

**UNIVERZITA KARLOVA**  
**Fakulta tělesné výchovy a sportu**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**2024**

**MgA. Hana Polanská**

**UNIVERZITA KARLOVA**  
**Fakulta tělesné výchovy a sportu**

**Vliv terapie tancem na seniory v závislosti na jejich  
fyzických a kognitivních schopnostech**

**The effect of therapy by dance on older adults  
depending on their physical and cognitive abilities**

**Vedoucí disertační práce**  
**doc. Mgr. Michal Štefl, Ph.D.**

**Vypracovala**  
**MgA. Hana Polanská**

**2024**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu. Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze dne.....

Podpis autora:

## **Poděkování**

Poděkování patří především mému školiteli doc. Mgr. Michalu Štefflovi, Ph.D. za odborné vedení, neutuchající podporu a trpělivost, bez které by tento výzkum a práce nemohly vůbec vzniknout. Dále bych ráda poděkovala za možnost pracovat ve Fakultní nemocnici a čerpat cenné rady prof. MUDr. Aleši Bartošovi, Ph.D. z Poradny pro poruchy paměti Fakultní nemocnice Královské Vinohrady, jenž se podílel na našem výzkumu, a stejně tak bych ráda vyzdvihla obětavou pomoc a podporu zdravotní sestry z Poradny pro poruchy paměti Renaty Petroušové a laborantky FNKV Ivany Peluhové. Dále patří mé díky psychologkám Josefíně Weinerové a Marii Krejčové, které dohlížely na proces kognitivní testování, doc RNDr, Ing. Janě Dytrtové, Ph.D. a Ishaku Kovacovi, Ph.D. za analýzu biochemických vzorků. Velké poděkování musím směřovat k pohybové analytičce a taneční terapeutce Reně Milgrom CMA, TPT, RSME, u níž jsem mohla objevovat a studovat Labanovu analýzu pohybu a která se stala supervizorkou a poradkyní pro návrhy a vedení tanečních lekcí. Také děkuji kolegyni Veronice Holé a Tereze Jandové, se kterými jsme sdílely část projektu. A v neposlední řadě děkuji své rodině za podporu a pomoc při náročném studiu.

## **Abstrakt**

Fyzická aktivita může mít pozitivní vliv na kognitivní funkce u starších dospělých díky vztahu mezi sekrecí určitých exerkinů a jejich neuroprotektivními účinky. Jaký typ fyzické aktivity je nejučinnější z hlediska jejího vlivu na kognitivní funkce u lidí, je důležitou vědeckou výzvou. Hlavním cílem této práce je zjistit účinky terapie tancem na exerkiny, irisin a Brain derived neurotrophic faktor, které jsou prokazatelně spojeny se synaptickou plasticitou, neurogenezí a neuroprotekcí u seniorů nad 65 let a to v kontextu k výchozím úrovním jejich kognitivní a fyzické výkonnosti. Jako sekundární cíl je sledován účinek terapie tancem na kognitivní funkce, sílu a fyzickou výkonnost, měřené pomocí specifických testů. Vliv tance na hladiny irisinu a BDNF v krvi v kontextu kognitivní a fyzické zdatnosti nebyl dosud jednoznačně prokázán. Studie je koncipována jako randomizovaná, zaslepená, kontrolovaná studie. Na základě power analýzy jsme provedli nábor českých, běžně samostatně žijících starších osob (věk  $\geq 65$  -  $\leq 80$  let), 39 účastníků dokončilo studii. Měřili jsme kognitivní schopnosti, fyzickou zdatnost a náladu a odebírali jsme vzorky krve bezprostředně před intervencí a po ní. Terapie tancem probíhala dvakrát týdně (90 min) po dobu 12 týdnů v roce 2021. Pro srovnání skupin byl použit neparametrický Mann-Whitney U-test, pro testování hypotézy o změnách před a po v rámci jedné skupiny byl použit neparametrický Wilcoxonův znaménkový test, pro testování hypotézy o vlivu intervence byl použit neparametrický Mann-Whitney U-test a pro odhad velikosti vztahu výchozích úrovní v testovaných proměnných byl použit generalizovaný lineární model. Intervence měla statisticky významný pozitivní vliv na hladinu exerkinu BDNF v krvi ve srovnání s kontrolní skupinou a také na četné kognitivní domény. Výchozí úrovně kognitivních funkcí a fyzické zdatnosti statisticky významně souvisely s velikostí účinku. Součástí studie je také kvalitativní část. Témata z focusních skupin zahrnovala tři hlavní témata. Terapii tancem jako prostředek k fyzické aktivitě, zdravotní výhody terapie tancem a společenské zapojení díky intervenci. Závěrem shrnujeme, že některé exerkiny mohou být modulovány tancem a mohou hrát klíčovou roli v kontextu kognitivních funkcí a nálady u zdravých starších dospělých. Zároveň starší dospělí terapii tancem akceptují jako prostředek fyzické aktivity a rádi ji navštěvují díky subjektivně pozorovaným zdravotním výhodám či díky sociální angažovanosti. Naše studie se tak přidává k mnoha nedávným studiím, které doporučují tanec jako nefarmakologický slibný program pro stárnoucí mozek.

**Klíčová slova:** stárnutí, demence, irisin, BDNF, plasticita mozku, somatika, paměť

## **Abstract**

Physical activity may have a positive effect on cognitive function in older adults due to the relationship between the secretion of certain exergins and their neuroprotective effects. What type of physical activity is most effective in terms of its effect on cognitive function in humans is an important scientific challenge. The main aim of this study is to investigate the effects of dance therapy on the exerkines irisin and Brain derived neurotrophic factor, which have been shown to be associated with synaptic plasticity, neurogenesis and neuroprotection in seniors over 65 years of age, in the context of their baseline levels of cognitive and physical performance. As a secondary aim, the effect of dance therapy on cognitive function, strength and physical performance as measured by specific tests will be investigated. The effect of dance on blood levels of irisin and BDNF in the context of cognitive and physical fitness has not yet been clearly demonstrated. The study is designed as a randomized, blinded, controlled trial. Based on a power analysis, we recruited Czech, normally independently living older persons (age  $\geq 65$  -  $\leq 80$  years), 39 participants finished the study. We measured cognitive abilities, physical fitness and mood and collected blood samples immediately before and after the intervention. Therapy by dance was performed twice weekly (90 min) for 12 weeks in 2021. The non-parametric Mann-Whitney U-test was used to compare the groups, the non-parametric Wilcoxon signed rank test was used to test the hypothesis of before and after within-group changes, the non-parametric Mann-Whitney U-test was used to test the hypothesis of the effect of the intervention, and the generalized linear model was used to estimate the magnitude of the relationship of baseline levels in the variables tested. The intervention had a statistically significant positive effect on blood levels of the BDNF exerkin compared with the control group, as well as on numerous cognitive domains. Baseline levels of cognitive function and physical fitness were statistically significantly related to effect size. The study also included a qualitative part. Themes from the focus groups included three main themes. Dance therapy as a means to physical activity, health benefits of dance therapy, and social engagement through the intervention. In conclusion, we summarize that some exerkines can be modulated by dancing and may play a key role in the context of cognitive function and mood in healthy older adults. At the same time, older adults accept dance therapy as a means of physical activity and are happy to attend due to subjectively observed health benefits or social engagement. Our study thus joins many

recent studies that recommend dance as a nonpharmacological promising program for the aging brain.

**Key words:** aging, dementia, irisin, BDNF, brain plasticity, somatics, memory

## Seznam použitých zkratek

ZKRATKA	ANGLICKY	ČESKY
AD-8	The Eight-item Informant Interview to Differentiate Aging and Dementia	Dotazník změněných schopností seniora
AN		Alzheimerova nemoc
BDNF	Brain Derived Neurotrophic Factor	Z mozku odvozený růstový faktor
BESS	Body Effort Space Shape	Tělo, Úsilí, Prostor, Tvar
ČAPR		čtyř nebo pěti čárová obrazová produkce
FA		fyzická aktivita
FAQ	Functional questionnaire of activities	Funkční dotazník aktivit
FNDC5	Fibronectin type III domain-containing protein 5	Protein 5 obsahující doménu fibronektinu typu III, prekurzor irisinu
GDS	Geriatric Depression Scale	Geriatrická škála deprese
KS		kontrolní skupina
LMA/BF	Laban movement analysis/Bartenief Fundamentals	Labanova pohybová analýza
MKP	Mild Cognitive Impairment	mírná kognitivní porucha
POBAV		Pojmenování obrázků a jejich a vybavení
RAPA	Rapid Assessment of Physical Activity	Rychlé zhodnocení fyzické aktivity
RAVLT	Rey Auditory Verbal Learning Test	Reyův auditorní verbální test
RTC	Randomize Control Trial	randomizovaná kontrolovaná studie
TMT A a B	Trial Making Test	test cesty
TPT		tanečně-pohybová terapie
TS		taneční skupina



TT		terapie tancem
WAIS-III	Wechsler Adults Intelligence Scale	Wechslerova inteligenční škála pro dospělé
WHO	World Health organisation	Světová zdravotní organizace

## Obsah

1	Úvod.....	13
2	Teoretická východiska .....	15
2.1	Dekáda zdravého stárnutí pro desetiletí 2020-2030 .....	15
2.2	Mírná kognitivní porucha a syndrom demence .....	15
2.3	Mozek a sval .....	17
2.3.1	Fyzická aktivita a kognitivní funkce.....	17
2.3.2	Tanec a kognitivní funkce.....	18
2.4	Exerkiny.....	20
2.4.1	Myokiny.....	20
2.4.2	FNDC5 / Irisin .....	21
2.4.3	Vliv dlouhodobého cvičení na hladinu irisinu v krvi .....	23
2.4.4	Brain Derived Neurothrophic Factor .....	26
2.5	Kognitivní funkce .....	28
2.5.1	Kognitivní domény .....	28
2.6	Adherence pro FA.....	30
2.7	Tanec.....	32
2.7.1	Somatické techniky.....	33
2.7.2	Tanečně-pohybová terapie a terapie tancem.....	34
2.7.3	Neuroplasticita .....	35
2.7.4	Propriocepce a rovnováha.....	37
2.7.5	Svalová hmota a síla .....	38
2.7.6	Deprese a kvalita života.....	39
3	Cíle.....	40
3.1	Vědecké otázky .....	40
3.2	Hypotézy .....	40
4	Metody a design.....	41

4.1	Design studie.....	41
4.2	Etická komise.....	42
4.3	Charakteristika vzorku.....	42
4.3.1	Kontrolní skupina .....	43
4.3.2	Taneční skupina .....	44
4.4	Charakteristika lekcí TT .....	44
4.4.1	Hlavní okruhy LMA .....	45
4.4.2	Bartenieff Fundamentals.....	46
4.4.3	Principy LMA/BF .....	46
4.4.4	Vývojová stádia .....	48
4.4.5	Nástroje motivace k pohybu využívané v TT.....	49
4.5	Testování kognitivních funkcí .....	53
4.5.1	Krátké kognitivní testy.....	53
4.5.2	Komplexní baterie neuropsychologických testů.....	54
4.6	Tělesné složení a svalová síla .....	56
4.7	Odběr a příprava vzorků séra.....	57
4.8	Analýza dat .....	57
4.9	Kvalitativní část výzkumu .....	57
5	Výsledky .....	59
5.1	Kvantitativní část .....	59
5.2	Kvalitativní část .....	65
6	Diskuse.....	69
6.1	Hladiny exerkinů a fyzická aktivita .....	69
6.2	Nálada .....	71
6.3	Kognitivní funkce .....	72
6.4	Adherence a kvalitativní část výzkumu .....	75
6.5	Limitace studie.....	76

6.6	Význam a aktuálnost projektu .....	77
7	Závěr .....	78
	<i>Literatura</i> .....	79
	<i>Seznam tabulek</i> .....	109
	<i>Seznam obrázků</i> .....	109

# 1 Úvod

Je zřejmě neoddiskutovatelnou skutečností, že celosvětová populace stárne. Tento trend se týká především států vyspělého světa. Podle odhadů se počet osob ve věku 80 let a více ztrojnásobí, ze 143 milionů v roce 2019 na 426 milionů v roce 2050 (Social Affairs. Population Division, 2010). Společně se stárnutím populace nabývá na významu léčba a prevence nemocí, které jsou právě pro stáří charakteristické. Mezi takové lze bezesporu řadit četné neurodegenerativní syndromy, pro něž se historicky vžil obecný název - demence. Celosvětově trpí demencí přibližně 50 milionů lidí, přičemž každý rok se objeví téměř 10 milionů nových případů. Odhadovaný podíl lidí trpících demencí v populaci ve věku 60 a více let se v daném čase pohybuje mezi 5–8%. Předpokládá se, že celkový počet lidí s demencí dosáhne 82 milionů v roce 2030 a 152 milionů v roce 2050 (World Health Organization, 2022). Kromě sociálních problémů, které může demence způsobit, péče o nemocné s demencí také značně zatěžuje finanční rozpočet společnosti (Holmerová et al., 2017). Nedostatek fyzické aktivity (FA) spolu s prodlužováním lidského věku vedou k nárůstu civilizačních onemocnění. Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje FA jako jednu z možností prevence kognitivního poklesu, jak pro kognitivně zdravé jedince, tak i pro osoby s mírnou kognitivní poruchou (World Health Organization, 2019), jako možnost zamezení vzniku nebo zmírnění postupující degenerace mozku. Tanec se dostává do popředí zájmu vědecké veřejnosti, vedle silového a aerobního cvičení, jako prevence a budoucí nefarmakologická léčba různých neurodegenerativních onemocnění, zejména Parkinsonovy choroby (Hackney & McKee, 2014), demence demence (Hokkanen et al., 2008), poruchy autistického spektra (DeJesus et al., 2020), deprese, úzkosti a dalších (Bräuning, 2014a; Rainbow et al., 2020; Meekums et al., 2015; Vrinceanu et al., 2019). Tanec je komplexní aktivitou, jež může podpořit adaptaci na naše prostředí během stárnutí a přispět tak k lepším výkonům kognitivních funkcí (Basso, Satyal a Rugh, 2021). Možnosti jasně definovat pozitivní vliv pohybu na kognitivní funkce jsou však omezeny. Jednou z nich může být ovlivnění sekrece neuroaktivních látek pomocí účinné terapie, která pak může napomoci v boji s neurodegenerativními nemocemi. Je však důležité objasnit molekulární základ těchto procesů na buněčné úrovni (Pesce et al., 2020). V poslední době nabývá na významu výzkum zabývající se vztahem mezi pohybovou aktivitou a exerkinou (Jodeiri Farshbaf & Alviña, 2021), které jsou uvolňované v reakci na jednorázové a/nebo dlouhodobé cvičení a působí endokrinní, parakrinní a/nebo autokrinní cestou a mají neuroprotektivní

charakter (Chow et al., 2022). Účinky vlivu terapie tancem na hladiny exerkínů v krvi nebyly dosud dostatečně prozkoumány.

## 2 Teoretická východiska

### 2.1 Dekáda zdravého stárnutí pro desetiletí 2020-2030

WHO vyhlásilo Dekádu zdravého stárnutí pro desetiletí 2020-2030. Ten zahrnuje akční plán zdravého stárnutí, východiska zdravého stárnutí a integrovanou péči o stárnoucí lidi. Jednou z hlavních otázek je, co ovlivňuje veřejné zdraví. Klíčovým pojmem je Intrinsic capacity, což můžeme česky opsat jako schopnost být zdravý, tedy být v kondici, obzvláště dlouhodobé fyzické i mentální. Vitalita je pak jednou z komponent kondice týkající se lokomoce a mobility, zabývá se systémem svalů, kostí, kloubů a svalové hmoty. Vitalita tak souvisí s dlouhověkostí, ve smyslu schopnosti být zdravý a fit do vysokého věku. Jednou z hlavních otázek pro zdravé stárnutí se tak stává otázka prevence intervenčních aktivit. Tyto intervenční aktivity by měly být navrženy tak, aby stimulovaly komponenty mentální (kognitivní), smyslové i fyzické (somatické). Vědecká komunita tak čelí otázkám, jak účinně zvyšovat vitalitu, a tím fyzickou, mentální a smyslovou kondici, a jak snižovat rizika deprese, poruch kognitivních funkcí a smyslů. V naší studii jsme se zabývali vlivem terapie tancem na hladiny exerkinů, kognitivní, fyzické schopnosti a náladu u starších dospělých vzhledem k tomu, že tanec má potenciál pracovat se všemi komponenty kondice člověka (Holmerová, 2019).

### 2.2 Mírná kognitivní porucha a syndrom demence

Syndrom demence reprezentuje téměř sto různých chorob. Jednou z nejznámějších je Alzheimerova nemoc (AN) zahrnující většinu diagnostikovaných případů demence. Dalšími jsou např. frontotemporální lobární degenerace, demence s Lewyho tělísky, vaskulární demence, demence u AIDS, alkoholická demence, demence u Pickovy, Creutzfeldt-Jakobovy, Huntingtonovy, Parkinsonovy choroby atd. Syndrom demence může vzniknout jako následek poškození mozku, nebo se může jednat o demenci progresivní, kdy kognitivní funkce upadají dlouhodobě a postupně jakožto důsledek neurodegenerativního onemocnění a postihují různé kognitivní domény.

Syndrom demence představuje pouze terminální stadium AN, neboť nemoc začíná dlouho před prvními klinickými projevy, a to přibližně o 20-25 let dříve tzv. preklinickým stádiem nemoci. První patofyziologické změny v mozkové tkáni nastávají před prvními klinickými projevy a patří mezi ně extracelulární akumulace senilních plaků amyloidu beta a následně intracelulární tvorba neurofibrilárních klubek, tvořených hyperfosforylovaným proteinem tau (Čechová, 2020). Později si postižený začne změny subjektivně uvědomovat nebo je lze již objektivizovat při neuropsychologickém vyšetření. Pacient je ale nadále zcela soběstačný v aktivitách denního života. Takový stav se označuje jako mírná kognitivní porucha (MKP) a označuje prodromální stadium nemoci (Albert et al., 2011). Teprve ve chvíli, kdy jsou změny v kognici a chování natolik závažné, že pacient ztrácí svou soběstačnost, diagnostikujeme syndrom demence (McKhann et al., 2011). Diagnostika MKP se vyvinula kvůli snaze co nejčasněji identifikovat nástup neurodegenerativního procesu u AN. Včasné určení neurodegenerativního procesu je důležité proto, aby se mohly aplikovat různé terapeutické možnosti a uchovat tak déle dobrá kvalita života nemocného jedince. MKP je charakterizována významným poklesem v alespoň jedné doméně kognitivních funkcí, měřeno standardizovanými neuropsychologickými testy o 1 – 1,5 směrodatnou odchylku (SD) pod průměrem věkově a vzdělanostně vázaných norem. Při MKP však nedochází k narušení aktivit denního života a není přítomen syndrom demence (Albert et al. 2011). Pacienti si sami stěžují na poruchu paměti nebo tyto problémy s pamětí pozorují blízké osoby z jejich okolí. Progrese do Alzheimerovy nemoci je pak 15 % za rok. AN je charakterizována také ztrátou neuronálních synapsí a pyramidových neuronů doprovázenou progresivní kognitivní neurodegenerací, kdy jsou nejvíce postiženy oblasti spojené se složitějšími mozkovými funkcemi, jako je hipokampus a neokortex. AN je onemocnění velmi heterogenní a současně má řada pacientů i více neurodegenerativních onemocnění najednou. Postižení se projevuje v jakékoli jedné či více kognitivních doménách, vždy je však v doméně paměť nižší kognitivní výkon proti minulosti. Kognitivní deficit narušuje běžné, sociální nebo pracovní činnosti jedince a pacienti jsou závislí na pomoci druhých osob. Dnes se diagnostická kritéria díky rozvoji moderních technik a metod opírají spíše o biologické markery onemocnění nežli o samotný klinický projev (Čechová, 2020). V současné době neexistuje účinná léčba AN a značné úsilí je zaměřeno na vývoj strategií, které by působily proti mechanismům vedoucím k poškození neuronů, selhání synapse a zhoršení paměti u AN (Ferreira et al., 2015).



## 2.3 Mozek a sval

Evoluční poznatky naznačují silný vztah mezi svalstvem a mozkiem. Během miliónů let lidé vyvinuli schopnost pohybovat se vzpřímeně, chodit a posléze běhat. Masivní vývoj kosterního svalstva tak kopíruje zásadní změny v mozku, protože schopnost běhat vyžaduje složité zpracování na kognitivní úrovni (Gomez, 2021). Běh tedy nejen napomáhal rozvoji kosterního svalstva, ale také podporoval zrání mozku. Tím jsou fyzické schopnosti a velikost mozku ve vzájemném vztahu. Tkáň kosterního svalstva se přizpůsobuje vnějším podnětům, má vysokou energetickou náročnost a aktivně řídí metabolickou homeostázu (Carbone et al., 2012).

Vytrvalostním cvičením se zvyšuje vyplavení trofických (růstových) faktorů v mozku a tím pozitivně posiluje růst mozku (Wrann et al., 2013a). Děje se to skrze společný vývoj neurálních signálních drah, které regulují neuroplasticitu a adaptaci organismu na cvičení (Mattson, 2012). Složitější úkoly vyžadují složitější mozek, např. hledání potravy v širokých a otevřených prostranstvích v savanách kladlo vysoké nároky na prostorovou orientaci a také na schopnost získávat a uchovávat nové informace. Proto jedinci se složitějším mozkiem, kteří si vedli lépe v těchto úkolech, mohli získat evoluční výhodu (Raichlen & Gordon, 2011).

### 2.3.1 Fyzická aktivita a kognitivní funkce

První studie na dospělých zvířatech ukázaly, že metabolické (Black et al., 1990) a neurochemické funkce (Neeper et al., 1995) se zlepšují díky aerobní zdatnosti a empiricky je ověřeno, že FA působí pozitivně na kognitivní funkce u zdravých lidských jedinců (Colcombe & Kramer, 2003; Falck et al., 2019; Forbes et al., 2013; Kramer & Colcombe, 2018; Northey et al., 2018a) i u lidí s MKP (Groot et al., 2016; Lam et al., 2015). Starší dospělí jsou považováni za fyzicky aktivní, pokud vykonávají aerobní pohybové aktivity mírné intenzity po dobu minimálně 30 minut, 5 dní / týden nebo aerobní aktivitu s intenzivní intenzitou po dobu minimálně 20 minut, 3 dny / týden (Vina et al., 2014). Některé studie poukazují na to, že výsledky vlivu pohybu na mozek však zaznamenáme pouze u cvičení s vysokou intenzitou a ne u cvičení s intenzitou mírnou, což může být pro starší dospělé problém (Rainbow Tin Hung Ho et al., 2015). Je velmi

důležité určit, zda intenzita cvičení má vliv na kognitivní funkce, a proto se vědci zaměřili na přínos cvičení na kognici u různých druhů cvičení. Konkrétně byl zkoumán silový trénink (Nagamatsu et al., 2012), trénink hrubé motoriky nebo kombinace aerobního cvičení a silového tréninku (Berryman et al., 2014), koordinační (Voelcker-Rehage et al., 2011; Voelcker-Rehage & Niemann, 2013) nebo jóga (Gothe & McAuley, 2015).

Porovnání vlivu aerobního a anaerobního tréninku se v literatuře vyskytuje omezeně (Alkadhi, 2018). První taková studie o srovnání vlivu aerobních a anaerobních cvičení u zdravých starších dospělých lidí (ve věku 65–75 let) ukázala, že aerobní cvičení i mírné intenzity (chůze) zlepšují exekutivní funkce proti anaerobnímu cvičení (Kramer, A. F., Hahn et al., 1999). Zajímavé je zjištění, že koordinační cvičení by mohlo mít příznivý vliv na mozkové struktury a funkce, i když nemá vliv na kardiorespirační zdatnost (Voelcker-Rehage et al., 2011). U jedinců nad 50 let byl zkoumán vliv aerobního a silového tréninku, vícesložkového tréninku a tai-či na kognitivní funkce. Byl zjištěn přínos cvičení při délce cvičení 45–60 minut alespoň střední intenzity bez ohledu na kognitivní stav účastníků a jako optimální pro udržení kognitivní úrovně bylo sledováno každodenní cvičení (Northey et al., 2018b). Na kognitivní funkce u starších lidí může mít vliv také odporový trénink (Ozkaya et al., 2005), jelikož se potvrdila pozitivní souvislost mezi zvýšením svalové síly dolních končetin a kognitivními funkcemi (Frith & Loprinzi, 2018). Účinky cvičebních programů na kognitivní funkce tady zřejmě závisí na programových a metodických faktorech, včetně délky intervence, typu intervence, délky tréninků a pohlaví účastníků studie a aerobní cvičení zřejmě zabraňuje progresi úbytku paměti, pokud je úroveň, délka a frekvence cvičení přiměřená (Babaei & Azari, 2022).

### 2.3.2 Tanec a kognitivní funkce

Tanec vyžaduje vysokou úroveň fungování v několika různých kognitivních oblastech. Výzkumy skutečně ukazují, že ve srovnání s netanečnicí mají tanečnici lepší kognitivní schopnosti a také výrazné strukturální a funkční změny v částech mozku, které kognitivní funkce podporují (Bläsing et al., 2012; Burzynska et al., 2017). Co se týče tance, jako vhodné FA pro zlepšení kognitivních funkcí u starších dospělých, studie naznačují, že může prospět kognitivnímu zdraví. Existuje však mnoho tanečních stylů a přístupů k tanci, avšak přesné metodologické postupy intervenčních studií jsou stále

vzácné (Esmail et al., 2020). V dnešní klinické praxi se prosazuje čím dál tím více přístup, kdy se přikláníme k vnímání člověka jako celku, ve kterém probíhají fyzické, sociální, emoční a kognitivní procesy současně (Vergeer et al., 2017). Tvrzení, že lidský vjem, jeho zpracování a reakce na něj neoddělitelně propojují mysl a tělo do funkčního celku (Fitt, 1988), je již přes 50 let podloženo množstvím empirických výzkumů (Berrol, 1992). Vědci se v posledních letech soustředí na odhalení mechanismů, kterými FA příznivě působí na zdraví člověka, a vztah mezi fyzickým a duševním zdravím, týkající se neurodegenerativních onemocnění, byl potvrzen mnoha studii (Ahlskog et al., 2011; Cass, 2017; De La Rosa et al., 2020; Hamer & Chida, 2008; Chen et al., 2016; Y. Lin et al., 2018; Santos-Lozano et al., 2016; Stephen et al., 2017; Viña & Sanz-Ros, 2018). Bylo zjištěno, že tanec je pořád výhodnější než jiné pohybové programy, pokud jde o zlepšení motivace, paměti a sociálních dovedností, tedy má vliv na řadu psychologických a kognitivních ukazatelů (Fong Yan et al., 2024). Metaanalýzy potvrzují pozitivní vliv tanečních interakcí na kognitivní funkce u zdravých starších dospělých (Predovan et al., 2019), obzvláště vliv tance na celkovou kognici a exekutivní funkce a menší vliv na pozornost, učení a paměť (Hewston et al., 2021). V literatuře se rovněž objevují formy tanečního/pohybového tréninku, např. taneční/pohybová terapie, jejímž cílem je využít pohyb a tanec k podpoře fyzické, sociální, emocionální a kognitivní integrace jedince, a to jak u nemocných, tak u zdravých účastníků (Karkou & Meekums, 2017; Lam et al., 2015a; Lauffenburger, 2020). V jednotlivých studiích bylo prokázáno, že tanec posiluje propojení mezi oběma mozkovými hemisférami v motorické, somatosenzorické a kognitivní oblasti mozku (Teixeira-Machado et al., 2019), má pozitivní vliv na exekutivní funkce a ovlivňuje morfologické změny mozku (Rektorova et al., 2020) nebo zlepšuje celkové kognitivní funkce a fyzickou výkonnost u kognitivně zdravé populace (Esmail et al., 2020) i u lidí s MKP (R. Ho et al., 2017; Machacova et al., 2017; Qi et al., 2019). Dále byl u zdravých starších dospělých nalezen pozitivní vliv tance konkrétně na vizuální i verbální paměť (Kosmat & Vranic, 2017; Marquez et al., 2017; Rehfeld et al., 2018), pouze vizuální paměť (Merom et al., 2016), nebo pouze exekutivní funkce (Noguera et al., 2020). Některé studie potvrzují, že i tanec mírné intenzity podporuje pozitivní účinky na kognitivní funkce (Tamura et al., 2014). Studie tak ukazují, že dlouhodobá taneční intervence by mohla být pro kognitivní funkce ve stárnoucím lidském mozku lepší než rutinní tělesné cvičení (Müller et al., 2017, Rehfeld et al.), nicméně klíčovým faktorem pro změny v mozku a zlepšení kognitivních funkcí je zřejmě druh, délka intervence a

intenzita tance, jak bylo již dříve zdokumentováno u tělesného cvičení (Coelho et al., 2014; Ferris et al., 2007).

## 2.4 Exerkiny

Exerkiny jsou definovány jako signální látky uvolňované v reakci na jednorázové a/nebo dlouhodobé cvičení a cvičení tak podporuje mnoho růstových mechanismů na molekulární a buněčné úrovni, které mají široký vliv na neuroplasticitu (Chow et al., 2022). Většina exerkinů uvolňovaných do oběhu spadá do jedné ze dvou kategorií. Lze je klasifikovat buď jako růstové faktory, nebo se může jednat o nukleové kyseliny, jako jsou mikroRNA. Kosterní svalstvo tvoří 40 % celkového tělesného objemu a tak je považováno za jeden z největších orgánů v těle. Proto mají uvolňované exerkiny velký potenciál k tomu vyvolat změny v mnoha orgánech. Kosterní svalstvo pak slouží jako továrna na syntézu mnoha myokinů. v odborné literatuře se používají pojmy exerkiny a myokiny někdy zástupně (Legård & Pedersen, 2019).

### 2.4.1 Myokiny

Myokiny jsou molekuly, jež se uvolňují z mnohojaderných buněk myofibril, tvořících kosterní sval a určujících sílu kontrakcí sarkomer a vykonávajících parakrinní a endokrinní funkce. Jednoduše řečeno, jsou to různé cytokiny (nebo jiné malé molekuly), které jsou produkovány a uvolňovány buňkami kosterního svalstva v reakci na svalové kontrakce (Frontera & Ochala, 2015; Pedersen, 2011). Myokiny regulují různé metabolické procesy v různých tkáních a orgánech, jako jsou játra, kosti, mozek nebo tukové tkáně prostřednictvím několika signálních drah a ukazují, jak svaly komunikují s ostatními orgány (Legård & Pedersen, 2019). Rozsah reakce uvolnění myokinů po svalové kontrakci se liší podle intenzity, způsobu a objemu cvičení, které jedinec provádí. Od svého objevu v roce 2000 (Pesce et al., 2000) myokiny nadále přitahují rostoucí zájem, protože se podílejí na budování komunikačních kanálů mezi kosterním svalstvem a jinými tkáněmi. Zatímco vyplavení myokinů je většinou vyvoláno svalovou kontrakcí, základní vyplavení myokinů v kosterním svalu vede k diferenciaci, proliferaci a

regeneraci svalových buněk. Je proto pravděpodobné, že myokiny mohou přispívat ke zprostředkování zdravotních přínosů cvičení (Legård & Pedersen, 2019).

