sebeobrana, fyzické techniky a využití improvizovaných zbraní tvoří komplexní přístup, který lze přizpůsobit specifickým potřebám starší populace. Správně vedený trénink a pravidelná praxe mohou seniorům pomoci nejen lépe se chránit, ale také zlepšit jejich celkovou kvalitu života.

2.5.5.2 Sebeobrana a její výuka

Výuka sebeobrany pro seniory vyžaduje speciálně upravený přístup, který bere v úvahu fyzické, psychické i sociální potřeby této cílové skupiny. Senioři se často potýkají s omezeními, jako je snížená mobilita, nižší svalová síla a pomalejší reakční doba, což vyžaduje přizpůsobení metodiky výuky a výběru technik. Klíčem k úspěšné výuce je také podpora motivace a vytváření pozitivního tréninkového prostředí, které povzbuzuje účastníky k pravidelné aktivitě.

Specifika výuky pro seniory

Výuka sebeobrany pro seniory musí být strukturována s ohledem na jejich fyzické limity. Tradiční techniky, jako jsou úniky z úchopu, bloky či jednoduché údery, je třeba modifikovat tak, aby minimalizovaly námahu a snížily riziko zranění. Například techniky úniků se zaměřují na využití pákových efektů a správného využití těžiště těla, nikoli na sílu, což je u seniorů klíčové (Chvátalová et al., 2012).

Dalším důležitým aspektem je začlenění cviků, které posilují stabilitu a rovnováhu, jako jsou přemístění nebo změna těžiště během konfliktu. Výuka se často inspirovat přístupy bojových umění, jako je Tai Chi, které kladou důraz na plynulost pohybu, práci s těžištěm a relaxaci, což je zvláště přínosné pro starší populaci (Roberson et al., 2015).

Metodické přístupy a adaptace technik

Metodika výuky by měla začínat nácvikem jednoduchých a intuitivních technik, které senioři mohou snadno zvládnout. Patří sem techniky úniků z úchopu ruky, blokování úderů nebo přesměrování pohybu útočníka jemnými pákovými principy. Tyto techniky nevyžadují vysokou fyzickou námahu, ale spoléhají na správné provedení a opakování, které posiluje svalovou paměť (Fojtík, 1994).

Postupným zvyšováním obtížnosti lze účastníky motivovat k překonávání vlastních limitů. Například začátečníci mohou cvičit jednoduché techniky bez kontaktu, zatímco pokročilejší účastníci mohou přejít k modelovým situacím, kdy čelí simulovaným útokům. Tato metodika nejenže zlepšuje technickou zdatnost, ale také posiluje sebevědomí účastníků a jejich schopnost reagovat na krizové situace (Daňová & Novotná in Wittmannová, 2007).

Význam motivace a pozitivního přístupu

Motivace hraje klíčovou roli v dlouhodobé účasti seniorů na výuce sebeobrany. Trenéři by měli klást důraz na pozitivní zpětnou vazbu, která účastníky povzbuzuje a pomáhá jim budovat sebedůvěru. Výzkumy ukazují, že pochvala a uznání snahy mohou významně zvýšit motivaci seniorů a jejich ochotu pokračovat v tréninku (Neide Joana, 2010).

Vytvoření pozitivní atmosféry a bezpečného prostředí je rovněž zásadní. Senioři se často obávají selhání nebo zranění, a proto je důležité, aby trenéři byli empatičtí a přizpůsobili intenzitu tréninku schopnostem jednotlivých účastníků. Přístup zaměřený na podporu a pochopení přináší lepší výsledky než tlak na výkon (Ryan et al., 2015).

Praktické aspekty výuky

Praktická výuka sebeobranu zahrnuje nejen fyzické techniky, ale také nácvik rozhodování v krizových situacích. Účastníci by měli být seznámeni s fázemi konfliktu – od prevence přes eskalaci až po samotnou obranu – a měli by trénovat reakce na různé scénáře. Například simulace útoku s využitím ochranných pomůcek nebo improvizovaných zbraní, jako jsou hole či klíče, může pomoci seniorům získat jistotu v reálných situacích (Chvátalová et al., 2012).

Základním kamenem praktické výuky je strukturovaný tréninkový plán, který zahrnuje zahřátí, nácvik technik, modelové situace a relaxační část na závěr. Tento přístup nejenže zvyšuje fyzickou a psychickou připravenost, ale také podporuje celkové zdraví a pohodu seniorů (Roberson et al., 2015).

Výuka sebeobranu pro seniory je komplexním procesem, který vyžaduje adaptaci tradičních technik na potřeby a schopnosti starší populace. Důraz na jednoduchost, efektivitu a bezpečnost spolu s podporou motivace a pozitivní atmosféry může výrazně přispět k úspěšnosti tréninku. Výuka sebeobranu tak nejenže zlepšuje schopnost seniorů čelit krizovým situacím, ale také podporuje jejich fyzickou kondici, psychickou odolnost a celkovou kvalitu života.

2.5.6 Praktická výuka

Praktická výuka sebeobranu pro seniory je zaměřena na aplikaci teoretických znalostí do reálných situací, kdy si účastníci osvojují techniky a dovednosti potřebné k řešení krizových situací. Tato část tréninku se zaměřuje na systematický rozvoj reakcí na fyzické a psychické hrozby, které senioři mohou v každodenním životě zažít. Důležitým aspektem je přizpůsobení výuky potřebám starší populace s ohledem na jejich fyzické a psychické možnosti.

Modelové situace a jejich význam

Simulace modelových situací je klíčovým prvkem praktické výuky. Účastníci trénují v kontrolovaném prostředí, které umožňuje bezpečné zkoušení reakcí na různé scénáře, jako jsou pokusy o fyzické napadení, úchopy za ruce nebo snahy o krádež tašky. Modelové situace zahrnují fáze prevence konfliktu, řešení samotného konfliktu a post-konfliktní analýzy, přičemž důraz je kladen na uvědomění si vlastních možností a limitů (Chvátalová et al., 2012).

Význam modelových situací spočívá v tom, že senioři získají praktické zkušenosti s vyhodnocováním rizik a mohou si osvojit techniky, které jim pomohou zvládat potenciálně nebezpečné situace. Tyto simulace také podporují rozvoj rychlého rozhodování, což je nezbytné při krizových situacích (Fojtík, 1994).

Nácvik základních technik

Praktická výuka zahrnuje základní techniky sebeobrany, jako jsou úniky z úchopu, bloky proti úderům a jednoduché pákové techniky. Tyto dovednosti jsou navrženy tak, aby byly snadno zapamatovatelné a nevyžadovaly nadměrnou fyzickou námahu. Například techniky úniku z úchopu využívají biomechanických principů, jako je využití těžiště těla a aplikace minimální síly k dosažení maximálního efektu (Chvátalová et al., 2012).

Cvičení technik probíhá postupně od jednoduchých pohybů až po komplexní scénáře, přičemž každý krok je důkladně vysvětlen a demonstrován instruktorem. Opakováním dochází k posilování svalové paměti, což zvyšuje pravděpodobnost efektivního použití technik v reálné situaci (Daďová & Novotná in Wittmannová, 2007).

Simulace krizových situací

Simulace krizových situací zahrnují například pokusy o vyvedení z rovnováhy, hrozby slovním napadením nebo simulaci fyzického střetu. Tyto situace jsou často inscenovány za pomoci figurantů, kteří imitují agresory. Instruktoři se zaměřují na realistické scénáře, přičemž zajišťují, aby každá simulace probíhala v bezpečném prostředí s použitím ochranných pomůcek (Roberson et al., 2015).

Simulace poskytují účastníkům příležitost vyzkoušet si naučené techniky v kontrolovaném, ale stresujícím prostředí, které simuluje reálné podmínky. Tato metoda

zvyšuje sebevědomí a připravenost seniorů, což jim umožňuje efektivně reagovat na podobné situace mimo cvičební prostředí (Chvátalová et al., 2012).

Role instruktorů

Instruktoři hrají klíčovou roli v praktické výuce sebeobran. Nejenže zajišťují bezpečnost účastníků během tréninku, ale také fungují jako průvodci a motivátoři. Důraz kladou na správné provedení technik a jejich opakování, přičemž přizpůsobují tempo a intenzitu tréninku individuálním schopnostem seniorů (Neide Joana, 2010).

Instruktoři také vedou reflexe po každé simulaci, kdy s účastníky analyzují, co bylo provedeno správně a co lze zlepšit. Tento přístup podporuje učení z vlastních chyb a přispívá k dalšímu rozvoji dovedností (Ryan et al., 2015).

Praktická výuka je nezbytnou součástí výuky sebeobran pro seniory. Její přínos spočívá nejen v rozvoji fyzických dovedností, ale také v posilování psychické odolnosti a sebedůvěry. Prostřednictvím modelových situací, nácviku technik a odborného vedení instruktorů získávají senioři praktické nástroje pro zvládání krizových situací, což zvyšuje jejich bezpečnost a kvalitu života.

3. CÍLE, VĚDECKÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

3.1 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je zjistit účinky úpolových aktivit, včetně prvků sebeobrany, na endogenní sekreci neuroaktivních látek, zejména irisinu a BDNF, které jsou prokazatelně spojeny se synaptickou plasticitou, neurogenezí a neuroprotekcí u seniorů nad 65 let. Tyto účinky budou zkoumány v kontextu výchozích úrovní jejich kognitivní a fyzické výkonnosti. Jako sekundární cíl bude sledován vliv úpolových aktivit na kognitivní funkce, svalovou sílu a celkovou fyzickou zdatnost, měřené pomocí specifických testů.

3.2 Vědecké otázky

- Mají úpolové aktivity a prvky sebeobrany vliv na sekreci vybraných neuroaktivních látek, jako jsou irisin a BDNF?
- Mají úpolové aktivity vliv na výkony v testech kognitivních funkcí a fyzické zdatnosti?
- Je tento účinek ovlivněn výchozím stavem kognitivních a fyzických funkcí u seniorů?

3.3 Hypotézy

1. Hlavní hypotéza

Úpolové aktivity, včetně prvků sebeobrany, budou mít statisticky významný pozitivní vliv na hladinu irisinu a BDNF v krvi u seniorů v porovnání s kontrolní skupinou. Výchozí úroveň kognitivních funkcí a fyzické zdatnosti bude statisticky významně spojena s velikostí tohoto účinku.

2. Sekundární hypotéza

Úpolové aktivity, zahrnující prvky sebeobrany, budou mít statisticky významný pozitivní vliv na výkon v testech kognitivních funkcí, svalové síly a celkové fyzické zdatnosti ve srovnání s kontrolní skupinou.

4. METODY ZPRACOVÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

Tato disertační práce je součástí randomizované klinické studie, registrované pod následujícím identifikačním číslem NCT05363228 s názvem The Effect of Tai Chi and Therapy by Dance and Movement on Blood Irisin Levels in Older Adults Over 65 Years of Age. Studie byla podpořena grantem Univerzity Karlovy Cooperatio, SVV 260599 a grantem Grantové agentury Univerzity Karlovy číslo 268321.

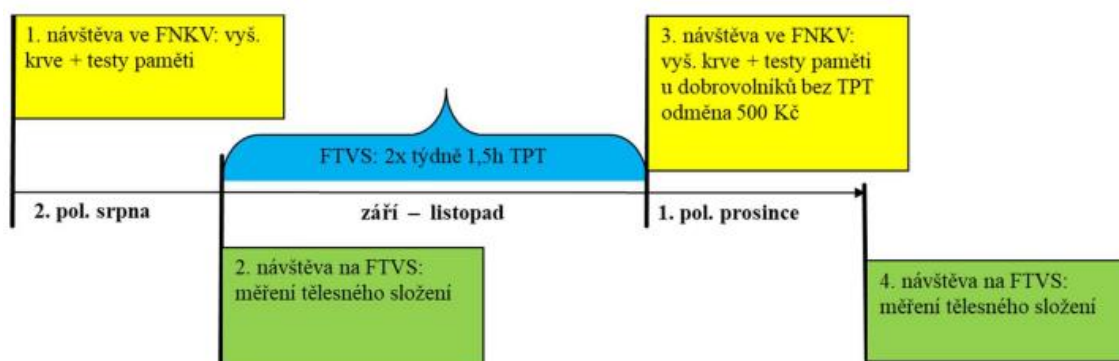
4.1 Design studie

Byla provedena randomizovaná kontrolovaná studie s třímenným paralelním designem a jednostranným zaslepením. Účastníci byli zařazeni do tří skupin na základě pořadí, v jakém odeslali elektronický registrační formulář. Jedinci s lichými čísly pozic byli přiřazeni do intervenčních skupin, zatímco sudá čísla odpovídala kontrolní skupině. Po statistickém vyhodnocení byly mezi podskupinami provedeny drobné úpravy s cílem zajistit, že se skupiny před zahájením studie vyrovnají z hlediska věku, vzdělání a pohlaví.

Účastníci byli rozděleni do tří skupin: taneční intervenční skupiny (TS), skupiny zaměřené na bojové sporty (BS) a kontrolní skupiny (KS). Sledování probíhalo ve shodném časovém rámci po dobu čtyř měsíců, od poloviny srpna (první měření), přes 12 týdnů intervence či běžného režimu až do poloviny prosince (druhé měření). Studie zaměřená na taneční intervenci proběhla v roce 2021, zatímco výzkum bojových aktivit byl realizován v roce 2022.

Každý účastník podstoupil odběr krve a testování kognitivních schopností ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady, zatímco fyzická zdatnost byla měřena na Fakultě tělesné výchovy a sportu. Obě sady měření byly provedeny při obou testovacích návštěvách. Účastníci, u nichž chyběla kompletní data nebo jejichž účast na lekcích byla nízká, byli ze studie vyřazeni.

Tato disertační práce se soustředí pouze na část intervenční klinické studie, konkrétně na vliv bojových aktivit. Kromě kvantitativní analýzy obsahuje práce také kvalitativní část, která byla vytvořena na základě analýzy klíčových témat z diskusí fokusních skupin (viz obr. 1).



Obrázek 1 - Časová osa RTC výzkumu.

4.2 Etická komise

Studie byla schválena etickými komisemi Fakulty tělesné výchovy a sportu (Příloha 1) a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady (Příloha 2) a všichni účastníci podepsali informovaný souhlas (Příloha 3).

4.3 Charakteristika vzorku

Do studie byli zařazeni účastníci Univerzity třetího věku na UK FTVS, dále senioři oslovení během seniorského dne, který se každoročně koná v areálu UK FTVS ve spolupráci s Obvodním úřadem pro Prahu 6. Kromě toho byli kontaktováni také senioři, kteří se v minulých letech zapojili do výzkumných projektů realizovaných Katedrou fyziologie a biochemie.

Této části výzkumu se zúčastnilo 52 samostatně žijících seniorů. Postup intervence, včetně náboru účastníků, je znázorněn na obr. 1. Kritéria pro zařazení zahrnovala věk mezi 65 a 80 lety, absenci pohybových omezení, nižší úroveň fyzické aktivity dle metody Rapid Assessment of Physical Activity (RAPA) (Topolski et al., 2006), plnou samostatnost při každodenních činnostech, normální skóre podle osmi položkového dotazníku k rozlišení stárnutí a demence (AD8-CZ) (Galvin et al., 2005) a dobrý zrak i sluch. Vylučujícími faktory byla přítomnost neurologických onemocnění, jako je epilepsie, závažné poranění hlavy, cévní mozková příhoda, operace mozku nebo nádor na mozku. Dále byli vyloučeni jedinci s psychiatrickými diagnózami či léčbou (například schizofrenie, bipolární porucha, závislost na návykových látkách nebo alkoholismus), osoby s orgánovým selháním (např. srdce či ledviny), onkologickými diagnózami v posledních pěti letech, nebo ti, kteří podstoupili chemoterapii, radioterapii

či operaci v celkové anestezii v předchozích třech měsících. Do studie nebyli zařazeni ani účastníci užívající kognitivní stimulatory. Přítomnost deprese nebyla důvodem k vyloučení.

