

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Bc. Alžběta Remešová

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Katedra fyzioterapie

**Hodnocení zdrojové mozkové aktivity v sLORETA zobrazení
v průběhu imaginace a nástupu stavu flow**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

MUDr. David Pánek, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Alžběta Remešová

Praha, červen 2023

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

V Praze, dne

Bc. Alžběta Remešová

.....

.....

Evidenční list

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

Jméno a příjmení: Fakulta / katedra: Datum vypůjčení: Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu této diplomové práce MUDr. Davidovi Pánkovi, Ph.D. za jeho odborné rady, profesionální přístup a především za čas strávený konzultacemi a přípravou dat. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Dominice Dvořáčkové za pomoc s časově náročným měřením, za konzultace a také pomoc s přípravou dat. V neposlední řadě děkuji všem probandům, kteří nám věnovali čas nejen při samotném měření, ale také při domácím tréninku imaginace pohybu. Na závěr bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým, kteří mě ve studiu podporovali.

Abstrakt

Název: Hodnocení zdrojové mozkové aktivity v sLORETA zobrazení v průběhu imaginace a nástupu stavu flow

Cíle práce: Cílem této práce bylo zachytit pomocí sLORETA zobrazení změny ve zdrojové aktivitě mozku v rámci 3týdenního tréninku imaginace pohybu. Použitím subjektivních dotazníků bylo dále cílem zachytit a porovnat potenciální průběh stavu flow rovněž v rámci tréninku imaginace.

Metody: Studie se zúčastnilo 13 zdravých probandů ve věkovém rozmezí 20-30 let. Měření zdrojové aktivity mozku probíhalo pomocí povrchového telemetrického 32 kanálového EEG přístroje *Nicolet TM EEG Wireless Amplifier 32/64* firmy Natus Neurology. Měření pomocí EEG podstoupili probandi 2x, a to vždy před začátkem tréninku imaginace a po jeho skončení. Měření probíhala identicky v následujícím pořadí: 1) klidové EEG: 5 min zavřené oči, 5 min otevřené oči; 2) sledování videa ve VR: 3 min + 5 min pauza; 3) imaginace pohybu: 3 min. Po vstupním měření následoval 3týdenní domácí trénink imaginace pohybu s podrobným návodem a zapůjčením brýlí pro VR. Zhlédnutí videa a následný trénink vlastní imaginace měli probandi provést celkem 9x. Po vstupním i kontrolním měření byli probandi požádáni o vyplnění dotazníku Flow State Scale – Dlouhá verze (Řezáč, 2009), na domácí trénink obdrželi formulář s dotazníkem Short Flow Scale (Martin et Jackson, 2008), který vyplňovali po každém tréninku. Data ze zdrojové mozkové aktivity byla vyhodnocena a zobrazena v programu sLORETA. Statistické vyhodnocení dat zdrojové mozkové aktivity bylo provedeno pomocí párového t-testu s parametrem vyhlazení 0,5 a využitím permutační metody s 5000 randomizacemi. Oba zmíněné dotazníky byly vyhodnoceny pomocí Studentova párového t-testu s jednostranným rozdělením pro hladinu významnosti $p \leq 0,05$ v programu MS Excel.

Výsledky: Porovnání stavu při imaginaci chůze a klidového stavu při vstupním vyšetření ve statistickém programu sLORETA ukázalo signifikantní aktivaci několika BA (6, 8, 10 a 11) ve frekvenčním pásmu Beta 1. Statistické vyhodnocení stejné dvojice dat při kontrolním vyšetření ukázalo ještě vyšší počet signifikantně aktivních BA (3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 18, 19 a 40) i frekvenčních pásmech, těmi jsou Delta, Alfa 1, Beta 1 a Beta 3. Při porovnání imaginace pohybu při vstupním a kontrolním vyšetření nebyla nalezena statisticky významná změna. Stejně tak vyhodnocení dotazníku Flow State Scale a Short

Flow Scale při porovnání stavu při vstupním a kontrolním vyšetření neukázalo ani v jednom případě statisticky významný rozdíl.

Klíčová slova: imaginace, imaginace pohybu, virtuální realita, observace pohybu, zrcadlové neurony, trénink imaginace, flow, EEG, sLORETA

Abstract

Name: Brain Activity Evaluation Using sLORETA Imaging During Imagination and Induction of Flow State

The aim of the study: The aim of this work was to use sLORETA imaging to capture changes in the source brain activity before and after a 3-week movement imagination training. With the help of subjective questionnaires, the second goal was to capture and compare the potential progress of the flow state also within the imagination training.

Methods: 13 healthy probands in the age range of 20-30 years participated in the study. Brain source activity was measured using a surface telemetric 32-channel EEG device Nicolet TM EEG Wireless Amplifier 32/64 from Natus Neurology. The subjects underwent EEG measurements twice, always before the start of the imagination training and after its end. Measurements were performed identically in the following order: 1) resting EEG: 5 min eyes closed, 5 min eyes open; 2) watching video in VR: 3 min + 5 min pause; 3) imagination of movement: 3 min. The initial measurement was followed by a 3-week home movement imagination training with detailed instructions using VR glasses. The subjects were told to watch the video and then train their own imagination 9 times in total. After the initial and control measurements, the probands were asked to fill out the Flow State Scale questionnaire – Long version (Řezáč, 2009), for home training they received a form with the Short Flow Scale questionnaire (Martin et Jackson, 2008), which they filled out after each training session. Data from the source brain activity were evaluated and displayed in the sLORETA program. Statistical evaluation of source brain activity data was performed using a paired t-test with a smoothing parameter of 0.5 and using the permutation method with 5000 randomizations. Both mentioned questionnaires were evaluated using Student's paired t-test with a one-tailed distribution for a significance level of $p \leq 0.05$ using MS Excel.

Results: A comparison of the state during walking and resting state as a part of the initial examination showed significant activation of several BAs (6, 8, 10 and 11) in the Beta 1 frequency band. Statistical evaluation of the same pair of data during the control examination showed an even higher number of significantly active BAs (3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 18, 19 and 40) and frequency bands, which are Delta, Alpha 1, Beta 1 and Beta 3. When comparing the imagination of movement during the initial and follow-up

examination, there was no statistically significant change found. The evaluation of the Flow State Scale and Short Flow Scale questionnaires when comparing the condition during the initial and follow-up examination did not show a statistically significant difference in any case.

Key word: imagination, imagery, movement imagination, virtual reality, movement observation, mirror neurons, imagination training, flow, EEG, sLORETA

SEZNAM ZKRATEK

BA	Brodmannova area
BMI	body mass index
CMP	centrální mozková příhoda
CS	kybernetická nemoc
CT	výpočetní tomografie
DLPFC	dorsolaterální prefrontální kortex
EBM	medicína založená na důkazech
EEG	elektroencefalografie
ESM	experience sampling method
fMRI	funkční magnetická rezonance
FTVS	Fakulta tělesné výchovy a sportu
HPA	osa hypothalamus – hypofýza – nadledvinky
LTV	léčebná tělesná výchova
MRI	magnetická rezonance
PET	pozitronová emisní tomografie
PM	premotorická oblast
PMd	dorzální premotorická oblast
QEEG	kvantitativní elektroencefalografie
sLORETA	low-resolution brain electromagnetic tomography
SMA	suplementární motorická oblast
UK	Univerzita Karlova
VIMS	vizuálně vyvolaná motorická nevolnost
WHO	Světová zdravotnická organizace

Obsah

1	ÚVOD	1
2	TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	2
2.1	<i>Stav flow</i>	2
2.1.1	<i>Co je flow?</i>	2
2.1.2	<i>Předpoklady stavu flow</i>	3
2.1.3	<i>Dimenzionální model</i>	4
2.1.4	<i>Flow z pohledu fyziologie</i>	11
2.1.5	<i>Měření a diagnostika stavu flow</i>	13
2.2	<i>Zrcadlové neurony a imaginace pohybu</i>	15
2.2.1	<i>Zrcadlové neurony</i>	15
2.2.2	<i>Imaginace pohybu</i>	16
2.2.3	<i>Imaginace v rehabilitaci</i>	17
2.3	<i>Problematika virtuální reality</i>	18
2.3.1	<i>Rozvoj virtuální reality</i>	18
2.3.2	<i>Komponenty virtuální reality</i>	19
2.3.3	<i>Virtuální realita v rehabilitaci</i>	19
2.3.4	<i>Virtuální realita a stav flow</i>	20
2.3.5	<i>Negativní efekty virtuální reality</i>	21
2.4	<i>Elektroencefalografie (EEG)</i>	23
2.4.1	<i>Základní frekvence EEG signálu</i>	24
2.5	<i>sLORETA</i>	25
2.6	<i>Brodmanovy arey (BA)</i>	26
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	29
3.1	CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY	29
3.1.1	<i>Cíl práce</i>	29
3.1.2	<i>Úkoly práce</i>	29
3.1.2	<i>Výzkumné otázky</i>	29
3.1.3	<i>Hypotézy</i>	30
3.2	METODIKA PRÁCE	30
3.2.1	<i>Charakteristika souboru</i>	30

3.2.2	<i>Použité metody</i>	31
3.2.3	<i>Sběr dat</i>	33
3.2.4	<i>Průběh měření a tréninku imaginace</i>	33
3.2.5	<i>Analýza dat</i>	35
4	VÝSLEDKY	37
4.1	<i>ANALÝZA V SLORETA PROGRAMU</i>	37
4.1.1	<i>Vstupní imaginace s otevřenýma očima (VSTUP IMAG OE) vs. Klidové EEG při vstupním vyšetření s otevřenýma očima (VSTUP REST OE)</i>	37
4.1.2	<i>Kontrolní imaginace s otevřenýma očima (KONTROL IMAG OE) vs. Klidové EEG při kontrolním vyšetření s otevřenýma očima (KONTROL REST OE)</i>	38
4.1.3	<i>Kontrolní imaginace s otevřenýma očima (KONTROL IMAG OE) vs. Vstupní imaginace s otevřenýma očima (VSTUP IMAG OE)</i>	43
4.2	<i>Dotazníky týkající se stavu flow</i>	44
4.2.1	<i>Flow State Scale – Dlouhá verze</i>	44
4.2.2	<i>Short Flow Scale</i>	44
4.3	<i>SOUHRN VÝSLEDKŮ</i>	45
5	DISKUZE	47
5.1	<i>DISKUZE K HYPOTÉZE Č. 1</i>	47
5.2	<i>DISKUZE K HYPOTÉZE Č. 2</i>	49
5.3	<i>DISKUZE K HYPOTÉZE Č. 3</i>	51
5.4	<i>DISKUZE K HYPOTÉZE Č. 4</i>	53
5.5	<i>LIMITY STUDIE</i>	56
6	ZÁVĚR	57
7	ZDROJE	58
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
9	SEZNAM TABULEK	72
10	SEZNAM GRAFŮ	72
11	SEZNAM PŘÍLOH	73

1 ÚVOD

Imaginace pohybu je mentální proces, představa motorického procesu bez reálného provedení pohybu. Skutečnost, že se při tomto procesu zapojují stejné nebo podobné části mozku jako při samotném provedení pohybu, umožňuje imaginaci využívat ke zkoumání pohybu, motorického plánování nebo také k rehabilitaci (Guillot et al., 2012). Právě v rehabilitaci zaniklých funkcí je motorická představivost velice perspektivní (Tong et al., 2017).

Stav *flow*, známý v angličtině také pod termínem „*in the zone*“, je fenomén popisovaný v pozitivní psychologii. Jedná se o stav naprostého soustředění, které zefektivní a usnadní prováděnou činnost. Dle pozitivní psychologie se tento stav dá naučit a trénovat (Csikszentmihalyi, 1985).