#### 2.4.2 FNDC5 / Irisin

Jedním z myokinů je Irisin, u kterého bylo zvýšením vyplavení mozkového neurotrofního faktoru (BDNF) v hipokampu na zvířecím modelu (Lourenco et al., 2019) a u lidí (Bociek, 2019) nedávno prokázány příznivé účinky na CNS. O BDNF je poměrně dobře známo, že hraje významnou roli pro synaptickou plasticitu a zpracování paměti v mozku (Bekinschtein et al., 2008), tyto objevy naznačují potenciální roli irisinu v mozku související s AN. Aktuálně je irisin na seznamu psychoaktivních látek, které jsou doporučovány vědecké komunitě jako vhodný biomarker, vypovídající objektivně o účincích intervencí (Yoen Kim & Song, n.d.), zejména o vlivu cvičení na kognitivní funkce (Küster et al., 2017).

V roce 2002 dvě nezávislé skupiny výzkumníků objevily dosud neznámý gen exprimovaný v srdci, mozku, kosterním svalstvu a dalších tkáních myši během embryonálního vývoje a u dospělých zvířat. Byl pojmenován peroxisomální protein (Ferrer-Martínez et al., 2002) nebo protein 2 obsahující repetici fibronektinu typu III (FRCP2) kvůli svému specifickému motivu (Teufel et al., 2002). O deset let později tento gen – nyní označovaný jako protein 5 obsahující doménu fibronektinu typu III (FNDC5) – znovu připoutal pozornost, když byl identifikován jako jeden z cílových genů koaktivátoru receptoru  $\gamma$  aktivovaného peroxisomovým proliferátorem  $1\alpha$  (PGC- $1\alpha$ ), což je transkripční koaktivátor, který je ve svalu vyvolán cvičením (Boström et al., 2012). FNDC5 se zvýšil ve svalu geneticky upravených myši při nadměrné expresi PGC- $1\alpha$  a u myši vystavených vytrvalostnímu cvičení. Závěr byl, že irisin řídí transformaci bílé tukové buňky na šedou (bílá buňka s fenotypem hnědé tukové buňky) přes počáteční výrazný vzestup klíčového transkripčního regulátoru mitochondriální biogeneze a funkce v kosterním svalu – PGC $1\alpha$  (Boström et al., 2012). Funguje to tak, že se část FNDC5 z mimobuněčné tekutiny uvolní z kosterního svalstva do krevního řečiště a vyvolá přechod bílé tukové tkáně do tukové tkáně se strukturou podobnou hnědé tukové tkáni určenou k tvorbě tepla. Tato výměšková doména byla pojmenována irisin, podle řecké bohyně duhy Iris, a irisinu je od té doby připisována zodpovědnost za některé příznivé účinky cvičení

na energetický výdej prostřednictvím zhnědnutí tukové tkáně (Boström et al., 2012). Bylo to neočekávané, protože zhnědnutí tukové tkáně je obvykle spojeno se zachováním životních funkcí mozku a srdce, pokud je organismus vystaven chladu (Cannon & Nedergaard, 2004).

Existují desítky studií, které irisinu připisují mnoho důležitých rolí. Například jako důležitý regulátor energetického metabolismu hraje irisin ochrannou roli proti diabetes mellitus 2. typu a obezitě (Grygiel-Gorniak & Puszczewicz, 2017; Perakakis et al., 2017), udržuje kardiovaskulární zdraví (C. Ma et al., 2021); působí jako antidepresivum při regulaci nálady (Siteneski et al., 2018) a chrání před ztrátou kostní hmoty a svalovou atrofií (Mahgoub et al., 2018). Irisin je také spojován se zvýšenou expresí BDNF s následnými příznivými účinky na zdraví mozku a kognitivní funkce (Wrann et al., 2013b). V poslední době irisin prokázal pozitivní účinek při regulaci různých genů v tukové tkáni v souvislosti s výsledkem COVID-19 (de Oliveira et al., 2020). Zdá se tedy, že irisin může být ukazatelem účinku fyzického cvičení pozitivně ovlivňující lidský organismus. Fyzické cvičení může pomoci předcházet mnoha nemocem, např. kardiovaskulárním onemocněním (Ricci & Cunha, 2020), inzulínové rezistenci (Whillier, 2020), diabetes mellitus 2. typu (Balducci et al., 2014), depresi (Ströhle, 2008), sarkopenii (Montero-Fernández & Serra-Rexach, 2013) nebo Alzheimerově chorobě (De la Rosa et al., 2020) tím, že stimuluje PGC1 $\alpha$  jako transkripční koaktivátor pro metabolické funkce. Konkrétněji, stimuluje expresi genu FNDC5 skrze kódování membránového proteinu typu I, který je zpracován proteolyticky, což vede k sekreci irisinu do krve (Boström et al., 2012). To nám dovoluje předpokládat, že zde existuje propojení cvičení a pozitivního vlivu FNDC5/irisinu na zdraví.

Přesto se objevují rozporuplná zjištění týkající se funkce irisinu, jeho prekurzorového genu a vztahu mezi expresí PGC-1 $\alpha$  a FNDC5 (Oelmann et al., 2016; Pekkala et al., 2013; Timmons et al., 2012). Například Pekkala a spol. (Pekkala et al., 2013) v roce 2013 (rok po první izolaci irisinu) zjistili, že snížení exprese PGC-1 $\alpha$  mRNA neodpovídá snížení mRNA FNDC5. PGC-1 $\alpha$  je hlavním regulátorem mitochondriální biogeneze, oxidativní fosforylace a mitochondriálním antioxidantem a je zodpovědný za udržování metabolické rovnováhy a její regulace, tedy PGC-1 $\alpha$  je považován za adaptivní mechanismus (Rius-Pérez et al., 2020). Deficit PGC-1 $\alpha$  vede k výrazné hyperaktivitě související s axonální degenerací v mozku, hlavně ve striatu (J. Lin et al., 2004). Neuronové buňky spotřebovávají velké množství Adenosintrifosátu, aby si zachovaly

svůj axonální transport a gradient iontové membrány, které pro získání energie pro tuto funkci zcela závisí na oxidativním metabolismu (Schon & Manfredi, 2003). PGC-1 $\alpha$  je také klíčová pro neuronální funkci, reguluje koncentraci sodíku v astrocytech a reguluje neurofilamentové proteiny (J. Lin et al., 2004). Kromě toho bylo nedávno přezkoumáno několik experimentálních studií zaměřených na akutní i dlouhodobé účinky fyzického cvičení na hladiny irisinu v krvi v různých kontextech, stále s neprůkaznými výsledky (Dinas et al., 2017). Dlouhodobý efekt na cvičením vyvolané vyplavení irisinu do krve zkoumala také naše souhrnná studie a metaanalýza s podobným závěrem příliš heterogenních a neprůkazných výsledků (Jandova et al., 2021). Nedávno výzkumníci přistoupili k pokusům na geneticky upravených myších, které zbavili lokusu FNDC5. Většina skupin uvedla, že tyto myši jsou životaschopné, plodné a za standardních podmínek nemají žádné zjevné fenotypové abnormality (Z. Ma et al., 2020). Dokonce měly normální váhu i růst. Nicméně, jiná studie prokázala signifikantně nižší váhu u samic myši zbavených genu FNDC5 a zjevné negativní účinky na metabolismus (Luo et al., 2020) nebo vyšší negativní vliv oxidačního stresu a zánětů kvůli nepřítomnosti lokusu FNDC5 (Zhou et al., 2020). Celkově tyto experimenty naznačují, že i když myši zbavené lokusu FNDC5 vypadají normálně za standardních podmínek chovu, trpí více než normální myši při specifických fyziologických problémech (Maak et al., 2021). Maak et al. navrhuje další výzkum na geneticky upravených myších bez lokusu FNDC5, aby se určily správné hladiny irisinu v krevní plazmě. Lepší znalost fungování tohoto silného metabolického ukazatele pak může vést k promýšlení nových intervencí, které podporují zdraví.

#### 2.4.3 Vliv dlouhodobého cvičení na hladinu irisinu v krvi

Poznatky v této kapitole vycházejí z naší odborné publikace Long-term effect of exercise on irisin blood levels-Systematic review and Metaanalysis (Jandova et al., 2021). Pokud je nám známo, jedná se o první systematický přehled a metaanalýzu, která se zaměřila na dlouhodobý účinek různých cvičebních intervencí na hladinu irisinu v krvi. Do systematického přehledu bylo zahrnuto 59 studií s 2164 účastníky. Do 32 studií byli zahrnuti zdraví účastníci a tři studie se zaměřovaly na vrcholové nebo průměrně aktivní sportovce. Pacienti trpící několika různými onemocněními (intersticiální plicní

onemocnění, progresivní roztroušená skleróza nebo diabetes mellitus 2. typu) se účastnili devíti studií. Sedmnáct studií bylo zaměřeno na účastníky s obezitou nebo nadváhou a jedna na těhotné ženy. Průměrný věk se pohyboval mezi 9 a 71 lety. Dvacet pět studií byly randomizované kontrolní studie. Zbytek studií využívalo různé přístupy, například nerandomizované studie, často bez kontrolní skupiny. Ve studiích bylo použito několik různých pohybových aktivit (vytrvalostní nebo odporové cvičení, chůze, plavání atd.). Byl zjištěn 33x statisticky významný efekt v rámci skupiny, kde se hladina irisinu zvýšila 23x a snížila 10x. Statisticky významný meziskupinový efekt byl zjištěn v 15 studiích. Významný pozitivní účinek po cvičení ve srovnání s kontrolními skupinami bez cvičení byl zjištěn u vytrvalostního tréninku 4x, u odporového tréninku 3x a u kombinovaného tréninku, vysoce intenzivního inter-valového tréninku, souběžného aerobně-odporového tréninku i souběžného odporově-aerobního tréninku 1x. Významný pozitivní účinek byl zjištěn také po vysoce intenzivním intervalovém tréninku ve srovnání s kontinuálním tréninkem střední intenzity. Dlouhodobé mírné tělesné cvičení mělo významný pozitivní vliv na hladinu irisinu v krvi u obézních dospělých ve srovnání s dospělými s normální hmotností, stejně jako silový trénink u starších dospělých. Na druhou stranu taekwondo snižovalo hladinu irisinu u obézních dětí stejně jako trénink s vysokým opakováním odporu u zdravých dospělých. Do metaanalýzy byly zařazeny údaje od 717 účastníků, kteří cvičili a 467 účastníků z kontrolních skupin, kteří necvičili. Celkový účinek byl statisticky významný a vyzněl ve prospěch cvičební skupiny (SMD = 0,39 (95 % CI 0,27-0,52)). Pro další analýzy jsme všechny kontrolní studie rozdělili do pěti skupin podle věku a přítomnosti onemocnění. Statisticky významný pozitivní vliv na hladinu irisinu v krvi byl zjištěn u zdravých starších dospělých (SMD = 0,32 (95 % CI 0,11-0,54)), u obézních starších dospělých (SMD = 0,91 (95 % CI 0,69-1,13)) a u obézních mladých dospělých (SMD = 0,67 (95 % CI 0,02-1,32)). Nicméně u nezdravých starších dospělých nebyl zjištěn žádný účinek. U zdravých mladých dospělých byl účinek spíše negativní (SMD = -0,24 (95 % CI -0,54- 0,06)). Bohužel heterogenita s výjimkou nezdravých starších dospělých byla ve všech analýzách značně vysoká.

Pro účely naší dizertační práce nás zajímají především výsledky pro skupinu starších dospělých. Vzhledem k výsledkům studií analyzovaných v tomto systematickém přehledu a meta-analýze se zdá, že dlouhodobé fyzické cvičení zvyšuje hladinu irisinu v krvi, zejména u obézních jedinců. Konkrétně naše studie ukazuje, že vytrvalostní trénink a kombinovaný trénink zvyšují hladinu irisinu v krvi u obézních starších žen (Amanat et



al., 2020), kombinovaný trénink u obézních mužů středního věku (Bonfante et al., 2017), vytrvalostní (Huang et al., 2017; Rashid et al., 2020) a odporové cvičení (H.-J. Kim et al., 2016) a trénink svalů pánevního dna zvýšil hladinu irisinu u obézních starších žen (Weber-Rajek et al., 2019). Několik druhů fyzického cvičení zvýšilo hladinu irisinu v krvi zdravých lidí také. Důležitější je, že cvičení včetně odporového tréninku (Ghanbari-Niaki et al., 2018), aquaerobního tréninku (J. H. Kim & Kim, 2018), vytrvalostní trénink (Miyamoto-Mikami et al., 2015), golfu (Neumayr et al., 2021), tréninku s nízkou intenzitou odporu (Planella-Farrugia et al., 2019), intervalový trénink s vysokou intenzitou (Rashti et al., 2019) a chůze na běžícím pásu zvýšily hladinu irisinu v krvi u zdravých starších žen a trénink odporu (Zhao et al., 2017) u zdravých starších mužů, což může ve skutečnosti chránit před úbytkem kostní hmoty a svalovou atrofií (Mahgoub et al., 2018). V tomto případě by irisin mohl poskytnout terapeutickou volbu pro léčbu onemocnění způsobených nečinností (což je častý případ starších dospělých), včetně osteoporózy a sarkopenie, nebo by mohl být použit jako užitečný biomarker pro hodnocení zdraví kostí a svalů, jak navrhuje Leustean et al (Leustean et al., 2021). Cosio et al (Cosio et al., 2021) rovněž prokázal větší nárůst cirkulujícího irisinu u starších dospělých po odporových tréninkových programech. V každém případě byl celkový účinek vlivu cvičení na hladinu irisinu v naší metaanalýze statisticky významný, a to ve prospěch skupiny s cvičením (SMD = 0,39 (95 % CI 0,27-0,52)). To naznačuje, že dlouhodobý účinek cvičení na hladinu irisinu v krvi je pozitivnější bez ohledu na typ tréninku. V takovém případě by kvalifikovaní odborníci na tělesné cvičení mohli používat různé tréninkové strategie na základě potřeb a preferencí jednotlivců. Při interpretaci výsledků tohoto přehledu je třeba vzít v úvahu dvě hlavní výhrady - vyšší celkovou heterogenitu a metodické aspekty měření irisinu v krvi, které mohou být skutečným viníkem vysoké heterogenity. V současné době jsou všechny důkazy o výši hladin irisinu v krvi v našem přehledu založeny na komerčních soupravách ELISA. Tyto soupravy jsou založeny na polyklonálních protilátkách, u nichž byla nedávno zjištěna výrazná zkřížená reaktivita s nespecifickými proteiny v lidských a zvířecích sérech (Albrecht et al., 2020). Tato zjištění zpochybňují všechny předchozí údaje získané pomocí těchto souprav a dokud nebudou tyto metodické aspekty vyřešeny, měly by být studie, které se opírají o tyto prostředky, pečlivě kontrolovány. Náš přehled a metaanalýza mohou disponovat důkazy ve prospěch pozitivních dlouhodobých účinků cvičení na hladinu irisinu v krvi, avšak poukazují na důležité metodologické otázky spojené s vlastní detekcí irisinu (Atherton & Phillips, 2013), které by měly být brány v úvahu při provádění výzkumu v

této oblasti (Leustean et al., 2021). Souhrnně řečeno, naše výsledky potvrzují obecnou představu, že cvičení zvyšuje hladinu irisinu u obézních a starších lidí. Kromě toho může mít irisin ochranné vlastnosti proti obezitě a možná také proti osteoporóze nebo sarkopenii, což je třeba dále zkoumat v rámci budoucích studií.

#### 2.4.4 Brain Derived Neurothrophic Factor

BDNF řadíme mezi exerkiny, neboť kosterní sval je schopen produkovat značné množství BDNF během kontrakce při cvičení. Podíl kosterních svalů na změnách hladin BDNF v krvi a mozku však zůstává nejasný (D. Ribeiro et al., 2021). Neurotrofické/růstové faktory jsou zásadní pro správné fungování dospělého mozku, protože poskytují organismu trofické signály, které udržují cílovou inervaci, podporují přežití buněk, plasticitu a axonální růst, regulaci a syntézu neurotransmiterů, neuronální excitabilitu a podporu či regeneraci po zraněních (Fahnestock et al., 2002). Nejčastější neurotrofin je z mozku odvozený neurotrofický faktor, BDNF, který byl poprvé identifikován v roce 1982 (Barde et al., 1982). BDNF je nezbytný pro učení a paměť (Alonso et al., 2002; Kuipers & Bramham, 2006). U AN je nejčastější strukturální změnou v mozku právě ztráta synapsí, zejména těch, které inervují hipokampus a mozkovou kůru (Fahnestock et al., 2002). Vzhledem k roli BDNF v oblastech, klíčových pro tvorbu a regulaci paměťové stopy, se začalo o BDNF uvažovat hlavně ve vztahu k AN.

První post-mortem studie prokázaly sníženou hladinu BDNF v mozkové tkáni v oblasti hipokampu a entorhinálního a parietálního kortexu u pacientů s AN (Narisawa-Saito et al., 1996) a následně se ukázalo, že i plazmatické hladiny u pacientů se syndromem demence při AN a také ve stadiu MKP jsou výrazně sníženy ve srovnání se zdravými kontrolami (Borba et al., 2016). Tato zjištění vyvolala otázku, zda snížené hladiny BDNF proteinu v mozku měřitelné i v plazmě mohou ovlivňovat průběh AN nebo mít prediktivní hodnotu. Bylo také zjištěno, že snížené hladiny plazmatického BDNF u pacientů ve stadiu syndromu demence při AN znamenaly rychlejší kognitivní pokles a nižší hladiny BDNF v mozkomíšním moku a vedly k rychlejší progresi ze stadia MKP do syndromu demence (Laske et al., 2011). Proto se uvažuje o BDNF jako o případné léčbě AN a pozornost se obrací také na vliv cvičení na expresi BDNF jako nepřímé terapeutické

intervence. Důležitou vědeckou otázkou je, zda cvičení způsobuje zvýšení neurotrofinů, zejména pak právě mozkového neurotrofického faktoru. Na zvířecích modelech se prokázalo zvýšení sekrece BDNF v různých oblastech mozku cvičením nejsilněji v hipokampu (Cotman et al., 2007). Studie u zdravých starších osob ukázala, že šest měsíců aerobního cvičení zvýšilo hladiny BDNF v krevní plazmě společně se zvýšením objemu hipokampu a zlepšením prostorové paměti (Erickson et al., 2011) a byl také prokázán pozitivní vliv aerobního cvičení na plazmatické hladiny BDNF přímo u pacientů s AN a kromě toho hladiny BDNF souvisely s úrovní FA účastníků studie (Coelho et al., 2014). Víme také, že blokování signalizace BDNF protilátkami anti-TrkB zeslabuje cvičením vyvolané zlepšení a udržení schopností ve vizuo-spaciálních úlohách stejně jako cvičením vyvolané vyplavení synaptických proteinů (Wayman et al., 2004). Zbývá však určit základní mechanismus, který BDNF při cvičení vyvolává. Pokusy na amyloid-transgenních myších ukázaly, že po podání BDNF genu ihned po nástupu onemocnění se daří zvrátit ztrátu synapsí, zlepšit buněčnou signalizaci a obnovit učení a paměť. U starých potkanů infuze BDNF zvrátila kognitivní pokles, zlepšila poruchy exprese genů související s věkem a obnovila buněčnou signalizaci (Ernfors & Bramham, 2003). To vše naznačuje, že léčba pomocí BDNF by mohla být efektivní možností léčby AN (Nagahara et al., 2009). Wrann et al. zkoumal a potvrdil propojení osy PGC-1 $\alpha$ /FNDC5/BDNF při běhu (Wrann et al., 2013b). Periferní FNDC5/irisin může vstoupit do mozku skrze hematoencefalickou bariéru a napodobit tak účinek mozkového FNDC5 pro zlepšení funkce neurotrofických faktorů, protože irisin (působící na neznámé receptory v mozku) spouští vyplavení BDNF, což kromě zlepšení učení a paměti podporuje mozek v tom, aby se přizpůsobil metabolickým výzvám (Jodeiri Farshbaf & Alviña, 2021). Mikroinjekce irisinu přímo do gyrus dentatus v hipokampu zvýšila dlouhodobou paměť u samců potkanů a také vedla ke zlepšení prostorového i pasivního učení a paměti (Mohammad Rashedul Islam et al., 2017). V novější studii, zahrnující pacienty s AN a kontrolní skupinu a modely myší, Lourenco et al (Lourenco et al., 2019) zjistili pozitivní korelaci hladin irisinu v mozkomíšním moku s BDNF a s pamětí. Konkrétně, zjistili snížené hladiny FNDC5/irisinu v CNS a v mozkomíšním moku u pacientů s AN a také u myší s AN. Dále prokázali korelaci mezi zvýšením mozkových nebo periferních hladin FNDC5/irisinu zmírněním synaptického a paměťového poškození u myší trpících AN. Tím prokázali, že FNDC5/irisin je novým mediátorem příznivých účinků cvičení na funkci synapsí a na paměť u myší s AN. Posílení hladin FNDC5/irisinu v mozku, buď farmakologicky, nebo cvičením, tak může představovat novou terapeutickou strategii k

ochraně a/nebo zlepšení funkce synapsí a může tak sloužit k prevenci kognitivního poklesu u AN (Lourenco et al., 2019).

## 2.5 Kognitivní funkce

Kognitivní funkce (od slova *cognoscó*, *ére* = poznávám) neboli vyšší funkce mozku tvoří poznávací a výkonovou složku lidského mozku. Jejich správná funkce nám pomáhá reagovat na nároky každodenního života, poznávat i objevovat nové a uchovávat již naučené informace, znalosti a schopnosti. To nám pomáhá orientovat se ve světě, a proto jsou kognitivní schopnosti nepostradatelné pro naši soběstačnost. Kognitivní schopnosti ztrácíme při neurodegenerativních onemocněních. Znázornění hlavních kognitivních domén a jejich funkcí viz. obr 1.

### 2.5.1 Kognitivní domény

**1) Paměť** je schopnost centrální nervové soustavy ukládat, uchovávat a vybavovat informace a je zcela klíčová pro přežití, protože umožňuje změnu chování na základě předchozí zkušenosti. Paměť dělíme z časového hlediska na krátkodobou a dlouhodobou a podle obsahu na explicitní (deklarativní) nebo implicitní (nedeklarativní). Proces zaznamenávání informace v paměti pak dělíme na část vštěpování (kódování), konsolidace (uchovávání) a vybavení (retence) (Squire, 1992). To, zda si určitou informaci zapamatujeme krátkodobě nebo dlouhodobě, determinuje to, zda dojde k tzv. krátkodobé potenciaci (dočasně uchovány a poté ztraceny) nebo dlouhodobé potenciaci na synapsích neuronů, která vede k strukturální změně mozku (Bliss & Lomo, 1973).

Epizodická a sémantická paměť je rozdělení deklarativní paměti podle uchovávaného obsahu. Epizodická paměť obsahuje události vztažené ke konkrétnímu času a místu v minulosti a sémantická paměť obsahuje sémantické znalosti a fakta o světě kolem nás. Schopnost kódovat a obnovovat naše každodenní osobní zážitky je podporována obvody mediálního temporálního laloku včetně hipokampu, který je v rozsáhlé interakci s řadou kortikálních a subkortikálních struktur (Dickerson & Eichenbaum, 2010). Krátkodobá/operativní/ pracovní paměť je schopnost jedince dočasně udržet v mysli

určité množství informací a zároveň být schopen s nimi mentálně manipulovat (Baddeley, 1992). Krátkodobá paměť dokáže uchovat vjemy smyslových orgánů a emoce pomocí přeměny (kódování) v mentální reprezentace. Ty může paměť dále zpracovávat a uchovávat. Krátkodobá paměť je omezena na 5–9 prvků (tzv. magické číslo  $7 \pm 2$ ), které při zamezení opakování uchová na 15–20 sekund (Miller, 1994). Učení je získávání dovedností nebo znalostí, kdy se nová dovednost nebo znalost osvojuje pomalu a pracně. Učení a paměť spolu úzce souvisí.

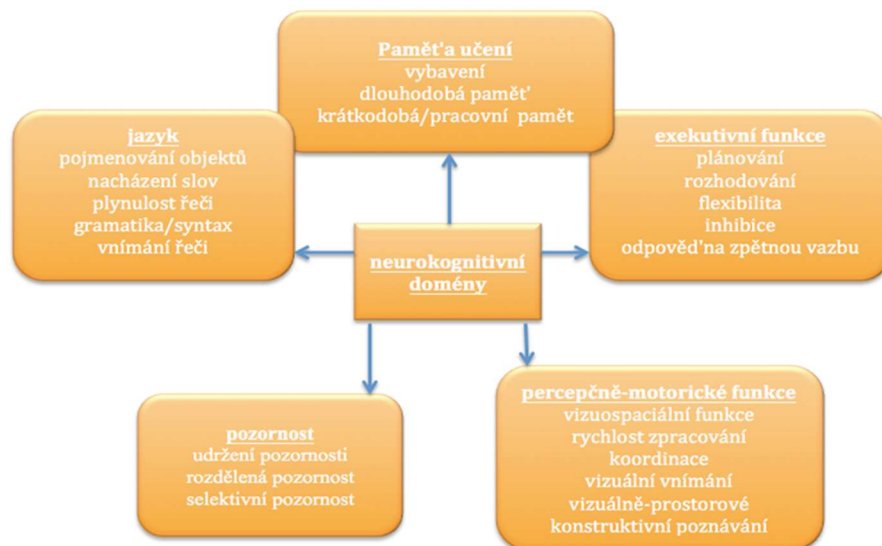
**2) Pozornost** je kognitivní proces umožňující jedinci zaměřit se na určitý podnět a zároveň ignorovat podněty jiné. Důležitou vlastností pozornosti je její kapacita, tedy množství informací, které dokážeme v jeden moment vnímat. Rozlišujeme udržení pozornosti, rozdělení pozornosti a selektivní pozornost (Lezak et al., 2004).

**3) Exekutivní funkce** zahrnují mnoho procesů. Bud'to jsou považovány za formu vyšších kognitivních funkcí (např. schopnost vhledu, vůle, abstrakce, úsudek), převážně záviselých na aktivitě frontálních laloků, nebo se zdůrazňuje kybernetický (z řečtiny kybernetes = řídit) aspekt exekutivních funkcí. V tomto pojetí exekutivní funkce řídí průběh komplexních kognitivních aktivit a zároveň se s neexekutivními procesy vzájemně ovlivňují. Příklady exekutivních výkonů: naplánovat si konkrétní cíl (generace/exekuce plánu), ve správný moment zahájit činnosti k jeho splnění (iniciace), udržet se u něj (schopnost udržet průběh činnosti), v případě potřeby reagovat adekvátně na změnu v průběhu jeho plnění (změna nastavení), inhibovat jiné lákavé podněty (inhibice), které nás od něj odvádějí a dokončit je ve správný čas (schopnost zastavit/ukončit činnost). Jsou to tedy funkce, které zajišťují samostatné a účelové jednání a myšlení člověka, jako je plánování, organizace a řízení a integrace všech ostatních funkcí. Dále zahrnují vůli a schopnost kontroly, opravy chyb, předjímání budoucích dějů, sebekontroly, přizpůsobení se změnám a řešení problémů (Lezak, 2004).

**4) Řeč a jazyk** neboli fatické funkce jsou kognitivní doménou zahrnující schopnost produkovat a porozumět řeči a jazyku a je organizačně poměrně složitým nástrojem lidské komunikace. Řeč odkazuje k samotné schopnosti vytvářet zvuky a slova, zahrnuje artikulaci, hlas, prozódii a fluenci řeči. Jazyk je systém, který zprostředkovává schopnost používání a porozumění symbolům jazyka (povětšinou slov), gramatickým pravidlům a sémantice. Jazyk má expresivní složku vyjadřující naše myšlenky, potřeby a pocity, a

receptivní složku, která umožňuje jim porozumět (Lezak et al., 2004). Získané narušení jazyka se nazývá afázie a může se projevit jak v expresivní, tak v receptivní složce.

5) **Vizuospaciální funkce** nebo také zrakově-prostorové funkce zprostředkovávají zrakové vnímání a rozpoznávání objektů v okolním prostoru. Z hlediska kognitivních procesů můžeme rozeznávat vizuální percepci a vizuální konstrukci. Vizuální percepcie je schopnost rozeznávat vlastnosti vnímaných objektů, jejich velikost, tvar, barvu nebo hloubku. Vizuální konstrukce zahrnuje schopnost porozumět zrakově-prostorovým 3D vztahům, schopnost generace a exekuce plánu (jako proces exekutivních funkcí) a jemnou motoriku (Čechová, 2004). Kompletní seznam testovaných kognitivních funkcí a testů viz tab. 1.



Poznámka: Převzato a upraveno podle Sachdev P., et al, Classifying neurocognitive disorders: DSM-5. Nature reviews Neurology. 2014;10(11):634-42.

Obrázek 1 Znárodnění hlavních kognitivních domén a příklady kognitivních funkcí hodnocených v rámci každé domény.

## 2.6 Adherence pro FA

Otázkou zůstává, jaký druh pohybové terapie je z hlediska působení na kognitivní funkce nejúčinnější. Je pravděpodobné, že účinnější budou takové terapie, u kterých

jedinec vytrvá, protože jsou pro něj z nějakého důvodu více atraktivní. Dodržování FA, která je zásadní pro udržení vitality u starších dospělých, může být obtížné udržet kvůli jejímu poklesu v průběhu času. Adherenci k FA snižují faktory fyzické a emocionální, jako jsou např. zdravotní a funkční stav a míra soběstačnosti (Collado-Mateo et al., 2021; G. C. L. de Groot & Fagerström, 2011; Essery et al., 2017; Jaam et al., 2018; Teng et al., 2022). Tanec jako pohybová aktivita má vzhledem ke svému socializačnímu kontextu zaručenou poměrně vysokou adherenci (Rabbia, 2010) a je tak jednou nejpreferovanějších typů FA pro starší dospělé v různých komunitách. Tanec lze přizpůsobit věku, fyzické kondici a schopnostem cílové skupiny (Britten et al., 2017), lze jej provádět v různých prostředích bez nákladného vybavení. Radost z tance podporuje pocit sounáležitosti a díky variabilitě tanečních stylů je oblíbenou formou aktivity napříč různými prostředími a kulturami (Hwang & Braun, 2015). Starší dospělí také často k tanci přivede a udrží vzpomínka a navázání na tanec, který provozovali v mládí (Cooper & Thomas, 2002). Ukazuje se, že zvýšit adherenci k FA může vztah terapeuta a účastníka aktivity. Jde o navázání bezpečného a důvěryhodného vztahu, o podporu, o spolupráci a o vzájemnost, o projevování empatie, zájmu o život účastníků a pochopení a řešení jejich potřeb verbálními i neverbálními prostředky (Ho Rainbow et al., 2020; S. C. Koch et al., 2019). Předchozí důkazy z kvantitativních i kvalitativních studií zdůraznily též význam uměleckého vyjádření, které tanec zahrnuje (Nadasen, 2008). Tyto formy vyjádření přispívají k fyzickému, intelektuálnímu a sociálnímu rozvoji starších dospělých (Fong Yan et al., 2018; Marasovic & Blažeka Kokorić, 2014). Bylo zjištěno, že možnost kreativního přístupu (absence předem stanovených výkonnostních norem) při tanečních lekcích byla pozitivně spojena s radostí a schopností ovládat a koordinovat své tělo v čase a prostoru (Britten et al., 2023; Cruz-Ferreira et al., 2015). Do tance navíc podle potřeby můžeme zahrnout základní složky pohybového chování, jako je aerobní aktivita, silový trénink, rovnováha a koordinace (X. Liu et al., 2021). Kreativnější taneční přístup založený na základních složkách pohybového chování proto může zdůraznit proces FA, podpořit interakci v rámci lekce a radost ze hry u starších dospělých (Chappell et al., 2021; Roberson & Pelclová, 2013). Intervence vycházející z tanečně-pohybových terapií, jako je naše terapie tancem, respektují individualitu klienta a jeho fyzické i mentální limity. Jsou to zároveň nehodnotící a nehierarchické systémy, které nekladou na jedince požadavek vykonávat přesné vnější instrukce, ale dovolují mu pracovat na základě vlastního vnímání a prožitku pohybu. Zdá se tedy, že tanec může být cenově dostupným,

přístupným (Guzman-Garcia et al., 2013) a atraktivním pohybovým programem pro starší dospělé a snižovat tak projevy stárnutí.