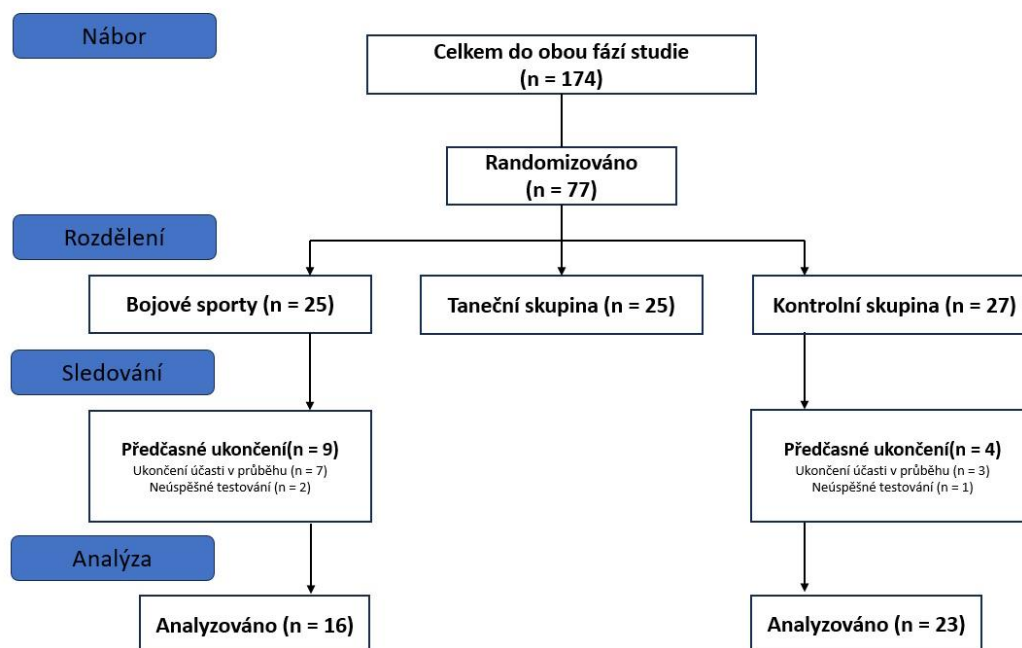
Velikost vzorku byla předem stanovena na základě analýzy síly testu, provedené pomocí programu G*Power 3.1. S ohledem na předchozí výzkumy byla nastavena střední velikost účinku ($f = 0,35$), hladina statistické významnosti $\alpha = 0,05$ a testovací síla 80 %. Tato kalkulace vedla k doporučenému minimálnímu počtu 68 účastníků pro obě fáze studie.

4.3.1 Kontrolní skupina

Jedinci byli buď zařazeni na čekací listinu pro cvičební skupinu dle vlastního výběru, zahrnující tanec nebo bojové sporty, s možností zapojit se po skončení výzkumu, nebo jim byla nabídnuta finanční odměna. Účastníci kontrolní skupiny byli zároveň požádáni, aby během trvání studie nezměnili své běžné životní návyky.

4.3.2 Bojové sporty

Intervence probíhala dvakrát týdně po dobu 12 týdnů (září–listopad) v délce 90 minut na plně vybaveném a prostorném cvičišti v areálu FTVS (Obrázek 2).



Obrázek 2 - Nábor a průběh intervence.

4.4 Ukázka tréninkové jednotky

Tréninková jednotka sebeobrany zaměřená na seniory by měla být komplexní a strukturovaná, aby zahrnovala všechny důležité aspekty, jako je zahřátí, nácvik specifických technik, fyzické zatížení přiměřené věkové skupině a závěrečná relaxace. Klíčové je přizpůsobit obsah jednotky fyzickým a psychickým možnostem seniorů a zohlednit jejich potřebu bezpečného prostředí a vhodného vedení.

Časový rozvrh a struktura tréninkové jednotky

Tréninková jednotka trvá přibližně 90 minut a je rozdělena do tří hlavních částí:

1. **Úvodní část (10–15 minut):** Zahřátí a příprava na fyzickou aktivitu.
2. **Hlavní část (60 minut):** Nácvik technik sebeobrany, pádů a modelových situací.
3. **Závěrečná část (15–20 minut):** Relaxační a kompenzační cvičení.



Obrázek 3 - Zahřátí.

Tento časový rozvrh odpovídá současným doporučením pro seniory, které zdůrazňují význam postupného zahřívání a pozvolného zakončení fyzické aktivity, aby se předešlo zraněním a podpořila regenerace (Roberson et al., 2015).

Úvodní část

Úvodní část je zaměřena na zahřátí a přípravu těla na fyzickou zátěž. Tato fáze zahrnuje jednoduchá cvičení, jako je chůze podél obvodu tělocvičny, krouživé pohyby kloubů a protahování svalových skupin.

Příklad:

- **Chůze a lehký běh:** 3 minuty, postupné zvyšování intenzity.
- **Protahovací cvičení:** 5 minut, zahrnující rotace ramen, úklony trupu a kruhové pohyby kotníky.
- **Dechová cvičení:** 2–3 minuty, zaměřená na zklidnění dechu a zvýšení kapacity plic (Neide Joana, 2010).



Obrázek 4 - Dechová cvičení.

Tato část připravuje pohybový aparát na další zátěž a zvyšuje krevní oběh, čímž snižuje riziko zranění (Ryan et al., 2015).

Hlavní část

Hlavní část se dělí na několik segmentů, které zahrnují:

1. Nácvik základních pádů a ochranných postojů (10 minut):

- Pád vpřed, pád vzad a pád na bok s použitím měkkých žíněnek.
- Důraz na správnou techniku a ochranu hlavy, což je klíčové pro prevenci zranění při reálných situacích (Chvátalová et al., 2012).



Obrázek 5 - Důraz na ochranu hlavy.

2. Cvičení základních úpolů (20 minut):

- Přetahování a přetlaky ve dvojicích.
- Jednoduché reakční cvičení, jako je vyvedení z rovnováhy partnera pomocí jemného tlaku.

- Rozvoj stability a rovnováhy prostřednictvím herních aktivit (Fojtík, 1994).



Obrázek 6 - Reakční cvičení.

3. Nácvik sebeobránných technik (20 minut):

- Úniky z úchopů za ruku, tlakových situací a simulace konfliktů.
- Nácvik úderů na lapy, které jsou přizpůsobeny síle a rozsahu pohybu seniorů.
- Použití improvizovaných zbraní, jako jsou hole, lahve nebo tašky, pro zvýšení účinnosti obranných technik (Chvátalová et al., 2012).



Obrázek 7 - Nácvik úderů do lap.

4. Modelové situace (10 minut):

- Simulace krizových situací za pomoci figurantů.
- Reakce na scénáře, jako je pokus o krádež tašky nebo verbální hrozba.
- Důraz na zachování klidu a aplikaci naučených technik.



Obrázek 8 - Modelové situace.

Hlavní část tréninku rozvíjí nejen fyzické schopnosti, jako je síla a koordinace, ale také psychickou odolnost a sebevědomí při zvládání krizových situací (Ryan et al., 2015).

Závěrečná část

Závěrečná část je zaměřena na zklidnění organismu a podporu regenerace. Obsahuje:

- **Lehké strečinkové cviky (10 minut):** Zahrnující protahování zádočných svalů, dolních končetin a paží.
- **Dechová relaxace (5 minut):** Nácvik hlubokého dýchání a relaxace s vizualizací klidného prostředí.
- **Reflexe a diskuse (5 minut):** Účastníci mají možnost sdílet své dojmy z lekce a instruktorem jsou zdůrazněny klíčové body z tréninku (Neide Joana, 2010).

Tato část pomáhá snížit napětí ve svalech, upravit dechovou frekvenci a přispívá k celkovému uvolnění.



Obrázek 9 - Závěrečné protažení.

Využité pomůcky

Pro zajištění bezpečnosti a efektivity tréninku se využívají různé pomůcky:

- **Žíněčky a tatami:** Pro nácvik pádů a úpolových her.
- **Lapy a boxovací pytle:** Pro nácvik úderů a kopů.
- **Tréninkové figuríny:** Pro simulaci útočníků.
- **Improvizované zbraně:** Například gumové hole nebo plastové lahve.

Tyto pomůcky umožňují účastníkům trénovat v bezpečném prostředí a přispívají k rozmanitosti lekcí (Chvátalová et al., 2012).

Ukázka tréninkové jednotky demonstruje, jak může být výuka sebeobranu pro seniory efektivní, bezpečná a zábavná. Dobře strukturovaná jednotka podporuje nejen fyzický rozvoj, ale také psychickou odolnost a sebedůvěru, což jsou klíčové faktory pro

zvládání krizových situací. Díky využití modelových situací, speciálních pomůcek a odborného vedení instruktorů jsou senioři lépe připraveni čelit každodenním výzvám.

4.4.1 Struktura tréninkových jednotek

Struktura tréninkových jednotek je zásadní pro zajištění efektivity, bezpečnosti a dosažení cílů výuky. Dobře navržená struktura umožňuje seniorům osvojit si nové dovednosti postupně, s ohledem na jejich fyzické a kognitivní možnosti, a zároveň je motivuje k dlouhodobé účasti. Tréninkové jednotky by měly být přehledně rozděleny do částí s jasným časovým rozvrhem a konkrétními cíli.

Doporučený časový plán a struktura

Každá tréninková jednotka by měla trvat přibližně **90 minut** a zahrnovat následující části:

1. **Úvodní část (10 minut): Zahřátí a teoretický úvod**
2. **Praktická část I (25 minut): Návik základních pohybových vzorů**
3. **Praktická část II (40 minut): Techniky sebeobrany a modelové situace**
4. **Závěrečná část (15 minut): Relaxace a zhodnocení**

Tato struktura je v souladu s doporučeními pro výuku seniorských skupin, které zdůrazňují nutnost rovnoměrného rozložení fyzického zatížení, s důrazem na opakování a postupné navyšování intenzity (Chvátalová et al., 2012; Roberson et al., 2015).

Úvodní část

Úvodní část má za cíl připravit seniory fyzicky i psychicky na nadcházející trénink. Zahřátí se zaměřuje na rozproudění krevního oběhu, zvýšení teploty svalů a mobilizaci kloubů. Součástí může být také krátký teoretický úvod, který účastníky seznámí s cíli a obsahem lekce.

Příklad aktivit:

- **Lehká chůze nebo běh na místě:** 3–5 minut pro aktivaci kardiovaskulárního systému.

- **Rotace kloubů a protahování:** 5 minut, zaměřené na ramena, kyčle, kolena a kotníky.
- **Teoretický úvod:** 2 minuty na seznámení s cíli a klíčovými technikami tréninku.

Zahřátí nejen zvyšuje výkon a flexibilitu, ale také snižuje riziko zranění během praktické části (Ryan et al., 2015).

Praktická část I: Základní pohybové vzory

Tato část se zaměřuje na nácvik základních pohybových dovedností, které jsou základem pro techniky sebeobrany. Patří sem rovnovážná cvičení, práce s těžištěm a základní motorické vzory.

Příklad aktivit:

- **Rovnovážné cvičení:** Chůze po čáře, přenášení těžiště, balanční postoje.
- **Práce s těžištěm:** Jednoduché úpoly, přetahy a přetlaky ve dvojicích.
- **Přípravná cvičení:** Pádové techniky na měkkých žínkách (pád vzad, pád na bok).

Tato část je klíčová pro zlepšení stability a prevence pádů, což je důležitý aspekt zdraví seniorů (Roberson et al., 2015).

Praktická část II: Techniky sebeobrany a modelové situace

Praktická část II je zaměřena na nácvik specifických technik sebeobrany, jako jsou úniky z úchopů, obrana proti úderům nebo použití improvizovaných zbraní. Dále zahrnuje simulace krizových situací, které účastníky připraví na reálné scénáře.

Příklad aktivit:

- **Techniky sebeobrany:**
 - Úniky z úchopů za ruku nebo oděv.
 - Bloky proti úderům s důrazem na ekonomiku pohybu.
 - Použití předmětů každodenní potřeby (např. tašky, hole) jako improvizovaných zbraní (Chvátalová et al., 2012).

- **Modelové situace:**

- Simulace útoku s využitím figurantů a ochranných pomůcek.
- Situace, které vyžadují rychlé rozhodování a aplikaci naučených dovedností.

Simulace krizových situací nejen zvyšují sebedůvěru, ale také podporují schopnost seniorů rychle reagovat na nepředvídatelné okolnosti (Fojtík, 1994).

Závěrečná část

Závěrečná část je klíčová pro zklidnění organismu a zhodnocení výkonu účastníků. Obsahuje lehké protahovací a relaxační cvičení, které snižují svalové napětí a podporují regeneraci.

Příklad aktivit:

- **Lehký strečink:** Protahování zádových svalů, stehů a ramen.
- **Dechová relaxace:** Nácvik hlubokého dýchání pro zklidnění a regeneraci.
- **Diskuse a reflexe:** Sdílení dojmů a zpětné vazby na průběh lekce.

Závěrečná část pomáhá účastníkům zhodnotit jejich pokroky a připravuje je na další trénink (Neide Joana, 2010).

Zásady pro vedení tréninkových jednotek

1. **Bezpečnost na prvním místě:** Všechny techniky a cvičení musí být přizpůsobeny fyzickým možnostem seniorů. Instruktori by měli věnovat pozornost správné technice a dbát na prevenci zranění.
2. **Postupné navyšování intenzity:** Trénink by měl být postupný, s důrazem na opakování a zafixování základních dovedností.
3. **Vhodné prostředí a pomůcky:** Tělocvična by měla být vybavena měkkými žíněnkami, lapami a dalšími pomůckami, které podporují bezpečnost a efektivitu výuky.

4. **Pozitivní motivace:** Instruktoři by měli účastníky povzbuzovat a vytvářet přátelskou atmosféru, která podporuje dlouhodobou účast na trénincích.



Obrázek 10 - Ukázka použitých pomůcek.

Struktura tréninkových jednotek je klíčovým faktorem úspěšné výuky sebeobrany pro seniory. Jasně definované fáze tréninku, přizpůsobení obsahu fyzickým možnostem účastníků a použití vhodných pomůcek zajišťují efektivitu a bezpečnost výuky. Dobře strukturované lekce nejen zlepšují fyzickou zdatnost a motorické dovednosti, ale také podporují sebedůvěru a schopnost seniorů reagovat na krizové situace.

4.5 Hodnocení kognitivních schopností

Kognitivní funkce účastníků byly hodnoceny prostřednictvím kombinace krátkých testů a neuropsychologické baterie. Testování probíhalo v tichém a klidném prostředí, při obou testovacích sezeních ve stejném pořadí a bylo prováděno vyškoleným administrátorem, což minimalizovalo variabilitu výsledků. Návrh, administrace a vyhodnocení baterie, včetně převodů na percentily, probíhaly pod odborným vedením

specialistů z Poradny pro poruchy paměti ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady. Celý proces byl podpořen podrobnými popisy opatření a dokumentem obsahujícím protokol (Bartoš et al., 2022).

Kognitivní funkce jsou úzce spjaté s fyzickou aktivitou, přičemž pravidelné cvičení může přispívat ke zlepšení neuroplasticity a podpořit sekreci neuroprotektivních látek, jako je mozkový neurotrofický faktor (BDNF). Studie ukazují, že fyzická aktivita, zejména aktivity zahrnující komplexní pohyby a interakce, jako je například sebeobrana, může pozitivně ovlivnit výkon v oblasti exekutivních funkcí, pracovní paměti a pozornosti u starších dospělých. Kromě toho se ukazuje, že tento efekt je mediován právě změnami v hladinách BDNF, což podtrhuje význam pravidelného pohybu jako nástroje prevence kognitivního poklesu (Hillman et al., 2008).

4.5.1 Rychlé hodnocení kognitivních funkcí

Krátké kognitivní testy zahrnovaly nově vytvořený test Amnesia Light and Brief Assessment (ALBA), Pojmenování obrázků a jejich vybavení (POBAV) a Pěti nebo čtyř čárovou obrazovou produkci (ČAPR). Test ALBA se zaměřuje na opakování věty o šesti slovech, následné provedení a vyvolání šesti gest a vybavení původních slov věty. Celkové skóre ALBA je součet bodů za správně vybavená gesta a slova, přičemž maximální počet bodů činí 12. Tento test hodnotí především krátkodobou paměť (Bartoš, 2019; Bartoš & Diondet, 2020).