Flow byl v předkládané práci vybrán jako faktor subjektivního hodnocení prožitku imaginace v rámci navrženého tréninku imaginace pohybu. Objektivní přístup představovalo měření zdrojové elektrické aktivity mozku a následná analýza v sLORETA zobrazení.

V předkládané práci je proto v rámci teoretické části rozebrán stav *flow* z pohledu psychologie a fyziologie, dále je popsána problematika samotné imaginace pohybu, zrcadlových neuronů a virtuální reality. V neposlední řadě teoretická část obsahuje kapitoly zaměřené na objektivní hodnocení použité v experimentální části. Tím je skalpové EEG a program sLORETA.

V praktické části pak byla společně s Bc. Barborou Englerovou a Bc. Ladou Špidlenovou pod vedením MUDr. Davida Pánka, Ph.D. zkoumána mozková aktivita v průběhu imaginace v rámci 3týdenního tréninku. Předpokladem této práce byl snadnější nástup do stavu *flow* po 3týdenním tréninku. V minulosti byl zatím stav *flow* zkoumán na mnoha činnostech (jako je sport, hraní na hudební nástroje, řešení matematických úkolů atd.), ne však na mentální činnosti podobné imaginaci.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 Stav flow

2.1.1 Co je flow?

Dle dostupných údajů z roku 2020 méně než 20 % adolescentů provozuje fyzickou aktivitu v takové míře, kterou udává jako doporučení WHO (Guthold et al., 2020). Nejčastějším faktorem pro ukončení aktivity je ztráta zájmu. Právě z tohoto důvodu mají studie, které se zabývají vlivem pozitivních emocí na člověka, veliký význam. Jedním z nejvíce zkoumaných faktorů, kterým se zabývá pozitivní psychologie, je právě koncept *flow* (Csikszentmihalyi, 1985; Jackman et al., 2021).

Pozitivní psychologie vznikla jako reakce na přílišnou zaujatost negativními vlivy v psychologii, jako jsou nemoci, patologie atd. Pozitivní psychologie se snaží k těmto oblastem přistupovat z druhé strany, tzn. jak negativním stavům předcházet (Řezáč, 2009).

Provedení každého úkolu vyžaduje dostatečné znalosti, zkušenosti, trénink a zájem. Na druhou stranu je důležitý i stupeň výzvy, která je před osobu kladena. V případě, že schopnosti a znalosti vyvažují míru výzvy, můžeme hovořit a takzvaném stavu *flow*. Tento psychologický fenomén popsal poprvé v roce 1975 Mihaly Csikszentmihalyi. Jedná se podle něj o holistický prožitek, který zažívají lidé při plném zapojení do činnosti a samotný proces činnosti je pro ně odměnou bez ohledu na výsledek. Do hlubokého soustředění se jedinec dostane díky minimálnímu úsilí, které je spolu s pozitivním stavem myslí další charakteristikou stavu *flow* (Csikszentmihalyi, 1985).

Zajímavé je také hodnocení *flow* ve sportu, který je charakteristický tím, že se jedinec dostává na hranice svých možností a schopností. Stav *flow* je zde pozitivně spojován s vyšším záměrem být fyzicky aktivní, se samotným provozováním činnosti a se sebepojetím jedince. Dá se také říct, že *flow* má pozitivní vliv na vývoj jedince, rozvoj jeho talentu a udržení motivace (Jackman et al., 2021). Ve vrcholovém sportu je dosažení stavu *flow* velice důležité. Adam Blažej a Katarína Kostolanská (2020) popisují rozdíl mezi sportem vrcholovým a rekreačním následovně: „...*profesionální sportovci (...) svou aktivitou uspokojují hned několik potřeb – od přirozené potřeby pohybu, přes potřebu uznání od okolí, až po potřebu seberealizace. Právě poslední*

zmíněnou potřebu rekreační sportovci patrně neuspokojují v takové míře.“ (str. 77). Potřeba seberealizace je už podle pyramidy potřeb dle Abrahama Maslowa na vrcholu a proto není divu, že je prožívání *flow* tak uspokojující (Řezáč, 2009).

2.1.2 Předpoklady stavu *flow*

Jak již bylo naznačeno výše, kontrola vlastní osobnosti může ztížit nebo zamezit vzniku stavu *flow*, protože nedovolí plné zapojení do činnosti. Některé práce, mezi nimi např. Řezáč (2009), se zabývaly vztahem *self-esteem* (*sebevědomí*) a prožitku *flow* a potvrdily jejich úzký vztah, Řezáč na vzorku adolescentních sportovců zjistil na 1% hladině významnosti stupeň korelace 0,722.

Self-esteem neboli sebehodnocení popisuje, v jaké míře si jedinec váží sám sebe a jak si dokáže uvědomovat své vlastní kompetence (Blažej et Kostolanská, 2020). Dva sportovci na velmi podobné úrovni schopností a dovedností tak mohou ve stejné situaci podat naprosto odlišné výsledky. Jeden si je vědom svých kompetencí a věří v úspěch, druhý se zápasu na veřejnosti obává. První sportovec má tak mnohem větší pravděpodobnost úspěchu než ten druhý. Na tento fenomén se blíže zaměřím v kapitole 2.1.3 *Dimenzionální model*.

Blažej a Kostolanská (2020) také v souvislosti se *self-esteem* dávají velký důraz na *ego*. Podle jejich teorie je pro prožití stavu *flow* důležitá právě *ztráta ego*. Jedinec, který si dává příliš záležet na tom, co si o něm myslí okolí, se těžko oddá „*plynutí*“. Typickým příkladem je následování svého snu bez ohledu na budování *ego*. Potřeba seberealizace má u takových lidí mnohem vyšší váhu než ostatní položky z Maslowovy pyramidy potřeb.

Ego je také spojeno s touhou něčeho v životě dosáhnout, může tím být nějaký cíl nebo výše zmíněná snaha vypadat dobře před svým okolím. Znovu se dostáváme do rozporu s podmínkami stavu *flow*, který naopak vyžaduje *splynutí* jedince s danou činností. Dosažení cíle je také důležité, nicméně už samotné provádění činnosti je pro jedince při prožívání *flow* odměnou. Nelze však obecně tvrdit, že člověk s velkým *egem* nemůže dosáhnout stavu *flow*. Motivace např. u sportovců se dělí na *úkol zaměřenou* a *ego zaměřenou* motivaci. Dle několika studií vychází, že právě sportovci, kteří se zaměřují více na *úkol* než *ego*, pravděpodobněji zažijí stav *flow* a ve sportu déle

vytrvají. Nicméně téměř nikdy nenajdeme jedince, který by měl pouze jeden druh motivace, není proto vhodné orientaci na *ego* potlačovat (Blažej et Kostolanská, 2020).

2.1.3 Dimenzionální model

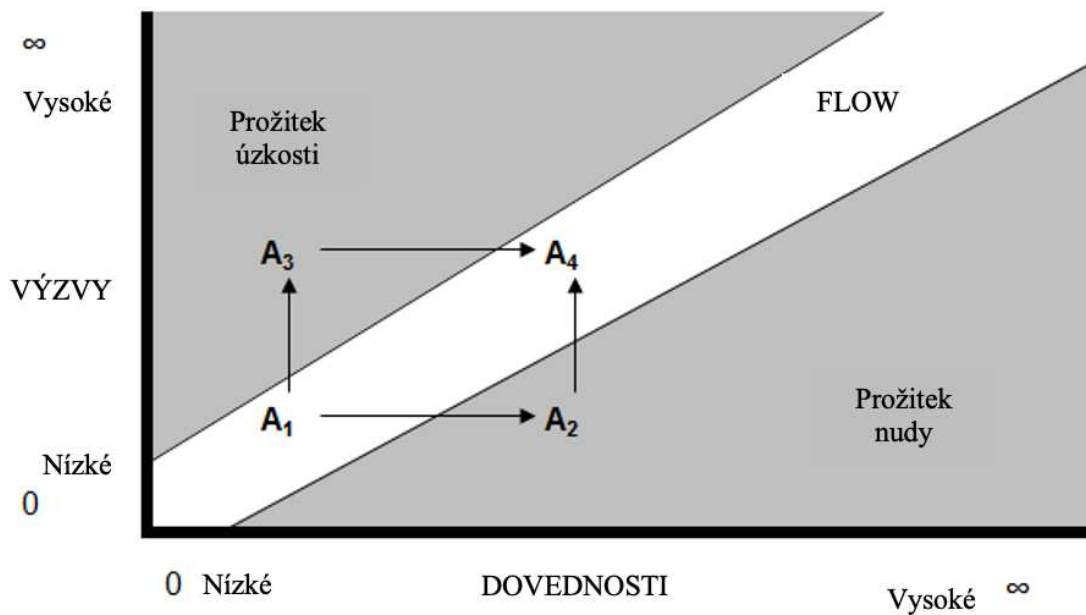
Csikszentmihalyi definoval pro *flow* devět dimenzí. Tři dimenze popisují podmínky, za nichž stav nastane: *souhra úrovní výzvy a dovedností, jasné cíle a jednoznačná zpětná vazba*. Další šest dimenzí popisuje subjektivní stavy zažívané při stavu *flow*: *ztráta sebeuvědomění, ponoření se do aktivity, soustředění na aktuální prožitek, kontrola situace, transformace času, autotelická činnost/osobnost*.

Všechny uvedené dimenze spolu úzce souvisejí a každá jinak detailně popisuje fenomény charakteristické pro stav *flow*. Prožívání stavu *flow* je také velmi individuální a některé aspekty mohou být přítomny a jiné ne (Csikszentmihalyi, 1990; 2000; Blažej et Kostolanská, 2020).

Jejich podrobným popisem se v této práci pokusím přiblížit všechny aspekty *flow* a předpoklady pro jeho vznik.

1) Souhra úrovní výzvy a dovedností (Challenge-skill balance)

Vztah působení výzev a dovedností na možnost vzniku stavu *flow* zobrazuje tzv. *Kanálový model* (Graf č. 1). V případě vysokých výzev a nízkých dovedností se může jedinec dostat do oblasti úzkostí z nezvladatelnosti situace. Naopak při vysokých dovednostech a nízkých výzvách je velmi pravděpodobné, že se jedinec bude nudit. Pozice A1 – A4 zobrazují možný pohyb jedince v průběhu činnosti, je tedy zřejmé, že se jedná o velmi dynamický vztah. Časová osa dále naznačuje nástup *flow* v dlouhodobém horizontu provádění činnosti. Na začátku, kdy nemáme dostatečný trénink a naše schopnosti jsou v dané oblasti nízké, pro navození stavu *flow* je ideální malá zátěž. Postupem času, kdy získáváme potřebné zkušenosti pro dokonalé provedení činnosti, je pro nás důležitá adekvátní zátěž nebo dostatečně vysoce zvolené cíle. Např.: zkušený lezec nebude mít primární potěšení z lezení cesty, která je o 3 úrovně lehčí, než je běžně zvyklý lézt. Pokud si ale zvolí za cíl procvičit si techniku, rozehrát se nebo lézt na rychlost, je stav *flow* pravděpodobný.