## 2.7 Tanec

Zatímco neurologické změny spojené s fyzickým cvičením byly dobře prozkoumány a zdokumentovány, tanci se dosud nedostává stejné pozornosti a představuje oblast extrémního zájmu pro další studium vzhledem k mnoha jeho výhodám (Kshtriya et al. 2015). Z evolučního hlediska tanec sloužil jako nástroj komunikace pro sociální interakce, protože nabízí příležitost pro výměnu společensky relevantního obsahu, slouží pro koordinaci akcí mezi členy skupiny, pro vyjádření síly a pospolitosti a pro stabilizaci skupinových struktur (Fink et al., 2021). Tanec se tak jako neverbální výrazový prostředek osvědčil jako důležitý pro zkoumání různých aspektů sociálního poznávání, jako je vizuální vnímání těla, estetické kvality pohybu i komunikace emocí a záměrů. Neurologie základy intersubjektivní a empatie vysvětluje funkcí "zrcadlových neuronů" (Meltzoff, 2002). Jsme vztahové bytosti a jako lidské bytosti nás spojuje jednání, pocity a emoce. Právě díky této sdílené rozmanitosti je možná komunikace, záměrné porozumění a uznání druhých jako našich bližních (Gallese, 2003). Podobné neuronální struktury se aktivují při zpracování a kontrole akcí, vnímaných pocitů a emocí, když totéž vnímáme u druhých. Zrcadlové neurony, původně objevené ve vztahu k jednání, lze považovat za základní organizační formu našeho mozku, která umožňuje bohatou rozmanitost intersubjektivních zkušeností. Prostřednictvím nápodoby jsme schopni cítit to, co cítí druzí (Meltzoff, 2002). Kinestetická empatie znamená identifikaci a uvědomění si rozdílů. Identifikace v podstatě spojuje, váže, odráží nebo rezonuje. Diferenciace přináší novost, jedinečnost, jinakost, odstup, oddělenost a jiné. Načasování a dynamika při tanci a při vztahových interakcích ukazují komplexitu blízkí se situacím ze skutečného života, takže díky tanci můžeme zkoumat chování lidí.

Dle dostupné literatury veškeré druhy terapií založené na umění, tedy i tanec, vyhovují požadavku komplexity člověka (Berger, 1991; Pessoa et al., 2019), která souvisí s evolucí lidského mozku (Brown et al., 2006). Vědecké studie od 70. let, a v posledních letech intenzivněji, zkoumají význam umění ve vztahu k lidskému mozku (Zaidel, 2010) a tanec je tak zkoumán v kontextu sociálních vazeb (Dunbar, 2023), kreativity a



inovativního myšlení (Dou et al., 2021) a zdravého stárnutí (Muiños & Ballesteros, 2021b). Umělecké, tvůrčí intervence umožňují propojení těla a mysli na základě prožitku. Vyjádření emocí a bytí se děje neverbálně a nevýslovné se stává vyjádřitelným pohybem, kresbou nebo zvukem. Tvůrčí proces vede k zapomenutým nebo novým zdrojům, stimuluje nové asociace a uvolňuje energii k rozhodování a jednání. Nabízí nástroje pro získání a udržení vztahů. Osobní schopnost vypořádat se s emocemi a vědomím těla (intra-personální) se otevírá tomu, co se děje mezi „já“ a ostatními (interpersonální), nabízí příležitost podporovat ostatní s empatií a sdílet metafyzické koncepty (transpersonální) (Payne, 1990). Tato dynamika podporuje schopnost rozpoznávat stavy emočního stresu a tělesného napětí a tím přispívá k seberegulaci a pomáhá čelit nemocem (Monica, 2022). Umělecké intervence, obzvláště tanec, mohou také podporovat seberozvoj, který patří ke zdravému stárnutí. Znamená schopnost sebereflexe, zmírnění stresu, negativních postojů a somatických reakcí a vyžaduje propojení se s intuicí, podporu emocionální a fyzické integrace, sebeúctu, empatii i vzájemné potvrzení a schopnosti podstupovat riziko (Pearson & Wilson, 2009).

### 2.7.1 Somatické techniky

Metody somatické výchovy jsou navrženy tak, aby zlepšily citlivost a změnily obvyklé pohybové vzorce prostřednictvím smyslového vědomí. Mnoho starověkých pohybových aktivit (jóga, tai chi) a současné somatické praktiky pracují s principy, které se doplňují s principy motorického učení. Ideokineze (mentální procvičování kinestetických nebo vizuomotorických obrazů (Todd, 1972), Alexander Technique (Jain et al., 2004), Feldenkraisovo uvědomování si těla prostřednictvím pohybu (Feldenkrais, 2011), Body-Mind Centering (Cohen, 1976) a Laban Movement analysis/Bartenieff Fundamentals (LMA/BF) jsou jedněmi z nich (Caetano, 2015). Z těchto somatických technik čerpá i Tanečně-pohybová terapie. Somatika zkoumá soma, tedy tělo zevnitř prostřednictvím vnímání z hlediska já, tedy první osobou. Při pozorování člověka zvenčí - tj. z pohledu třetí osoby - je vnímán fenomén lidského těla. Když je však tentýž člověk pozorován z pohledu první osoby vlastními proprioceptivními smysly, je vnímán kategoricky odlišný fenomén: lidská soma. Dva odlišné úhly pohledu pro pozorování

lidské bytosti jsou zabudovány do samotné podstaty lidského pozorování, které je stejně schopné být vnitřně sebeuvědomělé jako vnější. Soma, která je vnitřně vnímána, je kategoricky odlišná od těla, a to nikoli proto, že by se lišil subjekt, ale proto, že se liší způsob pohledu: jde o bezprostřední propriocepci - smyslový způsob, který poskytuje jedinečné údaje (Hanna, 1986). Batson doporučuje somatické metody jako vhodné pro posílení kognitivních domén, jelikož jsou navrženy tak, aby zlepšily citlivost a změnily obvyklé pohybové vzorce prostřednictvím smyslového uvědomování (Batson, 2008). V nedávné době vznikl postoj v kognitivních vědách, který tvrdí, že poznávání vzniká dynamickou interakcí mezi jednajícím organismem a jeho prostředím, tedy prostředí organismu je vytvářeno, nebo se odehrává aktivním výkonem senzomotorických procesů tohoto organismu. Tento postoj se nazývá enaktivismus (Di Paolo & Thompson, 2014).

### 2.7.2 Tanečně-pohybová terapie a terapie tancem

Tanečně-pohybová terapie (TPT) je psychoterapeutické využívání pohybu a tance, ve kterém se člověk může kreativně zapojit do procesu podpory své emocionální, kognitivní, fyzické a sociální integrace. Je založena na principu, že pohyb odráží individuální způsob myšlení a cítění ([Adta.org/About\\_DMT](http://Adta.org/About_DMT)). Je mnoho přístupů a konceptů a škol v TPT. Naše intervence nebyla navržena jako TPT, jelikož zde nešlo o psychoterapeutické "léčení" jako takové, i když z principů a metod TPT vychází. Pro odlišení ji nazýváme terapií tancem (TT). TT může profitovat z pozitivních účinků TPT, jejich působení je však méně zřetelné. Skupina nemusí účinky reflektovat a často si je ani neuvědomuje. Mohou se místo toho více zapojovat choreografické prvky, učení se vazeb, případně kreativní tvorba s přesahem do představení (Dosedlová, 2012). Pro naši intervenci jsme si vybrali především koncepty založené na LMA/BF (P. Hackney, 2020). Tyto principy pracují s funkčním propojením pohybového aparátu a koordinací pohybu v součinnosti s emočním prožitkem zaměřeným na schopnost vnímat tělo. Cílí se také na zapojení tanečního pohybu a podporuje se u klientů snaha o výzkum určitých pohybových témat a kvalit. Tyto koncepty jsou pro tanečníky vyvíjeny od 20. let 20. století a analýza pohybu Rudolfa Labana je v tanečním prostředí nepřekonaný systém, který zahrnuje samostatné, ale propojené, komplexně propracované domény Tělo (Body), Prostor

(Space), Tvar (Shape), Úsilí (Effort) (BESS), na jejichž základě má tanečník dosáhnout mistrovství pohybu. Zdokonalení vnímání těla znamená také být rychlejší, přesnější a mít větší rejstřík výrazových prostředků. Při TT se používají smyslově stimulující předměty, jako jsou rekvizity, hudba a zvukové efekty, aby pomohly stimulovat kognitivní procesy a podpořily spojení mezi členy taneční skupiny. Pohyby vytvořené pomocí fyzických rekvizit (tj. šátků, tyčí, míče) podporují představivost, kreativitu, přičemž nabízejí hravou a neohrožující formu fyzického doteku (Goldstein-Levitas, 2016). Hudba pomáhá podporovat spontánní pohybové vzorce, představivost a vzpomínky (Sandel, 1978). Smyslová stimulace tak funguje jako katalyzátor při usnadnění poznávání a sebevyjádření bez ohledu na funkční úroveň těla (Berrol & Katz, 1985). Fyzický pohyb v procesu TT vytváří obrazy na smyslové úrovni (Sandel, 1978) a kromě toho znovu integruje předchozí hmatové, vizuální, sluchové a kinestetické zážitky (Pallaro, 1996).

### 2.7.3 Neuroplasticita

Objev neuronů se sensorickými vlastnostmi ve frontálních motorických okruzích a zjištění, že tyto okruhy vysílají modulační signály do sensorických parietálních oblastí, silně zpochybnily klasickou představu o motorickém systému jako pouhém vykonavateli příkazů a naznačily, že senzomotorický systém může přispívat ke kognitivním procesům nezbytným pro interakci se světem. Mysl, tělo a okolní prostředí jsou propojené a na sobě vzájemně závislé. Ztělesnění tak znamená sdílení nervových zdrojů mezi kognitivními a senzomotorickými procesy (Craighero, 2022).

Neustálá proměna mozku během života ve vztahu k získávání smyslově-motorických dovedností, percepce, rozpoznávání emocí, paměti a schopnosti rozhodování naznačuje, že funkční změny související s věkem a jejich rozdíly jsou do určité míry proměnlivé a závisí na učení se nových věcí. Tuto flexibilitu stárnoucího mozku lze vysvětlit pouze metastabilní dynamikou nervového systému (Roy & Browning, 2022), protože naše těla se musí neustále přizpůsobovat dynamickým změnám v nepředvídatelném prostředí (Barrett et al., 2022). Tuto schopnost mozku zajišťuje neuroplasticita - kompenzační mechanismus schopný provádět strukturální a funkční změny mozku nutných pro požadavky, které na nás klade prostředí (Muiños & Ballesteros, 2021a). Výzkum na zvířatech potvrdil, že kombinace FA se smyslovým

vjemem má silnější a dlouhodobější účinky na mozek, než každá z těchto metod samostatně (Rehfeld et al., 2018). U lidí můžeme považovat za takovou aktivitu právě tanec, a proto taneční intervence může být pro stárnoucí lidský mozek výhodnější než fyzické cvičení (Müller et al., 2017). Tanec díky pohybu dolních končetin v prostoru podporuje a propojuje různé části mozku, které jsou zodpovědné za propriocepci a somato-senzorické vnímání prostoru a díky motoricko-senzorickému rytmickému charakteru vytváří síť propojující kortikální a subkortikální části mozku (Brown et al., 2006). Další přehledy ukazují, že tanec kompenzuje senzorické deficity (Bräuningner, 2014b) a zlepšuje kognitivní a senzomotorické schopnosti u starších osob (Kshtriya et al., 2015; Muiños & Ballesteros, 2021a). 21 let trvající studie, která zkoumala volnočasové aktivity ve vztahu k riziku demence, potvrzuje vliv tance na mozek. Dokládá, že z volnočasových aktivit byl tanec jedinou FA, která vykazovala významnou souvislost s nižším rizikem demence (Kshtriya et al., 2015). Klíčovou roli vnímání na úbytku kognitivních funkcí potvrzuje fakt, že pokud plně smyslové funkce využíváme, mizí rozdíly mezi mladými a staršími dospělými (Porto et al., 2016). Vztah mezi oblastmi mozku souvisejících se smyslovým zpracováním motorických úkolů a kortikálních oblastí souvisejících s motorickým řízením pohybu (např. primární motorická kůra, doplňková motorická oblast), které jsou pravděpodobně nejvíce ovlivněny plastickými změnami, by potvrdilo nezbytnost pohybově bohatých aktivit pro zdravé stárnutí mozku (Marcori & Okazaki, 2019). Tanec jako kombinace hudby a cvičení může přinést další obecné výhody pro plasticitu mozku. Hudba je schopna vyvolat emoce a kognitivní činnost a poskytuje také akustickou stimulaci. Neurologická muzikoterapie byla vyvinuta jako systematická léčebná metoda ke zlepšení senzomotorických a kognitivních schopností prostřednictvím hudby (Hegde et al., 2014) a zároveň bylo prokázáno, že zapojení rytmického pohybu v tanci je prospěšné pro náladu a paměť u starších dospělých i s kognitivní poruchou (Pearce, 2007) a Shimizu et al. ve svém výzkumu naznačují, že prefrontální oblast může být aktivována u jedinců s MKP opakovanými, rytmickými pohyby v hudebně-pohybové terapii, čímž selepší exekutivní funkce spojená s touto oblastí mozku (Shimizu et al., 2018). Cross (2009) mimo jiné zjistil, že je možné učit se také pohybové akci pouhým pozorováním, aniž byste instruovali účastníky, aby se naučili pohyby, které sledují (Cross et al., 2009).

#### 2.7.4 Propriocepce a rovnováha

Hypokinezie se objevuje při sedavém způsobu života, který je spojen s vyššími nároky na udržování statických poloh, jež obvykle nejsou kompenzovány. S přibývajícím věkem dochází vlivem nezdravého způsobu života k nevhodným pohybovým stereotypům, vzniku svalové nerovnováhy, nevhodnému držení těla apod. Následkem bývá vznik funkčních poruch pohybového systému, v horším případě přechod do strukturálních změn (Hošková, 2015). Propriocepce jako smysl pro pohyb těla přispívá k pocitu, že svoje tělo vlastním a ovládám. Role tělesného vědomí v kognitivních procesech je téma často označované jako "ztělesněné poznání" (embodied cognition). Propriocepce hraje důležitou roli při plánování přesných a koordinovaných pohybů, při udržování rovnováhy a kontrole držení těla. Rovněž uplatňuje svůj vliv na motorické učení a převýchovu pohybových návyků (Ghez et al., 1995). Propriocepce tak umožňuje stabilitu a orientaci těla při statických a dynamických činnostech a je zásadní pro efektivní komunikaci organismu s prostředím. Colledge et al. (1994) zjistili, že všechny věkové skupiny byly více závislé na propriocepti než na vizuálním vjemu, když šlo o pro udržení rovnováhy. Porušená propriocepce by tedy mohla být faktorem přispívajícím k pádům u starších dospělých (Colledge et al., 1994; Suetterlin & Sayer, 2014). Zdá se, že panuje obecná shoda, že propriocepce se stárnutím snižuje, ale pro zachování propriocepční funkce hraje pravděpodobně roli pravidelná FA (Hillier et al., 2015; F. Ribeiro & Oliveira, 2007), která zahrnuje cvičení pro stabilitu a koordinaci, stimuluje motorické učení, pomáhá udržovat správné držení těla a rovnováhu a zlepšuje kontrolu těla. Cvičení zaměřené na propriocepti u starších dospělých také může snížit průměrný počet pádů a strach z pádů starších dospělých (Ferlinc et al., 2019; Pérez-Ros et al., 2020). Rovnováha je základní funkcí v každodenním životě člověka a lze ji definovat jako vstup do centrálního nervového systému z proprioceptivních, vestibulárních a aferentních nervových signálů s analýzou integrace signálu. Postoj lidského těla je řízen motorickými neurony, které regulují svalovou aktivitu. Posturální kontrolu lze rozdělit na statickou rovnováhu a dynamickou rovnováhu; statická rovnováha řídí amplitudu kmitání těla a dynamická rovnováha využívá vnitřních a vnějších informací k analýze faktorů, které ovlivňují stabilitu při chůzi jako prolínání se různými odtlačení či tahů k udržení posturální kontroly. Dokonalá kombinace statické a dynamické rovnováhy je klíčem k běžným činnostem lidského každodenního života. Mezi faktory potenciálně ovlivňující

posturální rovnováhu patří únava, věk, pohlaví, schopnost fyzické aktivity a poranění dolních končetin. Nejčastěji používané metody ke studiu rovnovážné schopnosti u starších osob hodnotí svalovou sílu dolních končetin (H. Wang et al., 2016). Nedávná studie ukázala, že pravidelná taneční terapie se jeví jako slibná metoda pro zlepšení rovnováhy u starších dospělých díky zvýšení limitů posturální stability (Filar-Mierzwa et al., 2017), dále je tanec pro zlepšení rovnováhy doporučen pacientům s Parkinsonovou chorobou (Del Carmen, 2020). Stárnutí může funkčně ovlivnit motorický a posturální systém, které jsou spojeny s posturální stabilitou (Błaszczuk & Czerwosz, 2005). Ve stáří dochází ke ztrátě statické rovnováhy kvůli snížené excitabilitě periferní části vestibulárního systému, slabší kompenzační, psychomotorické a smyslové reakci (Stelmach & Worringham, 1985). I zdraví starší lidé mají měřitelný pokles v každé smyslové doméně, která souvisí s rovnováhou. (Judge, 2003). Tanec klade velký důraz na kontrolované přesouvání váhy, vnímání chodidel a pohyb kotníků, střídání úzkého a širokého postoje a plynulou změnu těžiště těla, pracuje s rotacemi trupu a používá hojně dorzální flexi a plantární flexi. Tyto vlastnosti mohou mít dopad na důležité senzomotorické prvky, které přispívají ke zlepšení rovnováhy (Granacher et al., 2012) a zajistit tak prevenci proti pádům u starších dospělých (Vella-Burrows et al., 2021).

#### 2.7.5 Svalová hmota a síla

Velikost svalů a související neuromuskulární funkce se v průběhu lidského života dramaticky mění, v důsledku stárnutí vykazují pozvolnější pokles. Pokles svalové hmoty a síly během stárnutí je syndrom, který se nazývá sarkopenie a je přímo ovlivněn FA (Steffl et al., 2017). To znamená, že kapacita pro fyziologické adaptace v motorických drahách zůstává až do velmi vysokého věku za předpokladu, že je organismu poskytnut vhodný stimulační pohyb (Vandervoort, 2002). Proto jsou doporučovány dlouhodobé preventivní strategie, které obsahují přiměřenou FA, aby se zabránilo zbytečnému fyzickému poškození a omezení aktivity u starších dospělých (Vandervoort, 2002). Nedávná metaanalýza poukázala na možnost zapojit do aktivit starších dospělých plyometrický trénink jako proveditelnou a bezpečnou možnost s potenciálem zlepšit u starších osob svalovou sílu a hbitost (Vetrovsky et al., 2019). V hodinách TT se často zapojují prvky založené na síle dolních končetin, jako jsou různé skoky a poskoky,

nejvíce se čerpá z repertoáru lidových tanců. Studie z Finska zjistila, že tanečníci lidových tanců a gymnastky měli větší sílu v nohou a lepší dynamiku a rovnováhu než jejich taktéž zdraví, ale neaktivní vrstevníci (Uusi-Rasi et al., 1999).

#### 2.7.6 Deprese a kvalita života

U starších dospělých jsou časté deprese (Boerner et al., 2004) a úzkostné poruchy (Lenze & Wetherell, 2011). Již dlouho je známo, že cvičení může zlepšit starším dospělým náladu (Pierce & Pate, 1994). Metaanalýzy (Cruz, R. F. & Sabers, 1998; S. Koch et al., 2014; Meekums et al., 2015) podporují předpoklad, že TPT úzkosti a depresi snižuje (Marks, 2016b). Nedávná studie, která se zabývala vlivem TPT na depresi prokázala, že TPT může být prospěšná obzvláště u mírné a střední deprese, neboť předpokladem je práce na uvědomování si vlastního já a zkoumání vztahů s okolím skrze pohyb (Kella et al., 2022). Tanečně-pohybový trénink je také typem intervence, která je schopna modulovat odezvu kortizolu u starších dospělých a tím pomáhat regulovat stres (Vrinceanu et al., 2019). Jedním z důvodů, proč to tak je, by mohlo být zapojení hudby, která dokáže zbavit úzkosti nebo vykresluje nálady, což vyvolává pozitivní pocity (Karageorghis & Priest, 2012). V rozsáhlé studii kvalitativního typu Bräuninger zjistila, že praktikující taneční terapeuti se shodli, že TPT starším dospělým zlepšuje kvalitu života prostřednictvím sebeuvědomění, udržitelnosti fyzického zdraví, snížením fyzických omezení a zkvalitněním psychického zdraví, sociálních vztahů, autonomie a participace. Dále potvrdili, že tanec respektuje důstojnost starších dospělých a v komunitě může podporovat naději, radost a pocit sounáležitosti (Bräuninger, 2014b). Rajagoplan (2020) poskytl podobné důkazy, že TPT zlepšuje kvalitu života starších lidí, zvyšuje jejich zapojení do činností, přispívá k pocitu smyslu, účelu a energie v životě (Rajagopalan, 2022). Nedávný systematický přehled zabývající se přímo taneční terapií a stárnutím dochází k závěru, že vzhledem k multidimenzionalitě a složitosti fenoménu stárnutí je taneční terapie vysoce relevantní intervence, vykazující významně pozitivní vliv na psychoemoční a sociální ukazatele u starších dospělých, (Pessoa et al., 2019) a významně snižuje klinické příznaky související s depresí, úzkostí a interpersonálními kompetencemi (Koch et al., 2014).

## 3 Cíle

Hlavním cílem této práce je zjistit účinky terapie tancem na endogenní sekreci neuroaktivních látek, které jsou prokazatelně spojeny se synaptickou plasticitou, neurogenezí a neuroprotekcí u seniorů nad 65 let, a to v kontextu k výchozím úrovním jejich kognitivní a fyzické výkonnosti. Jako sekundární cíl bude sledován účinek terapie tancem na kognitivní funkce, sílu a fyzickou výkonnost měřené pomocí specifických testů.

### 3.1 Vědecké otázky

- Má terapie tancem vliv na sekreci vybraných neuroaktivních látek irisinu a BDNF?
- Má terapie tancem vliv na výkony v testech kognitivních funkcí a fyzické zdatnosti?
- Je tento účinek ovlivněn stavem kognitivních a fyzických funkcí?

### 3.2 Hypotézy

#### 1. Hlavní hypotéza

Terapie tancem bude mít statisticky významný pozitivní vliv na hladinu irisinu a BDNF v krvi v porovnání s kontrolní skupinou. Výchozí úroveň kognitivních funkcí a fyzické výkonnosti budou statisticky významně asociovány s velikostí účinku.

#### 2. Sekundární hypotéza

Terapie tancem bude mít statisticky významný pozitivní vliv na výkon v testech kognitivních funkcí, síly a fyzické výkonnosti v porovnání s kontrolní skupinou.

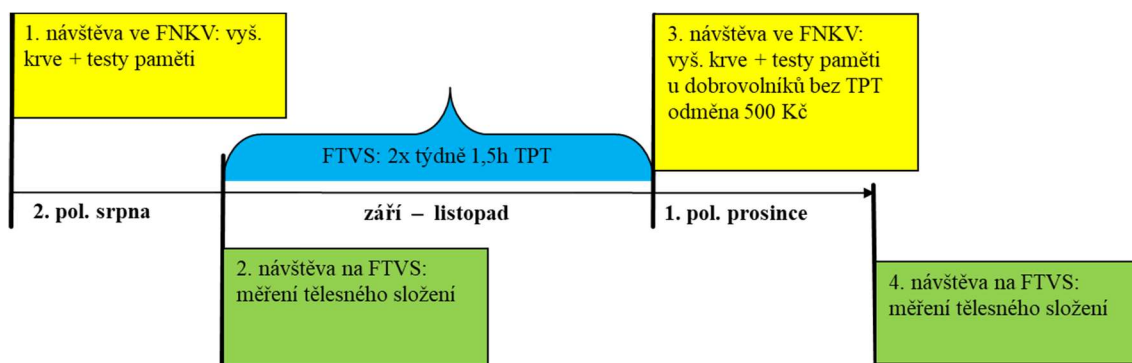


## 4 Metody a design

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 tříramenná jednostranně zaslepená kontrolovaná studie s paralelním designem. Všichni účastníci byli rozděleni do tří skupin podle pořadí, v jakém vyplnili elektronický registrační formulář. Intervenční skupiny zahrnovaly účastníky s lichými čísly pozic, kontrolní se sudými čísly. Po ověření statisticky významných sociodemografických rozdílů mezi dvěma podskupinami bylo několik jedinců mezi těmito podskupinami vyměněno. Tím bylo zajištěno, že obě podskupiny byly před zahájením studie přesně shodné co do věku, vzdělání a pohlaví. Účastníci byli rozděleni do intervenční skupiny tance (TS), bojového umění (BS) a kontrolní skupiny (KS) a byli sledováni po dobu čtyř měsíců ve stejném časovém období od poloviny srpna (první testování), následované 12 týdnů intervencí/nebo běžného života, do poloviny prosince (druhé testování). TS byla zkoumána v roce 2021 a BS v roce 2022. Každému účastníku byly vzaty vzorky krve a byl testován ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady pro kognitivní schopnosti a na Fakultě tělesné výchovy a sportu pro testování fyzické zdatnosti. Všechna měření byla zahrnuta při obou návštěvách, účastníci s nekompletním měřením nebo malou návštěvností lekcí byli ze studie vyloučeni. Tato disertační práce se zabývá pouze částí této intervenční klinické studie, a to částí, kde byl měřen vliv tance. Nad rámec RTC studie má tato práce kromě kvantitativní části ještě část kvalitativní, která vznikla z analýzy klíčových témat fokusních skupin (obr. 2).



Obrázek 2 Časová osa RTC výzkumu

## 4.2 Etická komise

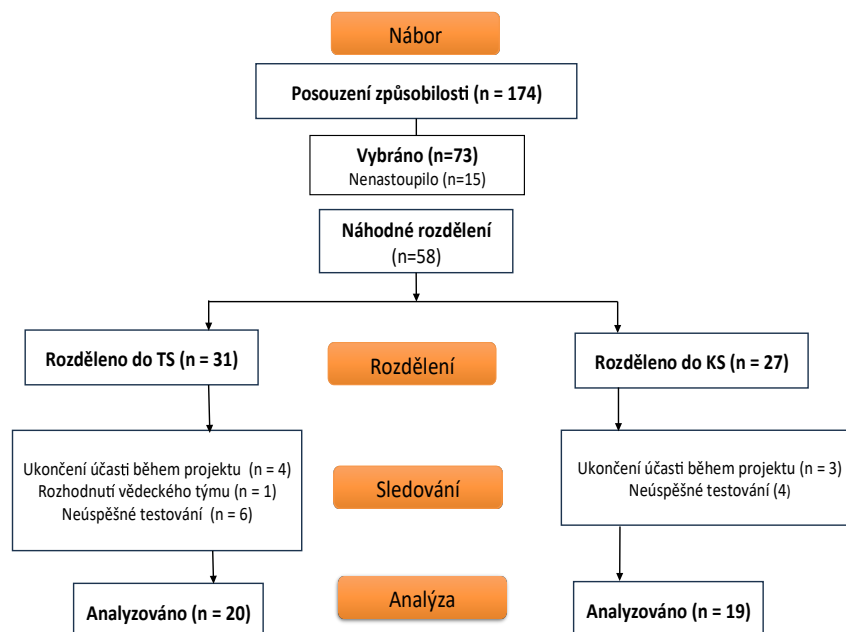
Studie byla schválena etickými komisemi Fakulty tělesné výchovy a sportu (Příloha 1) a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady (Příloha 2) a všichni účastníci podepsali informovaný souhlas (Příloha 3).

## 4.3 Charakteristika vzorku

Do studie byli zařazeni frekventanti Univerzity třetího věku na UK FTVS a další zájemci, kteří byli osloveni na seniorském dni každoročně pořádaném v areálu UK FTVS ve spolupráci s Obvodním úřadem pro Prahu 6, a rovněž byli osloveni senioři, kteří se již v předchozích letech účastnili výzkumných projektů pořádaných Katedrou fyziologie a biochemie.

Této části studie se zúčastnilo 39 samostatně žijících starších osob, průběh celé intervence včetně náboru je uveden na obr. 1. Kritéria pro zařazení do studie byla věk 65-80 let, žádné pohybové omezení, nižší FA podle rychlého zhodnocení FA (Rapid Assessment of Physical Activity - RAPA) (Topolski et al., 2006), úplná nezávislost v denních aktivitách, normální skóre podle osmipoložkového informativního rozhovoru k rozlišení stárnutí a demence (AD8-CZ) (Galvin et al., 2005) a dobrý zrak a sluch. Vylučovací kritéria byla následující: neurologická onemocnění (epilepsie, závažný úraz

hlavy, cévní mozková příhoda, operace mozku, nádor mozku atd.), psychiatrická onemocnění nebo léčba (schizofrenie, bipolární porucha, drogová závislost, alkoholismus atd.), orgánové selhání (srdce, ledviny atd.), onkologická onemocnění v posledních pěti letech nebo pacienti po chemoterapii či radioterapii, operace v celkové anestezii v posledních třech měsících, užívání kognitivních stimulátorů. Deprese nebyla vylučujícím kritériem. Velikost vzorku jsme zvolili a priori na základě analýzy síly pomocí programu G\*Power 3.1. Na základě předchozích zjištění jsme stanovili střední velikost účinku ( $f = 0,35$ ) a statistickou významnost  $\alpha = 0,05$  a s 80 % silou testu.