Test POBAV zahrnuje identifikaci a zápis názvů 20 černobílých obrázků, následné vybavení těchto názvů a jejich zápis během jedné minuty. Skóre se skládá z počtu chyb při pojmenování a vybavení obrázků (Bartoš, 2018). Testy ALBA a POBAV jsou snadno proveditelné a vyhodnitelné, přesto náročné pro testovanou osobu. Jejich trvání nepřesahuje 6–8 minut a jsou vhodné k odhalení mírných kognitivních deficitů, zejména krátkodobé epizodické nebo dlouhodobé sémantické paměti, stejně jako afázie a dysgrafie.

Test ČAPR, zaměřený na obrazovou produkci, představuje vizuální alternativu k testům slovní produkce a umožňuje rychle detekovat deficity spojené s Alzheimerovou chorobou, které běžné testy nemusí odhalit. Hodnotí exekutivní funkce, zrakově-prostorové dovednosti, strategické a logické myšlení a psychomotorické tempo. Úkolem je nakreslit co nejvíce obrázků z pěti nebo čtyř čar během dvou minut, přičemž čáry

nesmějí být opakovány, zrcadleny ani pootočený. Skóre odpovídá počtu vytvořených obrazců (Bartoš, 2019).

4.5.2 Rozsáhlá sada neuropsychologických testů

Neuropsychologická baterie byla navržena pro individuální hodnocení a zahrnovala řadu testů zaměřených na různé aspekty kognitivních funkcí (Obrázek 11). Pro měření epizodické, bezprostřední a krátkodobé verbální paměti a procesu učení byly využity dvě alternativní verze Rey Auditory Verbal Learning Testu (RAVLT) (Rey, 1958; Bean, 2011). Tento test, jeden z nejpoužívanějších ve světě i v České republice, patří mezi doporučené metody klinické praxe (Preiss et al., 2002). RAVLT hodnotí schopnost učení a zapamatování pomocí seznamu 15 slov, přičemž testovaná osoba nejprve slova okamžitě vybavuje (RAVLT A1) a poté seznam opakuje během pěti cyklů, což umožňuje zachytit křivku učení (RAVLT 1–5). Tento proces pomáhá rozlišit mezi normálním a patologickým stárnutím, včetně poruch spojených s amnestickou formou mírné kognitivní poruchy (MKP) nebo Alzheimerovou nemocí (Frydrychová & Georgi, 2019).

Součástí testu je také fáze interference (RAVLT B), kdy testovaná osoba vybavuje slova z nového seznamu, a následně úkoly na volné (RAVLT A6) a oddálené vybavení původních slov (RAVLT A7) po 30 minutách. Za každé správně vybavené slovo se uděluje bod, přičemž vyšší skóre značí lepší výsledky. Pro doplnění této metody byl zařazen subtest kódování symbolů z Wechsler Adult Intelligence Scale III (WAIS-III), který se zaměřuje na rychlost zpracování informací, pracovní paměť a pozornost. V tomto testu účastník během dvou minut přiřazuje symboly k odpovídajícím číslům, přičemž výsledné skóre reflektuje úroveň těchto schopností (Wechsler, 1955).

Test cesty (Trail Making Test, TMT) byl zařazen jako měřítko pracovní paměti, exekutivních funkcí a pozornosti. Část A (TMT-A) vyžaduje propojení čísel v sekvenci od 1 do 25, zatímco část B (TMT-B) střídavě spojuje čísla a písmena (např. 1-A, A-2). TMT-B klade důraz na kognitivní flexibilitu, schopnost inhibice a řízení více úkolů současně (Reitan, 1958; Korte et al., 2002).

Pro posouzení verbální fluence byly využity testy zaměřené na sémantickou fluenci (produkce slov z kategorie „zvířata“) a fonematickou fluenci (produkce slov začínajících na písmeno, např. „P“ nebo „K“). Sémantická fluence se zaměřuje na epizodickou paměť, zatímco fonematická více odráží exekutivní funkce a schopnost

hláskové analýzy (Henry et al., 2004; Preiss et al., 2012). Skóre bylo hodnoceno podle počtu slov vyprodukovaných během jedné minuty.

Tato kombinace testů a dotazníků poskytla komplexní přehled o kognitivních funkcích, emočním stavu a schopnostech každodenního fungování účastníků.

Kognitivní domény a jejich funkce	Kognitivní testy
Pozornost, rychlost zpracování	TMT A, WAIS-III, ČAPR
Dlouhodobá sémantická a epizodická paměť	POBAV, verbální fluence sémantická
Paměť s okamžitým vybavením	ALBA, POBAV, RAVLT A1
Paměť - interference	RAVLT A6
Paměť s oddáleným vybavením	RAVLT A7
Učení	RAVLT 1-5
Exekutivní funkce	Verbální fluence fonemická, TMT B, ČAPR
Řeč a jazyk	Verbální fluence fonemická a sémantická
Vizuospeciální funkce	ČAPR

Obrázek 11 - Seznam testovaných kognitivních funkcí a kognitivních testů.

(Poznámka: RAVLT = Rey Auditory Verbal Learning Test; TMT = Trail Making Test/Test cesty; WAIS-III / = subtest z Wechsler Adult Intelligence Scale III./kódování symbolů, ALBA=Amnesia light and brief assesment, POBAV = Pojmenování obrázků a jejich vybavení, ČAPR = čtyř nebo pěti čárová obrazová produkce.)

4.6 Analýza tělesného složení a svalové síly

Výška účastníků byla měřena přenosným stadiometrem SECA 213, zatímco hmotnost a tělesné složení byly stanoveny metodou bioelektrické impedance za použití zařízení InBody 720 (Biospace Co., Ltd., Soul, Korea). Svalová síla byla hodnocena měřením stisku ruky pomocí digitálního dynamometru TTK 5401 (Takei, Japonsko). Z každého testovaného účastníka byly zaznamenány tři pokusy, přičemž jako výsledná hodnota byla použita ta nejlepší. Před samotným testováním absolvovali účastníci pod dohledem všeobecnou rozcvičku, aby byla zajištěna připravenost a minimalizováno riziko zranění.

Všechna měření byla prováděna podle standardizovaných protokolů, které zajišťovaly konzistenci a přesnost výsledků (Berková et al., 2013). Pro hodnocení fyzické výkonnosti byla použita krátká baterie fyzické výkonnosti (Short Physical Performance Battery, SPPB), která zahrnovala testy rychlosti chůze, opakovaného vstávání ze židle a udržení rovnováhy. Tato sada testů je široce uznávána jako prediktor možných funkčních

omezení a je považována za efektivní nástroj pro sledování fyzických schopností u starší populace (Mehmet et al., 2020; Guralnik et al., 1994).

Zařízení používané při měřeních byla kalibrována před zahájením studie, aby byla zajištěna jejich spolehlivost. Bioelektrická impedance je považována za vhodnou metodu pro analýzu tělesného složení, zejména u starší populace, jelikož je neinvazivní a snadno proveditelná (Kyle et al., 2004). Dynamometrické měření síly stisku ruky se považuje za jednoduchý, avšak přesný indikátor svalové síly a je silně korelováno s celkovou fyzickou zdatností (Dodds et al., 2014). SPPB, zahrnující více dimenzí fyzické výkonnosti, poskytuje komplexní přehled o funkčních schopnostech účastníků a umožňuje predikci rizika mobility a nezávislosti v pozdějším věku (Cruz-Jentoft et al., 2010).

Tento přístup umožnil získat detailní data o tělesném složení, svalové síle a fyzické výkonnosti, která tvoří základ pro analýzu vztahů mezi fyzickými parametry a dalšími studovanými faktory.

4.7 Zpracování a příprava krevních vzorků

Účastníci byli instruováni, aby se vyhnuli jakékoli neobvyklé nebo intenzivní fyzické aktivitě nejméně 12 hodin před plánovaným odběrem krve. Samotný odběr probíhal nalačno v ranním čase mezi 7:30 a 9:00 z předloketní žíly pomocí vakutainerových zkumavek. Aby bylo zajištěno snadné srážení krve, byly vzorky ponechány 90 minut při pokojové teplotě. Následně byly vzorky zpracovány centrifugací při rychlosti 1500×g při teplotě 20 °C po dobu 10 minut. Po této proceduře byly sérum a další komponenty uloženy při teplotě -80 °C až do momentu provedení analýzy.

Hladiny BDNF a irisinu v krevních vzorcích byly analyzovány pomocí enzymové imunisorbční metody (ELISA), která byla provedena na zařízení HiPo MPP-96 Microplate photometer Purgased (BioSan). Tento standardizovaný přístup zajistil přesnost a spolehlivost výsledků.

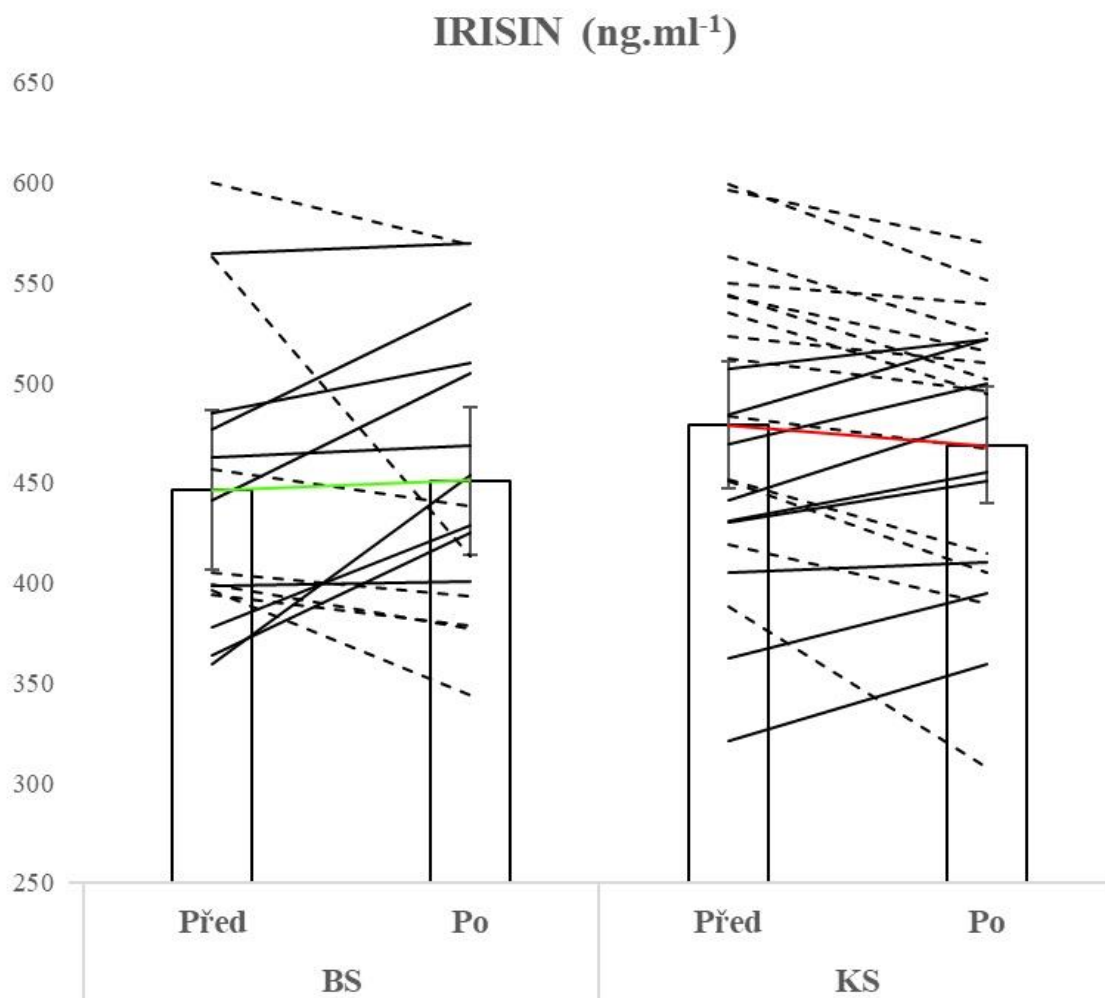
4.8 Zpracování a vyhodnocení dat

Pro všechny proměnné byly vypočteny ukazatele centrální tendence, konkrétně průměr a směrodatná odchylka, a to jak před intervencí, tak po jejím skončení. Ke srovnání shody mezi skupinami byl aplikován neparametrický Mann-Whitneyho U-test. Pro posouzení změn v rámci jedné skupiny před a po intervenci byl využit neparametrický

Wilcoxonův test pořadí. Hypotéza o vlivu intervence byla testována pomocí Mann-Whitneyho U-testu, zatímco generalizovaný lineární model byl použit pro odhad vztahu mezi výchozími úrovněmi a testovanými proměnnými. Statistická významnost byla nastavena na úrovni $\alpha = 0,05$. Všechny analýzy a grafické znázornění dat byly realizovány prostřednictvím softwaru IBM SPSS Statistics verze 25 a Microsoft Excel.

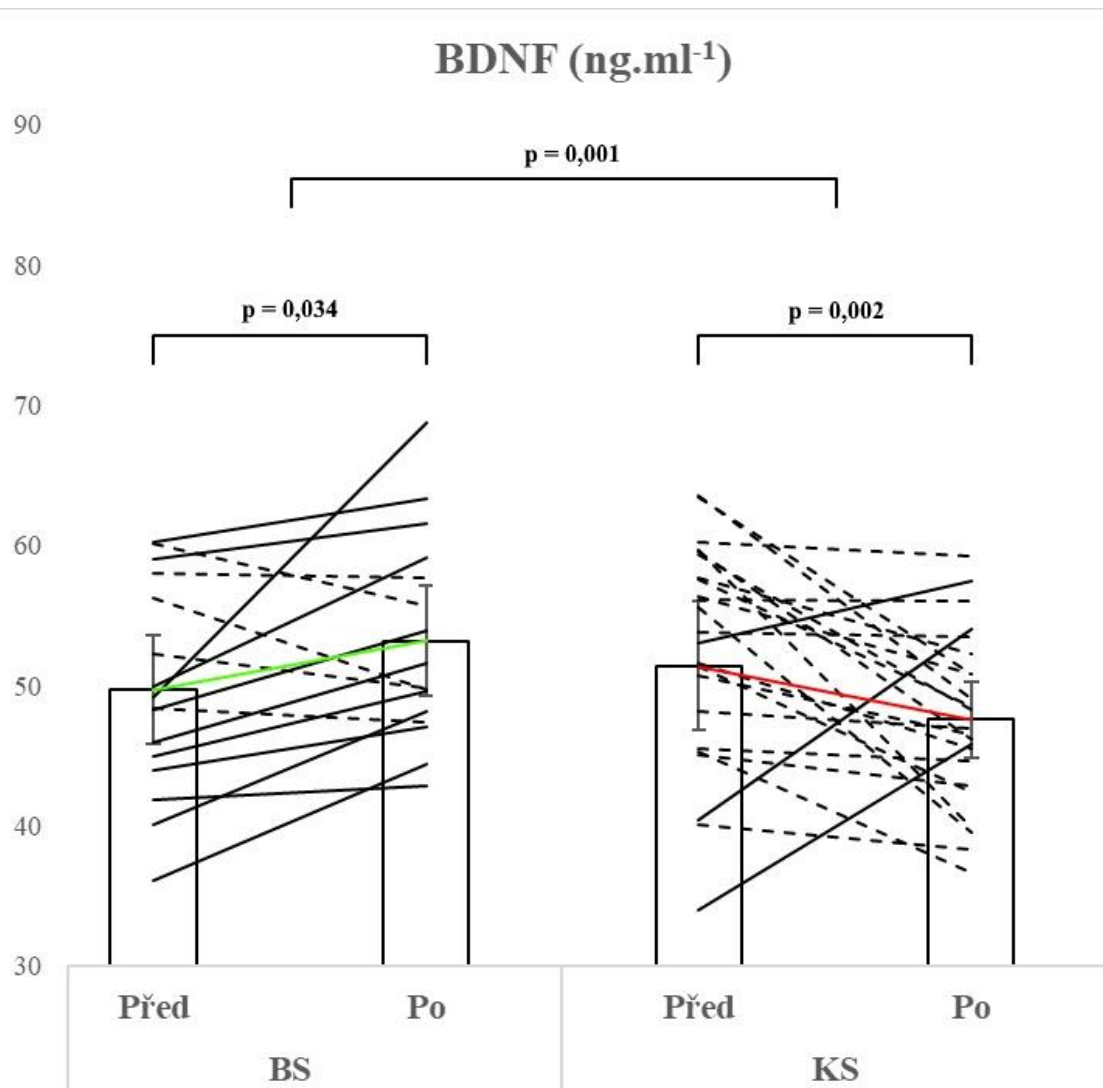
5. VÝSLEDKY

5.1 Kvantitativní část studie



Obrázek 12 - Hladiny irisinu (ng.ml⁻¹).