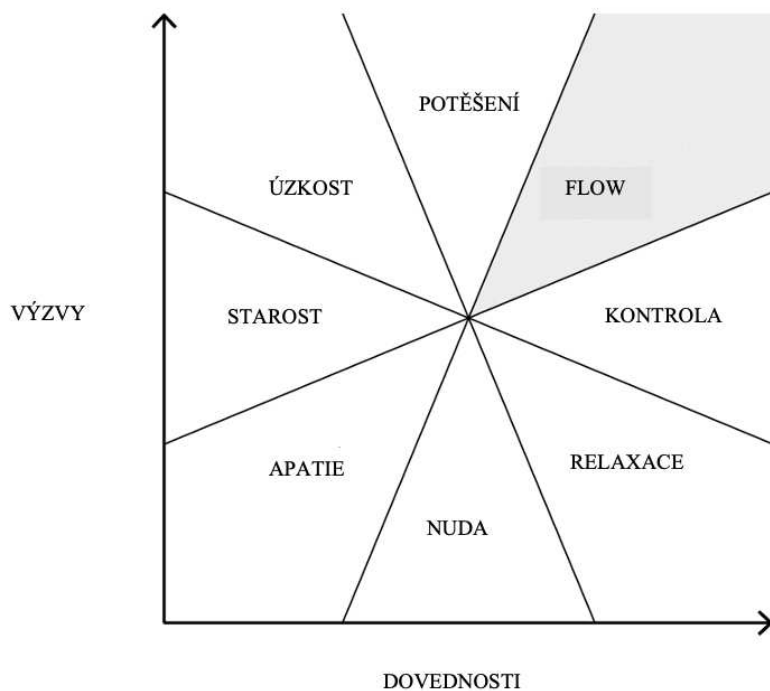


Graf č. 1: Kanálový model

Zdroj: Adaptováno dle Csikszentmihalyi, 2008

Obě proměnné této dimenze nejdou posuzovat objektivně, nýbrž pouze subjektivně. Kde je hranice našich schopností a kdy jsou na nás požadavky už příliš vysoké, je otázka pouze subjektivního prožitku, který může být proměnlivý v čase.

Z nutnosti přesněji definovat, jak vysoké schopnosti a dovednosti jsou potřeba pro stav *flow*, vznikl další model tzv. *Klasický model stavu flow* (Graf č. 2) (Csikszentmihalyi, 1997; 2008; Řezáč, 2009)



Graf č. 2: Klasický model stavu flow

Zdroj: Adaptováno dle Csikszentmihalyi, 1997

Vztah výzev i dovedností je zde znázorněn do více úrovní. Do oblasti, kde kanálový model zobrazuje pouze úzkost, je zde zařazena také starost a potěšení. V oblasti nudy je zde také apatie, relaxace a kontrola. Stav *flow* se nachází na pomezí potěšení a kontroly.

2) Jasně cíle (Clear goals)

V případě jasných cílů je pro nás činnost smysluplná, máme jasnou představu, co daná aktivita vyžaduje a jak bude navazovat. Vědomí o tom, jak bude daná aktivita probíhat, dovoluje hlubší ponoření. Dle Zdeňky Mackové jsou cíle rozděleny podle zaměření *na prožitek a dosažení cíle*. První zmíněný aspekt je velice důležitý pro samotné prožívání *flow*, dovoluje tzv. ponoření se do aktivity. Druhý cíl je také důležitý, jedinec má jasnou představu, čeho chce dosáhnout, a to ho silně motivuje. Csikszentmihalyi však uvádí, že pokud druhá varianta cíle převládá, není možné věnovat dostatečnou pozornost prožívané činnosti. (Řezáč, 2009; Csikszentmihalyi, 2008)

Velmi podobné je rozdělení motivace *na úkol zaměřené* a *ego zaměřené*, jež bylo zmíněno v kapitole 2.1.2 Předpoklady stavu flow dle Blažeje a Kostolanské (2020), a také

zde se setkáváme s tím, že pokud je činnost provozována bez velkého důrazu na výsledek nebo prezentaci před svým okolím, je zde prostor pro stav *flow*.

3) Jednoznačná zpětná vazba (Unambiguous feedback)

Jednoznačná zpětná vazba zahrnuje vyhodnocování současné situace na základě vjemů z vlastního těla a okolí. U některých činností může být nastavování cílů jednodušší než jinde. Např. pro zmiňované lezce na skalách je cíl jasný: udělat další krok správně a nespadnout (pokud odhlédneme od skutečnosti, že samotné pády jsou pro některé jedince okamžikem naprostého *flow*, v případě lezení však nejsou hlavním cílem). U hudebníků či malířů už takto jednoduchá rovnice není. Nicméně i u těchto činností je stav *flow* přítomen (Moral-Bofill, 2020; Csikszentmihalyi, 2008). Člověk si zde stejně jako u ostatních činností musí vytvořit jasnou představu o tom, čeho chce dosáhnout. Malíř nemusí nutně vědět, jak má výsledná malba vypadat, nicméně dokáže v různých fázích tvorby díla poznat, zdali jde správnou cestou. Stejně tak hráč na hudební nástroj pozná, že jím hraná hudba je hraná správně nebo skladatel dokáže svou skladbu vytvářet s určitým cílem. Bez takového vnitřního nastavení není podle Csikszentmihalyiho možné zažít stav *flow* (Csikszentmihalyi, 2008).

Jednoznačná zpětná vazba slouží jako motivace pro neustálé zlepšování a také jako kritika při nemožnosti cílů dosáhnout. I zde musí být tyto dvě interpretace v rovnováze, aby mohl nastat stav *flow*. Zažívá-li jedinec pocit strachu o svůj život, není příliš pravděpodobné, že *flow* nastane. Řezáč popisuje jednotlivé fáze jednoznačné zpětné vazby následovně: *„Zpětná vazba je přítomná před případným prožitkem flow – v podobě uvědomování si svých rezerv, toho, zda jsem schopen úkol zvládnout. Zpětná vazba, která je v průběhu činnosti samotné, má naopak spíše formu regulační – kdy monitoruje aktuální výkon a jedinci vysílá signály, jak jednotlivý úkon upravit. Po skončení činnosti má zpětná vazba funkci jednak hodnotící, jednak se promítá do stanovování budoucích cílů, které by se měly odvíjet od vlastních schopností, tedy aby byly v rovnováze s obtížností (výzvou).“* (Řezáč, 2009, str. 27).

4) Ztráta sebeuvědomění (Loss of self-consciousness)

Ztráta sebeuvědomění neboli naprosté pohlcení do činnosti nastává, když jedinec zapomene na hodnocení sebe sama ve vztahu k okolí. Csikszentmihalyi charakterizuje pozitivní prožitek z této dimenze slovy: *„Schopnost dočasně zapomenout, kdo jsme,*

se zdá být velmi příjemná. Pokud se nezabýváme tím, čím jsme, možnost rozšířit koncept svého já je otevřená. Ztráta sebeuvědomění může vést k transcendenci a pocitu, že se nám rozšiřují hranice.“ (Csikszentmihalyi, 1990, str. 4). Tento stav však netrvá příliš dlouho a opětovné uvědomění si svého *já* může být intenzivnější a mít pozitivní dopad na jedince.

Ztratit vlastní sebeuvědomění není lehká věc a může vzniknout pouze díky ostatním dimenzím, přestože se může zdát, že jsou jejich podmínky často v rozporu. Dle mého názoru je právě vyváženost dimenzí jednou z velkých charakteristik stavu *flow*. Nad situací máme kontrolu, ale dokážeme ztratit své *já*. Přílišná kontrola zase neúměrně zaměstnává mysl a nedovolí pustit naše *já*, malá kontrola může vyvolat pocit strachu...atd. Pro zažití stavu *flow* je tak důležité neustálé vyvažování všech jeho aspektů, a to s minimálním úsilím.

5) Ponoření se do aktivity (Action-awareness merging)

Jedná se o největší charakteristiku stavu *flow*, jedinec pociťuje „*propojení*“ s danou činností, kterou vykonává naprosto spontánně, téměř automaticky. Není vyvíjena nadbytečná fyzická či mentální energie, a přestože se zdá daná činnost „*jednoduchá*“, je vyžadováno obrovské soustředění, které spočívá v disciplinované mentální aktivitě a případně dokonale vycvičeném fyzickém úsilí (Csikszentmihalyi, 1990; 2008).

Ve své knize Csikszentmihalyi (2008) uvádí výroky, které pronesli někteří lidé popisující svůj prožitek stavu *flow*. Jedním z citovaných je např. šachista: „*...koncentrace je jako dech, nepřemýšlíte nad tím. Klidně by nad vámi mohla padat střecha, ale pokud by nedopadla zrovna na vás, nevšimli byste si.*“, tanečník: „*Vaše koncentrace je naprosto úplná. Vaše mysl se netoulá, nepřemýšlíte o ničem jiném, jste naprosto pohlceni tím, co právě děláte. Vaše energie proudí velmi lehce. Cítíte se relaxovaně, pohodlně a energicky*“ a také lezec: „*Jste natolik pohlceni tím, co děláte, že nepřemýšlíte o sobě v kontextu mimo danou aktivitu... Nevidíte sebe jinak než ve spojení s tím, co právě děláte.*“ (Csikszentmihalyi, 2008, str. 53-54).

Pro realizaci této dimenze je zapotřebí ideálních podmínek pro všechny ostatní zmíněné dimenze (Csikszentmihalyi, 1990).

6) Soustředění na aktuální prožitek (Concentration on the task at hand)

Protože daná aktivita vyžaduje velkou míru koncentrace, do lidského vědomí je tak vpuštěno pouze málo dalších informací. Proto je tak časté, že při stavu *flow* jedinci popisují situaci, ve které zapomenou na všechny nepříjemné aspekty života (Csikszentmihalyi, 1990). Bývalý americký překážkář Edwin Moses tuto skutečnost vystihuje slovy: „*Vaše mysl musí být naprosto čistá. Skutečnost, že se musíte vypořádat se svým soupeřem, s jet lagem, rozdílným jídlem, spánkem v hotelu a osobními problémy musí být vymazáno z vašeho vědomí – jako kdyby nic z toho neexistovalo.*“ (Csikszentmihalyi, 2008, str. 59).

Další charakteristikou této dimenze je skutečnost, že stejně jako jiné stavy vyžadující naprosté soustředění je stav *flow* pouze v úzkém časovém okně. Lezec na skalách zmíněný v knize Csikszentmihalyiho tuto situaci popisuje: „*Je to jako kdyby proud informací do mé paměti byl přestřižen. Jediné, co si dokážu zapamatovat, je uplynulých 30 vteřin a dopředu, takovou míru soustředění udržím pouze 5 minut.*“ (Csikszentmihalyi, 2008, str. 58).

Pozornost však ani při stavu *flow* nemusí být pouze binární (věnovat/nevěnovat pozornost okolnímu svět). Stejně jako ostatní dimenze, pohybuje se i tato ve spektru. Řezáč (2009) popisuje varianty, ve kterých může být jedinec činností naprosto pohlcen, přesto má zachovalou selektivní pozornost pro okolí a některé věci ho dokážou vyrušit. Např. soustředěného čtenáře knihy nevyruší, když někdo vejde do místnosti, ale pokud dotyčný promluví, tak ano. Díky této zachovalé selektivní pozornosti jsme schopni při stavu *flow* lépe vyhodnocovat zpětnou vazbu.

7) Kontrola situace (Sense of control)

Csikszentmihalyi popisuje dimenzi Kontroly situace ve své knize *Flow* (2008) jako *Paradox kontroly*. Stav *flow* je typicky popisován jako kontrola nad situací, nebo naopak – jako nepřítomnost pocitu strachu ze ztráty kontroly, který je typický pro běžné denní činnostech. Např. hráč šachů tuto dimenzi popsal slovy: „*Mám celkový pocit pohody a kompletní kontroly nad svým světem.*“ (Csikszentmihalyi, 2008, str. 60) Podle Csikszentmihalyi tento pocit mohou mít i sportovci, kteří při svých aktivitách zažívají skutečné pocity nebezpečí a jediný špatný krok by mohl znamenat fatální chybu. Řeč je o horolezcích, freediverech, řidičích závodních aut ad. Důležitá je však skutečnost,

že všechny aktivity, které *flow* dovolují, dokonce i ty nejnebezpečnější, probíhají tak, aby si jedinec mohl vytvořit potřebné dovednosti a riziko chyby co nejvíce eliminoval.