Obrázek 3 Nábor a průběh intervence

#### 4.3.1 Kontrolní skupina

Studii dokončilo v KS  $n=19$ . Účastníci byli buď zařazeni na čekací listinu pro cvičební skupinu podle vlastního výběru, tanec nebo bojová umění, s možností zapojení po skončení studie, nebo jim byla nabídnuta finanční odměna. V obou případech byli účastníci KS požádáni, aby zachovali svůj obvyklý životní styl.

#### 4.3.2 Taneční skupina

Studii dokončilo v TS n=20. Intervence probíhala dvakrát týdně, po dobu 12 týdnů (září - listopad) 90 minut ve vybavené a dostatečně prostorné tělocvičně v prostorách FTVS. Adherence k TT byla 87 %.

#### 4.4 Charakteristika lekcí TT

90 minut TT má energetické krytí převážně aerobní, přerušovaného charakteru, s různou, spíše mírnou a střední intenzitou, globálním zapojením svalů a dynamickou svalovou aktivitou.

Místo a struktura každé lekce byly stejné a přizpůsobené skupině starších dospělých. Každé sezení se skládalo z uvítání v kruhu v sedě na balónech nebo židlích po dobu 15 minut (pozornost, dech, uvědomění si vnitřních procesů, uzemnění, vztahy s ostatními a s okolím prostřednictvím pozorování a rytmických vzorců), po kterém následovala zahřátí po dobu 30 minut (týkající se somatické úrovně včetně procvičování založených na vývojových vzorcích, pozornost byla naváděna do kostí, svalů, fascií prostřednictvím doteků, protahování nebo odporu). Vrcholem hodiny byla řízená improvizace na základě různých choreografických skore a představ, zabývající se různými oblastmi BESS po dobu 30 minut (trajektorie prostoru, tvarování těla, chůze, výrazové kvality pohybu, frázování, pozornost, aktivní účast, vztahy, objekty). Lekce byla zakončena 15minutovým zklidněním (dech, soustředění na sebe sama) a slovní reflexí. Motivace k určitému, ale individuálnímu pohybu byla pečlivě připravena a facilitována návrhy a pozvánkami založenými na představách, příbězích, symbolice nebo principech komponování či choreografických partitur. Zpočátku byla sezení založena na zrcadlení, napodobování a jasné identifikaci pohybových či prostorových drah navržených lektorem a postupně se uvolňovala cesta kreativitě, spontánnosti a volnější improvizaci. Důležitou složkou byla pečlivě vybraná hudba.

#### 4.4.1 Hlavní okruhy LMA

V LMA je pohyb pozorován jako změna stavu, která se vyskytuje a lze ji pozorovat ve čtyřech doménách definovaných jako BESS. Kromě toho LMA definuje metakategorii frázování. LMA se tedy zabývá pozorováním, rozpoznáváním a popisováním vzorců změn pohybu.

1) **Kategorie Tělo** popisuje části těla a jejich činnosti zodpovědné za pohyb, přičemž gesta jsou podkategorií tělesných akcí.

2) **Kategorie Úsilí** je ztělesněný kognitivní proces, který iniciuje proces rozhodování v reakci na prostředí a zahrnuje čtyři faktory: váhu, čas, prostor a plynutí. Váha ukazuje vliv pohybujícího se na svět, prostor souvisí s tím, jak pohybující orientuje svoji pozornost na prostředí. Naléhavost je ukazována pomocí faktoru času a plynutí zachycuje postoj pohybujícího se k prostředí a poukazuje na tělesnou kontrolu. Každý faktor úsilí je kontinuum se dvěma protilehlými extrémy označovanými jako prvky (prostor: přímý/nepřímý, čas: náhlý/podržený, váha: lehká/silná, plynutí: vázané/ volné). Kvality úsilí označují, kde se pohyb nachází na kontinuu mezi těmito vlastnostmi a označujeme je jako Stav (States) a Motivace k pohybu (Drives).

3) **Kategorie Prostor** zahrnuje formalizované prostorové složky. Kinesféra (velká, střední, blízká) je objem vymezený možnostmi dosahu končetin v trojrozměrném kartézském prostoru se sebou samým v jeho středu. Obecný prostor je pak prostorem, ve kterém se pohybujeme. Úrovně dělíme na vysokou - například skoky, střední - běžnou a hlubokou/nízkou úroveň, kde jsou pohyby více svázané se zemí. Dráhy/trajektorie označují cestu, po které se člověk pohybuje z jednoho bodu v prostoru do druhého. Centrální dráha - pohyb, který je iniciován z centra tělesa nebo jím prochází. Periferní dráha - pohyb podél vnějších hranic kinesféry. Příčná dráha - pohyb procházející mezi centrem tělesa a periferií kinesféry.

4) **Kategorie Tvar** popisuje změnu tvaru těla. V rámci kategorie Tvar se soustředíme na kvality tvaru, které souvisejí s vnímáním, prožíváním a tělesnou artikulací.

5) **Kategorie Frázování** je o tom, kam v pohybu dáváme akcent. Na začátku pohybové fráze je to impuls, zatímco kyvadlové frázování označuje akcent uprostřed pohybové fráze. Akcent v závěru fráze se nazývá dopad (Laban, 2011).

#### 4.4.2 Bartenieff Fundamentals

S ohledem na vývojové pohybové vzorce a v návaznosti na práci Rudolfa Labana vypracovala Irmgard Bartenieff soubor pohybových principů známých jako Bartenieff fundamentals (BF). Bartenieff vyzorovala řadu šesti pohybových vzorců, kterými se lidé neustále pohybují, nejprve jako kojenci a později v různých formách po celý životní cyklus. Tyto vzorce později kodifikovala její studentka Peggy Hackneyová jako základní vzorce celkového tělesného propojení (P. Hackney, 2020). BF jsou vyvinuta tak, aby pomohla skrze porozumění a vědomé vnímání těla a pohybu jejich neustále probíhajícím vztahům a prohlubuje tak znalosti LMA. Vztah k sobě a ke svému okolí v kontextu, který podporuje osobní vyjádření a plnohodnotný život psychofyzickému zapojení. BF jsou zasazeny do LMA, proto je práce s tělem součástí systému změn Labanova pohybového systému a označují se pak jako LMA/BF.

1. *změny nervosvalových vzorců na úrovni anatomické*
2. *změny v úsilí (vyjádření vnitřních dynamických pocitových impulsů)*
3. *změny tvaru (vyjádření utváření vztahu mezi sebou a prostředím)*
4. *změna v prostoru (vyjádření krystalické formy ve světě).*

Do této matrice lze vstoupit v kterémkoli bodě. V rámci LMA se vzájemné vztahy anatomického fungování, osobních pocitových a tvarových aspektů a prostorových aspektů prolínají a byly brány v úvahu po celou dobu procesu intervence. Tyto souvislosti umožňují propojit tělesný trénink s mnoha oblastmi životní zkušenosti.

#### 4.4.3 Principy LMA/BF

**1. Úplné propojení těla:** Celé tělo je propojené, všechny části jsou ve vztahu. Změna v jedné části změni celek. Uznávaný vztah mezi částmi těla přináší možnost jak diferenciací částí, tak integrace celku.

**2. Podpora dechu:** Dech přináší život a pohyb. Jde o fyziologickou podporu všech životních procesů, a tedy veškerého pohybu. Dech oživuje.

**3. Uzemnění:** Země poskytuje podporu, půdu pro bytí a pohyb. Lidské bytosti se pohybují ve vztahu k zemi a gravitaci.

**4. Vývojová stádia:** Základní tělesná spojení se vytvářejí prostřednictvím vývojových stádií specifických pro jednotlivé fáze v raném věku. Tyto základní vzorce se integrují v dospívání a fungují jako vzorce pro celkové propojení těla, které jsou poté k dispozici pro použití a frázování pohybu podle kontextu denních činností.

**5. Záměr:** Organické souvislosti jsou ovlivněny záměrem. Záměr organizuje neuromuskulární systém. Jasnost záměru umožňuje tělu najít motorický vzorec k naplnění tohoto záměru.

**6. Složitost:** Pohyb je mnohostranný. V každé pohybové události se vždy děje více než jedna věc. Každá pohybová událost je celý systém, vysoce zorganizovaný interaktivními prvky Tělo, Úsilí, Tvar a Prostor.

**7. Vnitřní-vnější:** Vnitřní impulsy jsou vyjádřeny ve vnější formě. Zapojení do vnějšího světa zase ovlivňuje vnitřní zkušenost. Stručně řečeno, Vnější odráží vnitřní. Vnitřní odráží vnější. Pohyb má smysl.

**8. Vyjádření funkce:** Funkční a expresivní aspekty pohybu jsou v intimním vztahu. Jejich integrace do konkrétního kontextu vytváří pohybový význam.

**9. Stabilita-mobilita:** Stabilizující a mobilizující prvky nepřetržitě interagují a vytvářejí efektivní pohyb.

**10. Námaha-zotavení:** Námaha následovaná zotavením je aktivní přirozený cyklus, který tělo využívá k doplnění a udržení vitality pohybu.

**11. Frázování:** Pohyb se děje ve frázích. Příprava a iniciace určují celý postup akce pro frázi. Kinetické řetězce svalové akce jsou nastaveny v okamžiku zahájení sekvence a pokračování k dokončení fráze. Sekvenování svalů je při produkci koordinovaného pohybu důležitější než svalová síla.

**12. Osobní jedinečnost:** Pohybové vzory, stejně jako život, jsou jedinečně osobní cestou, dobrodružstvím. (Hackney, 2003).

#### 4.4.4 Vývojová stádia

**Dýchání** je nejdůležitější adaptací po narození, ke kterému dochází přibližně 10 sekund po narození (Hillman et al., 2012). Dýchání je prvním z pohybových vzorců, které se u novorozence vyvíjejí, a je pro život nezbytné. Dýchání probíhá v těle na mikro úrovni skrze celulární/buňkové dýchání a na makro úrovni fungováním plic. Nedávno bylo dýchání také spojeno s globálními oscilacemi mozku, které se vyskytují současně s oscilacemi theta (Tort et al., 2018). Rychlost dýchání a zvýšená výměna kyslíku a oxidu uhličitého diktuje schopnost zapojit se do energického pohybu. Kromě toho dech umožňuje frázování pohybu i smršťování a rozpínání těla v prostoru, což pomáhá posouvat pohybovou strukturu těla.

**Pupeční radiace** (centrum-periferie) je vzorec pohybu založený na spojení mezi středem těla a distálními/periferními konci těla (ruce/nohy/hlava/kostrč). Při těchto pohybech je zapojen střed těla a pohyb z tohoto bodu vyzařuje směrem ven, přičemž pohyby se smršťují dovnitř a vyzařují ven. Tyto vzorce pohybu jsou výrazné u hvězdic a dalších mořských živočichů, kteří k pohybu využívají záření. Ve vývoji člověka lze tyto vzorce pohybu pozorovat u lidských kojenců s Morovým reflexem při úleku dítěte (Futagi et al., 2012). Zahrnuje spojení střed-periferie, tzn. jakýkoli typ pohybu, při kterém střed zajišťuje stabilitu pro usnadnění pohyblivosti distálními konci těla (např. poskoky).

**Páteřní vzorec** (spojení hlava-kostrč) Páteřní vzorce jsou založeny na propojení středové osy, jejímiž koncovými body jsou hlava a kostrč. Což je pohyblivost obratlů, ale také pohyb dalších osových struktur, jako je trávicí trakt a mícha. Pohyby páteře jsou spojeny s horizontální rovinou a zahrnují základní pohyby páteře včetně flexe, extenze, rotace a laterální flexe. Propojení hlavy a kostrče se projevuje zakřivením páteře a v józe ho můžeme pozorovat v pozici kočky a krávy. Jakýkoli vlnivý pohyb páteře je propojení hlava-kostrč.

**Homologní vzorec** (horní-dolní polovina těla) je založen na rozlišení horní a dolní části těla. V těchto pohybových vzorcích se horní část těla věnuje dynamickým pohybům, zatímco dolní část těla zajišťuje stabilitu a lokomoci. Tyto pohyby se projevují v sagitální rovině a jsou často symetrické, například skoky, kliky. Horní a dolní část těla se mohou pohybovat v opozici, aby zajistily pocit rovnováhy, jako například při balančních pozicích, kdy se nohy uzemňují, zatímco ruce sahají nahoru. Naopak jakákoli "inverze",



při níž váhu drží především horní část těla, zapojuje horní a dolní propojení (např. stojky na rukou).

**Homolaterální vzorec** (pravo/levá polovina těla) je založen na rozlišení pravé a levé strany těla. V těchto pohybových vzorcích se jedna strana těla stabilizuje, zatímco druhá strana těla se pohybuje. Tyto pohyby existují ve vertikální rovině a jsou spojeny s asymetrickými pohyby. U zvířat se tento pohybový vzorec objevuje se schopností plazení a lze jej pozorovat při poskakování nebo skákání. Později tato schopnost pomáhá rozvíjet horizontální sledování očí, které je nezbytné pro rané dovednosti čtení a psaní (Karatekin, 2007).

**Kontralaterální/crosslaterální vzorec** (diagonální propojení těla) je založen na spojení horní končetiny s opačnou dolní končetinou a zahrnují křížení středu těla. Diagonální vzory jsou evolučně a vývojově nejpokročilejšími formami pohybu a zahrnují komplexní lidské pohyby, jako je chůze, spirála a otáčení. Tyto diagonální formy pomáhají rozvíjet vertikální sledování očí, které je rovněž nezbytné pro rané dovednosti čtení a psaní. Crosslaterální propojení je završením cvičení v řadě základních pohybových vzorců. Bartenieff předpokládala, že pro plnou přípravu mozku a těla na crosslaterální integraci (tj. schopnost překračovat středovou linii těla) je důležité nejprve si také osvojit předchozí pohybové vzory.

Bartenieff a její studenti předpokládali, že opakovaným vracením se k těmto šesti vzorcům a jejich zdokonalováním mohou jedinci dosáhnout snadnějšího, efektivnějšího, bezbolestného a příjemnějšího pohybu. Tyto pohybové vzorce jsou přítomny v mnoha formách tanečního tréninku a jsou záměrně zahrnuty do některých současných somatických praktik, jako je Body-Mind Centering (Wahl, 2019).

#### 4.4.5 Nástroje motivace k pohybu využívané v TT

Motivace k pohybu se děje především přes **ideomotorické učení/představivost**. Jedná se o motivaci k pohybu nebo učení se pohybu na základě představy. Teoretická podstata vyplývá z efektu, že kinestetické buňky v centrálním nervovém systému mohou být drážděny nejen periferně (aktivním pohybem), ale i centrálně (představou pohybu). Centrální podráždění vyplývá především evokováním slova, pojmu (vysloveným

učitelem), nebo si ho může žák vybavit tím, že si promýšlí a představuje nacvičovaný pohyb (pohybovou dovednost). Náročnost ideomotorického učení má za následek abstraktní myšlení a přiměřenou koncentraci. Cesta od obrazu a představy k akci je kreativní proces využívaný k převzorování neuromuskulárního systému pomocí kinestetického vnímání a uvědomování (Todd, 1972). V naší TT se neučíme díky představě pouze nějaký konkrétně pohyb, ale představa nebo sled představ je využit pro vytváření delších pohybových celků improvizací. Pro motivaci k pohybu používáme různých zadání na základě např. *imitace/zrcadlení*. Lidé jsou výjimeční imitátoři, ačkoli schopnost imitace je patrná i u jiných druhů, například u zpěvných ptáků a hmyzu (Duranton & Gaunet, 2016; Goller & Shizuka, 2018; Tchernichovski & Marcus, 2014). Některé z našich prvních úspěšných interakcí se světem závisí na napodobování. Napodobování je důležitým prvkem lidského vývoje, protože právě díky němu se rozvíjí sociální poznávání, které nám umožňuje porozumět myšlenkám a pocitům druhých a sdílet s nimi své vědomé zkušenosti. Během vývoje pomáhají rané sociální interakce mezi matkami a kojenci utvářet pozdější socioemoční funkce (Stern, 2010). Například během osvojování jazyka u kojenců matky často mluví přehnanými tóny a mimikou, aby zdůraznily zvuky a pohyby nových slov, což je behaviorální jev známý jako motherese (Nelson et al., 1989). Jako lidé často napodobujeme řeč, pohyby, gesta, výrazy obličeje a pohledy očí druhých (Duranton & Gaunet, 2016). V naší intervenci jsem používala zrcadlení jako jednu z možností pohybu/tance ve dvojici nebo ve skupině. Ve dvojici většinou jeden vede a druhý následuje, ve skupině je dán prostor každému postupně a druzí se ladí na jeho pohyb, často pohyb také vzniká mezi účastníky a stírá se rozdělení rolí a není jasné, kde pohyb vzniká. V rámci přístupu ztělesněného poznávání je dnes již všeobecně uznávanou představou, že pozorování činností prováděných jinými lidmi aktivuje u vnímajícího tytéž senzomotorické struktury, které jsou zodpovědné za skutečné provádění těchto činností (Craighero, 2022). Dále jsme hojně používali *improvizaci s rytmicitou*. Bylo zjištěno, že *improvizace* (definovaná jako nové vytváření nenaučených sekvencí) aktivuje oblasti dorsolaterální a prefrontální kůry a bilaterální putamen - což jsou oblasti zapojené do rozhodování a motivace (Basso et al., 2021). Taneční improvizace vytváří prostor neverbální komunikace. Místo slov (nebo lexikalizovaných gest jako ve znakové řeči nebo pantomimě) využívá nelexikalizované pohyby těla. Neočekává se, že vznikne jeden společný význam nebo vyprávění. V důsledku toho tato praxe zaměřuje pozornost účastníků a pozorovatelů spíše na to, jak než na to, co nebo proč. Vyzývá k předsymbolické formě semiózy, kde může koexistovat více hlasů nebo

vyprávění (Massumi, 2015), kde vystávají otázky a zůstávají spíše otevřené než zodpovězené (Haraway, 2016). Praxe založená na pohybu zdůrazňuje materialitu kognitivních procesů a intersubjektivní dynamiku - vzniká kinestetická empatie (Sheets-Johnstone, 2011). Při pozorování tance, a zejména improvizace, se pozorovatel zapojuje do procesu editace v reálném čase (volba, na co se dívat, jak to zarámovat, kdy udělat střih...) a vytváření významů, kdy musí odvodit (a/nebo se podílet na vymyšlení) pravidla hry (Asaf Bachrach, Nara Figueiredo, Julien Laroche, Lisa Nelson, 2024).

*Rytmicita* ovlivňuje biologické funkce člověka – např. tlukot srdce, kadence nádech-výdech, stahy dělohy, peristaltiku, trávicí soustavu aj. Složkou každého lidského pohybu je rytmus (Grillner, 1985), jenž je organizovaný nervovým systémem. Rytmus je chápán jako dynamický časově rozdělený pohybový akt, který je důležitou součástí správného provedení pohybu. Rytmičká schopnost je do jisté míry využívána právě při sportovních hrách a má významný vliv na kvalitu a hospodárnost pohybů těla (Svobodová et al., 2016). Emocionální vnímání hudby má významný vliv, který může ovlivnit autonomní odezvy - např. změny tepové frekvence, galvanické kožní reakce a krevní tlak. Ve své schopnosti regulovat fyziologické mechanismy a tělesné akce, se rytmus stává základním katalyzátorem pro organizování skupin ve společnosti - podřízení jedince a integrace jedince do skupiny. Lidé pohybující se ve stejném rytmu a se stejnou prostorovou konfigurací se navzájem identifikují. Postupně přejdou ke společnému výrazu, pohybují se ve stejné dynamické kvalitě, ve stejném prostoru a ve stejném rytmu. Tímto způsobem skupina dosáhne smyslu pro solidaritu (Berrol, 1992). V lekcích jsme s improvizací strukturovanou i volnou a rytmem (tlesky, dupy, zapojení hlasu apod.), tempem (změna tempa zpomalování/zrychlování), časem (pomalý, rychlý pohyb, jak vnímám čas sám/ve dvojici, ve skupině) a načasováním (jak se rozhodují zapojit nebo vystoupit z větších choreografických celků) pracovali velmi intenzivně.

Důležitou motivací pro pohyb byl také důraz na *vztahovost*, neboť podstatou pohybu je změna. Když se hýbeme, neustále procházíme změnou. Stáváme se. Vztah/spojení je základem. Právě v procesu našeho pohybu/změny vytváříme svou ztělesněnou existenci. Tato změna však není náhodná. Změna je vždy vztahová. Jak se pohybujeme, vždy vytváříme spojení, vytváříme vztahy, a to jak uvnitř nás, tak mezi jednotlivci a světem. Vzorci tělesných spojení jsou zásadní. Vztahy, které se vytvářejí v našem těle, se v průběhu našeho růstu stávají vzorci. Jsme schopni uznávat části těla (sebe sama) jako oddělené, ale živé. Pokud se jedna část změní, ostatní musí naslouchat a najít

svůj vztah; nebo si všechny části musí zvolit žádoucí účast. Výuka pohybu jako vztahové zkušenosti – vztahování se v rámci jednotlivce k ostatním a k prostoru neznámá pouze pracovat na větším kloubním rozsahu. Vztahy byly v našich lekcích propojeny převážně s vnímáním prostoru a skupiny a jednotlivce v něm (trajektorie, úrovně, vzdálený, blízký, zaměřený, nezaměřený, kinesféra apod.).

K pohybu také úspěšně motivuje *dotek a práce s objekty*, které přímo stimulují tělesné smysly. Kinestetická stimulace rozvíjí představivost účastníků. Předměty vždy úzce souvisí s tématem, kterému se v hodině věnujeme, např. mušle, kameny, peříčka, provázky, míčky, knihy, obruč hula hoop, šátky. Předměty jsou rozděleny do několika kategorií, které nás inspirují k pohybu: je to tvar, velikost, váha, barva, materiál, textura, funkce, pohyb předmětu, emoce a poslední, ale velmi důležitý je osobní příběh tanečnicků. Tyto kategorie nám dávají klíč k tomu, jak se pohybovat a v jaké kvalitě můžeme používat své tělo. V těle si můžete hrát s obrovským množstvím kvalit, kopírovat materiál, ale také nacházet kontrasty. Fyzické propojení tanečnicků prostřednictvím předmětu je vždy poměrně úspěšné, protože ne každému je příjemné dotýkat se druhého člověka, ale dotyk prostřednictvím předmětu odstraňuje určitý ostych. Je možná též aktivizace těla skrze dotyk různé dynamické kvality, jako je poklepávání, hlazení, tlak, bušení a tření kůže. Vůbec práce s dotykem sebe sama je důležitou částí uvědomování si těla, ať se jedná o součást první části lekce warm-up nebo se začleňuje i v pozdějších částech hodiny, např. kreslete po svém těle čáry, roztírejte si po těle barvu. Základní myšlenkou je, že pohyb vychází nejdříve od těla a pak se propojuje se světem. Tyto praxe pomáhají účastníkům propojit se se sebou samým a poté jim umožňují plynulejší a hlubší propojení s okolím. Do lekcí patří také hra a hravost, která v účastnících budí vášeň a aktivitu pro zkoumání tvaru a pohybu různých částí těla. Motivaci k pohybu lze docílit také skrze *choreografické partitury a kreativní praxe*, které pracují se strukturovanými kompozičními principy a řeší vztah mezi skupinou a individuem skrze aplikování LMA/BF systémů do komplexnějších celků. Např. chůze v prostoru a zastavení, rozpad do skupin, chůze v kruhu a v hejnu, zastavování se změnou pozice těla, různé pozice těla, změna rytmu a rychlosti chůze, expresivní kvality pohybu, pohyb ve dvojici nebo menších skupinkách, použití gest nebo akcí těla apod. Strukturovaná choreografie je většinou pevně ohraničený útvar, který má jasně nastavená pravidla, v jejichž rámci si účastníci hledají vlastní svobodné vyjádření pohybu a různé neotřelé možnosti. Limitace v rámci daných pravidel dává prostor pro zkoumání nových neotřelých způsobů pohybu

a pomáhá tak zbavit se zavedených vzorců pohybu nebo automatických pohybů. Zároveň si účastníci tříbí schopnost rozpoznat, kdy mohou do akce vstoupit a účastnit se, kdy naslouchají, kdy jsou aktivní, kdy následují nebo vedou a iniciují pohyb/akci.

#### 4.5 Testování kognitivních funkcí

Kognitivní funkce účastníků jsme vyhodnotili pomocí kombinace krátkých testů a neuropsychologické baterie. Testy a dotazníky byly zadávány v tiché a klidné místnosti, ve stejném pořadí na obou testovacích sezeních a stejným vyškoleným administrátorem, aby se snížila variabilita hodnocení. Návrh a vytvoření baterií, jejich administrace a následné vyhodnocení či převody na percentily byly uskutečněny pod dohledem odborníků v Poradně pro poruchy paměti ve FNKV. Byly vypracovány podrobné popisy všech opatření a dokument s protokolem (Bartos et al., 2022).

##### 4.5.1 Krátké kognitivní testy

Krátké kognitivní testy se skládaly z nově vyvinutého testu *Amnesia Light and Brief Assessment (ALBA)*, *Pojmenování obrázků a jejich vybavení (POBAV)* a testu *Pětí nebo čtyř čárové obrazové produkce (ČAPR)*. Test ALBA se skládá z opakování věty o šesti slovech, provedení a následného vyvolání šesti gest, a nakonec vyvolání slov původní věty, výsledek ALBA/celkový skor je pak součet vyvolaných gest a slov věty, max. počet dosažených bodů je 12 a měří především krátkodobou paměť' paměť' (Bartos, 2019; Bartos & Diondet, 2020). Test POBAV se skládá ze zapsání názvů 20 černobílých obrázků a jejich následného vybavení a zapsání jejich názvů během jedné minuty, skor je pak složen ze dvou položek: chyby v pojmenování a vybavení obrázků (Bartos, 2018). Inovativní ALBA a POBAV jsou snadné na provedení a vyhodnocení, ale zároveň náročné pro hodnocenou osobu, jsou velmi krátké, trvají do pěti minut (dohromady jen 6-8 minut) a používají se k odhalení mírných kognitivních deficitů, zejména krátkodobé epizodické nebo dlouhodobé sémantické paměti, afázie a dysgrafie. *Pětí nebo čtyř čárová obrazová produkce (ČAPR)* Pětičárový test obrazové produkce je vizuální analogií k testům slovní produkce a díky tomuto testu se mohou rychleji objevit deficity u

Alzheimerovy nemoci, které jsou odlišné od běžných testů. Druhy vyšetřovaných funkcí jsou exekutivní, zrakově-prostorové, strategické a logické myšlení a psychomotorické tempo. Skládá se z dvouminutového kreslení obrazců z pěti nebo čtyř rovných čar, které se nesmí opakovat, zrcadlit ani pootočit, počet bodů se odvíjí od počtu obrazců (Bartos, 2019).

#### 4.5.2 Komplexní baterie neuropsychologických testů

Neuropsychologická baterie byla připravena pro osobní hodnocení. Pro hodnocení epizodické, bezprostřední i krátkodobé verbální paměti a procesu učení jsme použili dvě alternativní verze *Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT)* (Bean, 2011; Rey, 1958). V zahraničí je RAVLT jedním z nejužívanějších testů pro měření verbální paměti a desátou nejčastěji administrovanou neuropsychologickou metodou. Rovněž v České republice je RAVLT jedním z nejvíce rozšířených testů a je doporučovanou metodou pro klinickou praxi (Preiss et al., 2002). Tento test jsme vybrali pro jeho náročnost, jelikož testy, kde spolu slova zjevně sémanticky nesouvisí, jsou složitější než testy, kde je podnětový materiál prezentován formou příběhu (Frydrychová & Georgi, 2019). RAVLT obsahoval tyto položky: RAVLT A1 okamžité vybavení (po přečtení seznamu 15 slov administrátorem je testovaný vyzván, aby si vybavil co nejvíce slov), RAVLT 1–5 křivka učení (čtení a vybavování stejného seznamu slov se opakuje ještě 4krát). RAVLT 1-5 zachycuje křivku učení, která značí schopnost jedince naučit se verbální materiál a je vodítkem pro odlišení normálního stárnutí od patologického stárnutí reprezentovaného amnestickou formou MKP či demencí při AN (Frydrychová & Georgi, 2019). RAVLT B interference (administrátor přečte nový seznam 15 slov a testovaný si vybaví z nového seznamu co nejvíce slov), RAVLT A6 - volné vybavení co nejvíce slov z prvního seznamu po interferenci. RAVLT A7 - oddálené vybavení prvního seznamu slov po 30 minutách. RAVLT je komplexní test pro zhodnocení verbální paměti, pro každé vybavené slovo se započítává jeden bod, A 1-5 se sčítá, platí, čím vyšší skóre, tím lepší výsledek testu. **Subtest kódování symbolů z *The Wechsler Adult Intelligence Scale III (WAIS-III)*** (Wechsler, 1955) je test pro hodnocení rychlosti zpracování informací, pracovní paměť a pozornost. Testovaný je vyzván, aby během dvou minut vyplnil co nejvíce políček danými symboly pod číslo, které jim náleží. Čím vyšší skóre, tím lepší

výsledek testu. *Test cesty /Trail Making Test (TMT)* (Reitan, 1958) se skládá ze dvou částí a čas používá k měření pracovní paměti, pozornosti a exekutivních funkcí. Pro hodnocení pozornosti a rychlosti zpracování, pozornosti a pracovní paměti jsme použili částí A (TMT-A). Účastník musí nakreslit čáru, která spojuje po sobě jdoucí čísla od 1 do 25. V části B (TMT-B) účastník spojuje čísla a písmena ve střídavém postupném sledu: 1 až A, A až 2, 2 až B atd. TMT-B tak klade ještě důraz na centrální exekutivní funkce, jako jsou inhibice zadání úkolu, kognitivní flexibilita a schopnost udržet více myšlenek pohromadě (Kortte et al., 2002). *Test verbální fluence/kategorie (zvířata) a test fonemické fluence/s počátečními písmeny P nebo K* (Lezak et al., 2012; Preiss et al., 2012). Testovaný má během minuty vyjmenovat co nejvíce různých slov z kategorie zvířata a poté co nejvíce slov začínajících na jedno začáteční písmeno. Čím vyšší je skóre, tím lepší výsledek.

Testy verbální fluence jsou v neuropsychologické diagnostice při posuzování kognitivního fungování velmi rozšířené. K dispozici jsou dvě verze testu verbální fluence: sémantická (produkce slov z určité kategorie, např. zvířata) a fonemická (produkce slov začínajících na určité písmeno, např. P). Sémantická verze je citlivá na narušení epizodické paměti a fonemická verze více odpovídá exekutivním funkcím obecně a specificky schopnosti analýzy hlásek (Henry et al., 2004). V českých klinických podmínkách je předmětem zájmu typicky celkový počet produkovaných slov, v testu verbální fluence se tak soustředíme na produkci jednotlivých slov za určitých přesně stanovených podmínek. Pro subjektivní dotazník *Geriatrické škály deprese (GDS)* (Sheikh & Yesavage, 1986) jsme použili zkrácenou verzi podle českých norem. Testovaný subjektivně odpovídá ano nebo ne na 15 otázek týkajících se jeho pocitů a nálady. Čím vyšší skóre, tím je vyšší riziko deprese (Heissler et al., 2020). *Dotazník funkčních aktivit (FAQ-CZ)* slouží k posouzení aktivit denního života a nálady v desetipoložkovém dotazníku. Body se přepočítávají na procenta, čím vyšší je procentuální skóre, tím lepší je stav účastníka, jeho samostatnost a nálada (Bartoš, 2019).