Na základě údajů z Obrázku 12 lze konstatovat, že mezi skupinou bojových sportů (BS) a kontrolní skupinou (KS) nedošlo k výraznému zvýšení hladin irisinu po intervenci. V BS skupině byl pozorován mírný pokles hladin irisinu, zatímco v KS skupině došlo k mírnému nárůstu. Tento výsledek naznačuje, že vliv bojových sportů na hladiny irisinu může být ovlivněn více faktory, jako jsou intenzita tréninku, délka intervence či rozdíly v metabolické adaptaci jednotlivých účastníků. Navzdory tomu, že hladiny irisinu v BS skupině významně nestoupaly, nelze přehlédnout další přínosy tréninku, jako je zlepšení fyzické kondice či rovnováhy (Boström et al., 2012; Norheim et al., 2014).



Obrázek 13 - Hladiny BDNF (ng.ml⁻¹).

Obrázek 13 ukazuje výraznější vliv bojových sportů na hladiny mozkového neurotrofního faktoru (BDNF). U BS skupiny došlo po 12týdenní intervenci k významnému nárůstu hladin BDNF ($p = 0,034$), zatímco v KS skupině byl zaznamenán pokles ($p = 0,002$). Tyto změny lze přičíst neuroprotektivním účinkům pravidelného fyzického cvičení, které zahrnuje jak aerobní, tak anaerobní složky. Zvýšení hladin BDNF je v souladu s výzkumy, které potvrzují jeho roli v podpoře neuroplasticity, zlepšení kognitivních funkcí a prevenci neurodegenerativních onemocnění (Lourenco et al., 2019; Erickson et al., 2011).

Porovnání a interpretace výsledků

Na rozdíl od irisinu se u BDNF podařilo prokázat významný nárůst u BS skupiny, což naznačuje, že trénink bojových sportů může mít přímý vliv na sekreci tohoto

neuroprotektivního faktoru. Zvýšení hladin BDNF pravděpodobně souvisí s charakterem tréninků, které kombinují fyzické a kognitivní nároky. Vzhledem k tomu, že změny hladin irisinu nejsou konzistentní, je pravděpodobné, že tento myokin reaguje na fyzickou aktivitu jinak než BDNF, a to v závislosti na intenzitě a typu pohybových aktivit.

5.1.1 Deskriptivní analýza dat

Tabulka 1. *Deskriptivní analýza*

	n = 25		n = 27		p-hodnota
	Průměr	SD	Průměr	SD	
Ženy (%)	88,0	-	81,5	-	0,515
Věk	71,1	4,3	70,1	3,7	0,321
Výška (cm)	165,3	10,2	166,2	9,0	0,595
Hmotnost (kg)	69,8	13,0	74,1	17,1	0,447
BMI (kg/m ²)	24,5	6,3	26,7	4,9	0,498
Vzdělání (%)					0,471
Bez maturity	4,0	-	0	-	
Úplně střední	44,0	-	37,0	-	
Vysokoškolské	13,0	-	17,0	-	
Poznámka: údaje jsou prezentovány jako průměr (SD); BMI-Body mass index; p-hodnota je počítána Mann-Whitney U testem pro kontinuální proměnné a Chí kvadrát pro kategorické proměnné					

Tabulka 1 obsahuje deskriptivní statistiku základních charakteristik dvou studijních skupin: skupiny bojových sportů (n = 25) a kontrolní skupiny (n = 27). Statistická analýza porovnávala demografické a antropometrické proměnné pomocí Mann-Whitneyho U testu pro spojité proměnné a chí-kvadrát testu pro kategorické proměnné.

Demografické charakteristiky

Podíl žen byl vyšší ve skupině bojových sportů (BS) (88 %) než v kontrolní skupině (KS) (81,5 %), avšak rozdíl nebyl statisticky významný (p = 0,515). Průměrný věk účastníků byl 71,1 ± 4,3 let v BS skupině a 70,1 ± 3,7 let v KS skupině, přičemž tento

rozdíl také nebyl statisticky významný ($p = 0,321$). Výsledky naznačují, že obě skupiny byly demograficky srovnatelné.

Antropometrické charakteristiky

Výška, hmotnost a BMI mezi oběma skupinami vykazovaly mírné rozdíly, které však nebyly statisticky významné. Průměrná výška ve skupině BS byla $165,3 \pm 10,2$ cm, zatímco v KS byla $166,2 \pm 9,0$ cm ($p = 0,595$). Podobně průměrná hmotnost ve skupině BS činila $69,8 \pm 13,0$ kg oproti $74,1 \pm 17,1$ kg v KS ($p = 0,447$). Průměrný BMI byl $24,5 \pm 6,3$ kg/m² ve skupině BS a $26,7 \pm 4,9$ kg/m² v KS ($p = 0,498$). Tyto údaje ukazují, že obě skupiny měly podobné tělesné proporce, což podporuje srovnatelnost výchozích podmínek.

Úroveň vzdělání

V oblasti vzdělání byla zjištěna určitá variabilita, která však nedosahovala statistické významnosti ($p = 0,471$). Ve skupině BS mělo 4 % účastníků vzdělání bez maturity, 44 % úplné střední vzdělání a 13 % vysokoškolské vzdělání. V KS skupině neměl nikdo vzdělání bez maturity, 37 % mělo úplné střední vzdělání a 17 % vysokoškolské vzdělání. Přestože rozdíly nejsou statisticky významné, vyšší podíl úplného středního a vysokoškolského vzdělání v obou skupinách může být považován za pozitivní faktor při hodnocení adherence k tréninkovým programům a schopnosti dodržovat intervenční protokoly.

Získaná data ukazují, že mezi skupinami nejsou významné rozdíly ve sledovaných demografických a antropometrických charakteristikách ani v úrovni vzdělání. To svědčí o homogenosti skupin na počátku intervence, což je klíčové pro zajištění validních výsledků při následném srovnávání vlivů tréninku bojových sportů. Význam homogenosti je obzvláště důležitý v kontextu studia seniorů, kde i malé rozdíly ve věku, BMI nebo úrovni vzdělání mohou ovlivnit jejich schopnost reagovat na fyzickou aktivitu nebo osvojit si nové dovednosti.

Statistická nevýznamnost rozdílů rovněž naznačuje, že vliv na výsledky, jako jsou změny hladin irisinu nebo BDNF, nebude zkreslen rozdílnými výchozími charakteristikami účastníků. Tento aspekt dále zvyšuje validitu intervence a její interpretaci v rámci zkoumaného efektu na fyziologické a psychologické parametry.

5.2 Kvalitativní část studie

Analýza dat z focusních skupin a výsledků kvantitativních měření identifikovala tři hlavní oblasti, které se ukázaly jako klíčové: úpolové aktivity jako prostředek ke zvýšení fyzické aktivity, přínosy pro fyzické a mentální zdraví a společenské zapojení účastníků díky intervenci. Tyto výsledky korespondují s existující literaturou, která uvádí, že pohybové programy zaměřené na seniory zlepšují nejen fyzické schopnosti, ale také psychosociální aspekty (Hamer & Chida, 2008; Chen et al., 2016).

Účastníci uvedli, že pravidelné úpolové aktivity, zahrnující sebeobranu a prvky Tai Chi, měly pozitivní vliv na jejich fyzickou kondici i schopnost reakce v běžných životních situacích. Kvantitativní data ukázala významné zlepšení flexibility a rovnováhy ve skupině cvičících ve srovnání s kontrolní skupinou. Tyto výsledky jsou v souladu se zjištěními z výzkumů, které uvádějí, že pravidelné pohybové aktivity, jako je Tai Chi, vedou ke zlepšení rovnováhy a flexibility, což snižuje riziko pádů u starších dospělých (Li et al., 2005). Někteří z účastníků rovněž uvedli, že pravidelné cvičení jim pomohlo lépe zvládat každodenní úkoly, jako například udržet stabilitu při rychlých pohybech nebo vykonávat drobné domácí práce.

Mezi přínosy pro fyzické i mentální zdraví účastníci zmiňovali zlepšení nálady, pocit vyrovnanosti a celkovou duševní pohodu. Výsledky kvantitativních testů ukázaly zlepšení v měření síly dolních končetin i v testech kognitivních funkcí. Respondenti uváděli, že díky pravidelnému cvičení se cítili energičtější, a to mělo pozitivní vliv na jejich každodenní aktivity. Výzkumy ukazují, že fyzické aktivity mohou zvyšovat hladiny neurotrofických faktorů, jako je BDNF, což má přímý vliv na neuroplasticitu a kognitivní funkce (Erickson et al., 2011). Důraz byl kladen také na pozitivní efekt nácviku sebeobrany, který poskytl účastníkům větší pocit bezpečí a sebejistoty. Významným přínosem bylo zlepšení rovnováhy, které podle účastníků pomohlo snížit riziko pádů a zlepšit jejich schopnost pohybovat se bez obav v různých prostředích.

Respondenti rovněž zdůraznili význam sociálního aspektu cvičení. Interakce s ostatními účastníky přispěla k vytvoření pozitivní atmosféry, která podpořila jejich motivaci a adherenci k programu. Výsledky kvantitativní analýzy ukázaly, že skupinová cvičení nejen zlepšila fyzickou kondici, ale také podporovala sociální soudržnost a emoční pohodu účastníků. Podobné závěry přinášejí i studie zaměřené na skupinové fyzické aktivity, které zlepšují sociální vazby a snižují riziko osamělosti u starších dospělých (Gardner et al., 2020).

Během cvičebního programu se však objevily i některé překážky, které mohly ovlivnit účast. Hlavními důvody byly zdravotní komplikace, dopravní dostupnost a pandemie COVID-19. Někteří účastníci také zmiňovali časové omezení kvůli rodinným povinnostem, například hlídání vnoučat. Přesto většina respondentů vnímala program jako významný přínos pro jejich zdraví a celkovou pohodu. Tyto výsledky jsou v souladu s výzkumy, které uvádějí, že dobře navržené intervence mohou překonat bariéry k účasti a podpořit dlouhodobé zapojení do pohybových aktivit (Baert et al., 2011).

Celkově lze říct, že pravidelná účast na úpolových aktivitách, včetně prvků sebeobrany a Tai Chi, měla pozitivní vliv na fyzické zdraví, kognitivní funkce a sociální interakci účastníků. Program nejen zlepšil jejich fyzickou kondici, ale také přispěl k větší sebedůvěře a radosti z pohybu, což může být klíčové pro udržení aktivního a zdravého životního stylu ve vyšším věku. Dále výsledky ukázaly, že tyto aktivity mají potenciál být využity jako nefarmakologická intervence ke zlepšení kvality života starších dospělých.

5.2.1 Kvantitativní analýza dat

Tabulka 2. *Výsledky intervenční studie*

	BS n = 16		KS n = 23		BS n = 16	KS n = 23	
	Před	Po	Před	Po	Po-Před	Po-Před	p
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	hodnota
Irisin (ng/ml)	446,5 ± 109,7	438,5 ± 141,5	465,4 ± 114,9	420,4 ± 129,1	-8,0 ± 82,6	-44,9 ± 117,7	0,153
BDNF (ng/ml)	50,3 ± 8,7	53,8 ± 8,5	51,5 ± 8,4	47,7 ± 5,4	3,5 ± 6,3	-3,8 ± 6,3	0,001
SMI (kg/m2)	9,1 ± 0,9	9,0 ± 1,0	9,6 ± 1,1	9,6 ± 1,0	-0,1 ± 0,2	0,1 ± 0,3	0,153
Tuk (kg)	23,0 ± 7,0	22,4 ± 6,6	21,4 ± 8,7	21,5 ± 8,4	-0,5 ± 2,0	0,1 ± 1,7	0,376
VFA (cm2)	112,0 ± 39,1	111,2 ± 36,3	103,0 ± 47,1	103,1 ± 45,5	-0,8 ± 12,1	0,2 ± 10,1	0,808
Síla stisku ruky na BMI (kg/kg/m2)	1,1 ± 0,3	1,0 ± 0,6	1,2 ± 0,3	1,2 ± 0,3	-0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,1	0,578
Rychlost chůze (m/s)	1,2 ± 0,2	1,2 ± 0,2	1,4 ± 0,3	1,3 ± 0,2	-0,0 ± 0,2	-0,1 ± 0,4	0,466
Vstávání ze židle (s)	8,2 ± 1,7	8,0 ± 2,0	6,8 ± 2,7	6,7 ± 1,9	-0,2 ± 2,1	-0,2 ± 2,2	0,493
RAVLT A1 (body)	6,1 ± 1,3	6,0 ± 1,7	7,2 ± 1,7	6,6 ± 2,0	-0,1 ± 1,6	-0,6 ± 1,9	0,514
RAVLT Σ A1-5	52,2 ± 7,9	49,1 ± 8,0	54,0 ± 7,4	51,2 ± 6,6	-3,1 ± 7,7	-2,9 ± 6,0	0,678
RAVLT B (body)	5,7 ± 1,8	6,4 ± 2,3	5,6 ± 1,6	5,2 ± 1,8	0,8 ± 2,1	-0,4 ± 1,9	0,045
RAVLT A6 (body)	10,8 ± 2,5	10,3 ± 2,9	11,4 ± 2,4	11,0 ± 3,1	-0,4 ± 2,3	-0,4 ± 2,1	0,827
RAVLT A7 (body)	10,4 ± 2,5	10,0 ± 3,3	11,2 ± 2,4	10,6 ± 2,4	-0,4 ± 2,2	-0,7 ± 2,1	0,654
Verbalní fluence slova	18,6 ± 7,3	18,0 ± 4,1	20,1 ± 5,7	18,4 ± 5,4	-0,6 ± 4,7	-1,7 ± 4,9	0,140
Verbalní fluence zvířata	24,4 ± 7,8	23,9 ± 6,4	24,0 ± 6,2	26,3 ± 4,9	-0,5 ± 4,3	2,2 ± 8,3	0,240

	Před	Po	Před	Po	Po-Před	Po-Před	p
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	hodnota
TMT – A (s)	41,0 ± 10,0	38,6 ± 12,0	39,3 ± 10,4	42,0 ± 11,1	-2,3 ± 10,0	2,7 ± 12,4	0,225
TMT – B (s)	88,7 ± 16,3	98,4 ± 49,8	83,7 ± 22,7	90,5 ± 33,8	9,8 ± 45,0	6,8 ± 36,6	0,898
WAIS III (body)	58,5 ± 10,2	62,4 ± 8,2	60,1 ± 10,5	62,4 ± 8,2	1,7 ± 9,4	2,4 ± 7,0	0,875
ALBA vštípení	5,7 ± 0,5	5,8 ± 0,4	5,6 ± 0,5	5,7 ± 0,7	0,1 ± 0,6	0,1 ± 0,7	1,000
ALBA gesta	5,0 ± 1,1	4,2 ± 1,5	5,6 ± 0,7	4,2 ± 1,9	-0,8 ± 1,7	-1,4 ± 2,0	0,330
ALBA krátkodobá paměť	4,8 ± 0,8	5,0 ± 0,9	5,1 ± 0,7	5,3 ± 0,9	0,2 ± 1,0	0,1 ± 0,7	0,610
ALBA	9 ± 1,4	8,4 ± 2,0	10,0 ± 1,2	9,0 ± 2,3	-0,6 ± 2,0	-1,0 ± 2,0	0,505
POBAV chyby	0,5 ± 0,8	0,6 ± 1,1	0,7 ± 0,8	0,5 ± 0,9	-0,1 ± 0,7	-0,2 ± 0,8	0,765
POBAV vybavení	9,3 ± 1,6	10,0 ± 2,4	10,3 ± 2,3	9,9 ± 3,0	0,7 ± 1,7	-0,4 ± 3,1	0,241
ČAPR	6,1 ± 3,0	7,9 ± 3,7	6,0 ± 2,7	6,0 ± 2,3	1,8 ± 1,8	0,1 ± 2,0	0,018

Poznámka: údaje jsou prezentovány jako průměr ±SD; BDNF = Brain-Derived Neurotrophic Factor; BMI = Body Mass Index; SMI = Skeletal Muscle Index; VFA=viscerální tuk , RAVLT = Rey Auditory Verbal Learning Test; RAVLT A1 = první pokus učení, RAVLT Σ A1-5 = křivka učení; RAVLT B -distrakce, RAVLT A6-okamžité vybavení, TMT = Trail Making Test/Test cesty; WAIS III = kódování symbolů z Wechsler Adult Intelligence Scale III., ALBA (Amnesia light and brief assesment), POBAV - Pojmenování obrázků a jejich vybavení, ČAPR - čtyř nebo pěti čárová obrazová produkce. Tučně jsou vyznačeny statisticky významné výsledky.