Výjimku, která potvrzuje pravidlo, tvoří videohry, které jsou stále nepředvídatelné, a přesto při nich může hráč zažívat stav *flow*. Důvodem jsou určitá pravidla, která se dají naučit a následovat (Csikszentmihalyi, 2008).

8) Transformace času (Transformation of time)

Transformace času popisuje relativní vnímání času. V závislosti na dané situaci může čas subjektivně ubíhat rychle nebo pomalu.

V běžném životě se nám často stává, že čas příliš kontrolujeme a v návaznosti na to nám může ubíhat pomaleji. Typickým příkladem je čas strávený v práci, která nás nenaplnuje. Čas při stavu *flow* je oproti tomu vnímán velmi dynamicky. (Csikszentmihalyi, 1990). Na jednom příkladu je patrné, že při prožívání *flow* je možné na čas úplně zapomenout – dítě, které přijde pozdě na večeři, protože se naprosto ponořilo do hry. Druhým příkladem je přesné odhadování času. Blažej a Kostolanská ve své knize popisují hráče basketbalu, kteří vědí, že do konce utkání zbývá posledních 10 vteřin, a protože zažívají stav *flow*, dokážou vítěznou střelu zahrát se zazněním sirény. Rozdíl těchto situací je ten, že v prvním případě čas nehraje zásadní roli, v druhém naopak ano. Člověk se tedy dokáže v závislosti na cíli a jeho závažnosti dostat do stavu, kdy čas nehlídá vůbec, nebo s naprostou přesností (Csikszentmihalyi, 2008; 1997; Blažej et Kostolanská, 2020; Řezáč, 2009).

Přestože je tato dimenze pro stav *flow* velmi charakteristická, každý z nás určitě při některých činnostech, které nás pohlcují, zažívá neobvyklé plynutí času, Csikszentmihalyi ji považuje za doplňkovou a závislou na mnoha faktorech jako je osobnost člověka (Řezáč, 2009).

9) Autotelická činnost/osobnost (Autotelic experience/personality)

Slovo *autotelický* lze rozdělit na 2 části: *autos* = *sám*, *telos* = *cíl*. Jedinec, který je charakterizován *autotelickou* osobností, s danou činností naprosto souzní a nepotřebuje vnější motivaci. Sám Csikszentmihalyi mluví o tzv. *autotelii* a *exotelii*. *Exotelie* je činnost vykonávaná z důvodu vnější motivace. *Autotelie* je oproti tomu

činnost, kterou provádíme pro samotný proces bez ohledu na výsledek (Csikszentmihalyi, 1997).

V případě, že je jedinec schopný provádět běžné činnosti s tímto ohledem, můžeme mluvit o tzv. *autotelické* osobnosti (Csikszentmihalyi, 2008; Řezáč (2009). Řezáč ve své práci uvádí, že je důležité se na vztah *autotelie* x *exotelie* dívat jako na vícestupňový model. Při některých denních činnostech jsme samozřejmě motivováni nějakým ziskem (např. pracujeme, protože potřebujeme vydělat peníze na obživu), nicméně *autotelický* člověk je schopen se více zaměřovat na proces činností a nedávat takový důraz dokončení cílů. Je si daných cílů vědom, směřuje k nim, nicméně nejsou pro něj hlavní motivace. Právě takový člověk nepotřebuje příliš mnoho materiálního zázemí a komfortu, proto je pro něj jednodušší nevěnovat tolik pozornosti externí odměně.

2.1.4 Flow z pohledu fyziologie

Studie biochemických procesů v průběhu stavu *flow* popisují fyziologické pochody v lidském těle, které umožňují ideální podmínky pro vysokou kognitivní koncentraci za minimálního úsilí. Je tím v první řadě mobilizace energetických zdrojů, v té druhé pozitivní vliv aktuálního prožitku. Jinak řečeno: pro navození stavu *flow* je důležité mít dostatek energie a pozitivní vztah k prováděné činnosti.

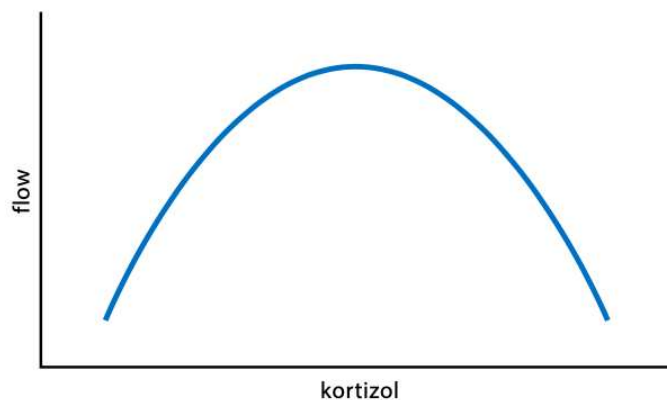
První podmínku mohou zajistit stresové osy, které v případě stavu *flow* působí na jedince pozitivně. Daná činnost není pro jedince hrozbou, je zde však důležitá souhra výzvy a dovedností (viz kapitola 2.1.3 Dimenzionální model). V případě, že pro nás daná činnost nebude výzvou, nebo jsme například v podobné situaci byli již nesčetněkrát a jsme si naprosto jistí, že ji zvládneme opět stejně, nebude pro nás příliš motivující podstupovat ji znovu. A v případě, kdy nás činnost nemotivuje, velmi pravděpodobně nenastane stav *flow*. V opačné situaci, kdy je pro nás situace výzvou a pro její zvládnutí musíme podstoupit určitý risk, že se nám nepodaří, přichází stresová osa (Csikszentmihalyi, 1997).

Při stresové reakci se nejdříve aktivuje *rychlá osa sympatického nervového systému*. Ta prostřednictvím *adrenalinu* zvyšuje respirační a kardiovaskulární kapacitu a pomáhá mobilizovat zdroje energie. Díky tomu dokáže jedinec ve stavu *flow* zvládat i velmi náročné situace.

Druhá osa *hypothalamus – hypofýza – nadledvinky (HPA)* působí pomaleji a její účinek je dlouhodobější. Hlavním hormonem této osy je *kortizol*. Jeho vyplavování je spojeno s ostražitostí. Díky *kortizolu* tedy dokážeme i ve stresové situaci udržet pozornost. Dále *kortizol* zvyšuje hladinu glukózy v krvi a tím zajišťuje energetický zdroj pro mozek a další klíčové oblasti. Díky ose HPA tedy máme dostatek pozornosti pro danou činnost, což je pro stav *flow* stěžejní.

Kortizol však ve vztahu ke stavu *flow* nesmíme vnímat lineárně. Jak je uvedeno výše, pro stav *flow* je důležitá souhra výzvy a dovedností. Pokud by pro nás daná činnost byla příliš velkou výzvou při nedostatku dovedností, vyvolala by tedy obrovskou stresovou reakci a tím vyplavování velkého množství *kortizolu*, bude naopak působit na stav *flow* negativně. Stejně tak chronické působení stresu může působit inhibičně ve vztahu ke stavu *flow* (Blažej et Kostolanská, 2020).

Následující graf vizualizuje vztah mezi vyplavením kortizolu a úrovní stavu *flow*. (Graf č. 3)



Graf č. 3: Vztah mezi vyplavením kortizolu a úrovní stavu *flow*.

Zdroj: Blažej et Kostolanská, 2020

Tento vztah byl potvrzen studií (Peifer et al., 2015), ve které hráčům počítačové hry byla podána tableta s 20 mg kortizolu, což odpovídá hladině při závažném stresu. Výsledkem byl negativní efekt na prožívání stavu *flow* nezávisle na pohlaví.

Dále je v souvislosti se stavem *flow* zkoumána hladina *hemoglobinu*, který zajišťuje okysličení tkání. Studie De Sampaio Barros et al. (2018) prokázala zvýšenou koncentraci *hemoglobinu* ve frontoparietálním laloku v průběhu stavu *flow* při hraní počítačových

her. Zároveň zaznamenala zvýšenou aktivitu sympatiku (sníženou variabilitu srdečního tepu a zvýšenou dechovou frekvenci) při prožívání stavu *flow*.

Neméně důležitým pro prožívání *flow* je hormon *dopamin*, který je spojen s pocitem štěstí, který při *flow* jedinec zažívá. Díky tomu se do podobné situace bude chtít dostat znovu a znovu. Schopnost prožívat stav *flow* je z dlouhodobého hlediska možná díky osobnostním rysům, které jsou zároveň spojeny právě s vyplavováním dopaminu. Řadí se mezi ně nízká impulzivita a emoční stabilita (Teng, 2011; Blažej et Kostolanská, 2020).

Tomuto fenoménu se prozatím věnovalo pouze malý počet studií. První z roku 2013 (De Manzano et al.) sledovala pomocí pozitronové emisní tomografie (PET) výskyt dopaminergních receptorů v závislosti na prožívání stavu *flow*. Závěrem studie uvádí, že při schopnosti dosáhnout tohoto stavu je vyšší koncentrace D2 dopaminových receptorů ve striatu.

Závěrem druhé studie z roku 2016 (Gyurkovics et al.) je naznačení souvislosti mezi jedinci, kteří mají gen odpovědný za polymorfismus D2 dopaminových receptorů a schopnosti prožívat stav *flow* při běžných denních povinnostech (studium a práce). Při odpočinkových činnostech tato skutečnost nebyla prokázána.

V návaznosti na uvedené studie lze předpokládat, že schopnost prožívat stav *flow* je z části dána geneticky.

2.1.5 Měření a diagnostika stavu flow

Stav *flow* je díky jeho individualitě i specifickému průběhu těžko měřitelný. Možností je hned několik: zaprvé kvalitativní hodnocení pomocí rozhovoru a pozorování. Tento přístup byl využíván zejména dříve při prvotním zkoumání tohoto stavu. Pro svou práci ji využil např. Seifert a Hedderson (2010), kteří pozorovali skateboardisty a jejich oddanost ke sportu.

Další možností je tzv. Experience sampling method (ESM). Jedná se o metodu, kdy si jednotlivci píšou deník svých prožitků v průběhu určitého časového úseku. ESM byla využívána relativně často pro svůj velký obsah informací v průběhu času a zachycenou dynamiku emocí (Hancock et al., 2019). Protože se jedná o časově náročné měření, je nyní častěji využívána dotazníková forma (Michalos, 2014).

K dispozici je mnoho validovaných dotazníků, které zpětně hodnotí stav při určité činnosti. Vycházejí z 9 dimenzí *flow* (viz kapitola 2.1.1. Co je *flow*?). Mezi zmíněné dotazníky patří nejčastěji používaná Flow State Scale (Jackson & Marsh, 1996). Škála je dostupná ve dvou verzích, delší hodnotí pomocí 36 otázek rozdělených do devíti dimenzí průběh stavu. Kratší verze obsahuje pouze 9 otázek (Jackson et al., 2008). Mezi kratší verze dále patří Core Flow Scale a Short Flow Scale (Martin et Jackson, 2008). Jediná česká verze je prozatím validována Řezáčem (2009) na skupině hráčů počítačových her.

Výše zmíněné verze dotazníků rozlišují oblast *flow* na 9 zmíněných dimenzí. Jedná se o „*Autotelickou osobnost*“, „*Jasně konkrétní cíle*“, „*Jednoznačná zpětná vazba*“, „*Kontrola situace*“, „*Transformace času*“, „*Rovnováha mezi výzvou a schopnostmi jedince*“, „*Ztráta sebeuvědomění*“, „*Soustředění se na aktuální prožitek*“ a „*Ponoření se do aktivity*“. Jedná se o oblasti, které jsou definovány samotným autorem definice stavu *flow* Csikszentmihalyi (2014).

Všechny zatím popsané metody měření jsou subjektivními hodnoceními samotným probandem a v rámci zachování kontinuity *flow* je nelze použít v průběhu stavu.