Tabulka 1 Seznam testovaných kognitivních funkcí a kognitivních testů

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
vizuospaciální funkce	ČAPR

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 Tělesné složení a svalová síla

Výška byla měřena pomocí přenosného stadiometru SECA 213 a hmotnost a tělesné složení pomocí bioelektrické impedance (InBody 720, Biospace Co., Ltd., Soul, Korea). **Síla stisku ruky** byla měřena pomocí digitálního dynamometru TKK 5401 (Takei, Japonsko) podle standardních metod. Byla použita nejlepší hodnota ze tří pokusů. Před testováním účastníci absolvovali pod dohledem všeobecnou rozcvičku. Poté byli testováni podle standardizovaných pokynů. **Krátká baterie fyzické výkonnosti (SPPB)** (Berková et al., 2013) je skupina měření, která kombinuje výsledky testů rychlosti chůze, opakované vstávání ze židle a rovnováhy. Používá se jako prediktivní nástroj možného postižení a může pomoci při sledování funkcí u starších osob (Mehmet et al., 2020).



#### 4.7 Odběr a příprava vzorků séra

Účastníci byli upozorněni, aby se minimálně 12 hodin před odběrem zdrželi neobvyklé nebo intenzivní FA. Krev byla účastníkům odebrána na lačno mezi 7.30 a 9.00 hod. z předloketní žíly na paži do vakutainerových zkumavek. Poté byly vzorky kvůli snadnějšímu srážení uchovávány 90 minut při pokojové teplotě; následně byly vzorky krve odděleny centrifugací při  $1500\times g$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  po dobu 10 minut a uloženy zmrazené při  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  až do provedení testu. K odhadu hladin BDNF v krvi jsme použili soupravy pro enzymovou imunisorbční analýzu v čtečce ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) HiPo MPP-96 Microplate photometer Purgased (BioSan).

#### 4.8 Analýza dat

Byly vypočítány ukazatele centrální tendence, průměr a směrodatná odchylka pro všechny proměnné před intervencí i po intervenci. Pro zjištění shody skupin byl použit neparametrický Mann-Whitney U-test. Pro testování hypotézy o změnách před a po v rámci jedné skupiny byl použit neparametrický Wilcoxonův znaménkový test. Pro testování hypotézy o vlivu intervence byl použit neparametrický Mann-Whitney U-test, pro odhad velikosti vztahu výchozích úrovní v testovaných proměnných byl použit generalizovaný lineární model. Statistická významnost byla stanovena na hladině  $\alpha=0,05$ . Statistické analýzy a grafy byly provedeny pomocí softwaru IBM SPSS Statistics 25.

#### 4.9 Kvalitativní část výzkumu

Na začátku výzkumu byla účastníkům podána informace, že se mohou účastnit po ukončení intervence rozhovorů ve skupinách. Do kvalitativní části výzkumu se přihlásila většina účastníků TT. Celkem byly vytvořeny dvě fokusní skupiny s 6-9 dobrovolnými účastníky, v místě, kde se předtím konaly lekce. Fokusní skupiny se konaly po skončení intervence, trvaly 90 minut a byly digitálně nahrávány. Fokusní skupiny měly

polostrukturovaný design. Rozhovory byly přepsány a následně byla analyzována klíčová témata zájmu. Byly zjišťovány důvody účasti v programu.

V rámci tohoto hlavního tématu byla identifikována tři dílčí témata: TT jako prostředek cvičení, přínos pro zdraví a společenský prvek TT.

## 5 Výsledky

### 5.1 Kvantitativní část

174 osob vyplnilo webový formulář a z nich 150 splnilo kritéria, poté jsme vybrali 73 účastníků, jejichž FA byla 2 z 5 (nejnižší FA) podle RAPA. Náhodně bylo rozděleno 58 starších osob do dvou skupin - TS a KS. Studii nakonec dokončilo a všech měření se účastnilo celkem  $n=39$ , TS  $n=20$ , a KS  $n=19$ . Průběh studie včetně náboru je zaznamenán na obr. 3. Průměrný věk účastníků byl 70 let, účastníci nebyli obézní a měli dobré vzdělání. TS a KS se shodovaly v sociodemografických rysech a výsledky se nelišily ani ve výchozích hodnotách v žádné z proměnných - Tabulka 2.

Oproti výchozím hodnotám u TS došlo k významnému poklesu depresivních příznaků měřených pomocí GDS z  $2,3 \pm 2,2$  bodů na  $1,3 \pm 1,3$  bodů, dále jsme u TS zaznamenali významné zlepšení v testech fyzické zdatnosti: rychlost chůze z  $1,2 \pm 0,1$  m/s na  $1,3 \pm 0,2$  m/s a síla stisku ruky z  $28,8 \pm 8,3$  kg na  $29,9 \pm 8,1$  kg. V kognitivních testech se TS významně zlepšila v exekutivních funkcích/mentální flexibilita v testu TMT B z  $96,3 \pm 24,7$  sekund na  $78,0 \pm 17,2$  sekund a v exekutivních a ve zrakově-prostorových funkcích v testu Produkce obrazců z pěti a čtyř rovných čar ze  $7,1 \pm 3,1$  obrazců na  $9,2 \pm 0,0$  obrazců. Naproti tomu u KS došlo k významnému poklesu hladiny BDNF v krevním séru z  $53,4 \pm 7,9$  ng/ml na  $48,6 \pm 6,1$  ng/ml a v kognitivních funkcích došlo k významnému poklesu v exekutivních a fatických funkcích v testu fonemické slovní produkce z  $20,0 \pm 5,1$  slov na  $17,8 \pm 5,4$  slov, v pracovní paměti a pozornosti v testu v testu TMT A z  $52,6 \pm 21,6$  percentilu na  $40,3 \pm 22,7$  percentil a v doméně paměť v testu ALBA/ celkový skor z  $10,1 \pm 1,2$  bodů na  $8,8 \pm 2,5$  bodů. Obě skupiny se zlepšily v rychlosti zpracování informací v testu WeisIII /kódování symbolů, avšak pouze KS významně z  $59,7 \pm 10,5$  na  $63,2 \pm 8,4$  bodů.

Změna hladin BDNF v krevním séru před a po intervenci se statisticky významně lišila mezi skupinami ( $p=0,004$ ), kdy TS měla proti KS významně vyšší hladiny BDNF v krevním séru. Stejně tak měla TS proti KS významně lepší výsledky některých kognitivních testů, RAVLT  $\Sigma A1-5$  = křivka učení ( $p=0,029$ ), RAVLT B paměť-proaktivní interference ( $p=0,004$ ), fonemická verbální fluence ( $p=0,007$ ), test TMT A ( $p=0,021$ ), TMT B ( $p=0,001$ ) a test ČAPR ( $p=0,010$ ). Je zajímavé, že hladiny irisinu v

krevním séru se významně nezměnily ani od výchozích hodnot, ani se nelišily mezi skupinami Tab. 3. Tabulka 4 zaznamenává regresní analýzu, kdy první koeficient B ukazuje vliv skupiny na výsledky testů. Pozitivní vliv TS na výsledky testů byl zaznamenán u hladin BDNF v krevním séru ( $p=0,008$ ) a u testů RAVLT  $\Sigma 1-5$  ( $p=0,019$ ), RAVLT B ( $p=0,002$ ), TMTA ( $p=0,004$ ), TMTB ( $p=0,000$ ), ČAPR ( $p=0,000$ ), a u nálady GDS ( $p=0,007$ ). Druhý koeficient B znázorňuje proměnné v kontextu jejich výchozí úrovně. Je zde jasná významná tendence, že čím lepší byla výchozí úroveň proměnné, tím menší změny po intervenci nastaly. Tabulka 5 a), b), c) je dále rozpracována do grafů, které znázorňují regresní analýzu všech proměnných u obou skupin.

*Tabulka 2 Deskriptivní statistika*

	n = 20		n = 19		p-hodnota
	Průměr	SD	Průměr	SD	
Pohlaví (%)	80,0	-	76,2	-	0,755
Roky vzdělání	15,3	3,0	16,0	2,4	0,427
Věk	69,6	3,5	70,0	3,6	0,633
Výška (cm)	166,5	8,2	167,4	9,4	0,817
Váha (kg)	74,2	11,6	74,9	17,6	0,643
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26,9	4,1	26,6	5,0	0,574

Poznámka: údaje jsou prezentovány jako průměr (SD); BMI-Body mass index

Tabulka 3 Výsledky vlivu intervence na vybrané proměnné

	TS n = 20		KS n = 19		TS n = 20	KS n = 19	p hodnota
	Před	Po	Před	Po	Po-Před	Po-Před	
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	
Irisin (ng/ml)	495,0 ±74,8	496,2 ±56,5	490,6 ±75,3	485,6 ±56,4	1,3 ±27,7	-5,0 ±31,3	0,384
BDNF (ng/ml)	50,2 ±7,7	52,0 ±7,0	53,4 ±7,9	<b>48,6</b> ±6,1	1,8 ±4,9	-4,8 ±8,9	<b>0,004</b>
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	9,6 ±1,0	9,5 ±0,9	9,6 ±1,2	9,7 ±1,0	0,0 ±0,3	0,1 ±0,3	0,922
Tuk (kg)	22,6 ±7,0	23,2 ±6,8	22,2 ±9,2	22,0 ±9,0	0,6 ±1,8	-0,3 ±1,7	0,261
VFA (cm <sup>2</sup> )	110,2 ±38,7	113,2 ±38,3	108,7 ±49,6	106,8 ±49,1	3,0 ±10,8	-2,0 ±9,6	0,211
Síla stisku ruky (kg)	28,8 ±8,3	<b>29,9</b> ±8,1	30,4 ±7,9	31,2 ±8,1	1,1 ±2,5	0,7 ±2,6	0,623
Rychlost chůze (m/s)	1,2 ±0,1	<b>1,3</b> ±0,2	1,2 ±0,1	1,3 ±0,2	0,1 ±0,2	0,1 ±0,2	0,877
Vstávání ze židle (s)	6,7 ±1,3	6,7 ±1,9	6,8 ±1,6	7,1 ±1,2	0,0 ±1,6	0,3 ±1,3	0,399
RAVLT A1 (body)	6,7 ± 2,0)	6,8 ±1,9	7,3 ±1,8	6,7 ±1,8	0,1 ±1,9	-0,6 ±2,0	0,220
RAVLT A 1-5 (body)	49,9 ±11,4	51,4 ±8,8	52,4 ±6,4	50,0 ±6,3	1,5 ±7,5	-2,5 ±6,4	0,097
RAVLT $\Sigma$ A1-5 per	51,0 ±29,5	58,0 ±25,8	59,5 ±22,8	49,0 ±22,0	7,0 ±22,0	-10,5 ±21,7	<b>0,029</b>
RAVLT B (body)	4,7 ±2,2	5,0 ±1,8	6,2 ±2,9	5,6 ±2,2	1,4 ±2,2	-0,6 ±1,7	<b>0,004</b>
RAVLT A6 (body)	10,6 ±2,7	10,4 ±2,6	11,3 ±2,4	10,7 ±3,2	-0,2 ±2,0	-0,6 ±2,3	0,407
RAVLT A7 (body)	10,4 ±2,4	10,3 ±2,8	11,0 ±2,4	10,5 ±2,4	-0,1 ±1,6	-0,5 ±2,3	0,415
RAVLT A7 percentil	57,0 ±29,0	58,0 ±27,9	60,0 ±25,3	55,5 ±18,0	1,0 ±21,8	-4,5 ±23,7	0,356
Verbal fluence fonem.	17,9 ±4,4	18,1 ±4,3	20,0 ±5,1	<b>17,8</b> ±5,4	0,3 ±3,2	-2,1 ±4,1	<b>0,007</b>
Verbal fluence seman.	24,7 ±6,5	24,7 ±6,1	26,0 ±4,7	25,3 ±3,1	-0,1 ±4,3	-0,6 ±2,3	0,622
TMT – A (s)	39,5 ±10,4	35,0 ±10,0	38,3 ±10,9	43,3 ±11,6	-4,5 ±10,4	5,0 ±12,2	<b>0,021</b>
TMT – A percentil	51,0 ±24,3	62,5 ±25,9	52,6 ±21,4	<b>40,3</b> ±22,7	11,5 ±23,8	-12,4 ±24,2	<b>0,017</b>
TMT – B (s)	96,3 ±24,7	<b>78,0</b> ±17,2	91,0 ±20,1	95,0 ±19,5	-18,4 ±19,6	4,1 ±14,4	<b>0,001</b>
TMT – B percentil	48,8 ±28,4	58,8 ±27,9	54,4 ±27,1	52,9 ±26,4	10,0 ±35,1	-1,5 ±31,2	0,155
WAIS III (body)	61,6 ±14,7	64,0 ±20,8	59,7 ±10,5	<b>63,2</b> ±8,4	2,5 ±8,2	3,5 ±6,6	0,352
WAIS III percentil	67,5 ±22,7	66,6 ±25,6	67,2 ±20,6	<b>75,0</b> ±14,9	-0,9 ±10,9	7,6 ±12,7	0,083
GDS (body)	2,3 ±2,2	<b>1,2</b> ±1,3	2,0 ±1,9	2,2 ±2,3	-1,1 ±1,8	0,2 ±1,5	<b>0,037</b>
FAQ (%)	95,6 ±7,9	96,2 ±5,7	97,0 ±7,0	98,6 ±2,8	0,7 ±5,3	1,6 ±7,2	0,847
ALBA - celkový skór	9,8 ±2,6	9,2 ±1,7	10,1 ±1,2	<b>8,8</b> ±2,5	-0,6 ±1,6	-1,3 ±2,2	0,367
POBAV chyby	0,5 ±0,8	0,5 ±0,6	0,7 ±2,4	0,5 ±0,8	0,0 ±0,8	-0,2 ±0,9	0,388
POBAV vybavení	9,7 ±2,6	9,6 ±2,7	10,4 ±2,4	9,8 ±3,2	-0,1 ±2,1	-0,6 ±3,3	0,711
ČAPR	7,1 ±3,1	<b>9,2</b> ±3,0	5,5 ±2,4	5,6 ±2,2	2,2 ±2,6	0,1 ±2,1	<b>0,010</b>

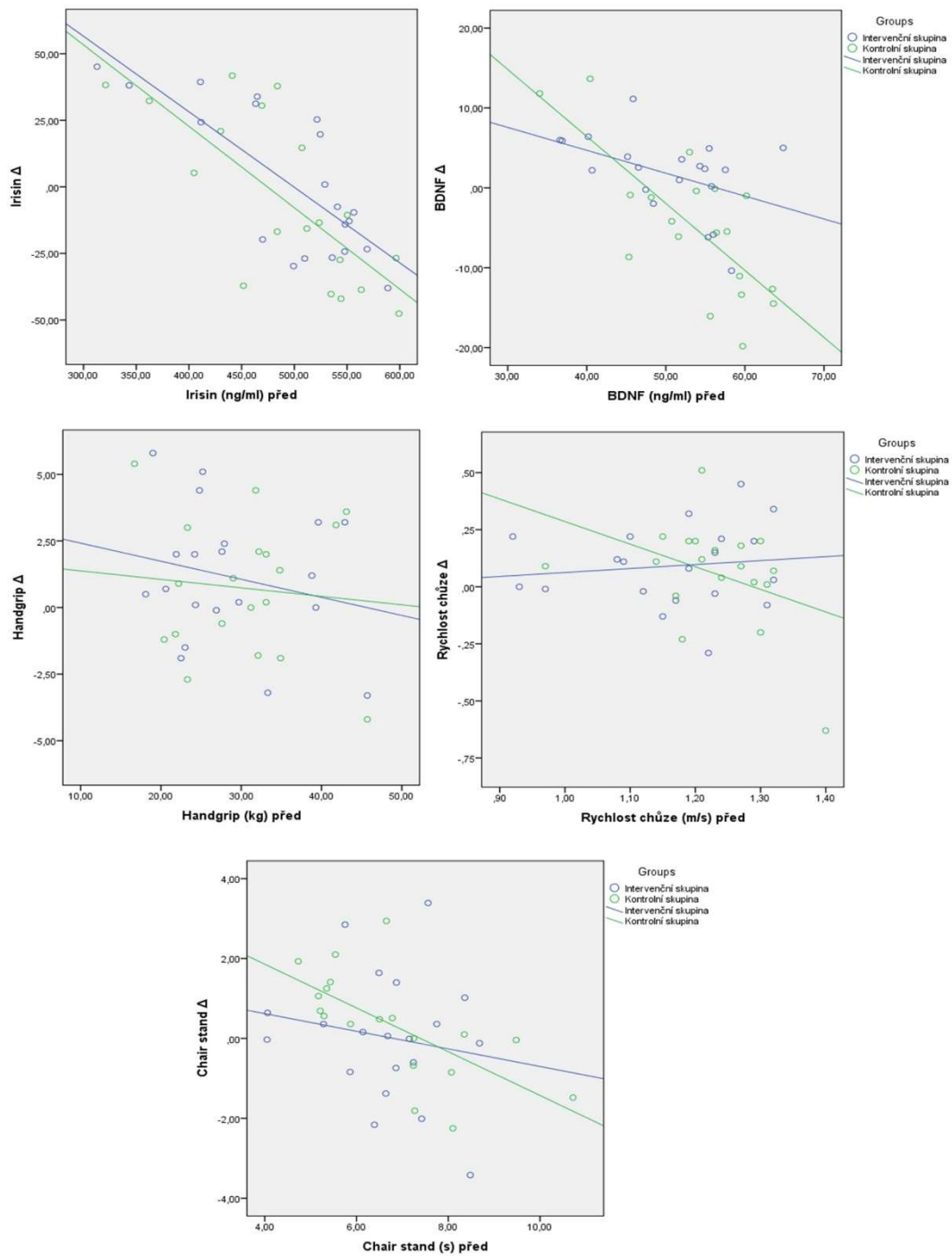
Poznámka: údaje jsou prezentovány jako průměr ±SD; BDNF = Brain-Derived Neurotrophic Factor; BMI = Body Mass Index; SMI = Skeletal Muscle Index; VFA=viscerální tuk ,GDS = Geriatric Depression Scale; RAVLT = Rey Auditory Verbal Learning Test; RAVLT A1 = první pokus učení, RAVLT  $\Sigma$ A1-5 = křivka učení; RAVLT B -distrakce, RAVLT

A6-okamžité vybavení, Poznámka: údaje jsou prezentovány jako průměr (SD); BDNF = Brain-Derived Neurotrophic Factor; BMI = Body Mass Index; SMI = Skeletal Muscle Index; VFA=viscerální tuk ,GDS = Geriatric Depression Scale; RAVLT = Rey Auditory Verbal Learning Test; RAVLT A1 = první pokus učení, RAVLT  $\Sigma$ A1-5 = křivka učení; RAVLT B -distrakce, RAVLT A6-okamžité vybavení, RAVLT A7 = oddálené vybavení; TMT = Trail Making Test/Test cesty; WAIS III = kódování symbolů z Wechsler Adult Intelligence Scale III., FAQ - Function activities questionnaire/dotazník funkčních aktivit; 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.

*Tabulka 4 Regresní analýza*

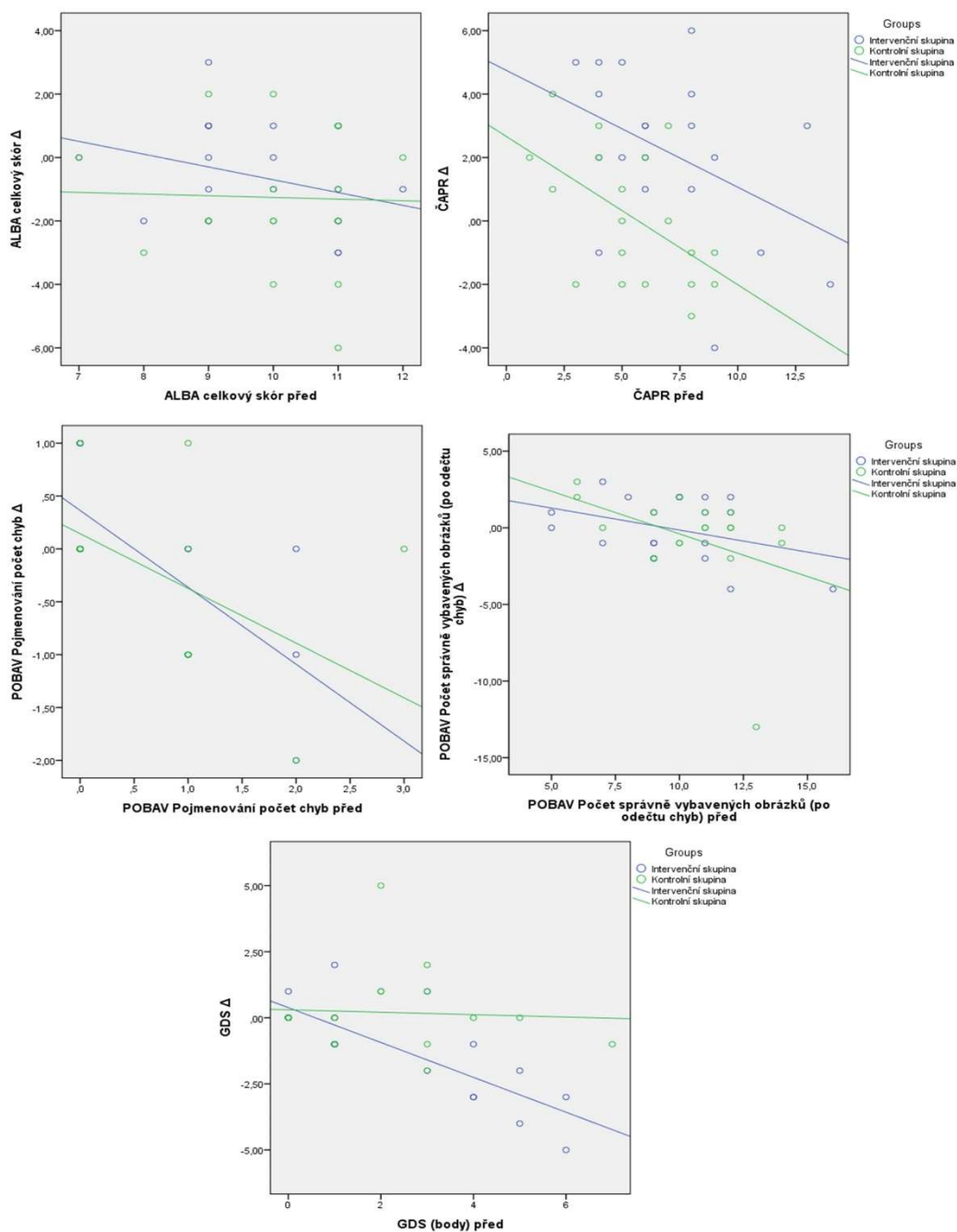
	<b>B</b>	<b>p hodnota</b>	<b>B</b>	<b>p hodnota</b>
Irisin (ng/ml)	7,53	0,217	-0,29	<b>0,000</b>
BDNF (ng/ml)	4,78	<b>0,008</b>	-0,56	<b>0,000</b>
SMI (kg/m2)	-0,08	0,326	-0,15	<b>0,000</b>
Tuk (kg)	0,82	0,125	-0,05	0,135
VFA (cm2)	5,05	0,109	-0,04	0,310
Síla stisku ruky (kg)	0,33	0,671	-0,05	0,300
Rychlost chůze (m/s)	0,02	0,782	-0,23	0,446
Vstávání ze židle (s)	-0,35	0,417	-0,42	<b>0,005</b>
RAVLT A1 (body)	0,36	0,484	-0,56	<b>0,000</b>
RAVLT $\Sigma$ A1-5 (body)	2,86	0,106	-0,44	<b>0,000</b>
RAVLT $\Sigma$ A1-5 (percentily)	13,90	<b>0,019</b>	-0,43	<b>0,000</b>
RAVLT B (body)	1,97	<b>0,002</b>	-0,06	0,713
RAVLT A6 (body)	0,21	0,747	-0,22	0,089
RAVLT A7 (body)	0,27	0,651	-0,24	<b>0,049</b>
RAVLT A7 percentily	4,06	0,489	-0,47	<b>0,000</b>
Verbální fluence slova	1,78	0,103	-0,28	<b>0,016</b>
Verbální fluence kateg.	0,09	0,933	-0,39	<b>0,000</b>
TMT – A (body)	-8,80	<b>0,004</b>	-0,55	<b>0,000</b>
TMT – A percentily	5,59	0,412	-0,48	<b>0,001</b>
TMT – B (body)	-19,94	<b>0,000</b>	-0,46	<b>0,000</b>
TMT – B percentily	7,34	0,371	-0,74	<b>0,000</b>
WAIS III (body)	-1,23	0,590	0,11	0,224
WAIS III percentily	-8,46	0,016	-0,18	<b>0,031</b>
GDS (body)	-1,21	<b>0,007</b>	-0,40	<b>0,000</b>
FAQ (%)	-1,95	0,102	-0,67	<b>0,000</b>
ALBA celkový skór	0,58	0,325	-0,23	0,329
POBAV chyby	0,10	0,643	-0,62	<b>0,000</b>
POBAV vybavení	0,27	0,739	-0,41	<b>0,014</b>
ČAPR	2,68	<b>0,000</b>	-0,41	<b>0,001</b>

Poznámka: B =nестandardizovaný regresní koeficient beta; první B= vliv skupiny, druhá B= vliv výhozí hodnoty. BDNF = Brain-Derived Neurotrophic Factor; BMI = Body Mass Index; SMI = Skeletal Muscle Index; VFA=viscerální tuk, GDS = Geriatric Depression Scale; RAVLT = Rey Auditory Verbal Learning Test; RAVLT A1 = první pokus učení, RAVLT  $\Sigma$ A1-5 = křivka učení; RAVLT B -distrakce, RAVLT A6-okamžité vybavení, RAVLT A7 = oddálené vybavení; TMT = Trail Making Test/Test cesty; WAIS III= kódování symbolů z Wechsler Adult Intelligence Scale III, FAQ - Function activities questionnaire/dotazník funkčních aktivit ; ALBA (Amnesia light and brief assesment), POBAV - Pojmenování obrázků a jejich vybavení, ČAPR - pěti nebo čtyř čárová obrazová produkce. Tučně jsou vyznačeny statisticky významné výsledky.



Poznámka: BDNF = Brain-Derived Neurotrophic Factor; handgrip = síla stisku ruky

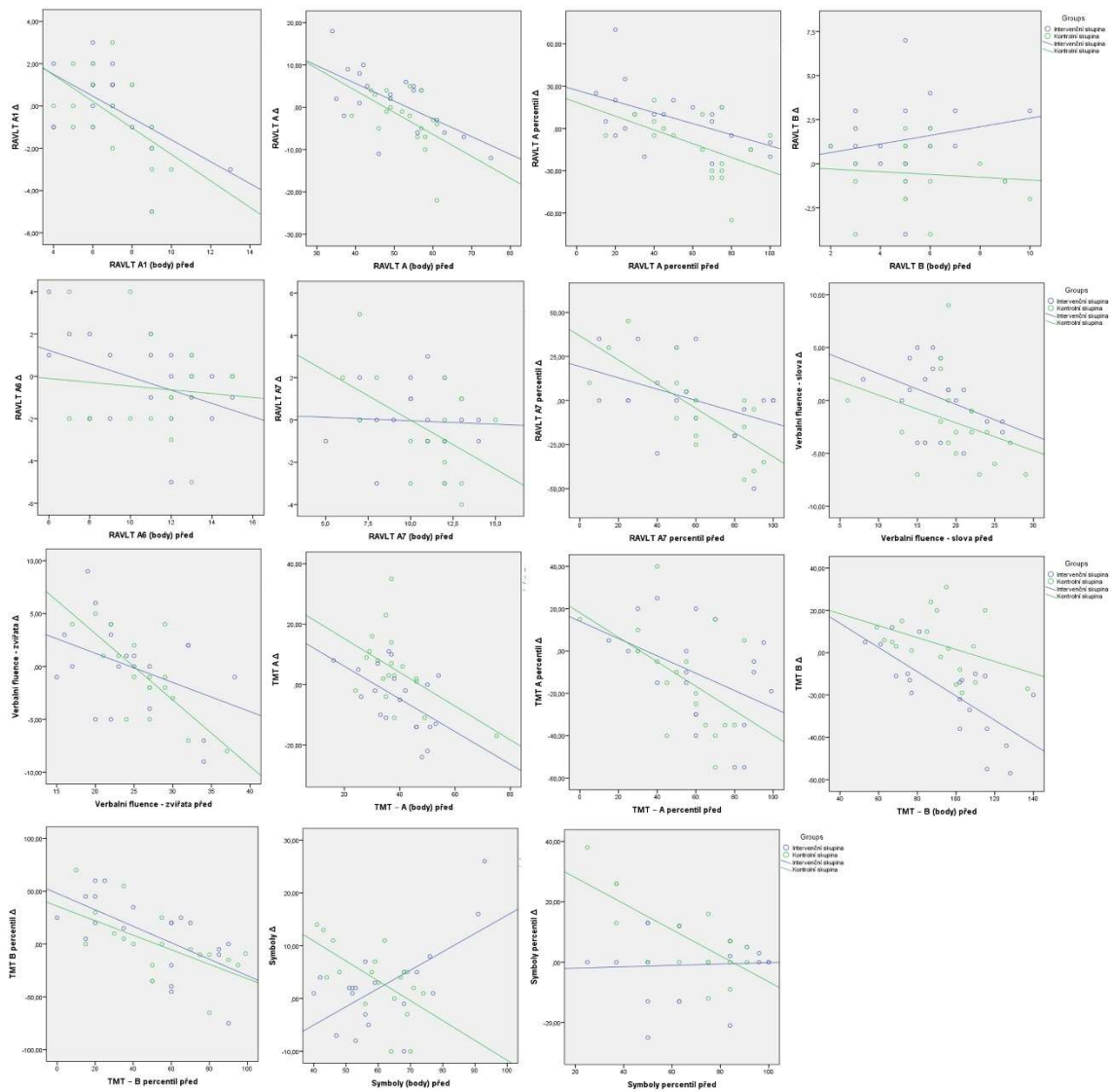
Obrázek 4 Grafické znázornění regresních analýz exerkiny a fyzické testy



Poznámka: ALBA = Amnesia Light and Brief Assessment), POBAV= Pojmenování obrázků a jejich vybavení, ČAPR = pěti nebo čtyř čárová obrazová produkce, GDS = Geriatric Depression Scale/ Geriatrická škála deprese)

Obrázek 5 Grafické znázornění regresních analýz krátké kognitivní testy a nálada





Poznámka: RAVLT = Rey Auditory Verbal Learning Test; RAVLT A1 = první pokus učení, RAVLT  $\Sigma$ A1-5 = křivka učení; RAVLT B = distrakce, RAVLT A6 = volné vybavení, RAVLT A7 = oddálené vybavení; TMT = Trail Making Test/Test cesty A a B; WAIS III /Symboly = subtest z Wechsler Adult Intelligence Scale III./kódování symbolů, verbální fluence fonemická = slova, semantická = kategorie

Obrázek 6 Grafické znázornění regresních analýz neuropsychologická baterie

## 5.2 Kvalitativní část

Byla vybrána tři hlavní témata: TT jako prostředek k fyzické aktivitě, zdravotní výhody TT a společenské zapojení díky intervenci. Pokud není uvedeno jinak, vztahují se všechny body na účastníky z obou focusních skupin.