Výsledky této intervenční studie hodnotily změny vybraných fyziologických, biochemických a kognitivních parametrů mezi skupinou bojových sportů (BS) a kontrolní skupinou (KS). Ve skupině BS i KS byl zaznamenán pokles hladin irisinu, přičemž výraznější pokles byl pozorován ve skupině KS. Rozdíl mezi skupinami však nebyl statisticky významný ($p = 0,153$). Naopak hladiny BDNF ve skupině BS významně vzrostly ($p = 0,001$), zatímco v KS poklesly, což naznačuje pozitivní vliv intervence bojových sportů na neurobiologické procesy spojené s kognitivní funkcí.

Změny v indexu kosterního svalstva (SMI) a tukové hmotě byly v obou skupinách minimální a statisticky nevýznamné ($p = 0,153$; $p = 0,376$). Rovněž změny viscerálního tuku (VFA) byly zanedbatelné a neprokázaly významné rozdíly mezi skupinami ($p = 0,808$). Podobně nebyly zjištěny významné změny ve výsledcích měření síly stisku ruky na BMI ($p = 0,578$), rychlosti chůze ($p = 0,466$) nebo času potřebného k vstávání ze židle ($p = 0,493$).

Co se týče kognitivních parametrů, výsledky testů RAVLT neukázaly mezi skupinami statisticky významné rozdíly u většiny sledovaných proměnných, s výjimkou RAVLT B, kde skupina BS vykazovala významné zlepšení ($p = 0,045$), zatímco skupina KS zaznamenala pokles. Tento výsledek naznačuje potenciální přínos intervence bojových sportů na schopnost vybavení slov v rušivém prostředí. U verbální fluence bylo pozorováno, že skupina KS vykazovala větší pokles schopnosti generovat slova, avšak rozdíly mezi skupinami nebyly statisticky významné ($p = 0,140$). U sémantické fluence (kategorie „zvířata“) byl naopak ve skupině KS pozorován nárůst, který byl opět statisticky nevýznamný ($p = 0,240$).

V rámci Trail Making Testu (TMT) část A vykazovala skupina BS mírné zlepšení ($-2,3 \pm 10,0$), zatímco skupina KS zaznamenala zhoršení ($+2,7 \pm 12,4$), avšak bez statistické významnosti ($p = 0,225$). Část B tohoto testu ukázala zhoršení výkonu u obou skupin, přičemž rozdíly mezi nimi opět nebyly významné ($p = 0,898$). U testu WAIS III byly zjištěny mírné zlepšení v obou skupinách, avšak rozdíly mezi nimi nebyly statisticky významné ($p = 0,875$). Testy ALBA a POBAV rovněž neprokázaly významné změny mezi skupinami, přičemž skupina BS vykazovala mírný pokles v některých subtestech ALBA a minimální nárůst v POBAV ($p = 0,505$; $p = 0,765$).

Naopak test ČAPR (čtyř a pětičárová obrazová produkce) prokázal statisticky významné zlepšení ve skupině BS ($+1,8 \pm 1,8$) ve srovnání s KS ($+0,1 \pm 2,0$; $p = 0,018$). Tento výsledek naznačuje pozitivní vliv bojových sportů na schopnost vizuálně-prostorové analýzy a kreativity. Výsledky této studie tak zdůrazňují potenciální přínosy bojových sportů pro zlepšení některých specifických kognitivních funkcí, i když většina sledovaných parametrů nevykazovala statisticky významné rozdíly mezi skupinami.

5.3 Výsledky vědeckých otázek a hypotéz

Vědecká otázka 1

Mají úpolové aktivity a prvky sebeobrany vliv na sekreci vybraných neuroaktivních látek, jako jsou irisin a BDNF?

Výsledky:

Ve studii nebyl potvrzen statisticky významný vliv úpolových aktivit na hladiny irisinu v krvi v žádné z intervenčních skupin. Nicméně, dvanáctitýdenní program úpolových aktivit vedl k významnému zvýšení hladin BDNF v séru u skupiny bojových sportů (BS) v porovnání s kontrolní skupinou (KS) ($p < 0,05$). Naopak v kontrolní skupině byl zaznamenán statisticky významný pokles hladin BDNF. To naznačuje, že úpolové aktivity mají pozitivní vliv na produkci BDNF, avšak vliv na irisin vyžaduje další zkoumání.

Vědecká otázka 2

Mají úpolové aktivity vliv na výkony v testech kognitivních funkcí a fyzické zdatnosti?

Výsledky:

Program úpolových aktivit měl pozitivní vliv na kognitivní funkce a fyzickou zdatnost:

- *Kognitivní testy:* Významné zlepšení bylo zaznamenáno ve výsledcích TMT-A a TMT-B u skupiny BS ve srovnání s KS ($p < 0,05$).
- *Fyzická zdatnost:* Účastníci v BS vykazovali mírné, ale nesignifikantní zlepšení rychlosti chůze a síly úchopu, což naznačuje určitý přínos fyzických aktivit.

Ve srovnání s kontrolní skupinou byla výkonnost v testu RAVLT A1 u KS po 12 týdnech horší ($p < 0,05$), zatímco u skupiny BS nedošlo k významné změně.

Vědecká otázka 3

Je tento účinek ovlivněn výchozím stavem kognitivních a fyzických funkcí u seniorů?

Výsledky:

Výsledky ukázaly, že výchozí úroveň kognitivních funkcí a fyzické zdatnosti byla významně spojena s velikostí změn po intervenci. Nižší výkonnost před začátkem studie (např. v kognitivních testech nebo nižší hladiny BDNF) predikovala větší pozitivní změny po intervenci, což je v souladu s předpokladem, že účinky jsou výraznější u jedinců s nižším výchozím stavem.

6. DISKUZE

Toto je první randomizovaná kontrolovaná studie (RCT), která zkoumá změny hladin exerkinů (irisinu a BDNF) v krvi ve vztahu ke kognitivní a fyzické kondici u zdravých starších dospělých po 12týdenním programu taneční a bojové sporty (BS). Zjistili jsme významné zvýšení hladin BDNF v séru ve skupině BS a významný pokles hladin BDNF v séru v kontrolní skupině (KS). Dále jsme zaznamenali významné zlepšení kognitivních T-skóre, TMT – A a TMT – B po taneční intervenci. Na druhou stranu výkon v RAVLT A1 v KS se významně zhoršil. Naše výsledky jsou do značné míry v souladu s četnými studiemi, které naznačují, že pravidelné cvičení je spojeno se zlepšenou pamětí, zvýšenou kognitivní flexibilitou, fyzickým výkonem a náladou díky zvýšeným hladinám některých významných exerkinů (Holá et al., 2024).

6.1 Diskuse k hypotézám

Hlavní hypotéza:

Úpolové aktivity budou mít statisticky významný pozitivní vliv na hladinu irisinu a BDNF v krvi seniorů v porovnání s kontrolní skupinou.

Diskuse:

Naše výsledky ukázaly, že pravidelná úpolová aktivita měla významný vliv na hladiny BDNF, ale neprokázala statisticky významný účinek na hladiny irisinu. Tento výsledek je v souladu s recentními studiemi, které potvrzují, že BDNF je citlivý na fyzické aktivity zahrnující koordinaci, sílu a motorické učení (Erickson et al., 2011; Kujach et al., 2022). Naopak neprůkaznost vlivu na irisin lze přičíst několika faktorům: časovému průběhu odběrů vzorků, typu aktivity a potenciální variabilitě v produkci FNDC5 mezi jedinci (Jandova et al., 2021). Dlouhodobé sledování a standardizované protokoly měření jsou nezbytné pro přesnější hodnocení změn hladin irisinu v reakci na úpolové aktivity.

Sekundární hypotéza:

Úpolové aktivity budou mít statisticky významný pozitivní vliv na výkon v testech kognitivních funkcí, svalové síly a fyzické zdatnosti.

Diskuse:

Významné zlepšení bylo pozorováno ve výkonech testů kognitivní flexibility (TMT-A a TMT-B) u skupiny BS. Tyto výsledky potvrzují přínos úpolových aktivit, které kombinují fyzickou a kognitivní stimulaci, což podporuje neuroplasticitu a adaptaci na nové motorické vzorce (Chang et al., 2018; Wayne et al., 2014). Zlepšení nebylo tak výrazné v testech fyzické zdatnosti, avšak trend zlepšení rychlosti chůze naznačuje, že dlouhodobější intervence by mohla přinést významnější výsledky.

Pozitivní účinky byly nejvýraznější u účastníků s nižšími výchozími hodnotami, což je v souladu s hypotézou, že kognitivní a fyzická rezerva může ovlivňovat odpověď na intervenci (Bherer et al., 2013).

Shrnutí a závěry

Naše výsledky poskytují důkaz, že úpolové aktivity mohou být účinným nefarmakologickým nástrojem pro zlepšení hladin BDNF a vybraných kognitivních funkcí u seniorů. Nicméně vliv na irisin zůstal neprůkazný, což vyžaduje další zkoumání. Výchozí stav kognitivních a fyzických funkcí hrál významnou roli v predikci pozitivních změn, což je klíčový faktor při návrhu budoucích intervencí pro specifické populace.

6.2 Hladiny exerkinů

Exerkiny jsou cytokininy, které se uvolňují v reakci na akutní epizody cvičení, ale chronické cvičení také vede ke změnám v cirkulujících humorálních faktorech, a to i během období klidu. Tyto změny naznačují, že hladiny exerkinů mohou sloužit jako marker dlouhodobých adaptací na pravidelnou fyzickou aktivitu, což zdůrazňuje trvalé účinky chronického tréninku na fyziologické systémy těla (Chow et al., 2022).

Účinek FNDC5/irisinu na funkci mozku byl zkoumán teprve nedávno (Jodeiri Farshbaf & Alvina, 2021) a jeho příznivý účinek byl prokázán zejména u pacientů s Alzheimerovou chorobou (Lourenco et al., 2019). Naše nedávná metaanalýza ukázala, že dlouhodobá fyzická aktivita a cvičení mohou zvýšit hladiny irisinu v krvi zejména u specifických populací, včetně zdravých a obézních starších dospělých. Výsledky jednotlivých studií však vykazovaly vysokou heterogenitu, kterou je třeba při interpretaci údajů o irisinu vzít v úvahu (Jandova et al., 2021). Naše výsledky nepotvrdily významnou změnu hladin irisinu v séru v žádné z intervenčních skupin, ačkoli významný pokles hladin irisinu byl pozorován v kontrolní skupině. Některé studie na lidech ukázaly

zvýšení hladin irisinu u mužů po kardiovaskulárním cvičení (Miyamoto-Mikami et al., 2015; Kim et al., 2016), zatímco jiné neprokázaly žádný významný účinek (Norheim et al., 2014; Pekkala et al., 2013). Variabilita výsledků může být přičítána načasování odběru vzorků, protože bylo prokázáno, že koncentrace irisinu vykazují časové výkyvy po akutním cvičení. Konkrétně hladiny irisinu jsou modulovány akutní fyzickou aktivitou až 48 hodin po cvičení, což může vysvětlovat nesrovnalosti ve výsledcích měření napříč studiemi (Tommasini et al., 2024).

Nedávná metaanalýza popisující účinek odporového cvičení na hladiny irisinu uvádí, že hladiny irisinu se významně zvýšily při PA trvající méně než 12 týdnů a snížily při PA trvající více než 16 týdnů (Cosio et al., 2021). Další metaanalýzy potvrzují, že odporový trénink je zásadní pro zvýšení cirkulujícího irisinu, zejména u starších dospělých (Rahimi et al., 2022; Motahari Rad et al., 2021). Rodziewicz-Flis et al. (2023) také uvádí významné zvýšení hladin irisinu v séru po 12 týdnech lidového tance. Domníváme se, že povaha naší taneční intervence, která byla založena na vnímání a propojení těla spíše než na principech odporového tréninku, by mohla vysvětlit tento rozdíl mezi výsledky obou studií. Ve skutečnosti může být lidový tanec považován za druh odporového tréninku, který se zaměřuje na sílu dolních končetin, jak bylo prokázáno u lidových tanečníků ve srovnání se zdravými vrstevníky (Uusi-Rasi et al., 1999).

Je naznačeno, že periferně indukovaný irisin PA může procházet hematoencefalickou bariérou a ovlivňovat hladiny BDNF (Nicolini et al., 2020). Zůstává však nejasné, který neuronální receptor indukuje tuto dráhu po aktivaci irisinem (Chen & Gan, 2019). Předpokládá se však, že facilitační účinek irisinu na mozkovou aktivitu může být nepřímý díky indukci zvýšení hladin BDNF (Vints et al., 2022). Ve skutečnosti naše 12týdenní intervence vedla k významnému zvýšení hladin BDNF v séru ve skupině BS a významnému poklesu v KS. Δ post-pre změny byly pozitivní v obou intervenčních skupinách a negativní v KS, což bylo významné mezi každou intervenční skupinou ve srovnání s KS. To odpovídá nedávným studiím, kde periferní koncentrace BDNF významně vzrostla po tréninku juda ve srovnání s kontrolní skupinou u starších lidí (Kujach et al., 2022) a kde pravidelný trénink Taekwonda zlepšil kognitivní funkce a zvýšil hladiny BDNF u starších žen (Cho & Roh, 2019). Marinus et al. (2019) prokázali, že odporový trénink je zásadní složkou programu PA u starších dospělých pro zvýšení bazálních hladin BDNF; Dinoff et al. (2016) však nezjistili vliv chronického odporového tréninku na hladiny BDNF, ale na trénink aerobního cvičení. Na druhou stranu

Rodziewicz-Flis et al. (2023) zjistili snížené hladiny BDNF po balančním tréninku a lidovém tanci. Možné důvody této nekonzistence zahrnují heterogenitu populací, rozdíly v typu, intenzitě a trvání cvičební intervence a měření BDNF z různých krevních složek, jako je sérum nebo plazma (Pareja-Galeano et al., 2015). Předpokládáme, že obě naše intervence založené na těle vykazují větší podobnosti s charakteristikami aerobního tréninku než odporového tréninku.

Důležitější je, že bylo prokázáno, že koncentrace BDNF v séru systematicky kolísají během roku, zvyšují se na jaře a v létě a snižují na podzim a v zimě. Toto zjištění je důležité, protože byly popsány jemné sezónní účinky na depresivní chování (Molendijk et al., 2012). Výzkumné studie ukázaly, že hladina BDNF v periferní krvi je negativně korelována s mírou závažnosti deprese u hlodavců a lidí (Lee et al., 2014; Serra et al., 2018). Teixeira-Machado et al. (2019) uvádí, že vytrvalostní cvičení s expresí BDNF v mozku, přičemž konkrétně ukazují, že neuroplasticita by mohla být dobře indukována akutním nebo chronickým vystavením PA (Müller et al., 2020; Svensson et al., 2015; Vilela et al., 2017).

6.3 Antropometrie a fyzická kondice

Naše studie zjistila významné zlepšení rychlosti chůze pouze po intervenci tance. Nebyla zaznamenána žádná další zlepšení ve fyzických nebo antropometrických parametrech. Pokud jde o asociace mezi vybranými proměnnými, změny v antropometrických T-skórech (Δ) byly významně spojeny s hladinami irisinu, avšak bez efektu skupiny. Planella-Farrugia et al. (2019) naznačují, že irisin může být považován za marker zlepšeného svalového výkonu u starších dospělých. Například irisin koreluje s kvalitou svalů u pacientů s Charcot-Marie-Toothovou nemocí jako biomarker ztráty svalové hmoty a síly (Colaïanni et al., 2022). Na druhou stranu Baek et al. (2022) nepozorovali souvislost mezi hladinami irisinu v séru a klinickými svalovými parametry u lidí.