Jako řešení těchto problémů se jeví měření pomocí zobrazovacích metod, např. EEG, které je objektivní a zároveň umožňuje měření provádět v reálném čase v průběhu *flow* (Katahira et al., 2018; Harris et al., 2017; Metin et al., 2017).

Většina studií, které se do této doby zabývaly zkoumáním stavu *flow* pomocí EEG, se shoduje na přítomnosti Theta aktivity v kombinaci s dalšími vlnovými pásmy (Cherep et al., 2022; Metin et al., 2017; Katahira et al., 2018). Ve studii stavu *flow* u hráčů ping pongu se jedná o kombinaci zvýšené Theta aktivity ve všech regionech a Delta aktivity v centrálních a parietálních oblastech (Mezi et al., 2017). Leroy et Cheron (2020) ve své studii stavu *flow* u chodců po slackline přímo popsali jako generátory Delta aktivity BA 38, a Alfa a Beta aktivity BA 10 (v Beta aktivitě se předkládaná studie shoduje). Knierim et al. (2018) zkoumal stav *flow* u studentů pracujících na vlastní bakalářské či magisterské práci a dále na matematickém úkolu a závěrem tento stav popisuje zvýšenou Alfa aktivitu ve frontální oblasti. Ke stejnému závěru došel i Núñez et al. (2019) ve zkoumání tohoto stavu u hráčů videoher. Kombinaci vysoké Theta aktivity spojenou s mírnou Alfa popisují 2 studie, jedna z roku 2022 u hráčů počítačových

her (Cherep et al.), druhá zkoumající stav *flow* při aritmetickém úkolu (Katahira et al., 2018).

2.2 Zrcadlové neurony a imaginace pohybu

2.2.1 Zrcadlové neurony

Zrcadlové neurony byly popsány před více než 20 lety u makaků s převahou ve ventrální premotorické aree F5, později také v lobus parietale inferior (Pánek et al., 2018). Jedná se o skupinu neuronů, které se zapojují při sledování pohybu, prováděného jiným jedincem a také při provádění tohoto pohybu. U zmíněných makaků byly porovnávány elektrické signály při natažení horní končetiny pro jídlo a při sledování člověka, který provádí stejný pohyb (Gallese et al., 1996).

Objevení zrcadlových neuronů přineslo nový pohled na způsob, jakým člověk generuje aktivitu a jak monitoruje a interpretuje aktivitu ostatních. Tato skutečnost vede k myšlence, že z funkčního hlediska je sledování a provádění pohybu velmi úzce propojené a schopnost interpretovat chování ostatních vyžaduje zapojení motorického systému (Kilner et Lemon, 2013). Jiné výzkumy popsaly např. aktivitu zrcadlových neuronů při pohybu úst a mimice (Ferrari et al., 2003) nebo také při somatosenzorickém vjemu, kdy se aktivita objevila v somatosenzorickém kortexu. Působení zrcadlových neuronů je tedy mnohem rozsáhlejší, než se dříve předpokládalo (Keysers et al., 2010; Acharya et Shukla, 2012).

Výzkumy zrcadlových neuronů u lidí prováděné pomocí EEG, fMRI nebo také PET přinesly silný důkaz, že je tomu podobně jako u makaků, tedy systém zrcadlových neuronů se skládá z lobus parietale inferior a premotorické oblasti ve frontálního laloku, převážně F5 (Rizzolatti et al., 2004).

Data z výzkumu evoluce mozku naznačují, že se zrcadlové neurony vyvíjí už před 2. rokem věku a jsou určeny hlavně pro porozumění, učení a nácvik nových dovedností (Acharya et Shukla, 2012).

2.2.2 Imaginace pohybu

Zatímco na mnoha úrovních zažívá psychologie díky moderním vyšetřovacím metodám obrovský vzestup, u sportu to je poměrně složitější. Právě moderní technologie jako je MRI nebo EEG mají za hlavní podmínku při vyšetření co nejmenší pohyb jedince pro zamezení vzniku artefaktů. Z toho důvodu je obtížnější sport měřit pomocí zobrazovacích technik mozku (Mizuguchi et Kanosue, 2017).

Nabízí se tedy možnost zkoumat tzv. imaginaci pohybu, která je definovaná jako mentální představa pohybu bez zjevné nebo záměrné aktivace periferie (Mulder, 2007; Dietrich, 2008; Mizuguchi et Kanosue, 2017).

Neuroimaginativní studie prokázaly, že představa a skutečné provádění pohybu aktivují stejné oblasti neuronových buněk. U imaginace pohybu se přesně jedná o podprahové dráždění oblastí, které jsou potřeba pro vykonání pohybu. Studie z roku 2019 (Savaki et Raos) dokonce empiricky dokázala, že u lidí i primátů mentální stimulace akce vyvolá základ pro motorickou kognici, tedy reprezentaci senzorio-motorického programu. I další studie ukazují zapojení premotorické, suplementární motorické, cingulární a parietální kůry, bazálních ganglií a mozečku při imaginaci pohybu (Mulder, 2007). Na úrovni míchy byla dále zjištěna zvýšená segmentální excitabilita (Li, 2004).

Hlavní charakteristikou je dle Sharma a Baron (2013) suplementární motorická kůra (SMA), která se zapojuje v obou případech srovnatelně. Autoři dále popisují oblasti, které se zapojují především při imaginaci pohybu, jsou jimi ipsilaterální motorická kůra (Brodmannova area 4), Brodmannova area 3 spolu s ipsilaterální dorsální premotorickou oblastí). Dietrich (2008) ve svém článku však kladl důraz na fakt, že imaginace a samotné provádění pohybu nesmí být plně zaměňováno. Důvodem je větší zapojení procesní paměti při imaginaci než u samotného provádění pohybu.

S vědomím výše uvedených specifik je tedy možné předpokládat, že vyšetření imaginace může nastínit samotný pohyb (Mulder, 2007; Mizuguchi et Kanosue, 2017).

Chůze, která je sledovaným faktorem předkládané studie, má dle současných poznatků taktéž stejnou zdrojovou aktivaci mozku jako při skutečném provedení pohybu (Bakker et al., 2007). Rozdílem dle La Fougère et al. (2010) je zapojení suplementární motorické

kůry a basálních ganglií při imaginaci v porovnání s reálnou chůzí. Aktivace lokomočních center v prodloužené míše byla taktéž signifikantnější při imaginaci.

Důležitým faktorem, který moduluje průběh imaginace, je bolest či snížená aktivizace dané části těla. Studie z roku 2006 (Fiorio et al.) zkoumala schopnost imaginace končetiny u pacientů s fokální dystonií. Ti byli méně schopní určit z reálných fotografií rukou a nohou v různých pozicích, o kterou končetinu se jedná. U nohou byl rozdíl menší než u rukou. Na základě tohoto zjištění lze tvrdit, že bolest či dysfunkce má propagaci už v somatosenzorickém programu (Fiorio et al., 2006; Mulder 2007). Krátké snížení činnosti či úplné neužívání dané části těla snižuje projekci této části v mozkové kůře (Merzenich et al., 1983; Zanette et al., 2004). Jiní autoři dokonce tvrdí, že ztráta sebeuvědomění těla je jedním z nejčastějších symptomů různých neurodegenerativních onemocnění (Muratore et al., 2019). V předkládané studii je i z tohoto důvodu požadavek pro vstup naprostá absence neurologických či jiných zdravotních obtíží, které by mohly nepříznivě ovlivnit měření.

Imaginace pohybu se dá dělit na imaginaci *vizuální* a *kinestetickou*. V prvním případě se jedná o vizuální představení pohybu v první či druhé osobě, v druhém případě si jedinec představuje prožitky spojené s pohybem, jako je například pohyb v kloubu, zapojení svalů či kontakt s podložkou (Mulder, 2007). Některé studie naznačují, že kinestetická forma imaginace je pro motorické učení efektivnější než ta vizuální (Stinear et al., 2006).

2.2.3 Imaginace v rehabilitaci

Jak již bylo zmíněno, mnoho studií naznačuje, že motorická představivost může mít na úrovni mozku podobný efekt jako skutečné fyzické cvičení (Mulder, 2007).

Z posledních výzkumů vyplývá, že samotná imaginace pohybu nebo tzv. mentální trénink jako jediná náplň terapie není efektivnější než konvenční terapie. Imaginace byla v těchto případech srovnávána s klasickou fyzioterapií či léčebnou tělesnou výchovou (LTV) především u neurologických diagnóz, jako je cévní mozková příhoda a Parkinsonova choroba (Goméz, 2018; Caligiore et al., 2017). Imaginace se v uvedených případech týkala přímo zmíněné diagnózy, u CMP to byl nejčastěji pohyb postiženou horní končetinou, u Parkinsonovy choroby grafomotorické testy nebo chůze.

Zajímavá zjištění přinesla studie z roku 2005 (Alkadi et al.), ve které imaginativní cvičení dolních končetin podstupovali pacienti s poškozením míchy. V porovnání s kontrolní skupinou i u nich byla somatosenzorická projekce nohou v kortikálních i subkortikálních oblastech.

Závěrem zmíněných studií, které se terapií pomocí imaginace pohybu zabývaly, je pozitivní výsledek kombinace společně s klasickou terapií (Silva et al., 2020; Goméz, 2018; Caligiore et al., 2017; Carrasco et al., 2016).

2.3 Problematika virtuální reality

2.3.1 Rozvoj virtuální reality

Virtuální realita (dále VR) je relativně mladý obor, který se postupně dostává do mnoha dalších odvětví. Díky svému snadnému využití, opakovatelnosti (u některých diagnóz je potvrzené, že repetitivně prováděné úkony zlepšují celkovou funkci (Laver et al., 2018)) a možnosti telerehabilitace je výborným nástrojem i pro fyzioterapii.

Virtuální realita může být definována jako využití interaktivních simulací vytvořených pomocí počítače, jejichž účelem je představit uživateli podmínky, které se co nejvíce podobají reálnému světu (Laver et al., 2018). Jiná definice se více zaměřuje na prožitek přítomnosti a popisuje stav ve VR jako pocit bytí v prostředí, které se neshoduje s reálným stavem a je výsledkem vjemů generovaných z umělého zdroje (Selzer et al., 2006).

V rámci zdravotnictví je VR využívána pro léčbu fobií nebo také posttraumatických stresových poruch. Své uplatnění má i v tréninku nových pilotů nebo chirurgů. V našem případě se zaměříme na využití v rehabilitaci (Laver et al., 2018; Mlíka et al., 2005).

Cílem VR je tzv. *immersion* neboli *vnoření* uživatele do uměle vytvořeného prostředí, které není pouze vizuální, ale daný uživatel s ním přímo interaguje (Mlíka et al., 2005). Základní charakteristikou VR je *bytí v přítomném okamžiku*, což je podporováno zmíněným pocitem *immersion*. Dění v rámci VR prostředí se zdá jako reálné a může snadno převládnout nad tím, co kolem uživatele skutečně je. Míra *vnoření* záleží na mnoha faktorech, jedním z nich je zmíněná kvalita vjemů.

Mezi další faktory patří způsob, jakým je jedinec ve VR prezentován (zdali je pohled z první či druhé osoby), množství senzorů, které na jedince působí a zdali platforma podporuje 2D nebo 3D zobrazení. Jiná skupina faktorů se vztahuje k charakteristice uživatele, patří mezi ně věk, pohlaví, tendence ke *vnoření* do akce, předchozí zkušenost s VR a případná diagnóza klienta. V neposlední řadě jsou důležité faktory, které charakterizují virtuální prostředí, mezi nimi smysluplnost daného úkolu a míra realističnosti a intuice (Selzer et al., 2006).