Účastníci uvedli, že se programu TT účastnili kvůli vnímaným zdravotním přínosům, zejména kvůli vnímanému zlepšení pohyblivosti a rovnováhy, která se projevila i v běžném životě, a zlepšení nálady, dále jim vyhovovalo, že měli zajištěn pravidelný pohyb, který byl zábavný, hravý, svobodný a radostný, a nakonec ocenili možnost být ve společnosti druhých.

V rámci tohoto hlavního tématu účastníci uváděli jak fyzické, tak psychické zdravotní přínosy, které přisuzovali své účasti na TT. Pokud jde o fyzické přínosy, účastníci uvedli zlepšení pohyblivosti a flexibility: *„Všechno je o pružnosti. Uvolnit vazy klouby, a to, co jsme tady zažili, si myslím, že je optimální, že to není žádný silový sport.“*

*„Tak já jsem pociťovala, jak se mi moje nemocné klouby úžasně rozhýbaly, že třeba to ráno bolí. Já to vím, normálně se musím hýbat, ale tady prostě, já jsem se probouzela, jako že mi nic není občas, což bylo úplně neuvěřitelný. A hlavně na tom pohybu bylo úžasný to, že je tak intenzivní (pomalu, postupně, variabilně, soustavně a "imaginativně"...), třeba to rameno se tak dlouho rozhýbává, až se rozhýbe, i kdyby bylo mrtvý.“*

Další účastníci uvádějí, že mezi přínosy pro psychické zdraví patří zlepšení nálady a duševní pohody: *„Ten pocit, který to člověku dává a asi tam nějak souvisejí teda ty hormony a ty endorfiny, který jsou pak tak vyplavený, že člověk jako opravdu z toho má dobrou pocit.“* Dále s udržením psychické kondice ve stáří podle nich souvisí platforma pro komunikaci s druhými a možnost pořád překvapit či vyjádřit emoce beze studu. *„Lidi se uzavírají do sebe, čím dál víc. A je to tak a senior třeba o to víc, protože má pocit, že už má být někde stranou. Nepřekvapovat sebe a okolí. Ale je to blbost, protože pořád by měl nějakým způsobem komunikovat, dokud komunikuje a nachází pro tu komunikaci platformu a cítí se v tom dobře, tak to je strašně důležité pro udržení psychické kondice, protože ta psychika, si myslím tady v tomto modelu zase je skutečné podpoření uvědomění si, že se nemám za co stydět. Jestliže cítím nějakou emoci, tak ji klidně můžu vyjádřit a je to dobře, jestli, že ji vyjádřím. A dokážu třeba to ještě udělat nějak hezky. Což to je hrozně důležitý a cítit tu emoci toho pocitu právě z toho hezkého provedení z té chvíle, kterou si prožiju, která mi něco přidává. To je to, si myslím, že to psychiku tady z hlediska tréninku podporuje, to tady bylo hrozně moc.“*

V některých případech účastníci poznamenali, že přínosy pro fyzické a psychické zdraví spolu souvisejí. *„Pro mě to má dopad na sociální sféru a chování a taky na to tělo,*

*já to cítím takhle, že to je z obou stran a opravdu jako. To člověka vrací zpátky k tělesnému vnímání." Účastníci dále například uvedli, že program TT zvýšil jejich sebevědomí: „Já si myslím, že nám to taky dodává sebedůvěru sebevědomí, po tomhle, že jsme na tom líp. Rozhodně se cítíme líp a sebevědoměji, jako víme, že prostě ty lidi, kteří se málo hýbou, tak určitě jim to muselo dát hodně." „Nikdy jsem si nemyslela, že bych byla schopná takhle tančit nebo se vyjádřit pohybem."*

Někteří uváděli, že se následně zlepšila jejich nezávislost při vykonávání činností každodenního života, především, že se zlepšila rovnováha, schopnost reakce a síla a flexibilita. *„Nepadáte v autobuse. Po těch měsících tady toho tančení mám pocit, že se ta reakce daleko zlepšila, takže asi si myslím, že opravdu něco v té hlavě se děje." „Mám sílu, chci něco udělat a pak fyzicky to dokážu udělat. Autobus se pohne rychle, tak musím rychle reagovat, čili je to propojený." „Vědomí a vědomý pohyb dokázat to včas, tak jak to má být." „Já si myslím, že právě to, co jsme tady, já nechci říct trénovali, ale dělali, že to všechno vedlo tady k tomu. A ta forma, jakou jsme to dělali myslím byla optimální. To je hodně důležité."*

Tyto vnímané fyzické změny se pozitivně odrazily v míře soběstačnosti. *„Už po prvním měsíci cvičení jsem pozorovala nějaké změny. Všímám si toho, že některé aktivity, které jsem před tím nemohla dělat, jako třeba zavázat si tkaničku ve stoje nebo přelézt vanu, mi teď už nedělají takový problém."*

Respondenti vnímali na kurzu jako pozitivní především bezprostřednost pohybu, krásu a také pohyb, který byl propojen s hudbou: *„Jo, že vlastně ta hudba byla pro mě důležitá." „Přemýšlím o tom, že teda, když existuje muzikoterapie, tuším jako i pro psychický problémy, tak tady ten pohyb spojený s tou hudbou, to je naprosto jedinečný."*

Někteří zmiňovali, že jim to připomínalo návrat k "čisté dětské radosti z pohybu": *"Myslím, že jsme se všichni tak uvolnili, že opravdu jsme se vyblbli, jak malý děti, opravdu bylo to báječné."*

Dále podotkli, že jim tento pohyb připadal velice příjemný a přirozený. Také vnímali radost a pozitivní emoční prožitek. Další pozitiva viděli v intenzitě a neotřelosti intervence. *„Vidím to jako velký přínos pro starýho člověka, protože nikdo s ním takhle intenzivně a zábavně teda zábavně emotivně, a to další všechno, co jsme říkali, necvičí, a to je prostě úžasný."*

Respondenti přikládali svoje odhodlání a motivaci pro to se hýbat a vydržet v pohybu 90 minut tomu, že se pohyb uskutečňoval ve skupině, nebyl rutinní a nenudil je. *„Je to pohyb hodinu a půl, a to i, kdyby člověk doma dělal sám, tak prostě hodinu a půl nevydrží nebo i nějaký jiný cvičení. Jo, to je takový, že se úplně odpoutá od času a jenom se pohybuje chodí jeden cvik za druhým nebo jeden ten způsob tance, způsob pohybu, že to v podstatě je i fyzicky bych řekla úžasný.“* „Už tady bylo řečeno, pohyb je život a tady jsme to viděli, že (...) pohyb je radost". Dále dávali důraz na to, že se pojil se svobodou a ne drilem či výkonem. *„Proto jsem říkal, že jsem rád, že to nebyly taneční, protože já jsem taneční vnímal jako dril. A tady jsem měl tu svobodu. Naprosto úplně opačný pól, kterej mě naplňoval.“* „V mém případě to nebyla nuda. Byla to veliká zábava, nebyl to dril, nebylo to cvičení jako do nějakých krajních poloh a opakování nekonečných cviků a snaha po tom určitým výkonu, o to vůbec nejde.“ Dále účastníci oceňovali socializační kontext intervence a vznik dobré party/skupiny, která vytvořila energii proto, aby vydrželi v pohybu 90 minut a celkově zvyšovala jejich adherenci k TT. *„Za 3 měsíce z toho, že z těch jedinců, co jsme se tam sešli na začátku, se opravdu stala velice dobrá skupina. Je tady velice dobrá energie. Je to pohyb hodinu a půl, a to i kdyby člověk doma dělal sám, tak prostě hodinu a půl nevydrží nebo i nějaký jiný cvičení. Jo, to je takový, že se úplně odpoutá od času a jenom se pohybuje, chodí jeden cvik za druhým nebo i ten způsob tance, způsob pohybu, že to v podstatě je i fyzicky bych řekla úžasný.“* „A tady jsme vlastně fyzicky, že jo, v pohybu, a ještě teda jako ten kolektiv, říkáme všichni, že sami bychom takhle nefungovali."

Účastníci si taktéž uvědomovali nutnost účastnit se fyzických aktivit, které jsou komplexní, cílené na pestrý pohyb a své limity takové fyzické aktivity dosáhnout samostatně. *„Potřebuju se pohybovat. A pohybovat se různě. A neumím se pohybovat sám. Čili já potřebuju k tomu prostor a skupinu lidí, který ten pohyb dělají.“*

Překážkami pro účast na hodinách tance byly především, zhoršení zdravotního stavu účastníka nebo vliv prostředí (dlouhé dojíždění, nesoulad se skupinou, omezení v důsledku COVID19). Roli hrálo také množství jiných aktivit účastníků, především povinnosti spojené s hlídáním vnoučat.

## 6 Diskuse

Cílem naší práce bylo zjistit, zda TT může ovlivnit některé exkreční látky související s plasticitou mozku vzhledem k rostoucímu výskytu neurodegenerativních poruch ve společnosti, a prokázat tak pozitivní vliv tance na mozek na molekulární úrovni. V naší RCT jsme zaznamenali, že TT měla statisticky významný pozitivní vliv na hladinu BDNF v krevním séru v porovnání s kontrolní skupinou, vliv TT na hladinu irisinu jsme však nezjistili ani uvnitř skupiny ani mezi skupinami. Dále jsme potvrdili hypotézu, že výchozí úroveň kognitivních a fyzické výkonnosti u starších dospělých je statisticky významně asociován s velikostí účinku TT. Dále jsme částečně potvrdili pozitivní vliv TT na vybrané kognitivní a fyzické ukazatele mezi skupinami.

### 6.1 Hladiny exerkinů a fyzická aktivita

V naší studii hladiny irisinu zůstaly stejné před intervencí i po intervenci, ačkoli naše nedávná metaanalýza ukázala, že dlouhodobá FA může zvyšovat hladinu irisinu v krvi především u specifických populací, včetně zdravých a obézních starších dospělých, i když výsledky jednotlivých studií vykazovaly vysokou heterogenitu (Jandova et al., 2021). Dosud existují čtyři metaanalýzy potvrzující účinek cvičení na hladinu irisinu a naznačující úspěšnost především odporového tréninku pro zvýšení cirkulujícího irisinu, zejména u starších dospělých při náročných a progresivních tréninkových programech (Cosio et al., 2021), což je ve shodě také s Rad et al., kteří ukázali, že dlouhodobý odporový trénink může koncentraci irisinu zvýšit (Rad et al., 2021) a také ve shodě s poslední přehledovou studií, jež potvrzuje, že cvičební intervence může pomoci zlepšit hladinu irisinu u dospělých, zejména u pacientů s diabetem 2. typu a prediabetem a irisin pak zvýší především odporové cvičení a kombinované aerobní a odporové cvičení (Rahimi et al., 2022). Na druhou stranu Qiu et al. došli k závěru, že dlouhodobý trénink vede v RCT k významnému snížení hladiny cirkulujícího irisinu (Qiu et al., 2015). Nezměněné hladiny irisinu po naší intervenci tak mohou potvrzovat předpoklad, že odporový trénink je pro zvýšení hladin irisinu nezbytný, jelikož TT není na odporovém tréninku založena. Účinek FNDC5/irisinu na mozkové funkce byl zkoumán teprve nedávno a byl prokázán zejména na modelech AN (Rody et al., 2022). Ve studiích na

lidech některé studie prokázaly zvýšení hladin irisinu u mužů po vytrvalostním cvičení, zatímco jiné neukázaly žádný významný vliv (Pekkala et al., 2013; Norheim et al., 2014; Kim et al., 2016). V terapii tancem není odporový trénink ani progresivní tréninkový plán prioritou, terapie tancem nejsou navrženy výkonnostně. Proto naše studie zřejmě neměla na hladiny irisinu vliv. Přesto jsme zaznamenali po naší intervenci významné zvýšení BDNF proti kontrolní skupině. Bylo zjištěno, že BDNF hraje klíčovou roli v regulaci neuromuskulárních funkcí během stárnutí u myši (Greising et al., 2015). Facilitační účinek irisinu na mozkovou aktivitu může být nepřímý, a to právě vyvoláním zvýšení hladiny BDNF (Vints, 2022), jelikož zvýšení irisinu vyvolané fyzickým cvičením korelovalo s vyššími hladinami BDNF (Nicolini et al., 2020). Stále však není známo, který neuronální receptor tuto dráhu po aktivaci irisinem vyvolává. Navzdory dobře zdokumentované pozitivní roli cvičení na stárnoucí mozek (Berchicci et al., 2013) a vlivu cvičení na hladiny BDNF v krvi (Y. H. Wang et al.; Farrukh et al., 2023) je tak vztah mezi BDNF a fyzickou zdatností stále poměrně kontroverzní. Jedním z hlavních důvodů souvisejících s rozporů mezi výsledky regulace neurotrofických faktorů a FA jsou především nesrovnalosti související s heterogenitou charakteristik účastníků, délkou trvání studie, různými intervenčními cvičebními programy a mimo jiné podmínkami zpracování krve (plazma, sérum nebo plná krev). Navzdory těmto nesrovnatelnostem je však známo, že kosterní sval je schopen produkovat značné množství BDNF během kontrakce při cvičení. Podíl kosterních svalů na změnách hladin BDNF v krvi a mozku však zůstává nejasný (D. Ribeiro et al., 2021). Vědci spojují konkrétně vytrvalostní cvičení s vyplavením BDNF v mozku, což ukazuje, že neuroplasticita by mohla být vyvolána akutním (tj. jednorázovým) nebo chronickým (tj. dlouhodobým) cvičením (Knaepen et al., 2010; Müller et al., 2020). Nedávná metaanalýza poskytla důkaz, že cvičení nezpůsobuje rozdíl v koncentraci BDNF u starších dospělých, má však tendenci se zvyšovat po aerobním cvičení, nikoli však při odporovém tréninku (Fleitas et al., 2022). Co se týče odporového tréninku, Marinus et al. ve své metaanalýze uvedli, že pro zvýšení výchozí hladiny BDNF je odporový trénink nezbytnou součástí pohybového programu u starších dospělých (Marinus et al. 2019), Dinoff et al. vliv dlouhodobého odporového tréninku na hladinu BDNF včetně zdravých dospělých všech věkových kategorií nezjistili (Dinoff et al, 2017). Tento účinek je tedy pravděpodobně věkově specifický. Navíc byly nalezeny důkazy, že neuroprotektivní vlastnosti BDNF mohou nepřímo ovlivňovat svalovou sílu tím, že podporují účinnou neuromuskulární komunikaci, čímž zabraňují svalové slabosti nebo atrofii (Gomez-Pinilla a Hillman, 2013,

Huang a kol., 2017). V naší studii se TS významně zlepšila v testech fyzické kondice: stisk ruky a rychlost chůze, což by potvrdilo, že vyšší hladiny BDNF jsou spojeny se zvýšenou aktivací rychlých svalových vláken, která jsou zodpovědná za generování síly a výkonu (Zoladz et al., 2008). Cirkulující irisin je také považován za ukazatele lepšího svalového výkonu u starších dospělých (Planella-Farugia et al., 2019). Naopak překvapivé bylo zjištění, že hladiny BDNF jsou vyšší u starších žen v pokročilejším stádiu sarkopenie. Zde by však BDNF mohlo plnit kompenzační roli, jelikož dochází k nerovnováze těchto markerů kvůli zánětlivému stavu (da Costa Teixeira et al. 2023). Je zajímavé, že ve studii, kde byl zkoumán vliv fitness a tance, obě intervence zvýšily fyzickou zdatnost ve stejné míře, avšak výrazné rozdíly byly pozorovány v účincích na objem mozku. V porovnání s běžnou kondiční aktivitou vedl tanec k většímu zvětšení objemu ve více oblastech mozku, včetně cingulární kůry, insulární kůry, corpus callosum a senzomotorické kůry a byl spojen se zvýšením plazmatické hladiny BDNF (Rehfeld et al., 2018). U starších osob může být vliv tance na paměť silnější, protože tanec často zahrnuje kreativitu a schopnost sociálního chování díky improvizaci a tanec zřejmě zvyšuje neurotrofickou aktivitu BDNF více než jiná cvičení (Müller et al., 2017; Rehfeld et al., 2018).

## 6.2 Nálada

V naší studii byl pozorován významný pokles bodů v testu GDS, měřícím náladu u starších dospělých u TS v kontextu počáteční úrovně, a tedy studie potvrdila významné zlepšení nálady. Naše studie je tak ve shodě se zjištěním, že somatické praktiky, konkrétně jóga, zlepšují náladu (Cramer et al., 2013), a statisticky významně snižují deprese u starších dospělých, účastnících se přímo tanečních intervencí (Prudente et al., 2024). V dílčích studiích bylo konkrétně pozorováno, že tanec zmírňuje depresivní syndromy u starších osob, zvyšuje sociální interakci a radost obyvatel v domovech pro seniory (Machacova et al., 2017), podporuje duševní zdraví u starších osob (Podolski et al., 2023) nebo snižuje negativní emoce u starších lidí (Marks, 2016). Studie také potvrzují, že hladiny BDNF v krvi negativně korelují se závažností deprese u hlodavců a lidí (Serra et al., 2017) a že signální dráhy BDNF se mohou podílet na patogenezi deprese (Matin & Dadkhah, 2024). Nižší koncentrace BDNF v krevním séru byly také

zaznamenány u skupin starších dospělých s depresivními příznaky a s depresí (Shimada et al., 2014).

### 6.3 Kognitivní funkce

V naší studii jsme doložili, že výsledky několika kognitivních testů se po TT významně zlepšily od výchozí úrovně a také se pozitivně lišily od výsledků KS v některých kognitivních doménách, a to konkrétně v paměti, v exekutivních a ve zrakově-prostorových funkcích. Naše studie tak potvrzuje důkazy nedávné metaanalýzy a systematických přehledů, které ukázaly, že taneční intervence přináší relevantní výhody pro celkovou kognici, nebo má pozitivní dopady na konkrétní kognitivní domény, jako jsou paměť a exekutivní funkce (Fong Yan et al., 2024; Predovan et al., 2019). Dále potvrzuje možnost, že exerkiny mohou být mediátory a facilitátory pozitivního vlivu cvičení na kognitivní funkce (Buchman et al., 2016; Islam et al., 2021; Vaynman et al., 2004; Farrukh et al., 2023). Významný rozdíl ve výsledcích některých kognitivních funkcí mezi skupinami po TT tak mohou potvrzovat názor, že na rozdíl od jednoduchých motorických dovedností, které jsou více předvídatelné kvůli opakovaným nebo méně variabilně zaměřeným pohybům (např. běh nebo házení), komplexní motorické dovednosti zahrnují vyšší úroveň složitě koordinovaných pohybů těla v nepředvídatelném a měnícím se prostředí. Příklady takové FA jsou míčové sporty, tanec nebo bojová umění (Gentile, 1972; Kraft et al., 2015). Koordinované pohyby vyžadují pozornost a změny, které vyvolávají, pravděpodobně souvisejí s kognitivními úkoly, které kromě pozornosti vyžadují i schopnost zpracovávat vizuální a prostorové informace. Nicméně, v minulosti experimentální studie se staršími dospělými, které zkoumaly zlepšení kognitivních funkcí v reakci na jakýkoli typ tanečních intervencí, přinesly rozporuplné výsledky. Tyto typy studií často trpí metodologickými nedostatky a malými vzorky < 50 a tak stále není jasné, zda tanec může za zvýšení neuroplasticity v mozku (Alpert et al., 2009; Coubard et al., 2011; Hackney et al., 2015; Kattenstroth et al., 2013; S.-H. Kim et al., 2011; Kimura & Hozumi, 2012).

#### ***Paměť***



V naší studii jsme po intervenci zaznamenali u TS významný pozitivní rozdíl proti KS konkrétně v doménách verbální paměť, v položce testu RAVLT 1-5 křivka učení převedeno na percentily a proaktivní interference RAVLT B1 body.

RAVLT 1-5 zachycuje křivku učení, která značí schopnost jedince naučit se verbální materiál a je vodítkem pro odlišení normálního stárnutí od patologického stárnutí, reprezentovaného amnestickou formou MKP či demencí při AN (Frydrychová & Georgi, 2019). Významně odlišný výsledek mezi skupinami se projevil po převedení bodů na percentilový skóre podle českých norem. RAVLT B1 vypovídá o proaktivní interferenci pro již dříve naučené informace. Vnímavost k proaktivní interferenci se zvyšuje s věkem, kdy je obtížnější udržet si nově naučené informace (Teague et al., 2011). Náš výsledek může být způsoben zapojením somatických a improvizčních praxí do struktury všech lekcí. V roce 2022 ve Virginii vědci zkoumali neurovědu ve spojení s pohybem a tancem a v oblasti tance vyvstávají názory, že by výzkum kognitivních funkcí (a specifitější výzkum, jako je právě porozumění a učení se) měl zahrnovat právě "výzkum tance", vzhledem k tomu, že improvizční postupy mohou být způsobem, jak odhalit povahu našich kognitivních procesů (Asaf Bachrach, Nara Figueiredo, Julien Laroche, Lisa Nelson, 2024). Bylo např. zkoumáno, jak společné jednání, které prožíváme s ostatními, může vyvolat vnitřní motivaci k učení a také interakční dynamiku, která podporuje nebo dokonce urychluje učení se novému (Laroche & Kaddouch, 2014). Tím přispívá k pocitu sounáležitosti, který může vzniknout v důsledku lidské interakce při improvizaci a je pro tanec velmi přirozený (Himberg et al., 2018).

### ***Exekutivní funkce***

TS vykazovala po intervenci také významně lepší výsledek oproti výchozím hodnotám a oproti KS v doméně exekutivní funkce/ mentální flexibilita v testu TMT B. Dále v testu TMT A byl významný pozitivní rozdíl mezi skupinami v doméně pozornost. Mentální flexibilita je často spojována s mentální schopností přizpůsobovat svou aktivitu či přepínat mezi různými pravidly úkolů a odpovídajícími reakcemi chování, udržovat více konceptů současně a přesouvat mezi nimi vnitřní pozornost (Scott, 1962). Používá se pro označení jedné z exekutivních funkcí (Cooper-Kahn & Dietzel, 2008), která tvoří základ adaptivního a flexibilního chování (Piaget, 1968). Studie potvrzují, že současný tanec založený na improvizaci pomáhá zlepšit pozornost při přepínání a kognitivní

flexibilitu u starších dospělých, kdežto jiné programy pohybového tréninku (prevence pádů, tai-či) neměly na přepínání pozornosti žádný vliv (Coubard et al., 2011). Špatná mentální flexibilita byla spojena se zhoršenou rovnováhou, která přispívá ke zvýšenému riziku pádů u starších osob a výsledky v celkové kognici jsou spojovány také se svalovou křehkostí (Brigola et al., 2015).

Naše intervence ukázala pozitivní rozdíl mezi skupinami v testu fonemické fluence, která také vypovídá především o úrovni exekutivních funkcí (méně o funkcích fatických), konkrétně o organizaci a strategii vyhledávání v sítích lexikálních reprezentací, o iniciaci a o inhibici odpovědí. Dříve byl pozorován vztah mezi skóry počet slov ve fonemické verbální fluenci s TMT-A i TMT-B a lze předpokládat, že tento nalezený vztah je zodpovědný za proměnnou, která je ve všech testech způsobena psychomotorickým tempem a rychlostí kognitivního zpracování. Pozitivní výsledky v těchto testech jsou důležité, neboť bylo zjištěno, že u demence AN je výrazně narušena právě schopnost rozdělené pozornosti a přesouvání pozornosti mezi dvěma různými úkoly (Velkoborská, 2013). Co se týká exerkinů, konkrétně BDNF byl spojen s příznivým vlivem na fatické funkce, prostorové schopnosti a epizodickou paměť (Belviranlı et al., 2016; Ferris et al., 2007). Navíc studie potvrzují pozitivní vztah BDNF a irisinu celkovou kognicí a epizodickou pamětí (Küster et al., 2017). Tanec je společenskou aktivitou, která prokazatelně podporuje sociální zapojení starších lidí, což je v longitudinálních studiích spojeno s lepšími kognitivními výsledky (Fratiglioni et al., 2004).

### ***Zrakově-prostorové funkce***

Výsledky testů ČAPR po intervenci ve vizuospaciální kognitivní doméně se také pozitivně významně lišily od KS. Tento výsledek můžeme připsat vlivu hudby na kognitivní funkce, zejména právě na prostorové vnímání. Předpokládá se totiž, že hudba má příznivý vliv na různé typy výkonů u lidí a zvuk slouží jednak jako důležitý kanál pro přenos informací do mozku, jednak iniciuje kognitivní procesy. Z výzkumné studie na zvířatech, které byly vystaveny působení hudby, se potvrdilo zvýšení úrovně vyplavení BDNF v dorzálním hipokampu a tím došlo k zlepšení schopnosti prostorového vnímání (Xing et al., 2016). Studie zkoumající pozitivní vlivy tance na starší zdravé dospělé potvrdily, vliv tance konkrétně na prostorovou paměť (Merom et al., 2016).

## *Celková kognice*

Obecně lze říci, že vědecká literatura naznačuje pozitivní souvislost mezi účastí v intelektuálních, sociálních a fyzických aktivitách jako tanec a lepším výkonem v kognitivních testech (Teixeira-Machado et al. 2019). V současné době byl proveden jen omezený výzkum zaměřený na účinnost vrozených pohybových vzorců na funkci a fyziologii mozku (Chatfield & Barr, 1994). Hlavní práce v této oblasti se zaměřují na souvislost mezi pohybovými vzorci, kvantifikovanými prostřednictvím LMA, a jejich vazbou na emocionální vyjádření nebo expresivní kvalitu pohybu (Melzer et al., 2019). V nedávné době byla LMA v kombinaci s Elektroencefalografií použita k extrakci nervových signatur spojených s expresivním lidským pohybem (Cruz-Garza et al., 2014). Ve srovnání s tradiční FA se ukázalo, že pohybové programy, které zahrnují LMA/BF, jsou účinnější i při zlepšování kognitivních problémů u jedinců s mírnou kognitivní poruchou (S. Kim, 2018). Co se týče propojení nervové souhry mezi pohybem a emocemi, tuto teorii nerozlučitelnosti psyché a soma rozpracoval (Lewis & Scannell, 1995). Jeho názory jsou v souladu s Piagetovskými konstrukcemi, který předpokládá, že obraz těla je určován motorickou akcí, čímž vytváří změny v těle (Piaget, 1977). Tvrdí, že "každá emoce se ukazuje v posturálním modelu těla a že každý expresivní postoj je spojen s charakteristickými změnami v posturálním modelu těla". Expresivní taneční pohyb můžeme použít jako příklad jevu propojení pohybu a emocí: smutek - svaly se uvolňují, hněv - svalové napětí se zvyšuje. Obousměrné artikulace mezi pohybem a emocemi tak sdílí společnou podporu z vědeckého i fenomenologického hlediska (Berrol, 1992). Rehfeld et al. (2018) zaznamenali vliv obzvláště náročného šestiměsíčního tanečního programu, v němž se starší dospělí museli neustále učit nové a stále obtížnější choreografie, na plazmatické hladiny BDNF po taneční intervenci a také zaznamenali strukturální změny na mozku oproti fitness tréninku, pokud jde o kognitivní funkce. Obě skupiny se zlepšily v oblasti pozornosti a prostorové paměti, ale žádné významné skupinové rozdíly se neprojevíly (Rehfeld et al., 2018).

## 6.4 Adherence a kvalitativní část výzkumu

Důkazy z předchozích přehledů a metaanalýz ukázaly, že tanec je pro zlepšení zdraví stejně účinný a někdy i účinnější než jiné typy strukturovaného cvičení (Fong Yan

et al., 2018). Naše zjištění se shodují s předchozími důkazy, které vyzdvihují tanec jako vhodnou formu FA pro starší dospělé s vysokou mírou adherence (84 %) (Britten et al., 2017). Podobně i míra adherence byla v naší studii vysoká (87 %). Naše výsledky jsou také v souladu se studií (Britten et al., 2023), kde kvalitativní údaje ukázaly, že účastníci hodnotili taneční intervenci kladně a zaznamenali jak fyzické, tak psychické přínosy. Konkrétně zvýšení pohyblivosti a flexibility, a také zlepšení nálady a pohody. Jiné kvalitativní studie v souladu s našimi zjištěními také zaznamenaly zlepšení sociálních interakcí, radosti, zvýšení sebedůvěry pocházející z ocenění a zlepšení pohybů a mobility jako zprostředkující faktory vlivu tance na fyzické a subjektivní zdraví. V těchto studiích starší lidé uváděli, že se díky tanečnímu programu cítí lépe, což jim dodává pocit pohody (Ronzi et al., 2018). Naše kvalitativní údaje v souladu s předchozími výzkumy ukázaly, že usnadňujícími faktory pro účast v TT jsou možnost přizpůsobení programu podmínkám starších dospělých a rozmanitost hudby (McCrary et al., 2021), dále potvrdily vliv kvality výuky a skupinový charakter programu, který má schopnost zachovat psychickou pohodu ve stáří a působit proti osamělosti a sociální izolaci (Hui et al., 2009; Särkämö, 2018) nebo zmiňovaly pozitivní vliv tance na pocit sounáležitosti starších dospělých (Predovan et al., 2019) a možnost aktivně stárnout (Paglione et al., 2024). Motivačními faktory pro dodržování doporučeného cvičení jsou tedy vyhlídky na udržení nezávislosti, udržení současného zdravotního stavu a zlepšení fyzické i mentální zdatnosti. Překážkami pro účast pak může být zhoršený zdravotní stav, nedostatek motivace, nepříjemné zkušenosti z předchozích skupinových cvičení a faktory prostředí (de Groot & Fagerström, 2011).

## 6.5 Limitace studie

Náš studijní vzorek tvořila relativně zdravá, velmi motivovaná populace v dobré duševní i fyzické kondici s vyšší dosaženou úrovní vzdělání. To mohlo ovlivnit výsledky, stejně jako poměrně malý počet účastníků a výrazně nižší podíl mužů ve studii. To, že se vliv intervence neprojevil ve všech kognitivních a fyzických testech, můžeme přisoudit nízké citlivost některých vybraných testů pro odhalení změn v kognitivních a fyzických procesech u takto vzdělaného a motivovaného vzorku, a především také relativně vysokému počtu dosažení stropového efektu v některých testech již při prvním testování,

např. u měření rovnováhy nebo u testu kreslení hodin, které jsme proto museli ze studie vyřadit.