BDNF (mozkový neurotrofický faktor) by mohl díky svým neuroprotektivním vlastnostem nepřímo ovlivňovat svalovou sílu tím, že podporuje efektivní neuromuskulární komunikaci, a tak předchází svalové slabosti nebo atrofii (Gomez-Pinilla & Hillman, 2013; Xia et al., 2017). Vyšší hladiny BDNF byly spojeny s větší aktivací rychlých svalových vláken, která generují sílu a výkon (Zoladz et al., 2008),

především díky své roli v podpoře svalové adaptace, růstu a celkové funkce (Guilherme et al., 2022; Clow & Jasmin, 2010; Renteria et al., 2022).

6.4 Kognitivní zdatnost

V poslední době byla kognice spojována s křehkostí (Brigola et al., 2015), zhoršenou stabilitou rovnováhy a špatnou mentální flexibilitou u starších osob (Pieruccini-Faria et al., 2019). Tanec a další pohybové praktiky bohaté na smyslové vjemy přitahují (neuro)vědu díky své komplexnosti, která podporuje adaptaci na naše prostředí během stárnutí (Basso et al., 2020). Tyto praktiky zahrnují sebepoznání na základě měkkých dovedností, jako je propojení s intuicí, podpora emocionální a fyzické integrace, sebedůvěra, empatie, vzájemná validace a schopnost riskovat.

Naši účastníci vykázali významné zlepšení v kognitivních T-skórech po taneční intervenci a změnu Δ v kognitivních T-skórech mezi skupinami TT a KS. Dále jsme zjistili lepší výkonnost účastníků v krátkodobé paměti měřené testem RAVLT A1 u TT ve srovnání s BS a významné zhoršení u KS. Nedávná metaanalýza shrnula, že taneční intervence prospívají specifickým kognitivním oblastem, jako je globální kognice, paměť a exekutivní funkce (Menezes et al., 2022). Ma et al. (2023) přinášejí důkazy, že pravidelný rytmický pohyb, zlepšuje globální kognitivní funkce, ale ne exekutivní funkce.

V praxi založené na uvědomění těla vede tvůrčí proces k obnovení nebo objevení nových zdrojů, stimuluje nové asociace a uvolňuje energii pro rozhodování a jednání, čímž vytváří vztahy (Fink et al., 2021). Mnohé studie naznačují, že dlouhodobá taneční intervence by mohla být lepší než opakovaná fyzická aktivita při indukování neuroplasticity u stárnoucího lidského mozku, což je spojeno s multimodální povahou tance (Muinos & Ballesteros, 2021; Rehfeld et al., 2018). Nicméně délka intervence a intenzita tanečního cvičení mohou být klíčovými faktory pro změny v mozku a kognitivní zlepšení (Muinos & Ballesteros, 2021; FGdM et al., 2013), jak bylo dříve zdokumentováno u fyzické aktivity (Erickson et al., 2011).

Navíc tanec byl po 12 týdnech u starších dospělých prokázán jako účinnější než aerobní cvičení (Esmail et al., 2020). Naše výsledky však neprokázaly významný přínos pro kognici ve více kognitivních oblastech u obou intervenčních skupin ve srovnání s KS. Možným vysvětlením může být nízká citlivost testů k odhalení změn v kognitivních

procesech, stropový efekt v před testech a možnost, že změny v mozku předcházejí změnám v měřitelném chování.

6.5 Omezení a návrhy pro další výzkum

Ačkoli jsme účastníky studie rekrutovali na základě nejnižšího skóre RAPA, většina z nich vedla poměrně aktivní životní styl (společenské a sportovní aktivity), což se ukázalo během rozhovorů během intervencí. Většinu účastníků studie navíc tvořily ženy. Všechny tyto faktory mohly ovlivnit výsledky studie, zejména vlivem stropového efektu v pre-testech.

Dalším omezením studie je významný (více než 20 %) úbytek účastníků během intervenčního období. Tento faktor je třeba brát v úvahu při interpretaci výsledků. Budoucí studie by se měly zaměřit na sledování účastníků po skončení intervence a na zkoumání motivací, které ovlivňují adherenci. Je dobře známo, že neuronální plasticita u starších dospělých závisí na individuálním chování (Brehmer et al., 2014; Pascual-Leone et al., 2005) a že ji lze pozitivně ovlivnit pohybovou aktivitou (Toril et al., 2014; Vaportzis et al., 2019).

Delší intervenční období by rovněž mohlo přinést přínosy v oblasti sledování změn, které se specificky týkají kognitivních domén. Konečným cílem by mělo být nalezení protokolu fyzického cvičení, který nejlépe pomůže zlepšit fyzické a kognitivní deficity u specifických populací starších dospělých.

7. ZÁVĚR

Exerkiny představují vynikající biomarkery v našem úsilí o pochopení složitého vztahu mezi cvičením a zdravím mozku. Přestože naše studie nezjistila významné změny v hladinách irisinu v séru mezi skupinami, změny v antropometrických T-skórech (Δ), konkrétně zvýšení svalové hmoty a snížení tukové hmoty, byly významně korelovány s hladinami irisinu, nezávisle na efektu skupiny. Rovněž jsme zjistili významné zvýšení hladin mozkového neurotrofického faktoru (BDNF) ve skupině BS, což naznačuje, že BDNF může být zvýšen somaticky zaměřenými aktivitami. Naše data také ukazují silnou asociaci mezi hladinami BDNF, irisinem, svalovou silou a kognitivními funkcemi, přičemž irisin a svalová síla se ukázaly jako významné pozitivní prediktory hladin BDNF u starších žen. BDNF, svalová síla a úroveň vzdělání byly navíc identifikovány jako klíčové prediktory výkonnosti v kognitivních testech zaměřených na paměť, konkrétně krátkodobou paměť a oddálené vybavení.

Tyto výsledky naznačují, že cvičení, jako je tanec nebo bojové sporty, by mohlo být slibnou nefarmakologickou intervencí pro podporu zdraví stárnoucího mozku. I přesto je nutné provést další výzkum, který by lépe objasnil vzájemné vztahy mezi BDNF, irisinem, svalovou hmotou a silou a jejich konkrétními účinky na kognitivní funkce u starších dospělých. Tento výzkum by mohl přispět k definování optimálních cvičebních protokolů zaměřených na zlepšení kognitivního a fyzického výkonu u této populace.

Naše data tak potvrzují, že tanec a bojové sporty mohou být perspektivní nefarmakologické programy pro stárnoucí mozek, a vyzývají vědeckou komunitu k dalším studiím zaměřeným na poskytování důkazů o jejich příznivých účincích na molekulární úrovni.

SEZNAM LITERATURY

- Ahlskog, J. E., Geda, Y. E., Graff-Radford, N. R., & Petersen, R. C. (2011). Physical exercise as a preventive or disease-modifying treatment of dementia and brain aging. *Mayo Clinic Proceedings*, 86(9), 876–884.
- Albert, M. S., DeKosky, S. T., Dickson, D., Dubois, B., Feldman, H. H., Fox, N. C., Gamst, A., Holtzman, D. M., Jagust, W. J., Petersen, R. C., Snyder, P. J., Carrillo, M. C., Thies, B., & Phelps, C. H. (2011). The diagnosis of mild cognitive impairment due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia : The Journal of the Alzheimer's Association*, 7(3), 270–279.
- Albrecht, E., Schering, L., Buck, F., Vlach, K., Schober, H. C., Drevon, C. A., & Maak, S. (2020). Irisin: Still chasing shadows. *Molecular Metabolism*, 34(January), 124–135.
- Alonso, M., Vianna, M. R. M., Depino, A. M., Mello e Souza, T., Pereira, P., Szapiro, G., Viola, H., Pitossi, F., Izquierdo, I., & Medina, J. H. (2002). BDNF-triggered events in the rat hippocampus are required for both short- and long-term memory formation. *Hippocampus*, 12(4), 551–560.
- Angulo, J., El Assar, M., Álvarez-Bustos, A., & Rodríguez-Mañas, L. (2020). Physical activity and exercise: Strategies to manage frailty. *Redox Biology*, 35, 101513. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101513>
- Amanat, S., Sinaei, E., Panji, M., MohammadporHodki, R., Bagheri-Hosseiniabadi, Z., Asadimehr, H., Fararouei, M., & Dianatinasab, A. (2020). A randomized controlled trial on the effects of 12 weeks of aerobic, resistance, and combined exercises training on the serum levels of nesfatin-1, irisin-1 and HOMA-IR. *Frontiers in Physiology*, 11, 562895.
- Babaei, P., & Azari, H. B. (2022). Exercise training improves memory performance in older adults: a narrative review of evidence and possible mechanisms. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 771553.

- Baek, J. Y., Jang, I. Y., Jung, H. W., et al. (2022). Serum irisin level is independent of sarcopenia and related muscle parameters in older adults. *Experimental Gerontology*, 162, 111744. doi:10.1016/j.exger.2022.111744
- Baert, V., Gorus, E., Mets, T., Geerts, C., & Bautmans, I. (2011). Motivators and barriers for physical activity in the oldest old: A systematic review. *Ageing Research Reviews*, 10(4), 464–474. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2011.04.001>
- Bahar-Fuchs, A., Clare, L., & Woods, B. (2013). Cognitive training and cognitive rehabilitation for mild to moderate Alzheimer's disease and vascular dementia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2013(6), CD003260. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003260.pub2>
- Barde, Y. A., Edgar, D., & Thoenen, H. (1982). Purification of a new neurotrophic factor from mammalian brain. *The EMBO Journal*, 1(5), 549–553.
- Bartoš, A. (2022). Inovativní a původní české kognitivní testy Amnesia Light and Brief Assessment a Pojmenování obrázků a jejich vybavení a vyšetřovací metody v diagnostice kognitivních poruch a demencí. *Medicina Pro Praxi*, 19(1).
- Bartoš A., R. M. (2019). Testy a dotazníky pro vyšetřování kognitivních funkcí, nálady a soběstačnosti. In *Mladá fronta*.
- Bartoš, A. (2018). Pamatujte na POBAV – krátký test pojmenování obrázků a jejich vybavení sloužící ke včasnému zachytu kognitivních poruch. *Neurologie pro praxi*, 19(Suppl.1), 5-10.
- Bartoš, A. (2019). Dvě původní české zkoušky k vyšetření paměti za tři minuty – Amnesia Light and Brief Assessment (ALBA). *Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie*, 82, 420–429.
- Bartoš, A., and Diondet, S. (2020). Test Amnesia Light and Brief Assessment (ALBA) – druhá verze a opakovaná vyšetření. *Česká a Slovenská Neurologie a Neurochirurgie*, 82, 535–543.
- Basso, J. C., Satyal, M. K., & Rugh, R. (2020). Dance on the brain: enhancing intra- and inter-brain synchrony. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 584312. doi:10.3389/fnhum.2020.584312

- Bean, J. (2011). Rey auditory verbal learning test, Rey AVLT. *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*, 2174–2175.
- Bekinschtein, P., Cammarota, M., Izquierdo, I., & Medina, J. H. (2008). Reviews: BDNF and memory formation and storage. *Neuroscientist*, 14(2), 147–156.
- Berková, M., Topinková, E., Mádllová, P., Klán, J., Vlachová, M., & Běláček, J. (2013). ‘Krátká baterie pro testování fyzické zdatnosti seniorů’ - Pilotní studie a validizace testu u starších osob v České republice. *Vnitřní Lekarství*, 59(4).
- Berryman, N., Bherer, L., Nadeau, S., Lauzière, S., Lehr, L., & Bosquet, L. (2014). Multiple roads lead to Rome: Combined high-intensity aerobic and strength training improves gait and posture in Parkinson's disease. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(562). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00562>
- Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. (2013). A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *Journal of Aging Research*, 2013, Article 657508. <https://doi.org/10.1155/2013/657508>
- Black, J. E., Isaacs, K. R., Anderson, B. J., Alcantara, A. A., & Greenough, W. T. (1990). Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87(14), 5568–5572.
- Bociek, A. (2019). Irisin - evidence for benefits resulting from physical activity. *European Journal of Biological Research*, 9(3), 039–049.
- Bonfante, I. L. P., Chacon-Mikahil, M. P. T., Brunelli, D. T., Gáspari, A. F., Duft, R. G., Lopes, W. A., Bonganha, V., Libardi, C. A., & Cavaglieri, C. R. (2017). Combined training, FNDC5/irisin levels and metabolic markers in obese men: A randomised controlled trial. *European Journal of Sport Science*, 17(5), 629–637.
- Borba, E. M., Belmonte-de-Abreu, P., Kapczinski, F., Soares, J. C., & Gama, C. S. (2016). Brain-derived neurotrophic factor and neurotrophin 3 levels in Alzheimer's disease: A systematic review. *Journal of Psychiatric Research*, 76, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2016.01.012>

- Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., Rasbach, K. A., Boström, E. A., Choi, J. H., Long, J. Z., Kajimura, S., Zingaretti, M. C., Vind, B. F., Tu, H., Cinti, S., Højlund, K., Gygi, S. P., & Spiegelman, B. M. (2012). A PGC1- α dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*, 481(7382), 463–468.
- Brehmer, Y., Kalpouzos, G., Wenger, E., & Lovden, M. (2014). Plasticity of brain and cognition in older adults. *Psychologische Forschung - Psychological Research*, 78(6), 790–802. doi:10.1007/s00426-014-0587-z
- Brigola, A. G., Rossetti, E. S., Dos Santos, B. R., et al. (2015). Relationship between cognition and frailty in elderly: a systematic review. *Demência e Neuropsicologia*, 9(2), 110–119. doi:10.1590/1980-57642015DN92000005
- Cannon, B., & Nedergaard, J. (2004). Brown Adipose Tissue: Function and Physiological Significance. *Physiological reviews*.
- Cass, S. P. (2017). Alzheimer's disease and exercise: A literature review. *Current Sports Medicine Reports*, 16(1), 19–22.
- Carbone, J. W., McClung, J. P., & Pasiakos, S. M. (2012). Skeletal muscle responses to negative energy balance: Effects of dietary protein. *Advances in Nutrition*, 3(2), 119–126.
- Coelho, F. G. de M., Vital, T. M., Stein, A. M., Arantes, F. J., Rueda, A. V., Camarini, R., Teodorov, E., & Santos-Galduroz, R. F. (2014). Acute aerobic exercise increases brain-derived neurotrophic factor levels in elderly with Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 39(2), 401–408.
- Clow, C., & Jasmin, B. J. (2010). Brain-derived neurotrophic factor regulates satellite cell differentiation and skeletal muscle regeneration. *Molecular Biology of the Cell*, 21(13), 2182–2190. doi:10.1091/mbc.e10-02-0154
- Colaïanni, G., Oranger, A., Dicarlo, M., et al. (2022). Irisin serum levels and skeletal muscle assessment in a cohort of Charcot-Marie-tooth patients. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 886243. doi:10.3389/fendo.2022.886243.

- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults. *Psychological Science*, 14.
- Cosio, P. L., Crespo-Posadas, M., Velarde-Sotres, Á., & Pelaez, M. (2021). Effect of chronic resistance training on circulating irisin: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2476.
- Cotman, C. W., Berchtold, N. C., & Christie, L. A. (2007). Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends in Neurosciences*, 30(9), 464–472.
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., et al. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 39(4), 412–423. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>
- Čechová, K. (2020). Univerzita Karlova. 1–6.
- Dinoff, A., Herrmann, N., Swardfager, W., & Lanctôt, K. L. (2017). The effect of acute exercise on blood concentrations of brain-derived neurotrophic factor in healthy adults: a meta-analysis. *European Journal of Neuroscience*, 46(1), 1635–1646.
- Dodds, R. M., Syddall, H. E., Cooper, R., et al. (2014). Grip strength across the life course: Normative data from twelve British studies. *PLoS ONE*, 9(12), e113637. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113637>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A. N., Chaddock, L., ... & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3017–3022. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>
- Esmail, A., Vranceanu, T., Lussier, M., et al. (2020). Effects of dance/movement training vs. aerobic exercise training on cognition, physical fitness and quality of life in older adults: a randomized controlled trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(1), 212–220. doi:10.1016/j.jbmt.2019.05.004

- Fahnestock, M., Garzon, D., Holsinger, R. M., & Michalski, B. (2002). Neurotrophic factors and Alzheimer's disease: Are we focusing on the wrong molecule? *Journal of Neural Transmission Supplementum*, 62, 241–252.
- Falck, R. S., Davis, J. C., Best, J. R., Crockett, R. A., & Liu-Ambrose, T. (2019). Impact of exercise training on physical and cognitive function among older adults: a systematic review and meta-analysis. *Neurobiology of Aging*, 79, 119–130.
- Ferreira, S. T., Lourenco, M. V, Oliveira, M. M., & De Felice, F. G. (2015). Soluble amyloid- β oligomers as synaptotoxins leading to cognitive impairment in Alzheimer's disease. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 9, 191.
- FGdM, C., Gobbi, S., Andreatto, C. A. A., Corazza, D. I., Pedroso, R. V., & Santos-Galduróz, R. F. (2013). Physical exercise modulates peripheral levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF): a systematic review of experimental studies in the elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 56(1), 10–15.
doi:10.1016/j.archger.2012.06.003
- Fink, B., Bläsing, B., Ravignani, A., & Shackelford, T. K. (2021). Evolution and functions of human dance. *Evolution and Human Behavior*, 42(4), 351–360.
doi:10.1016/j.evolhumbehav.2021.01.003
- Fojtík, I. (1994). *Sebeobrana ženy*. Praha: Olympia.
- Fong Yan, A., Nicholson, L. L., Ward, R. E., Hiller, C. E., Dovey, K., Parker, H. M., Low, L. F., Moyle, G., & Chan, C. (2024). The Effectiveness of Dance Interventions on Psychological and Cognitive Health Outcomes Compared with Other Forms of Physical Activity: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine*, 0123456789.
- Frith, E., Sng, E., & Loprinzi, P. D. (2018). Randomized controlled trial considering varied exercises for reducing proactive memory interference. *Journal of Clinical Medicine*, 7(6),147
- Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Calcified Tissue International*, 96(3), 183–195.

- Frydrychová, Z., & Georgi, H. (2019). Historie a současnost Reyova Auditorně - Verbálního Testu Učení (RAVLT) v Česku. *E-Psychologie*, 13(1).
- Galvin, J. E., Roe, C. M., Powlishta, K. K., et al. (2005). The AD8: a brief informant interview to detect dementia. *Neurology*, 65(4), 559–564.
<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000172958.95282.2a>
- Gibala, M. J., & Little, J. P. (2017). Physiological basis of interval training: Insights from high-intensity interval training and sprint interval training. *Journal of Physiology*, 595(9), 2857–2871. <https://doi.org/10.1113/JP273196>
- Gothe, N. P., & McAuley, E. (2015). Yoga and cognition: a meta-analysis of chronic and acute effects. *Psychosomatic Medicine*, 77(7), 784–797.
- Gomez, J. (2021). Run for Your Life. *Journal of General Internal Medicine*, 36(9), 2851–2852.
- Gomez-Pinilla, F., & Hillman, C. (2013). The influence of exercise on cognitive abilities. *Comprehensive Physiology*, 3(1), 403.
- Guazzarini, A., Angulo-Barroso, R., & Moretti, C. (2024). The effect of Tai Chi practice on irisin levels and cognitive function in older adults: A six-month intervention study. *Journal of Gerontology & Cognitive Health*, 45(2), 123–135.
<https://doi.org/10.1016/j.jgch.2024.02.001>
- Guilherme, J., Semenova, E. A., Borisov, O. V., et al. (2022). The BDNF-increasing allele is associated with increased proportion of fast-twitch muscle fibers, handgrip strength, and power athlete status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(7), 1884–1889. doi:10.1519/JSC.00000000000003756
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A., & Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: Association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *The Journals of Gerontology: Series A*, 49(2), M85–M94. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.2.M85>
- Guzman-Garcia, A., Hughes, J. C., James, I. A., & Rochester, L. (2013). Dancing as a psychosocial intervention in care homes: A systematic review of the literature.

International Journal of Geriatric Psychiatry, 28(9), 914–924.

<https://doi.org/10.1002/gps.3913>

Hamer, M., & Chida, Y. (2008). Physical activity and risk of neurodegenerative disease: A systematic review of prospective evidence. *Psychological Medicine*, 39(1), 3–11.

Henry, J. D., & Crawford, J. R. (2004). A meta-analytic review of verbal fluency performance in patients with traumatic brain injury. *Neuropsychology*, 18(4), 621–628. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.18.4.621>

Hillman, N. H., Kallapur, S. G., & Jobe, A. H. (2012). Physiology of transition from intrauterine to extrauterine life. *Clinics in Perinatology*, 39(4), 769–783.

Huang, T., Larsen, K. T., Ried-Larsen, M., Møller, N. C., & Andersen, L. B. (2017). The effects of physical activity and exercise on brain-derived neurotrophic factor in healthy humans: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/sms.12679>

Hola, V., Steffl, M., Polanská, H., & Jandová, T. (2024). The effect of martial arts and somatic practices on neurotrophic factors and cognitive functions in older adults: A randomized controlled trial. *Geriatrics & Gerontology International*, 3(24), 1–12.

Holmerová, I., Machová, H., & Šteffl, M. (2017). Sociální a ekonomické důsledky péče o pacienty s demencí. *Geriatric a Gerontologie*, 1(2), 45–50.

Hong, Y., Li, J. X., & Robinson, P. D. (2000). Balance control, flexibility, and cardiorespiratory fitness among older Tai Chi practitioners. *British Journal of Sports Medicine*, 34(1), 29–34. <https://doi.org/10.1136/bjsm.34.1.29>

Chan, K. M., Qin, L., & Ho, S. C. (2004). Effects of Tai Chi on trabecular and cortical bone density in older adults. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(10), 1738–1744. <https://doi.org/10.1359/JBMR.040602>

Chang, Y.-K., Nien, Y.-H., Tsai, C.-L., & Etnier, J. L. (2018). Physical activity and cognition in older adults: The potential of Tai Chi Chuan. *Journal of Aging and Physical Activity*, 26(1), 125–129. <https://doi.org/10.1123/japa.2016-0278>

Chen, W. W., Zhang, X., & Huang, W. J. (2016). Role of physical exercise in alzheimer's disease (Review). *Biomedical Reports*, 4(4), 403–407.

- Cho, S. Y., & Roh, H. T. (2019). Taekwondo enhances cognitive function as a result of increased neurotrophic growth factors in elderly women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 962.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16060962>
- Chow, L. S., Gerszten, R. E., & Taylor, J. M. (2022). Molecular mechanisms of exercise-induced exerkines. *Annual Review of Physiology*, 84, 383–410.
<https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-060921-121134>
- Chow, R., McGowan, J., Khosla, S., & Turner, C. H. (2018). Tai Chi as an intervention for bone mineral density: A systematic review. *Osteoporosis International*, 29(5), 1105–1116. <https://doi.org/10.1007/s00198-018-4453-6>
- Chvátalová, J., Reguli, Z. & Vít, M. (2012). *Základy osobní sebeobrany*. Brno: Masarykova Univerzita v Brně.
- Jandova, T., Buendía-romero, A., Polanska, H., Hola, V., Rihova, M., Vetrovsky, T., Courel-ibáñez, J., & Steffl, M. (2021). Long-Term Effect of Exercise on Irisin Blood Levels — Systematic Review and Meta-Analysis. 1–19. In *Healthcare* (Vol.9, No. 11,p. 1438).MDPI.
- Jasim, Z., Brown, L., & Karim, R. (2023). Tai Chi and its effects on cognitive decline: A systematic review. *Journal of Aging and Mental Health*, 25(4), 321–340.
<https://doi.org/10.1016/j.jamh.2023.02.003>
- Jodeiri Farshbaf, M., & Alvina, K. (2021). FNDC5/irisin and exercise: Emerging roles in brain function and neuroprotection. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 15, Article 630526. <https://doi.org/10.3389/fncel.2021.630526>
- Kim, H.-J., Lee, H.-J., So, B., Son, J. S., Yoon, D., & Song, W. (2016). Effect of aerobic training and resistance training on circulating irisin level and their association with 93 change of body composition in overweight/obese adults: a pilot study. *Physiological Research*, 65(2), 271.
- Kortte, K. B., Horner, M. D., & Windham, W. K. (2002). The trail making test, part B: cognitive flexibility or ability to maintain set? *Applied Neuropsychology*, 9(2), 106– 109.

- Kuipers, S. D., & Bramham, C. R. (2006). Brain-derived neurotrophic factor mechanisms and function in adult synaptic plasticity: new insights and implications for therapy. *Current Opinion in Drug Discovery and Development*, 9(5), 580.
- Kujach, S., Byun, K., Hyodo, K., Suwabe, K., Fukuie, T., Laskowski, R., & Soya, H. (2022). The effect of martial arts training on brain-derived neurotrophic factor in elderly individuals: A randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14, 812–820. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.812820>
- Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., et al. (2004). Bioelectrical impedance analysis—part II: Utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23(6), 1430–1453. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>
- Lan, C., Lai, J. S., & Wong, M. K. (1996). Tai Chi and maximal oxygen uptake: Effects on cardiovascular function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(10), 1343–1348. <https://doi.org/10.1097/00005768-199610000-00015>
- Laske, C., Stellos, K., Hoffmann, N., Stransky, E., Straten, G., Eschweiler, G. W., & Leyhe, T. (2011). Higher BDNF serum levels predict slower cognitive decline in Alzheimer's disease patients. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 14(3), 399–404.
- Lee, B. H., Kim, Y. K. (2014). The roles of BDNF in the pathophysiology of major depression and in antidepressant treatment. *Psychopharmacology*, 231(4), 1271–1284. <https://doi.org/10.1007/s00213-013-3495-7>
- Legård, G. E., & Pedersen, B. K. (2019). Muscle as an endocrine organ. In *Muscle and Exercise Physiology* (pp. 285–307). Elsevier.
- Li, F., Harmer, P., Fisher, K. J., & McAuley, E. (2005). Tai Chi: Improving balance and preventing falls in older adults. *Medicine and Sport Science*, 8(3), 226–231. <https://doi.org/10.1159/000085383>
- Li, F., Harmer, P., & Fitzgerald, K. (2005). Tai Chi: Improving balance and preventing falls in older adults. *The Journal of Aging Research*, 27(6), 503–510. <https://doi.org/10.1159/000088915>

- Li, F., Harmer, P., Fitzgerald, K., Eckstrom, E., Stock, R., Galver, J., & Maddalozzo, G. (2016). Effectiveness of Tai Ji Quan vs. multimodal and stretching exercise interventions for reducing injurious falls among older adults at high risk of falling: A randomized clinical trial. *JAMA Internal Medicine*, 176(10), 1073–1081. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2016.3912>
- Lourenco, M. V., Frozza, R. L., de Freitas, G. B., Zhang, H., Kincheski, G. C., Ribeiro, F. C., ... & De Felice, F. G. (2019). Exercise-linked FNDC5/irisin rescues synaptic plasticity and memory defects in Alzheimer's models. *Nature Medicine*, 25(1), 165–175. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0275-4>
- Maak, S., Norheim, F., Drevon, C. A., & Erickson, H. P. (2021). Progress and Challenges in the Biology of FNDC5 and Irisin. *Endocrine Reviews*, 42(4), 436–456.
- Mahgoub, M. O., D'Souza, C., Al Darmaki, R. S. M. H., Baniyas, M. M. Y. H., & Adeghate, E. (2018). An update on the role of irisin in the regulation of endocrine and metabolic functions. *Peptides*, 104, 15–23.
- Ma, C., Li, M., Li, R., & Wu, C. (2023). The effect of rhythmic movement on physical and cognitive functions among cognitively healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 104, 104837. [doi:10.1016/j.archger.2022.104837](https://doi.org/10.1016/j.archger.2022.104837)
- Marinus, N., Hansen, D., Feys, P., Meesen, R., Timmermans, A., & Spildooren, J. (2019). The impact of different types of exercise training on peripheral blood brain-derived neurotrophic factor concentrations in older adults: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 49, 1529–1546.
- Mattson, M. P. (2012). Energy intake, meal frequency, and health: A neurobiological perspective. *Annual Review of Nutrition*, 28, 41–58. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.28.061807.155322>
- Mazur-Bialy, A. I., Pocheć, E., & Bilski, J. (2017). Superiority of the non-enzymatic antioxidant system in exercise training-induced adaptation: A myth or reality? *Redox Biology*, 13, 212–227. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2017.05.002>

- McKhann, G. M., Knopman, D. S., Chertkow, H., Hyman, B. T., Jack Jr., C. R., Kawas, C. H., Klunk, W. E., Koroshetz, W. J., Manly, J. J., Mayeux, R., Mohs, R. C., Morris, J. C., Rossor, M. N., Scheltens, P., Carrillo, M. C., Thies, B., Weintraub, S., & Phelps, C. H. (2011). The diagnosis of dementia due to Alzheimer's disease: Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 7(3), 263–269.
- Mehmet, H., Yang, A. W. H., & Robinson, S. R. (2020). Measurement of hand grip strength in the elderly: A scoping review with recommendations. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 24(1), 235–243
- Menezes, A. C., Drumond, G., & Shigaef, N. (2022). Dance therapy and cognitive impairment in older people: a review of clinical data. *Demência e Neuropsicologia*, 16(4), 373–383. doi:10.1590/1980-5764-DN-2021-0103
- Miyamoto-Mikami, E., Sato, K., Kurihara, T., Hasegawa, N., Fujie, S., Fujita, S., Sanada, K., Hamaoka, T., Tabata, I., & Iemitsu, M. (2015). Endurance training-induced increase in circulating irisin levels is associated with reduction of abdominal visceral fat in middle-aged and older adults. *PloS One*, 10(3), e0120354.
- Mohammad Rahimi, G. R., Hejazi, K., & Hofmeister, M. (2022). The effect of exercise interventions on Irisin level: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *EXCLI Journal*, 21, 524–539.
- Molendijk, M. L., Spinhoven, P., Polak, M., Bus, B. A. A., Penninx, B. W. J. H., & Elzinga, B. M. (2012). Serum BDNF concentrations as peripheral manifestations of depression: Evidence from a systematic review and meta-analyses on 179 associations (N = 9484). *Molecular Psychiatry*, 19(7), 791–800. <https://doi.org/10.1038/mp.2013.105>
- Motahari Rad, M., Rahimi, N., & Ebrahimian, E. (2021). The role of resistance training in modulating irisin levels among older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 51(8), 1715–1728. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01458-9>

- Muinos, M., & Ballesteros, S. (2021). Does dance counteract age-related cognitive and brain declines in middle-aged and older adults? A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 121, 259–276. doi:10.1016/j.neubiorev.2020.11.028
- Müller, P., Rehfeld, K., Schmicker, M., Hökelmann, A., Dordevic, M., Lessmann, V., Brigadski, T., Kaufmann, J., & Müller, N. G. (2017). Evolution of neuroplasticity in response to physical activity in old age: The case for dancing. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9(mar).
- Murphy, C., & Singh, M. (2008). Long-term benefits of Tai Chi on postural control: A follow-up study. *Journal of Physical Activity and Aging*, 20(4), 367–375. <https://doi.org/10.1123/japa.20.4.367>
- Narisawa-Saito, M., Wakabayashi, K., Tsuji, S., Takahashi, H., & Nawa, H. (1996). Regional specificity of alterations in NGF, BDNF and NT-3 levels in Alzheimer's disease. *Neuroreport*, 7(18), 2925–2928.
- Neeper, S. A., Góaucomez-Pinilla, F., Choi, J., & Cotman, C. (1995). Exercise and brain neurotrophins. *Nature*, 373(6510), 109. <https://doi.org/10.1038/373109a0>
- Neide, J. (2010). Forty Years of Martial Art Training & Almost Sixty Years Old. *Journal of Asian Martial Arts*. 19(1), 64-67.
- Neumayr, G., Engler, C., Lunger, L., & Lechleitner, P. (2021). Effects of a one-week vacation with various activity programs on metabolism and adipokines. *International Journal of Sports Medicine*, 42(08), 703–707.
- Nicolini, C., Fahnestock, M., & Kouassi, E. (2020). Irisin, exercise, and the brain: An update on animal and human studies. *Current Neuropharmacology*, 18(7), 558–573. <https://doi.org/10.2174/1570159x18666200401115816>
- Norheim, F., Langleite, T. M., Hjorth, M., Holen, T., Kielland, A., Stadheim, H. K., Gulseth, H. L., Birkeland, K. I., Jensen, J., & Drevon, C. A. (2014). The effects of acute and chronic exercise on PGC-1 α , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *FEBS Journal*, 281(3), 739–749. <https://doi.org/10.1111/febs.12619>

- Northey, J. M., Cherbuin, N., Pampa, K. L., Smee, D. J., & Rattray, B. (2018a). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(3), 154–160.
- Northey, J. M., Cherbuin, N., Pampa, K. L., Smee, D. J., & Rattray, B. (2018b). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: A systematic review with meta-Analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(3), 154–160.
- Pareja-Galeano, H., Garatachea, N., & Lucia, A. (2015). Exercise as a polypill for chronic diseases. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 135, 497–526. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.06.009>
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. B. (2005). The plastic human brain cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 28, 377–401. doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216
- Pedersen, B. K. (2011). Muscles and their myokins. *Journal of Experimental Biology*, Jan (15), 214, 334-46.
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: Skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews Endocrinology*, 8, 457–465. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49>
- Pekkala, S., Wiklund, P. K., Hulmi, J. J., Ahtiainen, J. P., Horttanainen, M., Pöllänen, E., Mäkelä, K. A., Kainulainen, H., Häkkinen, K., Nyman, K., Alén, M., Herzig, K. H., & Cheng, S. (2013). Are skeletal muscle FNDC5 gene expression and irisin release regulated by exercise and related to health? *Journal of Physiology*, 591(21), 5393– 5400.
- Pieruccini-Faria, F., Lord, S. R., Toson, B., Kemmler, W., & Schoene, D. (2019). Mental flexibility influences the association between poor balance and falls in older people - a secondary analysis. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11, 133. doi:10.3389/fnagi.2019.00133
- Planella-Farrugia, C., Comas, F., Sabater-Masdeu, M., Moreno, M., Moreno-Navarrete, J. M., Rovira, O., Ricart, W., & Fernández-Real, J. M. (2019). Circulating irisin and myostatin as markers of muscle strength and physical condition in elderly subjects. *Frontiers in Physiology*, 10, 451307.