2.3.2 Komponenty virtuální reality

Mezi komponenty, které utváří prostředí VR, patří sledovač pohybu, silová zpětná vazba a stereografický displej (Mlíka et al., 2005). Sledovač pohybu dokáže na základě aktuálního pohybu jedince přizpůsobovat prostředí ve VR. Silová zpětná vazba funguje obdobně v reakci na silovou odpověď jedince. Tyto dva první aspekty VR jsme v naší studii nezahrnovali, proto se zaměřím více na popis třetí komponenty, a to stereografického displeje.

Stereografický displej je velice důležitou součástí prostředí VR. Dovoluje opravdové vnímání 3D obrazu pozorovatelem. Přestože jsou obě oči u člověka umístěny ve frontální rovině, mají ve svém zorném úhlu malý rozdíl. Proto stereografický displej zobrazuje každému oku lehce pozměněný obraz. Porovnáním vizuálního vjemu z obou očí je pak jedinec schopen odhadnout prostorové rozložení zobrazovaného objektu (Mlíka et al., 2005; Selzer et al., 2006).

V případě, že není použit stereografický displej, je pro rehabilitaci využívána veliká obrazovka umístěná před uživatelem nebo pouze obrazovka počítače. Poslední varianta je nejméně nákladná, nicméně s použitím méně sofistikovaného zařízení, které by více zaslepilo reálné aktuální prostředí, je míra vnoření (immersion) nižší (Selzer et al., 2006).

2.3.3 Virtuální realita v rehabilitaci

Jedním z důvodů obrovského vzestupu technologií v rehabilitaci je již zmíněná telerehabilitace. V mnoha zemích je dojezdová vzdálenost k terapeutovi příliš velká pro pravidelné návštěvy, proto je mnohem výhodnější a jednodušší využít možnosti domácí terapie. Další výhodou je, že terapeut může své klienty v rámci telerehabilitace

pomocí technologií v reálném čase kontrolovat, dávat zpětnou vazbu a také upravovat podmínky.

Jak již bylo zmíněno, dle některých autorů je ztráta sebeuvědomění, tzv. *self-awareness*, zásadním symptomem mnoha neurologických onemocnění (Muratore et al., 2019). *Self-awareness* je definováno jako schopnost uvědomovat si vlastní emoce, prožitky kognitivní schopnosti, cíle, tělesné vnímání atd... V rámci neurologického onemocnění mluvíme o ztrátě uvědomění si vlastního deficitu, častým příkladem je Alzheimerova choroba, při které se tento fenomén projevuje ve větší míře. Následkem tohoto deficitu nemusí pacient dostatečně odhadnout situaci, do které se pouští, a vystavit sebe a okolí nebezpečí.

VR prostředí je považováno za vysoce bezpečné, proto je jeho použití pro neurologické pacienty více než vhodné. Vedle nácviku běžných denních činností a situací, mohou pacienti trénovat např. řízení automobilu nebo přecházení vozovky (Selzer et al., 2006). Nicméně zatím neexistuje VR, která by cílila přímo na trénink *self-awareness* (Muratore et al., 2019).

V rámci VR je díky jednoduchému použití, možnosti modifikace, dávkovatelnosti a průběžnému testování snazší cesta ke standardizaci rehabilitačních protokolů, což je jedním z hlavních podmínek EBM (Evidence Based Medicine). V neposlední řadě je důležité zmínit, že práce s VR je pro mnoho lidí zábavná a motivující (Mlíka et al., 2005; Selzer et al. 2006).

Rehabilitace ve VR se dá dělit na rozšířenou a základní terapii. V prvním případě se jedná o terapii ve VR, která je kombinací klasické rehabilitace a VR prostředí. Druhý případ tento dodatek nezahrnuje, klasické prvky rehabilitace jsou naopak vyřazeny a jedinec absolvuje pouze VR (Mlíka et al., 2005).

Kvalita vjemů v rámci VR určuje, jak úspěšný bude výsledný efekt v porovnání s terapií v reálném světě (Laver et al., 2018; Mlíka et al., 2005).

2.3.4 Virtuální realita a stav flow

Existuje mnoho důkazů, že míra pocitu *přítomnosti* v dané situaci zvyšuje emocionální odpověď, motivaci a v některých případech zlepšuje výkon (Selzer et al., 2006). A právě

pocit *přítomnosti* je jedním z velkých charakteristik výše popsaného stavu *immersion* VR. Jelikož je *immersion* velmi podobný pocitům, které zažívají lidé při stavu *flow*, zejména v dimenzi 5. *Ponoření se do aktivity*, je VR předpokládána jako vhodná technologie pro indukci tohoto stavu (Hassan et al., 2020).

Při používání brýlí a dalších komponent pro VR je většina smyslových receptorů směřována k vjemům z těchto míst. Díky takto zvýšené pozornosti jsou vytvořeny dobré podmínky pro vznik *immersion* a *autotelického zážitku* (Hassan et al., 2020; Selzer et al. 2006).

Nejenom 5. *dimenze*, ale i další jsou pozitivně spojovány s aktivitami ve VR. *Jasně cíle* (2. *dimenze*), *Kontrola situace* (7. *dimenze*) i *Jednoznačná zpětná vazba* (3. *dimenze*). Dále je prožívání stavu *flow* spojováno s chutí prodloužit aktivitu ve VR a znovu ji opakovat. *Ztráta sebeuvědomění* (4. *dimenze*) však může být pro jedince v rámci VR nepříjemná, a proto zde nebyla zjištěna pozitivní korelace (Hassan et al., 2020). VR prostředí také může podporovat kreativitu jedince v řešení zadaných úkolů, dle studie Yang z roku 2018 (Yang et al., 2018) je právě stav *flow* pozitivně spojován s vyšší kreativitou ve VR.

Zajímavou studií zabývající se fenoménem *flow* a pocíťovaného stresu ve VR je výzkum u příslušníků armády USA, kteří absolvovali trénink ve VR. Závěrem této studie je mimo jiné tendence k menší stresové zátěži při pozitivním zážitku z tréninku a prožití stavu *flow* (Lackey et al., 2015).

2.3.5 Negativní efekty virtuální reality

VR může mít na jedince i negativní vliv, je proto důležité o těchto stavech informovat a pokusit se jim vhodným použitím předejít.

Nejčastějším je pocit pálení očí z příliš dlouhého koukání do umělého světla. Při využití VR je tato situace ještě podpořena blízkostí zdroje světla, které je hned v brýlích pro VR (Mlíka et al., 2005).

Pravděpodobně nejznámějším a nejzávažnějším je tzv. cybersickness (dále CS). Jedná se o soubor symptomů nevolnosti v souvislosti s expozicí VR. Typicky je popisován jako vizuálně vyvolaná motorická nevolnost (VIMS), která vzniká pozorováním pohybu

a zahrnuje dezorientaci, nevolnost, nauzeu, zvracení, bolesti očí, posturální nestabilitu, pocení, bledost...atd. Některé studie uvádějí přítomnost příznaků i 12 hodin po expozici VR (Selzer et al., 2006; Mlíka et al., 2005).

Důvodem CS je přehlcení nervového systému, kterému několik senzorických vstupů dává odlišné informace. Dle review, které se zaměřovalo na CS a VR, není mezi těmito jevy jasná příčinná souvislost. Nicméně poukazuje na fakt, že v případě většího *vnoření (immersion)* do prostředí VR, je vyšší míra jak *přítomnosti*, tak CS (Weech et al., 2019; Selzer et al., 2006; Mlíka et al., 2005).

Dalším problematickým bodem může být pro uživatele VR bolest krku a hlavy v souvislosti s používáním brýlí pro VR (Mlíka et al., 2005).

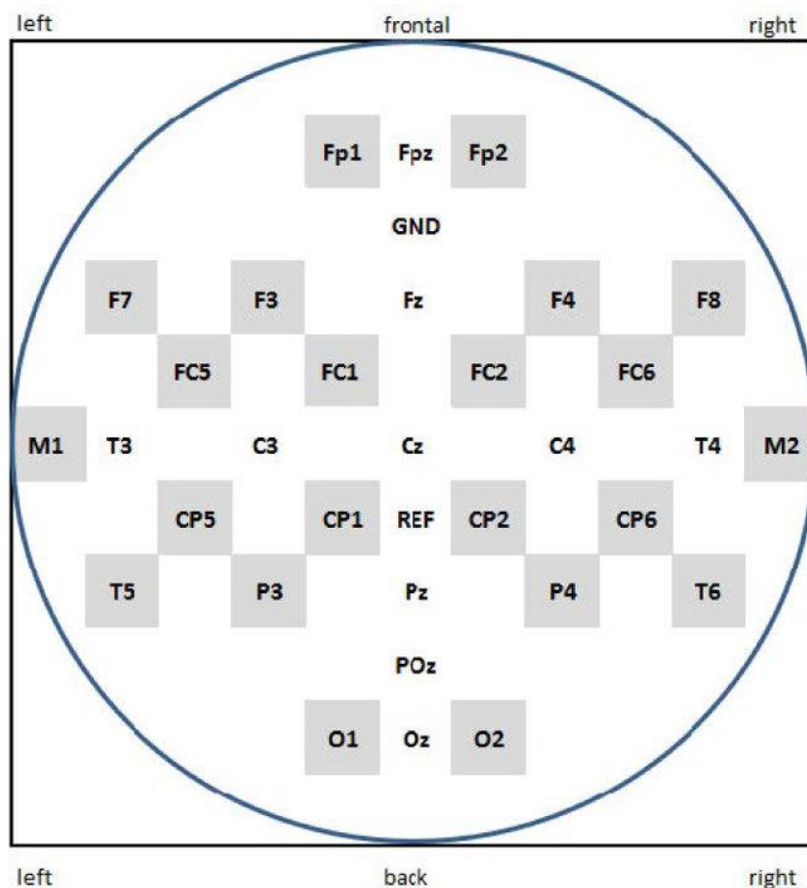
2.4 Elektroencefalografie (EEG)

Elektroencefalografie (dále EEG) je neinvazivní neurofyzilogická metoda, která snímá aktivitu mozku za určitý časový úsek. Oproti dalším neurologickým vyšetřením (např.: CT mozku) pacienta nezatěžuje zářením a je možné vyšetření provádět po delší časový úsek. Dále neinvazivnost měření dovoluje EEG snímat v průběhu pohybové činnosti, a tak ozřejmit mozkovou aktivitu i v těchto situacích (Pánek, 2016).

Elektroencefalogram je záznam EEG vyšetření v určitém časovém úseku, které vizualizuje aktivitu v synaptodendritických membránách povrchových částí kortexu. Generátorem rytmu je v této situaci thalamus (Faber, 2001).

Elektrická aktivita mozku je v našem případě registrována ze skalpu pomocí speciální EEG čepice s 32 elektrodami. Po nasazení čepice je otvorem uprostřed elektrod aplikován vodivý gel, který snižuje elektrodové odpory. Správné nasazení čepice vyškoleným laborantem je velmi důležité, protože elektrická aktivita je v oblasti skalpu velmi nízká (Faber, 2001; 1997; Pánek, 2016).

Rozmístění elektrod vychází z mezinárodní nomenklatury, která byla roku 1957 schválena na mezinárodním kongresu EEG. Jedná se o systém 10–20, tzn. Elektrody mezi sebou mají vzdálenost 10 nebo 20 % v rovině sagitální a frontální. Pro lepší pochopení jsou elektrody vyobrazeny níže (Obrázek č. 1). Označení písmenem F značí oblast frontální, C = centrální, P = parietální, O = okcipitální, T = temporální, M = oblast mastoideu.