## 6.6 Význam a aktuálnost projektu

Ve světě, který inklinuje k izolaci staršího jedince, je možnost navrátit se k uměleckým expresivním skupinovým projevům, jako je tanec, nesmírně důležitá. Obzvláště starší skupiny obyvatel mohou trpět ztrátou vitality a soběstačnosti kvůli nedostatečnému kontaktu s okolím. Projekt má konkrétní přínos pro zdravotní péči v oblasti gerontologie, neboť z výzkumu vyplývá, že tanec je žádanou a oblíbenou aktivitou pro starší dospělé s řadou přínosů nejen pro zdraví a může výrazně pomoci udržet soběstačnost a podpořit aktivní stárnutí díky svému socializačnímu charakteru. Dá se předpokládat velký přínos pro společnost, zejména v popsání a vytvoření protokolů tanečních lekcí, které budou zahrnovat poznatky ze somatických a uměleckých disciplín, které se zakládají na nehiarchickém způsobu učení a respektují individualitu každého jedince. Tyto poznatky a poznatky našeho výzkumu bychom rádi prezentovali na tuzemských a mezinárodních odborných akcích a zveřejnili v tuzemských a zahraničních časopisech a podpořili tak myšlenku prospěšnosti tance pro společnost.

## 7 Závěr

Je zajímavé zjistit, který typ intervenčního programu zaměřeného na fyzickou aktivitu, nejlépe působí na změnu určitého exerkinu u určité populace, protože to může vést k návrhu přesně vypracovaných intervenčních programů. Konečným cílem je najít takový protokol intervenčního programu, který bude nejlépe fungovat pro zlepšení výkonnosti nebo pro prevenci určitého typu kognitivního nebo motorického deficitu u konkrétní populace. Exerkiny představují skvělý biomarker pro naši snahu pochopit komplexní vztah mezi fyzickou aktivitou a zdravím mozku. Ačkoli je třeba ještě mnohé prozkoumat, objevující se důkazy naznačují, že exerkiny mohou hrát zásadní roli při zlepšování kognitivních schopností. Dosud se jedná o první RCT studii, která zkoumala hladiny exerkinů v krvi po dvanáctitýdenní terapii tancem u zdravých starších dospělých. Naše výsledky naznačují, že exerkiny mohou být modulovány tancem a terapie tancem může hrát důležitou pozitivní roli v kontextu kognitivních funkcí a nálady a fyzické zdatnosti u zdravých starších dospělých. Zároveň jsme zjistili, že terapie tancem je pro starší dospělé přístupným programem, který rádi navštěvují díky subjektivně pozorovaným benefitům v oblasti soběstačnosti, jako je zlepšení flexibility a rovnováhy, a také v několika psychologických ukazatelích, jako je nálada, zvýšené sebevědomí či sociální angažovanost. Naše studie se tak přidává k mnoha nedávným studiím, které doporučují tanec jako nefarmakologický slibný program pro stárnoucí mozek, a tak podporují další výzkum, který by se měl zaměřit na poskytnutí důkazů o jeho příznivém vlivu na mozek na molekulární úrovni. Náš taneční program se jeví jako vhodná forma intervence na podporu fyzických i kognitivních funkcí a jako možný udržitelný přístup k fyzické aktivitě.

## Literatura

- Adta.org/About\_DMT/, A. D. T. A. A. dance & movement therapy. 2013. (n.d.). *American Dance Therapy Association. About dance & movement therapy. 2013 adta.org/About\_DMT/.*
- 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.
- Alkadhi, K. A. (2018). Exercise as a Positive Modulator of Brain Function. In *Molecular Neurobiology* (Vol. 55, Issue 4).
- 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.
- Alpert, P. T., Miller, S. K., Wallmann, H., Havey, R., Cross, C., Chevalia, T., Gillis, C. B., & Kodandapari, K. (2009). The effect of modified jazz dance on balance, cognition, and mood in older adults. *Journal of the American Association of Nurse Practitioners*, 21(2), 108–115.
- 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.

- Asaf Bachrach, Nara Figueiredo, Julien Laroche, Lisa Nelson, J. D. (2024). Making Sense Together: Dance Improvisation as a Framework for a Collaborative Interdisciplinary Learning Processes. *HAL Science Ouverte*.
- Atherton, P. J., & Phillips, B. E. (2013). Greek goddess or Greek myth: the effects of exercise on irisin/FNDC5 in humans. *The Journal of Physiology*, 591(Pt 21), 5267.
- 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.
- Balducci, S., Sacchetti, M., Haxhi, J., Orlando, G., D'Errico, V., Fallucca, S., Menini, S., & Pugliese, G. (2014). Physical exercise as therapy for type 2 diabetes mellitus. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 30(S1), 13–23.
- Barde, Y. A., Edgar, D., & Thoenen, H. (1982). Purification of a new neurotrophic factor from mammalian brain. *The EMBO Journal*, 1(5), 549–553.
- Barrett, L., Henzi, S. P., & Barton, R. A. (2022). Experts in action: why we need an embodied social brain hypothesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 377(1844), 20200533.
- 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. (2021). Dance on the Brain: Enhancing Intra- and Inter-Brain Synchrony. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14(January), 1–23.
- Batson, G. (2008). Proprioception. *International Association for Dance Medicine & Science*.



- 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.
- Belviranlı, M., Okudan, N., Kabak, B., Erdoğan, M., & Karanfilci, M. (2016). The relationship between brain-derived neurotrophic factor, irisin and cognitive skills of endurance athletes. *The Physician and Sportsmedicine*, 44(3), 290–296.
- Berger, M. R. (1991). Dance/movement therapy: A healing art. In *The Arts in Psychotherapy* (Vol. 18, Issue 5).
- Berchicci, M., Lucci, G., & Di Russo, F. (2013). Benefits of physical exercise on the aging brain: The role of the prefrontal cortex. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 68(11), 1337–1341.
- Berková, M., Topinková, E., Mádlová, 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).
- Berrol, C. F. (1992). The neurophysiologic basis of the mind-body connection in dance/movement therapy. *American Journal of Dance Therapy*, 14(1), 19–29.
- Berrol, C. F., & Katz, S. S. (1985). Dance/movement therapy in the rehabilitation of individuals surviving severe head injuries. *American Journal of Dance Therapy*, 8(1), 46–66.
- 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.
- Błaszczyk, J. W., & Czerwosz, L. (2005). Postural stability in the process of aging. *Gerontologia Polska*, 13(1), 25–36.
- Bociek, A. (2019). Irisin - evidence for benefits resulting from physical activity. *European Journal of Biological Research*, 9(3), 039–049.
- Boerner, K., Schulz, R., & Horowitz, A. (2004). Positive aspects of caregiving and adaptation to bereavement. *Psychology and Aging*, 19(4), 668–675.
- 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., Duarte, J. A., Bristot, G., Scotton, E., Camozzato, A. L., & Chaves, M. L. F. (2016). Brain-derived neurotrophic factor serum levels and hippocampal volume in mild cognitive impairment and dementia due to Alzheimer disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra*, *6*(3), 559–567.
- 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- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*, *481*(7382), 463–468.
- Bräuninger, I. (2014a). Specific dance movement therapy interventions-Which are successful? An intervention and correlation study. *Arts in Psychotherapy*, *41*(5), 445–457.
- Bräuninger, I. (2014b). Dance movement therapy with the elderly: An international Internet-based survey undertaken with practitioners. *Body, Movement and Dance in Psychotherapy*, *9*(3), 138–153.
- Britten, L., Addington, C., & Astill, S. (2017). Dancing in time: Feasibility and acceptability of a contemporary dance programme to modify risk factors for falling in community dwelling older adults. *BMC Geriatrics*, *17* (1), 1–12.
- Britten, L., Pina, I., Nykjaer, C., & Astill, S. (2023). Dance on: a mixed-method study into the feasibility and effectiveness of a dance programme to increase physical activity levels and wellbeing in adults and older adults. *BMC Geriatrics*, *23*(1), 1–13.
- Brown, S., Martinez, M. J., & Parsons, L. M. (2006). The neural basis of human dance. *Cerebral Cortex*, *16*(8), 1157–1167.
- Buchman, A. S., Yu, L., Boyle, P. A., Schneider, J. A., De Jager, P. L., & Bennett, D. A. (2016). Higher brain BDNF gene expression is associated with slower cognitive decline in older adults. *Neurology*, *86*(8), 735 LP – 741.
- Burzynska, A. Z., Finc, K., Taylor, B. K., Knecht, A. M., & Kramer, A. F. (2017). The dancing brain: Structural and functional signatures of expert dance training. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*, 566.
- Caetano, P. de L. (2015). Por uma Estética das Sensações: o corpo intenso dos Bartenieff Fundamentals e do Body-Mind Centering. *Revista Brasileira de Estudos Da Presença*, *5*(1), 206–232.

- Cannon, B., & Nedergaard, J. (2004). Brown Adipose Tissue: Function and Physiological Significance. *Physiological reviews*.
- 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.
- Cass, S. P. (2017). Alzheimer’s disease and exercise: A literature review. *Current Sports Medicine Reports*, 16(1), 19–22.
- Clark, I., & Dumas, G. (2015). Toward a neural basis for peer-interaction: what makes peer-learning tick? *Frontiers in Psychology*, 6, 28.
- 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.
- Cohen, B. B. (1976). *An introduction to Body-Mind-Centering*. 1–11.
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults. *Psychological Science*, 14.
- Collado-Mateo, D., Lavín-Pérez, A. M., Peñacoba, C., Del Coso, J., Leyton-Román, M., Luque-Casado, A., Gasque, P., Fernández-Del-olmo, M. Á., & Amado-Alonso, D. (2021). Key factors associated with adherence to physical exercise in patients with chronic diseases and older adults: An umbrella review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1–24.
- Colledge, N. R., Cantley, P., Peaston, I., Brash, H., Lewis, S., & Wilson, J. A. (1994). Ageing and balance: the measurement of spontaneous sway by posturography. *Gerontology*, 40(5), 273–278.
- Cooper-Kahn, J., & Dietzel, L. (2008). What is executive functioning. Retrieved on April, 19, 2015.
- Cooper, L., & Thomas, H. (2002). Growing old gracefully: Social dance in the third age. *Ageing and Society*, 22, 689–708.
- 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.
- Coubard, O. A., Duretz, S., Lefebvre, V., Lapalus, P., & Ferrufino, L. (2011). Practice of contemporary dance improves cognitive flexibility in aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *3*, 13.
- Craighero, L. (2022). The Role of the Sensorimotor System in Cognitive Functions. *Brain Sciences*, *12*(5).
- Cramer, H., Lauche, R., Langhorst, J., & Dobos, G. (2013). Yoga for depression: a systematic review and meta-analysis. *Depression and Anxiety*, *30*(11), 1068–1083.
- Cross, E. S., Kraemer, D. J. M., De, A. F., Hamilton, C., Kelley, W. M., & Grafton, S. T. (2009). Sensitivity of the Action Observation Network to Physical and Observational Learning. *Cerebral Cortex February*, *19*, 315–326.
- Cruz-Ferreira, A., Marmeleira, J., Formigo, A., Gomes, D., & Fernandes, J. (2015). Creative Dance Improves Physical Fitness and Life Satisfaction in Older Women. *Research on Aging*, *37*(8), 837–855.
- Cruz-Garza, J. G., Hernandez, Z. R., Nepaul, S., Bradley, K. K., & Contreras-Vidal, J. L. (2014). Neural decoding of expressive human movement from scalp electroencephalography (EEG). *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 188.
- Cruz, R. F. & Sabers, D. L. (1998). Dance movement therapy is more effective than previously reported. *The Arts in Psychotherapy*, *25*(2), 101–104.
- Čechová, K. (2020). *Univerzita Karlova*. 1–6.
- da Costa Teixeira, L. A., Avelar, N. C. P., Peixoto, M. F. D., Parentoni, A. N., Santos, J. M. dos, Pereira, F. S. M., Danielewicz, A. L., Leopoldino, A. A. O., Costa, S. P., & Arrieiro, A. N. (2023). Inflammatory biomarkers at different stages of Sarcopenia in older women. *Scientific Reports*, *13*(1), 10367.
- de Groot, G. C. L., & Fagerström, L. (2011). Older adults' motivating factors and barriers to exercise to prevent falls. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, *18*(2), 153–160.
- De La Rosa, A., Olaso-Gonzalez, G., Arc-Chagnaud, C., Millan, F., Salvador-Pascual, A., Garcia-Lucerga, C., Blasco-Lafarga, C., Garcia-Dominguez, E., Carretero, A., Correas, A. G., Viña, J., & Carmen Gomez-Cabrera, M. (2020). Physical exercise in the prevention and treatment of Alzheimer's disease. *Journal of sport and health science*, *9*(5), 394-404

- de Oliveira, M., De Sibio, M. T., Mathias, L. S., Rodrigues, B. M., Sakalem, M. E., & Nogueira, C. R. (2020). Irisin modulates genes associated with severe coronavirus disease (COVID-19) outcome in human subcutaneous adipocytes cell culture. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 515, 110917. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mce.2020.110917>
- DeJesus, B. M., Oliveira, R. C., de Carvalho, F. O., de Jesus Mari, J., Arida, R. M., & Teixeira-Machado, L. (2020). Dance promotes positive benefits for negative symptoms in autism spectrum disorder (ASD): A systematic review. *Complementary Therapies in Medicine*, 49, 102299.
- Del Carmen, C. (2020). The Development of Ballet Exercises With Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Techniques for Patients With Parkinson's Disease: An Abbreviated Case Report. *Orthopaedic Physical Therapy Practice*, 32(2).
- Di Paolo, E., & Thompson, E. (2014). The enactive approach. *The Routledge Handbook of Embodied Cognition*, 68–78.
- Dickerson, B. C., & Eichenbaum, H. (2010). The episodic memory system: neurocircuitry and disorders. *Neuropsychopharmacology: Official Publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 35(1), 86–104.
- Dinas, P. C., Lahart, I. M., Timmons, J. A., Svensson, P.-A., Koutedakis, Y., Flouris, A. D., & Metsios, G. S. (2017). Effects of physical activity on the link between PGC-1 $\alpha$  and FNDC5 in muscle, circulating Irisin and UCP1 of white adipocytes in humans: A systematic review. *F1000Research*, 6(May), 286.
- 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.
- Dosedlová, J. (2012). *Terapie tancem*. Grada Publishing as.
- Dou, X., Li, H., & Jia, L. (2021). The linkage cultivation of creative thinking and innovative thinking in dance choreography. *Thinking Skills and Creativity*, 41(July), 100896.
- Dunbar, R. I. M. (2023). The origins and function of musical performance. *Frontiers in Psychology*, 14, 1257390.
- Duranton, C., & Gaunet, F. (2016). Behavioural synchronization from an ethological perspective: Overview of its adaptive value. *Adaptive Behavior*, 24(3), 181–191.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin,

- S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7).
- Ernfors, P., & Bramham, C. R. (2003). The coupling of a trkB tyrosine residue to LTP. *Trends in Neurosciences*, 26(4), 171–173.
- Esmail, A., Vrinceanu, T., Lussier, M., Predovan, D., Berryman, N., Houle, J., Karelis, A., Grenier, S., Minh Vu, T. T., Villalpando, J. M., & Bherer, L. (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).
- Essery, R., Geraghty, A. W. A., Kirby, S., & Yardley, L. (2017). Predictors of adherence to home-based physical therapies: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 39(6), 519–534.
- Fahnestock, M., Garzon, D., Holsinger, R. M. D., & Michalski, B. (2002). Neurotrophic factors and Alzheimer's disease: Are we focusing on the wrong molecule? *Journal of Neural Transmission, Supplement*, 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.
- Farrukh, S., Habib, S., Rafaqat, A., Sarfraz, A., Sarfraz, Z., & Tariq, H. (2023). Association of exercise, brain-derived neurotrophic factor, and cognition among older women: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 114, 105068.
- Feldenkrais, M. (2011). Embodied wisdom: *The collected papers of Moshe Feldenkrais*. North Atlantic Books.
- Ferlinc, A., Fabiani, E., Velnar, T., & Gradisnik, L. (2019). The Importance and Role of Proprioception in the Elderly: a Short Review. *Materia Socio Medica*, 31(3).
- Ferreira, S. T., Lourenco, M. V, Oliveira, M. M., & De Felice, F. G. (2015). Soluble amyloid-b oligomers as synaptotoxins leading to cognitive impairment in Alzheimer's disease. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 9, 191.
- Ferrer-Martínez, A., Ruiz-Lozano, P., & Chien, K. R. (2002). Mouse PeP: A novel peroxisomal protein linked to myoblast differentiation and development. *Developmental Dynamics*, 224(2), 154–167.

- Ferris, L. T., Williams, J. S., & Shen, C.-L. (2007). The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(4), 728–734.
- Filar-Mierzwa, K., Długosz, M., Marchewka, A., Dąbrowski, Z., & Poznańska, A. (2017). The effect of dance therapy on the balance of women over 60 years of age: The influence of dance therapy for the elderly. *Journal of Women and Aging*, 29(4), 348–355.
- Fink, B., Bläsing, B., Ravignani, A., & Shackelford, T. K. (2021). Evolution and functions of human dance. *Evolution and Human Behavior*, 42(4), 351–360.
- Fitt, S. S. (1988). *Dance Kinesiology*. Schirmer Books, a Division of Macmillan.
- Fleitas, J. C., Hammud, S. F. P., Kakuta, E., & Loreti, E. H. (2022). A meta-analysis of the effects of physical exercise on peripheral levels of a brain-derived neurotrophic factor in the elderly. *Biomarkers*, 27(3), 205–214
- Fong Yan, A., Cobley, S., Chan, C., Pappas, E., Nicholson, L. L., Ward, R. E., Murdoch, R. E., Gu, Y., Trevor, B. L., Vassallo, A. J., Wewege, M. A., & Hiller, C. E. (2018). The Effectiveness of Dance Interventions on Physical Health Outcomes Compared to Other Forms of Physical Activity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(4), 933–951.
- 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.
- Forbes, D., Thiessen, E. J., Blake, C. M., Forbes, S. C., & Forbes, S. (2013). Exercise programs for people with dementia. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, CD006489.
- Fratiglioni, L., Paillard-Borg, S., & Winblad, B. (2004). An active and socially integrated lifestyle in late life might protect against dementia. *The Lancet Neurology*, 3(6), 343–353.
- 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).
- Futagi, Y., Toribe, Y., & Suzuki, Y. (2012). The grasp reflex and moro reflex in infants: hierarchy of primitive reflex responses. *International Journal of Pediatrics* 2012.
- Gallese, V. (2003). The roots of empathy: the shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity. *Psychopathology*, 36(4), 171–180.
- Galvin, J. E., Roe, C. M., Powlishta, K. K., Coats, M. A., Muich, S. J., Grant, E., Miller, J. P., Storandt, M., & Morris, J. C. (2005). The AD8. *Neurology*, 65(4), 559 LP – 564.
- Gao, Y., Zhao, J., Qin, C., Yuan, Q., Zhu, J., Sun, Y., Lu, C., Federal, U., Cear, D. O., Ci, C. D. E., Agr, N., Ci, E. M., Alimentos, T. D. E., Lopes, S., Oliveira, G. O. D. E., Afifah, I., & Sopiany, H. M., Psicologia, P. D. E. P. E. M., Orrico Junior, M., Santos, H. D. S., Augusto, K. V. O. N. Z. (2023). *Aleph*, 87(1,2), 149–200.
- Gentile, A. M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, 17(1), 3–23.
- Ghanbari-Niaki, A., Saeidi, A., Ahmadian, M., Gharahcholo, L., Naghavi, N., Fazelzadeh, M., Mahjoub, S., Myers, S., & Williams, A. (2018). The combination of exercise training and Zataria multiflora supplementation increase serum irisin levels in postmenopausal women. *Integrative Medicine Research*, 7(1), 44–52.
- Ghez, C., Gordon, J., & Ghilardi, M. F. (1995). Impairments of reaching movements in patients without proprioception. II. Effects of visual information on accuracy. *Journal of Neurophysiology*, 73(1), 361–372.
- Goldstein-Levitas, N. (2016). Dance/Movement Therapy and Sensory Stimulation: A Holistic Approach to Dementia Care. *American Journal of Dance Therapy*, 38(2).
- Goller, M., & Shizuka, D. (2018). Evolutionary origins of vocal mimicry in songbirds. *Evolution Letters*, 2(4), 417–426.
- Gomez-Pinilla, F., & Hillman, C. (2013). The influence of exercise on cognitive abilities. *Comprehensive Physiology*, 3(1), 403.
- Gomez, J. (2021). Run for Your Life. *Journal of General Internal Medicine*, 36(9), 2851–2852.
- Gothe, N. P., & McAuley, E. (2015). Yoga and cognition: a meta-analysis of chronic and acute effects. *Psychosomatic Medicine*, 77(7), 784–797.



- Granacher, U., Muehlbauer, T., Bridenbaugh, S. A., Wolf, M., Roth, R., Gschwind, Y., Wolf, I., Mata, R., & Kressig, R. W. (2012). Effects of a Salsa Dance Training on Balance and Strength Performance in Older Adults. *Gerontology*, *58*(4), 305–312.
- Greising, S.M., Ermilov, L.G., Sieck, G.C. & Mantilla, C.B. (2015) Ageing and neurotrophic signalling effects on diaphragm neuromuscular function, *The Journal of Physiology*, *593*(2), 1.
- Grillner, S. (1985). Neurobiological Bases of Rhythmic Motor Acts in Vertebrates. *Science*, *228*(4696), 143–149.
- Groot, C., Hooghiemstra, A. M., Raijmakers, P. G. H. M., van Berckel, B. N. M., Scheltens, P., Scherder, E. J. A., van der Flier, W. M., & Ossenkoppele, R. (2016). The effect of physical activity on cognitive function in patients with dementia: A meta-analysis of randomized control trials. *In Ageing Research Reviews* (Vol. 25).
- Grygiel-Gorniak, B., & Puszczewicz, M. (2017). A review on irisin, a new protagonist that mediates muscle-adipose-bone-neuron connectivity. *European Review Medical Pharmacological Sciences*, *21*(20), 4687–4693.
- Hackney, M. E., Byers, C., Butler, G., Sweeney, M., Rossbach, L., & Bozzorg, A. (2015). Adapted tango improves mobility, motor-cognitive function, and gait but not cognition in older adults in independent living. *Journal of the American Geriatrics Society*, *63*(10).
- Hackney, M., & McKee, K. (2014). Community-based adapted tango dancing for individuals with Parkinson's disease and older adults. *Journal of Visualized Experiments*, *94*.
- Hackney, P. (2003). Making connections: Total body integration through Bartenieff fundamentals. In *Making Connections*.
- Hackney, P. (2020). What Are Principles of Bartenieff Fundamentals? In *Making Connections*.
- Hamer, M., & Chida, Y. (2008). Physical activity and risk of neurodegenerative disease: A systematic review of prospective evidence. *Psychological Medicine*, *39*(1), 3–11.
- Hanna, T. (1986). What is somatics. *Somatics: Magazine-Journal of the Bodily Arts and Sciences*, *5*(4), 4–8.
- Haraway, D. J. (2016). *Staying with the trouble: Making kin in the Chthulucene*. Duke University Press.
- Hartmann, D., Drummond, J., Handberg, E., Ewell, S., & Pozzo-Miller, L. (2012). Review Article Multiple Approaches to Investigate the Transport and Activity-

- Dependent Release of BDNF and Their Application in Neurogenetic Disorders. *Neural Plasticity*, 2012, 11.
- Hegde, S., Bracewell, R. M., Kobeissy, F. H., & Yang, Z. (2014). Music-based cognitive remediation therapy for patients with traumatic brain injury. *Frontiers in Neurology*, 5, 80281.
- Heissler R, Červenková M, Kopeček M, & G. H. (2020). Geriatrická škála deprese (GDS-15): Česká normativní studie. *Československá Psychologie*, 64(1), 49–65.
- Hewston, P., Kennedy, C. C., Borhan, S., Merom, D., Santaguida, P., Ioannidis, G., Marr, S., Santesso, N., Thabane, L., Bray, S., & Papaioannou, A. (2021). Effects of dance on cognitive function in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Age and Ageing*, 50(4).
- Hillier, S., Immink, M., & Thewlis, D. (2015). Assessing Proprioception: A Systematic Review of Possibilities. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(10). <https://doi.org/10.1177/1545968315573055>
- 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.
- Himberg, T., Laroche, J., Bigé, R., Buchkowski, M., & Bachrach, A. (2018). Coordinated interpersonal behaviour in collective dance improvisation: the aesthetics of kinaesthetic togetherness. *Behavioral Sciences*, 8(2), 23.
- Ho, R., Fong, T., Hon, T., Li, B., Chan, W., Kwan, J., Chiu, P., & Lam, L. (2017). Effects Of Dance Movement Interventions And Exercise On Elderly With Early Dementia. *Innovation in Aging*, 1(suppl\_1), 345–345.
- Ho, Rainbow T.H., Fong, T. C. T., Chan, W. C., Kwan, J. S. K., Chiu, P. K. C., Yau, J. C. Y., & Lam, L. C. W. (2020). Psychophysiological Effects of Dance Movement Therapy and Physical Exercise on Older Adults with Mild Dementia: A Randomized Controlled Trial. *Journals of Gerontology - Series B Psychological Sciences and Social Sciences*, 75(3).
- Ho, Rainbow Tin Hung, Cheung, J. K. K., Chan, W. C., Cheung, I. K. M., & Lam, L. C. W. (2015). A 3-arm randomized controlled trial on the effects of dance movement intervention and exercises on elderly with early dementia. *BMC Geriatrics*, 15, 127.
- Hokkanen, L., Rantala, L., Remes, A. M., Härkönen, B., Viramo, P., & Winblad, I. (2008). Dance and movement therapeutic methods in management of dementia: A randomized, controlled study. In *Journal of the American Geriatrics Society* (Vol. 56, Issue 4).

- Holmerová, I. (2019). Dekáda zdravého stárnutí-nové pohledy, pojmy a strategie WHO. *Aktivní Gerontologie, Aneb, Jak Stárnout Dobře. Praha: Mladá Fronta*, 34–41.
- Holmerová, I., Hort, J., Rusina, R., Wimo, A., & Štefl, M. (2017). Costs of dementia in the Czech Republic. *The European Journal of Health Economics*, 18(8), 979–986.
- Hošková, B. (2015). *Zdravotně-kompenzační cvičení* (F. tělesné výchovy a sportu Univerzita Karlova (ed.)). Grada Publishing,a.s.
- Huang, J., Wang, S., Xu, F., Wang, D., Yin, H., Lai, Q., Liao, J., Hou, X., & Hu, M. (2017). Exercise training with dietary restriction enhances circulating irisin level associated with increasing endothelial progenitor cell number in obese adults: An intervention study. *PeerJ*, 2017(8).
- Hui, E., Chui, B. T., & Woo, J. (2009). Effects of dance on physical and psychological well-being in older persons. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 49(1), e45-50.
- Hwang, P. W.-N., & Braun, K. L. (2015). The Effectiveness of Dance Interventions to Improve Older Adults' Health: A Systematic Literature Review. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 21(5), 64–70.
- Chappell, K., Redding, E., Crickmay, U., Stancliffe, R., Jobbins, V., & Smith, S. (2021). The aesthetic, artistic and creative contributions of dance for health and wellbeing across the lifecourse: a systematic review. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-Being*, 16(1).
- Chatfield, S. J., & Barr, S. (1994). Towards a testable hypothesis of training principles for the neuromuscular facilitation of human movement. *Dance Research Journal*, 26(1), 8–14.
- Chen, W. W., Zhang, X., & Huang, W. J. (2016). Role of physical exercise in alzheimer's disease (Review). *Biomedical Reports*, 4(4), 403–407.
- Chow, L. S., Gerszten, R. E., Taylor, J. M., Pedersen, B. K., Van Praag, H., Trappe, S., Febbraio, M. A., Galis, Z. S., Gao, Y., & Haus, J. M. (2022). Exerkines in health, resilience and disease. *Nature Reviews Endocrinology*, 18(5), 273–289.
- Islam, Mohammad R., Valaris, S., Young, M. F., Haley, E. B., Luo, R., Bond, S. F., Mazuera, S., Kitchen, R. R., Caldarone, B. J., Bettio, L. E. B., Christie, B. R., Schmider, A. B., Soberman, R. J., Besnard, A., Jedrychowski, M. P., Kim, H., Tu, H., Kim, E., Choi, S. H., ... Wrann, C. D. (2021). Author Correction: Exercise hormone irisin is a critical regulator of cognitive function (Nature Metabolism, (2021), 3, 8, (1058-1070), *Nature Metabolism*, 3(10), 1432.

- Islam, Mohammad Rashedul, Young, M. F., & Wrann, C. D. (2017). The Role of FNDC5/Irisin in the Nervous System and as a Mediator for Beneficial Effects of Exercise on the Brain. *Hormones, metabolism and the benefits of exercise*, 93-102
- Jaam, M., Hadi, M. A., Kheir, N., Ibrahim, M. I. M., Diab, M. I., Al-Abdulla, S. A., & Awaisu, A. (2018). A qualitative exploration of barriers to medication adherence among patients with uncontrolled diabetes in Qatar: Integrating perspectives of patients and health care providers. *Patient Preference and Adherence*, 12, 2205–2216.
- Jain, S., Janssen, K., & DeCelle, S. (2004). Alexander technique and Feldenkrais method: a critical overview. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 15(4), 811–825.
- 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.
- Jodeiri Farshbaf, M., & Alviña, K. (2021). Multiple Roles in Neuroprotection for the Exercise Derived Myokine Irisin. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13.
- Judge, J. O. (2003). Balance training to maintain mobility and prevent disability. *American Journal of Preventive Medicine*, 25(3 SUPPL. 2), 150–156.
- Karageorghis, C. I., & Priest, D. L. (2012). Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part II). *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 5(1), 67–84.
- Karatekin, C. (2007). Eye tracking studies of normative and atypical development. *Developmental Review*, 27(3), 283–348.
- Karkou, V., & Meekums, B. (2017). Dance movement therapy for dementia. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2017, Issue 2).
- Kattenstroth, J. C., Kalisch, T., Holt, S., Tegenthoff, M., & Dinse, H. R. (2013). Six months of dance intervention enhances postural, sensorimotor, and cognitive performance in elderly without affecting cardio-respiratory functions. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 5(FEB), 1–16.
- Kella, K., Hyvönen, K., Pylvänäinen, P., & Muotka, J. (2022). Dance movement therapy for depressed clients: Profiles of the level and changes in depression. *Body, Movement and Dance in Psychotherapy*, 17(2), 133–149.
- 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

- change of body composition in overweight/obese adults: a pilot study. *Physiological Research*, 65(2), 271.
- Kim, H., Wrann, C. D., Jedrychowski, M., Vidoni, S., Kitase, Y., Nagano, K., Zhou, C., Chou, J., Parkman, V. J. A., Novick, S. J., Strutzenberg, T. S., Pascal, B. D., Le, P. T., Brooks, D. J., Roche, A. M., Gerber, K. K., Mattheis, L., Chen, W., Tu, H., ... Spiegelman, B. M. (2018). Irisin Mediates Effects on Bone and Fat via  $\alpha V$  Integrin Receptors. *Cell*, 175(7), 1756-1768.e17.
- Kim, J. H., & Kim, D. Y. (2018). Aquarobic exercises improve the serum blood irisin and brain-derived neurotrophic factor levels in elderly women. *Experimental Gerontology*, 104.
- Kim, S.-H., Kim, M., Ahn, Y.-B., Lim, H.-K., Kang, S.-G., Cho, J., Park, S.-J., & Song, S.-W. (2011). Effect of dance exercise on cognitive function in elderly patients with metabolic syndrome: a pilot study. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(4), 671.
- Kim, S. (2018). Exploring the field application of combined cognitive-motor program with mild cognitive impairment elderly patients. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(5), 817.
- Kimura, K., & Hozumi, N. (2012). Investigating the acute effect of an aerobic dance exercise program on neuro-cognitive function in the elderly. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(5), 623–629.
- Knaepen, K., Goekint, M., Heyman, E. M., & Meeusen, R. (2010). Neuroplasticity—exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: a systematic review of experimental studies in human subjects. *Sports Medicine*, 40, 765–801.
- Koch, S. C., Riege, R. F. F., Tisborn, K., Biondo, J., Martin, L., & Beelmann, A. (2019). Effects of dance movement therapy and dance on health-related psychological outcomes. A meta-analysis update. *Frontiers in Psychology*, 10(AUG).
- Koch, S., Kunz, T., Lykou, S., & Cruz, R. (2014). Effects of dance movement therapy and dance on health-related psychological outcomes: A meta-analysis. *Arts in Psychotherapy*, 41(1), 46–64.
- 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.