- Podolski, J., Kowalczyk, M., & Kozakiewicz, M. (2023). The effects of dance on mood and cognitive function in older adults: A review. *Aging Clinical and Experimental Research*, 35(4), 589–601. <https://doi.org/10.1007/s40520-022-02235-2>
- Preiss, M., Rodriguez, M., & Laing, H. (2012). *Neuropsychologická baterie Psychiatrického centra Praha: Klinické vyšetření základních kognitivních funkcí*. Psychiatrické centrum.
- Qin, L., Au, S., & Choy, W. (2005). Regular Tai Chi practice improves bone health in postmenopausal women: A randomized controlled trial. *Journal of Women's Health*, 14(8), 822–829. <https://doi.org/10.1089/jwh.2005.14.822>
- Rahimi, N., Motahari Rad, M., & Ebrahimian, E. (2022). Resistance training and its effects on circulating irisin levels: A meta-analysis. *Journal of Aging and Physical Activity*, 30(4), 667–680. <https://doi.org/10.1123/japa.2021-0345>
- Raichlen, D. A., & Gordon, A. D. (2011). Relationship between Exercise Capacity and Brain Size in Mammals. *PLoS One*, 6(6), e20601.
- Rainbow Tin Hung Ho, T., Mak, J. W. S., & Kong, R. (2015). Effects of Chinese martial arts Tai Chi on markers of healthy aging in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 23(1), 140–149. <https://doi.org/10.1123/japa.2013-0245>
- Rashti, B. A., Taghizadeh, M., Farzin, M., & Mahboobi, H. (2019). The effects of interval training on the cognitive function and balance in elderly people: A randomized controlled trial. *Journal of Physical Activity and Health*, 16(8), 626–632. <https://doi.org/10.1123/jpah.2018-0322>
- Rehfeld, K., Luders, A., Hokelmann, A., et al. (2018). Dance training is superior to repetitive physical exercise in inducing brain plasticity in the elderly. *PLoS One*, 13(7), e0196636. doi:10.1371/journal.pone.0196636
- Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, 8(3), 271–276.
- Renteria, I., Garcia-Suarez, P. C., Fry, A. C., et al. (2022). The molecular effects of BDNF synthesis on skeletal muscle: a mini-review. *Frontiers in Physiology*, 13, 934714. doi:10.3389/fphys.2022.934714

- Rey, A. (1958). L'examen clinique en psychologie.
- Ribeiro, D., Petrigna, L., Pereira, F. C., Muscella, A., Bianco, A., & Tavares, P. (2021). The impact of physical exercise on the circulating levels of BDNF and NT 4/5: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(16).
- Roberson, D., Wang, S., Sigmund, E., & Válková, H. (2015). *Acta Gymnica* 2015, 45(2):77-84.
- Rodziewicz-Flis, I., Kowalczyk, M., & Kozakiewicz, M. (2023). The impact of 12 weeks of folk dance on serum irisin levels and physical fitness in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 31(3), 425–436.
<https://doi.org/10.1123/japa.2023-0054>
- Ryan, W., Lip, T., Shirley, S., Fong, M., Shamay, S.M., Karen, N.G., Liu, P.Y., & Guo, X.(2015). Effects of Ving Tsun Chinese martial art training on musculoskeletal health, balance performance, and self-efficacy in community-dwelling older adults. *Journal of Physical Therapy Science*. 27(3), 667-667
- Selkoe, D. J., & Hardy, J. (2016). The amyloid hypothesis of Alzheimer's disease at 25 years. *EMBO Molecular Medicine*, 8(6), 595–608.
- Sherrington, C., Whitney, J. C., Lord, S. R., Herbert, R. D., Cumming, R. G., & Close, J. C. T. (2011). Effective exercise for the prevention of falls: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59(11), 1989–1996.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03731.x>
- Serra, F. T., Hansen, F., & Wörtwein, G. (2018). BDNF expression in depression and antidepressant treatment: A critical review. *Neurobiology of Disease*, 113, 61–74.
<https://doi.org/10.1016/j.nbd.2018.01.001>
- Siteneski, A., Cunha, M. P., Lieberknecht, V., Pazini, F. L., Gruhn, K., Brocardo, P. S., & Rodrigues, A. L. S. (2018). Central irisin administration affords antidepressantlike effect and modulates neuroplasticity-related genes in the hippocampus and prefrontal cortex of mice. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 84, 294–303.

- Social Affairs, Population Division. (2010). World Population Prospects: The 2010 Revision. United Nations. <https://doi.org/10.15252/emmm.201606210>
- Solianik, R., Sujeta, A., Skurvydas, A., & Mickevičienė, D. (2021). Tai Chi improves psychoemotional state, cognition, and motor learning in older adults during the COVID-19 pandemic. *Experimental Gerontology*, 150, 111375. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111375>
- Song, Q., Wang, X., & Wu, X. (2014). Effects of martial arts and Tai Chi intervention on cognitive function in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Aging and Physical Activity*, 22(3), 459–472. <https://doi.org/10.1123/japa.2013-0045>
- Sun, J., Buys, N., Shen, S., & Sun, L. (2015). Effectiveness of a mixed physical activity and mental exercise intervention in preventing cognitive decline and improving quality of life among older adults: A randomized controlled trial. *Clinical Interventions in Aging*, 10, 1757–1764. <https://doi.org/10.2147/CIA.S91165>
- Svensson, J., Moberg, M., & Edfeldt, F. (2015). Endurance training alters brain plasticity: Evidence from animal and human studies. *Neuroscience Letters*, 597, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2015.01.001>
- Taylor-Piliae, R. E., Haskell, W. L., Waters, C. M., & Froelicher, E. S. (2010). Change in perceived psychosocial status following a 12-week Tai Chi exercise programme. *Journal of Advanced Nursing*, 66(11), 2616–2625. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2010.05407.x>
- Teixeira-Machado, L., Arida, R. M., & de Jesus Mari, J. (2019). Dance for neuroplasticity: A descriptive systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 96, 232–240. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.12.005>
- Tommasini, G., Bonifazi, M., Verdolini, N., & Lucertini, F. (2024). Irisin response to acute exercise and its implications for health: A review of current evidence. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 22(1), 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2023.09.003>

- Toril, P., Reales, J. M., & Ballesteros, S. (2014). Video game training enhances cognition of older adults: a meta-analytic study. *Psychology and Aging*, 29(3), 706–716. doi:10.1037/a0037507
- Tousignant, M., Corriveau, H., & Roy, P. M. (2012). Tai Chi for reducing the fear of falling and improving functional balance: A meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 26(5), 433–445. <https://doi.org/10.1177/0269215511420513>
- Topolski, T. D., LoGerfo, J., Patrick, D. L., Williams, B., Walwick, J., & Patrick, M. B. (2006). The rapid assessment of physical activity (RAPA) among older adults. *Preventing Chronic Disease*, 3(4), A118.
- Tsai, J. C., Wang, W. H., & Chan, P. (2003). The beneficial effects of Tai Chi on hypertension. *Hypertension Research*, 26(6), 545–550. <https://doi.org/10.1291/hypres.26.545>
- Uusi-Rasi, K., Sievänen, H., Pasanen, M., Oja, P., & Vuori, I. (1999). Associations of physical activity and calcium intake with bone mass and size in healthy women aged 35–50 years. *Bone*, 25(5), 535–543. [https://doi.org/10.1016/S8756-3282\(99\)00180-7](https://doi.org/10.1016/S8756-3282(99)00180-7)
- Valls-Pedret, C., Sala-Vila, A., Serra-Mir, M., Corella, D., De La Torre, R., Martínez-González, M. Á., ... & Ros, E. (2015). Mediterranean diet and age-related cognitive decline: A randomized clinical trial. *JAMA Internal Medicine*, 175(7), 1094–1103. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2015.1668>
- Vankova, H., Holmerova, I., Machacova, K., & Volicer, L. (2014). The effect of dance on depressive symptoms in nursing home residents: A pilot study. *Journal of the American Medical Directors Association*, 15(8), 582–590. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2014.04.017>
- Vaportzis, E., Niechcial, M. A., & Gow, A. J. (2019). A systematic literature review and meta-analysis of real-world interventions for cognitive ageing in healthy older adults. *Ageing Research Reviews*, 50, 110–130. doi:10.1016/j.arr.2019.01.006
- Vilela, T. C., Fonseca, M. R., & Xavier, M. A. (2017). Exercise-induced neuroplasticity: A review of molecular mechanisms. *Journal of Exercise Physiology Online*, 20(1), 40–56.

- Vina, J., Borrás, C., Sanchis-Gomar, F., Martínez-Bello, V. E., Olaso-González, G., Gambini, J., Ingles, M., & Gómez-Cabrera, M. C. (2014). Pharmacological properties of physical exercise in the elderly. *Current Pharmaceutical Design*, 20(18), 3019–3029.
- Vints, W. A. J., Levin, O., Fujiyama, H., Verbunt, J., & Masiulis, N. (2022). Exerkines and long-term synaptic potentiation: Mechanisms of exercise-induced neuroplasticity. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 66, 100993.
- Voelcker-Rehage, C., Godde, B., & Staudinger, U. M. (2011). Cardiovascular and coordination training differentially improve cognitive performance and neural processing in older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 26.
- Voelcker-Rehage, C., & Niemann, C. (2013). Structural and functional brain changes related to different types of physical activity across the life span. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2268–2295.
- Wayne, P. M., Walsh, J. N., Taylor-Piliae, R. E., Wells, R. E., Papp, K. V., Donovan, N. J., & Yeh, G. Y. (2014). The impact of Tai Chi on cognitive performance in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 62(1), 25–39. <https://doi.org/10.1111/jgs.12611>
- Weber-Rajek, M., Radzimińska, A., Strączyńska, A., Strojek, K., Piekorz, Z., Kozakiewicz, M., & Styczyńska, H. (2019). A randomized-controlled trial pilot study examining the effect of pelvic floor muscle training on the irisin concentration in overweight or obese elderly women with stress urinary incontinence. *BioMed Research International*, 2019.
- Wechsler, D. (1955). *Manual for the Wechsler adult intelligence scale*.
- Whitham, M., & Febbraio, M. A. (2016). The ever-expanding myokinome: Discovery challenges and therapeutic implications. *Nature Reviews Drug Discovery*, 15(10), 719–729. <https://doi.org/10.1038/nrd.2016.153>
- Wittmannová, J. (2007). *Aktivní v každém věku*. Olomouc: Univerzita Palackého Olomouc.

- Wolf, S. L., Barnhart, H. X., Kutner, N. G., McNeely, E., Coogler, C., & Xu, T. (1996). Reducing frailty and falls in older persons: An investigation of Tai Chi and computerized balance training. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(5), 489–497. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1996.tb01432.x>
- Woo, J., Hong, A., Lau, E., & Lynn, H. (2007). Tai Chi for osteoporotic fracture prevention: A review of current evidence. *Geriatric Physical Therapy*, 30(3), 115–121. <https://doi.org/10.1519/00139143-200707000-00003>
- Woodward, A. T. (2009). Physical activity and aging: Exploring the relationship between physical activity and mental health in older adults. *Journal of Aging and Health*, 21(2), 313–329. <https://doi.org/10.1177/0898264308328644>
- World Health Organization. (2019). Global recommendations on physical activity for health. World Health Organization. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- World Health Organization. (2022). Dementia fact sheets. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>
- Wrann, C. D., White, J. P., Salogiannis, J., Laznik-Bogoslavski, D., Wu, J., Ma, D., ... & Spiegelman, B. M. (2013a). Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 pathway. *Cell Metabolism*, 18(5), 649–659. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2013.09.008>
- Wrann, C. D., White, J. P., Salogiannis, J., Laznik-Bogoslavski, D., Wu, J., Ma, D., Lin, J. D., Greenberg, M. E., & Spiegelman, B. M. (2013b). Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 pathway. *Cell Metabolism*, 18(5), 649–659.
- Xia, D. Y., Huang, X., Bi, C. F., Mao, L. L., Peng, L. J., & Qian, H. R. (2017). PGC-1 α or FNDC5 is involved in modulating the effects of A β 1–42 oligomers on suppressing the expression of BDNF, a beneficial factor for inhibiting neuronal apoptosis, A β deposition and cognitive decline of APP/PS1 Tg mice. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 1 9, 65. doi:10.3389/fnagi.2017.00065
- Yoen Kim, O., & Song, J. (n.d.). Clinical Medicine The Role of Irisin in Alzheimer's Disease.

- Zoladz, J. A., Pile, A., Majerczak, J., Grandys, M., Zapart-Bukowska, J., & Duda, K. (2008). Endurance training increases plasma brain-derived neurotrophic factor concentration in young healthy men. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 59(7), 119–132.
- Zhou, B., Qiu, Y., Wu, N., Chen, A. D., Zhou, H., Chen, Q., Kang, Y. M., Li, Y. H., Zhu, G. Q., & Zhu, G. Q. (2020). FNDC5 Attenuates Oxidative Stress and NLRP3 Inflammasome Activation in Vascular Smooth Muscle Cells via Activating the AMPK-SIRT1 Signal Pathway. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020.

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Časová osa RTC výzkumu.....	45
Obrázek 2 - Nábor a průběh intervence	47
Obrázek 3 - Zahřátí	47
Obrázek 4 - Dechová cvičení.....	48
Obrázek 5 - Důraz na ochranu hlavy.	49
Obrázek 6 - Reakční cvičení	50
Obrázek 7 - Návik úderů do lap	51
Obrázek 8 - Modelové situace	52
Obrázek 9 - Závěrečné protažení	53
Obrázek 10 - Ukázka použitých pomůcek	57
Obrázek 11 - Seznam testovaných kognitivních funkcí a kognitivních testů.....	60
Obrázek 12 - Hladiny irisinu (ng.ml^{-1})	63
Obrázek 13 - Hladiny BDNF (ng.ml^{-1}).....	64

Seznam tabulek

Tabulka 1. Deskriptivní analýza	64
Tabulka 2. Výsledky intervenční studie	68