Obrázek č. 1: Lokalizace elektrod na hlavě pacienta

Zdroj: Heis et al., 2021

2.4.1 Základní frekvence EEG signálu

U zdravého člověka jsou v rámci EEG popisovány vlny Delta, Theta, Alfa, Beta a Gama. Objevují se v určité věkové kategorii a při definovaném stavu vědomí. V následujících odstavcích jednotlivá frekvenční pásma popíšu podrobněji.

Pásmo **Delta** má nízkou frekvenci do 4 Hz. Pozorovat ji můžeme fyziologicky do 3 let života a při hlubokém spánku. Je předpokládáno, že delta aktivita je spojena s kódováním informací a tím s celkovou inteligencí člověka (Pánek, 2016).

Pásmo **Theta** má frekvenci 4-8 Hz a amplitudu 30 μ V. Objevuje se nad temporální oblastí, nereaguje na otevření očí a výraznější může být při emočním vyrušení. Často

je spojována s paměťovými procesy a exekutivní pozorností, dále bylo pozorováno, že se více objevuje u dětí (Pánek, 2016; Procházka et Sedláčková, 2015). Při stavu *flow* je rovněž zaznamenávána vyšší aktivita Theta vln (viz. Kapitola 2.1.5 Měření a diagnostika stavu flow). Blažej a Kostolanská (2020) ve své knize dávají poslední 2 skutečnosti do souvislosti. Uvádí, že děti mají lepší predispozice dostávat se častěji během dne do stavu *flow*, častěji se nechávají unést běžnými věcmi, jako je kutálející míč či letící pták.

Pásmo **Alfa** je definováno frekvencí 8-12 Hz s amplitudou o velikosti 5–100 μ V, přičemž by měla být nad oběma hemisférami symetrická nebo nad pravou o třetinu vyšší. Průběh je sinusoidní a maxima jejího výskytu je týlní a temenní oblast. Alfa aktivita je typická při relaxaci, zavřených očích, odpočinku a v klidu. Redukce naopak nastává při psychické či fyzické námaze. Tzv. Bergerova reakce je stav, při kterém alfa aktivita mizí skokově, např. při vyrušení při relaxaci či náhlém otevření očí (Pánek, 2016; Faber; 2001; Procházka et Sedláčková, 2015).

Pásmo **Beta** je nepravidelná aktivita o frekvenci 12-30 Hz a amplitudě 2-20 μ V. Místo výskytu je precentrální a čelní část mozku. Beta aktivita se vyskytuje při fyzické či psychické námaze. Dále můžeme hovořit o **Beta 2** (22-30 Hz) pásmu, které se objevuje při strachu, úzkostí, prožívání starostí nebo přípravě na velký výkon.

Gama (40-100 Hz) je aktivita, která se objeví při odpovědi na sensorický stimul v precentrální a frontální oblasti. Výskyt je typický pro bdění (Orel et Procházka, 2017; Pánek, 2016).

2.5 sLORETA

Pro měření aktivity mozku byl vybrán nástroj sLORETA zobrazení (Standardizovaná elektromagnetická tomografie s nízkým rozlišením).

Jedná se o metodu, která matematickou analýzou povrchové aktivity mozku dokáže zobrazit zdroje této aktivity v mozkové kůře ve trojrozměrném obraze. Řadí se mezi tzv. qEEG metody (kvantitativní elektroencefalografie), jež vizuálně vyhodnocují dynamické změny aktivity při kognitivních úkolech. sLORETA dokáže zobrazit zdroj aktivity v časovém rozmezí s minimální chybou (Pascual-marqui, 2002; Pánek, 2016; Cannon, 2012; Sherlyn, 2009; Hammond, 2014).

Autorem je Pascual-Marqui, který jako první se svými kolegy v roce 1994 vyřešil nevýhodu EEG, tzv. inverzní problém neboli nemožnost zpětného výpočtu, odkud pocházejí snímané potenciály na povrchu hlavy (Cannon, 2012; Pánek, 2016; Soutar, 2014).

Pascual-Marqui definoval lokalizaci na základě Talarichova atlasu a korespondujícího digitálního pravděpodobnostního atlasu mozku. Jednotkou, která určuje proudové hustoty indukující tyto lokalizace, je tzv. voxel (Pánek, 2016; Pasqual-Marquin, 2002).

Oproti magnetické rezonanci (MRI) a počítačové tomografii (CT), které se pro zobrazení mozkové aktivity běžně používají, nezatěžuje sLORETA pacienta zářením a je výrazně méně finančně nákladná. Dokáže však zobrazit pouze aktivitu v kortexu, nikoliv v hlubších strukturách, jako je např. mozkový kmen (Cannon, 2012; Pánek 2016; Pascual-Marqui 2002).

Validita měření pomocí sLORETA byla ověřena již samotným autorem (Pasqual-Marqui et al., 2002). Další potvrzení přináší např. review z loňského roku, které v závěru uvádí, že zobrazení je vhodné především pro zkoumání epilepsie, která má nejbohatší historii studií v této oblasti. Pro ještě lepší výsledky doporučuje review využívat sLORETA zobrazení v kombinaci s dalšími metodami, konkrétně tato studie uvádí HD-EEG (Dattola, 2020).

2.6 Brodmanovy arey (BA)

Základní stavba neocortexu je téměř všude stejná, proto se nazývá také isocortex. Jsou však známé lokální rozdíly v tloušťce celé kůry, v zastoupení buněčných typů v jednotlivých vrstvách, uspořádání vláken, v mediátorové a enzymové výbavě nebo také v úpravě aferentních a eferentních vláken. Z tohoto důvodu bylo nutné, aby vzniklo nové dělení pro lokalizaci funkce. Jednou z dosud nejpoužívanějších je cytoarchitektonická mapa podle K. Brodmanna (Čihák, 2016).

Korbinian Brodmann byl německý psychiatr, který v roce 1909 publikoval rozčlenění kůry u lidí, opic a dalších druhů. Dělení obsahuje 11 krajin, které se dále dělí na 52 areí. Kritériem pro toto rozdělení byla tloušťka kůry, tloušťka jednotlivých vrstev a velikost a hustota neuronů (Čihák, 2016; Pearce, 2005).

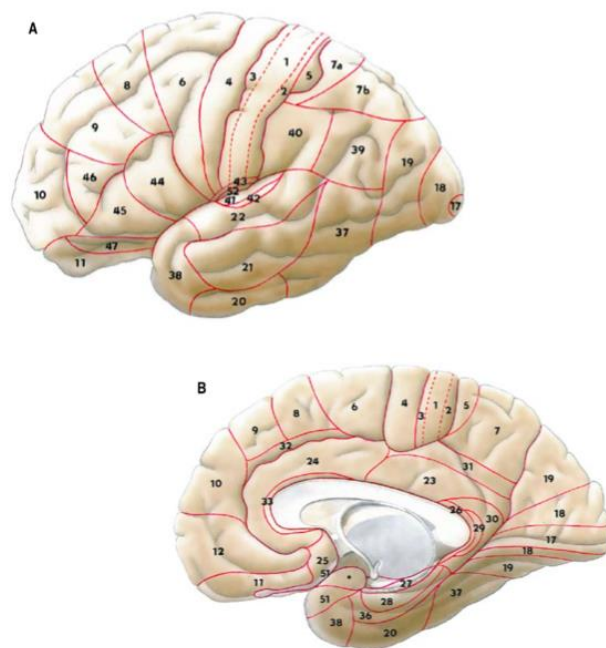
Jednotlivé oblasti zároveň představují určitou funkci, dnes rozlišujeme 8 takových oblastí: oblast pro exekutivní funkce, motorické funkce, somatosenzoriku, pozornost, vizuální funkce, zvuk, regulace emocí a paměť. Rovněž můžeme oblasti mozkové kůry rozdělit topograficky, a to na lalok temporální, okcipitální, parietální a frontální (Čihák, 2016).

Primární somatosenzorický kortex tvoří area 3, 1 a 2; area 4 je oblastí primární motorické kůry; area 17 primární vizuální kůry; area 41 a 42 pak velmi úzce souvisí se sluchovými funkcemi.

Exekutivní funkce asociační motorické kůry jsou opakovaně pomocí zobrazovacích metod spojovány s oblastmi 44 a 45, v tzv. Broccově centru.

Vizuální zobrazení BA vidíme na obrázku č. 2.

Právě v souvislosti s rozvojem zobrazovacích metod v druhé polovině 20. století byly Brodmannovy arey efektivně zavedeny do praxe. Díky možnosti monitorovat mozkové funkce v reálném čase při dané činnosti, se tak propojila cytoarchitektonická mapa s funkcí mozku. Brodmannova mapa však zobrazovala pouze povrchové hranice mezi jednotlivými oblastmi, přesné určení tak muselo být provedeno pouze histologicky. Tento problém vyřešily 3D atlasy, které zaznamenávaly i povrch kůry skrytý pod rýhami, který tvoří 2/3 povrchu. Jedním z dodnes nejpoužívanějších 3D atlasů patří Talairachův, který využívá právě zobrazení sLORETA (viz kapitola 2.5 sLORETA) (Pearce, 2005; Zilles, 2018; Čihák, 2016; Lancaster et al., 2000).



Obrázek č. 2: Brodmannovy oblasti (*A – laterální plocha levé hemisféry, B – mediální plocha pravé hemisféry*)

Zdroj: Čihák, 2016

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY

3.1.1 Cíl práce

Cílem této práce je zjistit změny ve zdrojové aktivitě mozku hodnocené pomocí sLORETA zobrazení v průběhu vizuálního tréninku pohybové představitivosti (pohybové imaginace) a možnosti vyvolání stavu flow.

3.1.2 Úkoly práce

1. Vytvoření literární rešerše k tématu stavu flow, imaginace a sLORETA programu.
2. Vytvoření metodického postupu, podoby experimentu, výběr probandů.
3. Provedení vlastního měření.
4. Zpracování, vyhodnocení a interpretace získaných dat.
5. Vytvoření diskuse s konfrontací stanovených hypotéz, zhodnocení a shrnutí experimentu.

3.1.2 Výzkumné otázky

V1: Existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových areí), hodnocené pomocí sLORETA zobrazení, v porovnání stavu při vstupním měření imaginace chůze a klidovém stavu při vstupním měření?

V2: Existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových areí), hodnocené pomocí sLORETA zobrazení, v porovnání stavu při kontrolním měření imaginace chůze a klidovém stavu při kontrolním měření?

V3: Existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových areí), hodnocené pomocí sLORETA zobrazení, v porovnání stavu při vstupním měření imaginace chůze a při kontrolním měření imaginace chůze?

V4: Existují statisticky významné změny v hodnocení stavu flow dotazníkem Flow State Scale – Česká verze (Řezáč, 2009) před začátkem a po skončení tréninku imaginace chůze?

3.1.3 Hypotézy

H1: Předpokládám, že existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových areí), hodnocené pomocí sLORETA zobrazení, v porovnání stavu při vstupním měření imaginace chůze a klidovém stavu při vstupním měření.

H2: Předpokládám, že existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových areí), hodnocené pomocí sLORETA zobrazení, v porovnání stavu při kontrolním měření imaginace chůze a klidovém stavu při kontrolním měření.

H3: Předpokládám, že existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových areí), hodnocené pomocí sLORETA zobrazení, v porovnání stavu při kontrolním měření imaginace chůze a vstupním měření imaginace chůze.

H4: Předpokládám, že existují statisticky významné změny v hodnocení stavu flow dotazníkem Flow State Scale – Česká verze (Řezáč, 2009) před začátkem a po skončení tréninku imaginace chůze ve směru zlepšení.

3.2 METODIKA PRÁCE

3.2.1 Charakteristika souboru

Výzkum proběhl na 13 zdravých osobách ve věku 20-30 let. Nabírání probandů probíhalo pomocí sociálních sítí. Vylučujícími kritérii pro vstup do studie byla předchozí zkušenost s tréninkem imaginace, probíhající akutní onemocnění, neurologické či kardiovaskulární onemocnění, těhotenství a další stavy, které by mohly narušit průběh výzkumu. Informace o probandech vidíme v Tabulce č. 1.