- Kosmat, H., & Vranic, A. (2017). The efficacy of a dance intervention as cognitive training for the old-old. *Journal of Aging and Physical Activity, 25*(1), 32–40.
- Kraft, K. P., Steel, K. A., Macmillan, F., Olson, R., & Merom, D. (2015). Why few older adults participate in complex motor skills: a qualitative study of older adults' perceptions of difficulty and challenge. *BMC Public Health, 15*, 1–11.
- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., ... Colcombe, A. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*.
- Kramer, A. F., & Colcombe, S. (2018). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study—revisited. *Perspectives on Psychological Science, 13*(2), 213–217.
- Kshtriya, S., Rebecca Barnstaple, •, Débora, •, Rabinovich, B., & Desouza, J. F. X. (2015). Dance and Aging: A Critical Review of Findings in Neuroscience. *American Journal of Dance Therapy, 37*, 81–112.
- 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.
- Küster, O. C., Laptinskaya, D., Fissler, P., Schnack, C., Zügel, M., Nold, V., Thurm, F., Pleiner, S., Karabatsiakos, A., von Einem, B., Weydt, P., Liesener, A., Borta, A., Woll, A., Hengerer, B., Kolassa, I.-T., & von Arnim, C. A. F. (2017). Novel Blood-Based Biomarkers of Cognition, Stress, and Physical or Cognitive Training in Older Adults at Risk of Dementia: Preliminary Evidence for a Role of BDNF, Irisin, and the Kynurenine Pathway. *Journal of Alzheimer's Disease, 59*, 1097–1111.
- Laban, R. (2011). *The mastery of movement* (L. Ullman (ed.); revised fo). Dance book Ltd.
- Lam, F. M. H., Huang, M. Z., Liao, L. R., & Pang, M. Y. C. (2015a). The effects of exercise on physical health in people with cognitive impairments: a systematic review. *Physiotherapy, 101*.
- Lam, F. M. H., Huang, M. Z., Liao, L. R., & Pang, M. Y. C. (2015b). The effects of exercise on physical health in people with cognitive impairments: a systematic review. *Physiotherapy, 101*(May), e811–e812.
- Laroche, J., & Kaddouch, I. (2014). Enacting teaching and learning in the interaction process: “Keys” for developing skills in piano lessons through four-hand improvisations. *Journal of Pedagogy, 5*(1), 24–47.

- 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.
- Lauffenburger, S. K. (2020). 'Something More': The Unique Features of Dance Movement Therapy/Psychotherapy. *American Journal of Dance Therapy*, *42*(1).
- Legård, G. E., & Pedersen, B. K. (2019). Muscle as an endocrine organ. In *Muscle and Exercise Physiology* (pp. 285–307). Elsevier.
- Lenze, E. J., & Wetherell, J. L. (2011). A Lifespan view of anxiety disorders. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, *13*(4), 381–399. <https://doi.org/10.31887/dens.2011.13.4/elenze>
- Leustean, L., Preda, C., Teodoriu, L., Mihalache, L., Arhire, L., & Ungureanu, M.-C. (2021). Role of Irisin in Endocrine and Metabolic Disorders—Possible New Therapeutic Agent? *Applied Sciences*, *11*(12), 5579.
- Lewis, R. N., & Scannell, E. D. (1995). Relationship of body image and creative dance movement. *Perceptual and Motor Skills*, *81*(1), 155–160.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, USA
- Lin, J., Wu, P.-H., Tarr, P. T., Lindenberg, K. S., St-Pierre, J., Zhang, C., Mootha, V. K., Jäger, S., Vianna, C. R., & Reznick, R. M. (2004). Defects in adaptive energy metabolism with CNS-linked hyperactivity in PGC-1 $\alpha$  null mice. *Cell*, *119*(1), 121–135.
- Lin, Y., Li, B., Tang, H., Xu, Q., Wu, Y., Cheng, Q., Li, C., Xiao, S., Shen, L., Tang, W., Yu, H., He, N., Lin, H., Yan, F., Cao, W., Yang, S., Liu, Y., Zhao, W., Lu, D., ... Chen, S. (2018). Shanghai cognitive intervention of mild cognitive impairment for delaying progress with longitudinal evaluation—a prospective, randomized controlled study (SIMPLE): Rationale, design, and methodology. *BMC Neurology*, *18*(1), 1–8.
- Liu, T.-Y., Xiong, X.-Q., Ren, X.-S., Zhao, M.-X., Shi, C.-X., Wang, J.-J., Zhou, Y.-B., Zhang, F., Han, Y., Gao, X.-Y., Chen, Q., Li, Y.-H., Kang, Y.-M., & Zhu, G.-Q. (2016). Exercise Training Induces Mitochondrial Biogenesis and Glucose Uptake in Subcutaneous Adipose Tissue Through eNOS-Dependent Mechanisms. *Diabetes*, *65*, 3262–3275.

- Liu, X., Shen, P. L., & Tsai, Y. S. (2021). Dance intervention effects on physical function in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(2), 253–263.
- Lourenco, M. V., Frozza, R. L., Freitas, G. B. De, Zhang, H., Kincheski, G. C., Ribeiro, F. C., Gonçalves, R. A., Clarke, J. R., Beckman, D., Staniszewski, A., Berman, H., Guerra, L. A., Meier, S., Wilcock, D. M., Souza, J. M. De, & Alves, S. (2019). Exercise-linked FNDC5/irisin rescues synaptic plasticity and memory defects in Alzheimer's models. 25(1), 165–175. *Natur Medicine*, 25(1), 165-175.
- Luo, Y., Qiao, X., Ma, Y., Deng, H., Xu, C. C., & Xu, L. (2020). Disordered metabolism in mice lacking irisin. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10.
- Ma, C., Ding, H., Deng, Y., Liu, H., Xiong, X., & Yang, Y. (2021). Irisin: A New Code Uncover the Relationship of Skeletal Muscle and Cardiovascular Health During Exercise. . In *Frontiers in Physiology* (Vol. 12).
- Ma, Z., Qi, J., Gao, L., & Zhang, J. (2020). Role of exercise on alleviating pressure overload-induced left ventricular dysfunction and remodeling via ampk-dependent autophagy activation. *International Heart Journal*, 61(5), 1022–1033.
- 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.
- Machacova, K., Vankova, H., Volicer, L., Veleta, P., & Holmerova, I. (2017). Dance as Prevention of Late Life Functional Decline Among Nursing Home Residents. *Journal of Applied Gerontology*, 36(12).
- Marasovic, S., & Blažeka Kokorić, S. (2014). The role of dance in the improvement of active lifestyle and quality of life of older people. *Revija Za Socijalnu Politiku*, 21, 235–254.
- Marcori, A. J., & Okazaki, V. H. A. (2019). Motor repertoire and gray matter plasticity: Is there a link? *Medical Hypotheses*, 130, 109261.
- 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.



- Marks, R. (2016a). Narrative review of dance-based exercise and its specific impact on depressive symptoms in older adults. *AIMS Medical Science*, 3(1), 61–76.
- Marks, R. (2016b). Narrative Review of Dance-based Exercise and Its Specific Impact on Depressive Symptoms in Older Adults. *AIMS Medical Science*, 3(1), 61–76.
- Marquez, D. X., Wilson, R., Aguiñaga, S., Vásquez, P., Fogg, L., Yang, Z., Wilbur, J., Hughes, S., & Spanbauer, C. (2017). Regular Latin dancing and health education may improve cognition of late middle-aged and older Latinos. *Journal of Aging and Physical Activity*, 25(3), 482–489.
- Massumi, B. (2015). *Politics of affect*. John Wiley & Sons.
- Matin, S., & Dadkhah, M. (2024). BDNF/CREB signaling pathway contribution in depression pathogenesis: A survey on the non-pharmacological therapeutic opportunities for gut microbiota dysbiosis. *Brain Research Bulletin*, 110882.
- Mattson, M. P. (2012). Evolutionary aspects of human exercise--born to run purposefully. *Ageing Research Reviews*, 11(3), 347–352.
- McCrary, J. M., Redding, E., & Altenmüller, E. (2021). Performing arts as a health resource? An umbrella review of the health impacts of music and dance participation. *PloS One*, 16(6), e0252956.
- 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.
- Meekums, B., Karkou, V., & Nelson, E. A. (2015). Dance movement therapy for depression. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2.
- 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.
- Meltzoff, A. N. (2002). Imitation as a mechanism of social cognition: Origins of empathy, theory of mind, and the representation of action. *Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development*, 6–25.

- Melzer, A., Shafir, T., & Tsachor, R. P. (2019). How do we recognize emotion from movement? Specific motor components contribute to the recognition of each emotion. *Frontiers in Psychology*, 1389.
- Merom, D., Grunseit, A., Eramudugolla, R., Jefferis, B., Mcneill, J., & Anstey, K. J. (2016). Cognitive benefits of social dancing and walking in old age: the dancing mind randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8, 177881.
- Miller, G. A. (1994). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 101(2), 343–352.
- 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.
- Monica, R. (2022). Dance / Movement Therapy Interventions to Cope with Covid-19 : From Isolation towards a New Proactive Community. *Medical research Archive*, 10(9)1–9.
- Montero-Fernández, N., & Serra-Rexach, J. A. (2013). Role of exercise on sarcopenia in the elderly. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 49(1), 131–143.
- Motahari Rad, M., Bijeh, N., Attarzadeh Hosseini, S. R., & Raouf Saeb, A. (2021). The Impact of Different Modes of Exercise Training on Irisin: A Systematic Review and Meta- Analysis Research TT. *Journal of Advances Medical and Biomedical Research*, 29(134),
- Muiños, M., & Ballesteros, S. (2021a). Does dance counteract age-related cognitive and brain declines in middle-aged and older adults? A systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 121, 259–276.
- Muiños, M., & Ballesteros, S. (2021b). Does dance counteract age-related cognitive and brain declines in middle-aged and older adults? A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 121, 259–276.
- Müller, P., Duderstadt, Y., Lessmann, V., & Müller, N. G. (2020). Lactate and BDNF: key mediators of exercise induced neuroplasticity? *Journal of Clinical Medicine*, 9(4), 1136

- 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).
- Nadasen, K. (2008). “Life Without Line Dancing and the Other Activities Would be Too Dreadful to Imagine”: An Increase in Social Activity for Older Women. *Journal of Women & Aging, 20*, 329–342
- Nagahara, A. H., Merrill, D. A., Coppola, G., Tsukada, S., Schroeder, B. E., Shaked, G. M., Wang, L., Blesch, A., Kim, A., & Conner, J. M. (2009). Neuroprotective effects of brain-derived neurotrophic factor in rodent and primate models of Alzheimer’s disease. *Nature Medicine, 15*(3), 331–337.
- Nagamatsu, L. S., Handy, T. C., Hsu, C. L., Voss, M., & Liu-Ambrose, T. (2012). Resistance training promotes cognitive and functional brain plasticity in seniors with probable mild cognitive impairment. *Archives of Internal Medicine, 172*(8), 666–668.
- 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>
- Nelson, D. G. K., Hirsh-Pasek, K., Jusczyk, P. W., & Cassidy, K. W. (1989). How the prosodic cues in motherese might assist language learning. *Journal of Child Language, 16*(1), 55–68.
- 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.
- Noguera, C., Carmona, D., Rueda, A., Fernández, R., & Cimadevilla, J. M. (2020). Shall we dance? Dancing modulates executive functions and spatial memory. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(6).
- 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 $\alpha$ , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *The FEBS Journal, 281*(3), 739–749.

- Northey, J. M., Cherbuin, N., Pumpa, 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., Pumpa, 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.
- Oelmann, S., Nauck, M., Völzke, H., Bahls, M., & Friedrich, N. (2016). Circulating irisin concentrations are associated with a favourable lipid profile in the general population. *PLoS ONE*, *11*(4).
- Paglione, V., Kenny, S. J., McDonough, M. H., Din, C., & White, K. (2024). Movement, music, and connection: Older adults' experiences of community dance. *Activities, Adaptation & Aging*, *48*(1), 159–181.
- Pallaro, P. (1996). Self and body-self: Dance/movement therapy and the development of object relations. *Arts in Psychotherapy*, *23*(2), 113–119.
- Payne, H. (1990). Creative movement and dance in groupwork. *Self & Society*, *18*(5), 16–17.
- Pearce, N. D. (2007). *Inside Alzheimer's: How to hear and honor connections with a person who has dementia*. Forrason Press.
- Pearson, M., & Wilson, H. (2009). *Using expressive arts to work with the mind, body and emotions: theory and practice*. Jessica Kingsley Publishers.
- Pedersen, B. K. (2011). Muscles and their myokins. *Journal of Experimental Biology*, Jan (15), 214, 334-46
- 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.
- Perakakis, N., Triantafyllou, G. A., Fernández-Real, J. M., Huh, J. Y., Park, K. H., Seufert, J., & Mantzoros, C. S. (2017). Physiology and role of irisin in glucose homeostasis. *Nature Reviews Endocrinology*, *13*(6), 324–337.
- Pérez-Ros, P., Vila-Candel, R., & Martínez-Arnau, F. M. (2020). A home-based exercise program focused on proprioception to reduce falls in frail and pre-frail community-dwelling older adults. *Geriatric Nursing*, *41*(4).

- Pesce, M., Ballerini, P., Paolucci, T., Puca, I., Farzaei, M. H., & Patruno, A. (2020). Irisin and autophagy: First update. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(20), 1–27.
- Pessoa, R. F., Neves, C. M., & Ferreira, M. E. C. (2019). Dance therapy in aging: A systematic review. *Journal of Physical Education and Sport*, *19*(2), 1180–1187.
- Piaget, J. (1968). The mental development of the child. *Six Psychological Studies*, 3–73.
- Piaget, J. (1977). The role of action in the development of thinking. In *Knowledge and development* (pp. 17–42). Springer.
- Pierce, E. F., & Pate, D. W. (1994). Mood alterations in older adults following acute exercise. *Perceptual and Motor Skills*, *79*(1), 191–194.
- 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, O. S., Whitfield, T., Schaaf, L., Cornaro, C., Köbe, T., Koch, S., & Wirth, M. (2023). The Impact of Dance Movement Interventions on Psychological Health in Older Adults without Dementia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sciences*, *13*(7).
- Porto, F. H. G., Tusch, E. S., Fox, A. M., Alperin, B., Holcomb, P. J., & Daffner, K. R. (2016). One of the most well-established age-related changes in neural activity disappears after controlling for visual acuity HHS Public Access. *Neuroimage*, *130*, 115–122.
- Predovan, D., Julien, A., Esmail, A., & Bherer, L. (2019). Effects of Dancing on Cognition in Healthy Older Adults: a Systematic Review. *Journal of Cognitive Enhancement : Towards the Integration of Theory and Practice*, *3*(2), 161–167.
- Preiss, M., Rodriguez, M., & Laing, H. (2002). Neuropsychologická baterie Psychiatrického centra Praha: Klinické vyšetření základních kognitivních funkcí. Psychiatrické centrum.
- Prudente, T. P., Mezaiko, E., Silveira, E. A., & Nogueira, T. E. (2024). Effect of Dancing Interventions on Depression and Anxiety Symptoms in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Behavioral Sciences*, *14*(1), 43.
- Qi, M., Zhu, Y. I., Zhang, L., Wu, T., & Wang, J. I. E. (2019). The effect of aerobic dance intervention on brain spontaneous activity in older adults with mild cognitive

- impairment: A resting-state functional MRI study. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 17(1), 715–722.
- Qiu, S., Cai, X., Sun, Z., Schumann, U., Zügel, M., & Steinacker, J. M. (2015). Chronic Exercise Training and Circulating Irisin in Adults: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(11), 1577–1588.
- Rabbia, J. (2010). Dance as a community-based exercise in older adults. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 26(4), 353–360.
- Raichlen, D. A., & Gordon, A. D. (2011). Relationship between Exercise Capacity and Brain Size in Mammals. *PLoS One*, 6(6), e20601.
- Rajagopalan, J. (2022). Dance Movement Therapy for the Elderly: A Holistic Approach. *Indian Journal of Gerontology*, 36(2).
- Rashid, F. A., Abbas, H. J., Naser, N. A., & Ali, A. (2020). Effect of long-term moderate physical exercise on irisin between normal weight and obese men. *The Scientific World Journal*, 2020.
- Rashti, B., Mehrabani, J., Damirchi, A., & Babaei, P. (2019). The influence of concurrent training intensity on serum irisin and abdominal fat in postmenopausal women. *Menopause Review/Przegląd Menopauzalny*, 18(3), 166–173.
- Rehfeld, K., Lüders, A., Hökelmann, A., Lessmann, V., Kaufmann, J., Brigadski, T., Müller, P., & Müller, N. G. (2018). Dance training is superior to repetitive physical exercise in inducing brain plasticity in the elderly. *PLoS ONE*, 13(7), 1–15.
- 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.
- Rektorova, I., Klobusiakova, P., Balazova, Z., Kropacova, S., Sejnoha Minsterova, A., Grmela, R., Skotakova, A., & Rektor, I. (2020). Brain structure changes in nondemented seniors after six-month dance-exercise intervention. *Acta Neurologica Scandinavica*, 141(1), 90–97.
- 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).
- Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2007). Aging effects on joint proprioception: The role of physical activity in proprioception preservation. *European Review of Aging and Physical Activity*, 4(2).

- Ricci, N. A., & Cu <https://doi.org/10.1007/s11556-007-0026-xnha>, A. I. L. (2020). Physical exercise for frailty and cardiovascular diseases. *Frailty and Cardiovascular Diseases*, 115–129.
- Rius-Pérez, S., Torres-Cuevas, I., Millán, I., Ortega, Á. L., Pérez, S., & Sandhu, M. A. (2020). PGC-1  $\alpha$ , Inflammation, and Oxidative Stress: An Integrative View in Metabolism. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020.
- Roberson, D., & Pelclová, J. (2013). Social Dancing and Older Adults: Playground for Physical Activity. *Ageing International*, 39.
- Rody, T., De Amorim, J. A., & De Felice, F. G. (2022). The emerging neuroprotective roles of exerkinases in Alzheimer's disease. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 14(August), 1–12.
- Ronzi, S., Orton, L., Pope, D., Valtorta, N. K., & Bruce, N. G. (2018). What is the impact on health and wellbeing of interventions that foster respect and social inclusion in community-residing older adults? A systematic review of quantitative and qualitative studies. *Systematic Reviews*, 7(1), 1–22.
- Roy, D., & Browning, R. (2022). Healthy Ageing : In *Search of a New Normal*. 1–2.
- Sandel, S. L. (1978). Reminiscence in movement therapy with the aged. *Art Psychotherapy*.
- Santos-Lozano, A., Pareja-Galeano, H., Sanchis-Gomar, F., Quindós-Rubial, M., Fiuza-Luces, C., Cristi-Montero, C., Emanuele, E., Garatachea, N., & Lucia, A. (2016). Physical Activity and Alzheimer Disease: A Protective Association. *Mayo Clinic Proceedings*, 91(8), 999–1020.
- Särkämö, T. (2018). Cognitive, emotional, and neural benefits of musical leisure activities in aging and neurological rehabilitation: A critical review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 61(6), 414–418.
- Scott, W. A. (1962). Cognitive complexity and cognitive flexibility. *Sociometry*, 405–414.
- Sevdalis, V., & Keller, P. E. (2011). Captured by motion: Dance, action understanding, and social cognition. *Brain and Cognition*, 77(2), 231–236.
- Sheets-Johnstone, M. (2011). The primacy of movement. *The Primacy of Movement*, 1–606.
- Sheikh, J. I., & Yesavage, J. A. (1986). Geriatric Depression Scale (GDS): recent evidence and development of a shorter version. *Clinical Gerontologist: The Journal of Aging and Mental Health*.

- Shimada, H., Park, H., Makizako, H., Doi, T., Lee, S., & Suzuki, T. (2014). Depressive symptoms and cognitive performance in older adults. *Journal of Psychiatric Research, 57*, 149–156.
- Shimizu, N., Umemura, T., Matsunaga, M., & Hirai, T. (2018). Effects of movement music therapy with a percussion instrument on physical and frontal lobe function in older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *Aging & Mental Health, 22*(12), 1614–1626.
- Schon, E. A., & Manfredi, G. (2003). Neuronal degeneration and mitochondrial dysfunction. *The Journal of Clinical Investigation, 111*(3), 303–312.
- Siteneski, A., Cunha, M. P., Lieberknecht, V., Pazini, F. L., Gruhn, K., Brocardo, P. S., & Rodrigues, A. L. S. (2018). Central irisin administration affords antidepressant-like 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 2008 revision* (Vol. 1). United Nations Publications.
- Squire, L. R. (1992). Declarative and nondeclarative memory: Multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of Cognitive Neuroscience, 4*(3), 232–243.
- Steffl, M., Bohannon, R. W., Sontakova, L., Tufano, J. J., Shiells, K., & Holmerova, I. (2017). Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: A systematic review and meta-analysis. In *Clinical Interventions in Aging* (Vol. 12).
- Stelmach, G. E., & Worringham, C. J. (1985). Sensorimotor deficits related to postural stability: implications for falling in the elderly. *Clinics in Geriatric Medicine, 1*(3), 679–694.
- Stephen, R., Hongisto, K., Solomon, A., & Lönnroos, E. (2017). Physical Activity and Alzheimer's Disease: A Systematic Review. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 72*(6), 733–739.
- Stern, D. N. (2010). *Forms of vitality: Exploring dynamic experience in psychology, the arts, psychotherapy, and development*. Oxford University Press.
- Ströhle, A. (2008). Physical activity, exercise, depression and anxiety disorders. *Journal of Neural Transmission, 116*(6), 777
- Suetterlin, K. J., & Sayer, A. A. (2014). Proprioception: where are we now? A commentary on clinical assessment, changes across the life course, functional implications and future interventions. *Age and Ageing, 43*(3), 313–318



- Svobodová, L., Skotáková, A., Hedbávný, P., Vaculíková, P., & Sebera, M. (2016). Use of the dance pad for the development of rhythmic abilities. *Science of Gymnastics Journal*, 8(3), 283–293.
- Tamura, M., Nemoto, K., Kawaguchi, A., Kato, M., Arai, T., Kakuma, T., Mizukami, K., Matsuda, H., Soya, H., & Asada, T. (2014). Long-term mild-intensity exercise regimen preserves prefrontal cortical volume against aging: Benefits of ongoing mild exercise to aging brain. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 30.
- Teague, E., Langer, K., Borod, J., & Bender, H. (2011). *Proactive Interference*.
- Teixeira-Machado, L., Arida, R. M., & de Jesus Mari, J. (2019). Dance for neuroplasticity: A descriptive systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 96(November 2018), 232–240
- Teng, B., Rosbergen, I. C. M., Gomersall, S., Hatton, A., & Brauer, S. G. (2022). Physiotherapists' experiences and views of older peoples' exercise adherence with respect to falls prevention in Singapore: a qualitative study. *Disability and Rehabilitation*, 44(19), 5530–5538.
- Teufel, A., Malik, N., Mukhopadhyay, M., & Westphal, H. (2002). Frcp1 and Frcp2, two novel fibronectin type III repeat containing genes. *Gene*, 297(1–2), 79–83.
- Tchernichovski, O., & Marcus, G. (2014). Vocal learning beyond imitation: mechanisms of adaptive vocal development in songbirds and human infants. *Current Opinion in Neurobiology*, 28, 42–47.
- Timmons, J. A., Baar, K., Davidsen, P. K., & Atherton, P. J. (2012). Is irisin a human exercise gene? *Nature*, 488(7413), E9-10; discussion E10-1.
- Todd, M. (1972). *The Thinking Body*. New York: *Dance Horizons. Inc.*
- Topolski, T. D., LoGerfo, J., Patrick, D. L., Williams, B., Walwick, J., & Patrick, M. A. J. M. B. (2006). Peer reviewed: the Rapid Assessment of Physical Activity (RAPA) among older adults. *Preventing Chronic Disease*, 3(4).
- Tort, A. B. L., Brankač, J., & Draguhn, A. (2018). Respiration-entrained brain rhythms are global but often overlooked. *Trends in Neurosciences*, 41(4), 186–197.
- Trevellin, E., Scorzeto, M., Olivieri, M., Granzotto, M., Valerio, A., Tedesco, L., Fabris, R., Serra, R., Quarta, M., Reggiani, C., Nisoli, E., & Vettor, R. (2014). Exercise Training Induces Mitochondrial Biogenesis and Glucose Uptake in Subcutaneous Adipose Tissue Through eNOS-Dependent Mechanisms. *Diabetes*, 63, 2800–2811.

- Velkoborská, Z. (2013). Validizační studie testu fonemické verbální fluence k diagnostice kognitivního deficitu u amnestické mírné kognitivní poruchy a Alzheimerovy choroby, *Masarykova Univerzita*
- Uusi-Rasi, K., Sievänen, H., Vuori, I., Heinonen, A., Kannus, P., Pasanen, M., Rinne, M., & Oja, P. (1999). Long-term recreational gymnastics, estrogen use, and selected risk factors for osteoporotic fractures. *Journal of Bone and Mineral Research*, *14*(7), 1231–1238.
- Vandervoort, A. A. (2002). Aging of the human neuromuscular system. *Muscle and Nerve*, *25*(1), 17–25.
- Vaynman, S., Ying, Z., & Gomez-Pinilla, F. (2004). Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *European Journal of Neuroscience*, *20*(10), 2580–2590.
- Vella-Burrows, T., Pickard, A., Wilson, L., Clift, S., & Whitfield, L. (2021). ‘Dance to Health’: an evaluation of health, social and dance interest outcomes of a dance programme for the prevention of falls. *Arts & Health*, *13*(2), 158–172.
- Vergeer, I., Bennie, J. A., Charity, M. J., Harvey, J. T., van Uffelen, J. G. Z., Biddle, S. J. H., & Eime, R. M. (2017). Participation trends in holistic movement practices: a 10-year comparison of yoga/Pilates and t’ ai chi/qigong use among a national sample of 195,926 Australians. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, *17*(1), 296.
- Vetrovsky, T., Steffl, M., Stastny, P., & Tufano, J. J. (2019). The Efficacy and Safety of Lower-Limb Plyometric Training in Older Adults: A Systematic Review. *In Sports Medicine* (Vol. 49, Issue 1).
- Vina, J., Borrás, C., Sanchis-Gomar, F., Martínez-Bello, V. E., Ollaso-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.
- Viña, J., & Sanz-Ros, J. (2018). Alzheimer’s disease: Only prevention makes sense. In *European Journal of Clinical Investigation* (Vol. 48, Issue 10).
- 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., Meyerhoff, D. J., Taubert, M., Rehfeld, K., Müller, P., Aye, N., Schmicker, M., Dordevic, M., Kaufmann, J., Hökelmann, A., & Müller, N. G. (2017). Dancing or Fitness Sport? The Effects of Two Training Programs on Hippocampal Plasticity and Balance Abilities in Healthy Seniors. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 305.
- 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.
- Vrinceanu, T., Esmail, A., Berryman, N., Predovan, D., Vu, T. T. M., Villalpando, J. M., Pruessner, J. C., & Bherer, L. (2019). Dance your stress away: comparing the effect of dance/movement training to aerobic exercise training on the cortisol awakening response in healthy older adults. *Stress, 22*(6), 687–695.
- Wahl, C. (2019). *Laban/Bartenieff movement studies: Contemporary applications. Human Kinetics.*
- Wang, H., Ji, Z., Jiang, G., Liu, W., & Jiao, X. (2016). Correlation among proprioception, muscle strength, and balance. *Journal of Physical Therapy Science, 28*(12).
- Wang, Y. H., Zhou, H. H., Luo, Q., & Cui, S. (2022). The effect of physical exercise on circulating brain-derived neurotrophic factor in healthy subjects: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Brain and Behavior, 12*(4), 1–17.
- 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.*
- Whillier, S. (2020). Exercise and insulin resistance. *Advances in Experimental Medicine & Biology, 1228*, 137–150.
- World Health Organization. (2022). Dementia.
- World Health Organization. (2019). *Risk reduction of cognitive decline and dementia: WHO guidelines.*
- Wrann, C. D., White, J. P., Salogiannis, J., Laznik-Bogoslavski, D., Wu, J., Ma, D., Lin, J. D., Greenberg, M. E., & Spiegelman, B. M. (2013a). Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 $\alpha$ /FNDC5 pathway. *Cell Metabolism, 18*(5), 649–659.

- 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 $\alpha$ /FNDC5 pathway. *Cell Metabolism*, 18(5), 649–659.
- Xing, Y., Chen, W., Wang, Y., Jing, W., Gao, S., Guo, D., Xia, Y., & Yao, D. (2016). Music exposure improves spatial cognition by enhancing the BDNF level of dorsal hippocampal subregions in the developing rats. *Brain Research Bulletin*, 121, 131–137.
- Yoen Kim, O., & Song, J. (n.d.). Clinical Medicine The Role of Irisin in Alzheimer's Disease.
- Zaidel, D. W. (2010). Art and brain: Insights from neuropsychology, biology and evolution. In *Journal of Anatomy* (Vol. 216, Issue 2, pp. 177–183).
- Zhao, J., Su, Z., Qu, C., & Dong, Y. (2017). Effects of 12 weeks resistance training on serum irisin in older male adults. *Frontiers in Physiology*, 8, 171.
- 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 tabulek

Tabulka 1 Seznam testovaných kognitivních funkcí a kognitivních testů.....	56
Tabulka 2 Deskriptivní statistika .....	60
Tabulka 3 Výsledky vlivu intervence na vybrané proměnné .....	61
Tabulka 4 Regresní analýza.....	62

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Znázornění hlavních kognitivních domén a příklady kognitivních funkcí hodnocených v rámci každé domény.....	30
Obrázek 2 Časová osa RTC výzkumu .....	42
Obrázek 3 Nábor a průběh intervence .....	43
Obrázek 4 Grafické znázornění regresních analýz exerkingy a fyzické testy .....	63
Obrázek 5 Grafické znázornění regresních analýz krátké kognitivní testy a nálada .....	64
Obrázek 6 Grafické znázornění regresních analýz neuropsychologická baterie .....	65