Účastníci studie podepsali informovaný souhlas (Příloha II), kterým stvrdili, že do studie vstupují dobrovolně, mohou kdykoliv odstoupit a souhlasí s podmínkami měření. Etická Komise FTVS odsouhlasila experiment pod jednacím číslem 215/2021 (Příloha I).

Identifikace	Pohlaví	Ročník	Hmotnost (kg)	Výška (m)	BMI
N1	M	1992	80	1,78	25,25
N2	Ž	1997	58	1,69	20,31
N3	Ž	1996	68	1,72	22,99
N4	M	1998	65	1,81	19,84
N5	M	1998	70	1,79	21,85
N6	Ž	1997	53	1,60	20,70
N7	Ž	1992	80	1,73	26,73
N8	M	1998	71	1,69	24,86
N9	Ž	1995	58	1,65	21,30
N10	M	2000	84	1,87	24,02
N11	Ž	1998	66	1,81	20,15
N12	M	1999	79	1,75	25,80
N13	Ž	1998	75	1,65	27,55

Tabulka č. 1: Přehled Výzkumného souboru

3.2.2 Použité metody

Elektrická aktivita mozku byla registrována pomocí povrchového telemetrického 32 kanálového EEG přístroje *Nicolet TM EEG Wireless Amplifier 32/64* firmy Natus Neurology z USA. Záznam byl naměřen vsedě se zavřenými a otevřenými očima, při sledování videa chůze v první osobě a při imaginaci pohybu (opět uzavřené a otevřené oči) snímán pomocí EEG čepice (WaveGuard) s plochými registračními elektrodami. Počet elektrod je 32 (Fp1, Fpz, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC5, FC1, FC2, FC6, M1, T5, T3, C3, Cz, C4, T4, M2, CP5, CP1, CP2, CP6, P3, Pz, P4, T6, PO2, O1, Oz a O2, jedna zemnicí elektroda (GND a jedna referenční (REF)) s rozmístěním dle mezinárodně platného systému 10–20. Impedanční odpor elektrod nepřevyšoval 5 k Ω , vzorkovací frekvence byla 256 Hz a pásmová propustnost 0,5–70 Hz. Výsledná data byla analyzována pomocí programu NeuroGuide. Vybrán byl 1minutový bezartefaktový úsek, který byl následně zpracován v sLORETA programu.

3minutové tréninkové video chůze v první osobě bylo natočeno autory výzkumu Bc. Alžbětou Remešovou, Bc. Barborou Englerovou a Bc. Ladou Špidlenovou podle návodu, který vytvořil pro svou diplomovou práci Mgr. Alois Polák (Polák, 2017). Video

probandi poprvé zhlédli s námi v laboratoři v rámci vstupního měření, dále obdrželi pokyny na domácí trénink, které obsahovaly mimo jiné odkaz na video ve formátu pro VR brýle (Více viz kap. 3.2.4. Průběh měření a tréninku imaginace).

Další data pro experimentální část jsou výsledkem standardizovaných dotazníků, které byly vybrány pro stav *flow*: **Short Flow Scale** (Martin et Jackson, 2008) a **Flow State Scale – Dlouhá verze** (Řezáč, 2009).

Dlouhou verzi dotazníku probandi vyplnili vždy po měření s námi v laboratoři, tj. po první a závěrečné imaginaci pohybu.

Short Flow Scale obdrželi probandi na domácí trénink, jejich úkolem bylo dotazník vyplnit po každé imaginaci, tj. 9x za dobu celého tréninku.

Výsledky dotazníků byly následně porovnávány pomocí grafů a tabulek. Pro dlouhou standardizovanou verzi to bylo porovnání změny za dobu tréninku, pro Short Flow Scale zobrazení průběhu stavu *flow* při celém tréninku.

Dlouhá verze dotazníku obsahuje 36 výroků, které probandi hodnotí na škále 1-5 následovně: 1-*nikdy*, 2-*zřídka*, 3-*někdy*, 4-*často*, 5-*vždy* (Řezáč, 2009). Probandi byli požádáni, aby své odpovědi označili s ohledem na prožitek u proběhlé imaginace pohybu se zavřenýma očima. Plné znění dotazníku viz Příloha III: Dotazník Flow State Scale – Dlouhá verze.

Short Flow Scale má v této diplomové práci pouze doplňkový charakter k Dlouhé verzi dotazníku a slouží k zobrazení průběhu stavu *flow* při celém tréninku.

Tento dotazník rovněž obsahuje věty, které proband hodnotí na škále, tentokrát sedmibodové (1 – *naprosto nesouhlasím*, 7 – *naprosto souhlasím*) (Martin et Jackson, 2008; Michalos, 2014). Pokyn je zde stejný jako u české verze dotazníku. Plné znění dotazníku viz Příloha IV: Short Flow Scale.

3.2.3 Sběr dat

Teoretická část práce byla psaná na základě tištěných a elektronických zdrojů, zejména zahraničních článků a publikací. Tyto zdroje byly čerpány z online databází PubMed, Medline, ResearchGate, Cochrane Library, Google Scholar prostřednictvím Univerzity Karlovy a Národní lékařské knihovny.

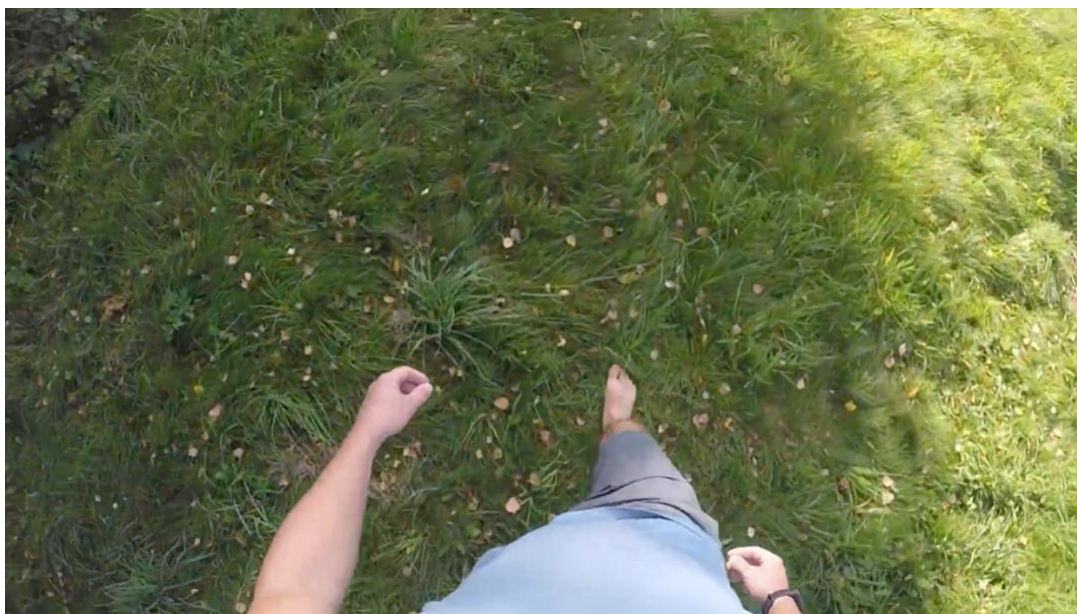
Praktická část byla zpracována dle průběhu uvedeného níže (Kapitola 3.2.4 Průběh měření a tréninku imaginace).

3.2.4 Průběh měření a tréninku imaginace

Měření proběhlo v období leden–březen 2022 v Kineziologické laboratoři FTVS UK pod odborným dohledem MUDr. Davida Pánka, Ph.D. a Mgr. Dominiky Dvořáčkové.

Cílem experimentu byl záznam EEG signálu pomocí sLORETA zobrazení při klidovém stavu před sledováním videa v první osobě, při sledování videa a při imaginaci se zavřenými a otevřenými očima.

Pro účely experimentu bylo vytvořeno 3minutové video dle návodu, který pro svou diplomovou práci vytvořil Mgr. Alois Polák (Polák, 2017). Video obsahovalo chůzi bez obuvi po trávě, snímek z videa vidíme níže (Obrázek č. 3: Ukázka z videa).



Obrázek č. 3: Ukázka z videa

Zdroj: archiv autorky

Vstupní měření pomocí EEG a dotazníků proběhlo následovně:

- EEG vyšetření:
 - 1) klidový stav při zavřených (5 min) a otevřených očích (5 min)
 - 2) sledování videa (3 min), Obrázek č. 4
 - 3) 5 min pauza
 - 4) imaginace se zavřenýma očima (3 min)
 - 5) 5 min pauza
 - 6) imaginace s otevřenýma očima.
- Na závěr byl vyplněn dotazník vybraný pro stav flow (Řezáč, 2009).

Závěrečné měření po tréninku imaginace mělo stejný sled jako vyšetření vstupní.



Obrázek č. 4: *Proband při měření EEG v průběhu sledování videa*

Zdroj: archiv autorky

Trénink imaginace probíhal po dobu 3 týdnů, 3x týdně probandí vsedě sledovali 3minutové video chůze v první osobě za použití brýlí pro virtuální realitu. Po každém zhlédnutí si pohyb imaginovali tak dlouho, jak jen byli schopni. Po imaginaci vyplnili dotazník Short Flow Scale (Martin et Jackson, 2008). Tato metodika byla zvolena na základě review z roku 2011 (Schuster et al.), které uvádí parametry pro úspěšný trénink imaginace pohybu, jedná se o průměrnou délku intervence 21 dní a frekvenci

trénování 3x týdně. Doporučení intenzity tréninku bylo potvrzena i review motorické imaginace z roku 2021 (Ladda et al.).

3.2.5 *Analýza dat*

Z EEG signálu byl vybrán 1minutový bezartefaktový úsek, který dále prošel analýzou v programu sLORETA. Data byla nejdříve převedena do vzájemného spektra pro všechna rozmezí: Delta (0,5–4 Hz), Theta (4–8 Hz), Alfa 1 (8–10 Hz), Alfa 2 (10–12 Hz), Beta1 (13–18 Hz), Beta 2 (18–21 Hz), Beta 3 (21–30 Hz), Gama (30 a více). Poté byla data převedena do souborů sLORETA s příponou „slor“, díky kterým je možné zobrazení v Talarichově atlasu (Pánek, 2016).

Statistické vyhodnocení dat EEG bylo provedeno opět v programu sLORETA. Porovnávány byly vždy 2 skupiny dat z výběru Kontrolní imaginace s otevřenýma očima (KONTROL IMAG OE), Vstupní imaginace s otevřenýma očima (VSTUP IMAG OE), Klidové EEG při vstupním vyšetření s otevřenýma očima (VSTUP REST OE), Klidové EEG při kontrolním vyšetření s otevřenýma očima (KONTROL REST OE).

Porovnávané skupiny dat:

1. VSTUP IMAG OE vs. VSTUP REST OE
2. KONTROL IMAG OE vs. KONTROL REST OE
3. KONTROL IMAG OE vs. VSTUP IMAG OE

Statisticky významné změny byly vyhodnoceny pomocí párového t-testu s logaritmicovou transformací dat s parametrem vyhlazení 0,2 a využitím permutační metody s randomizací v hodnotě 5000. Výsledná data byla zobrazena opět pomocí programu sLORETA, který umožňuje prohlížet data v jednotlivých Brodmannových oblastech a frekvenčních pásmech. Pro tato zobrazení je k dispozici 2D a 3D model. Seznam statisticky významných BA pro jednotlivá frekvenční pásma byl následně vygenerován do textového souboru.

Data získaná z **Dlouhé verze dotazníku** byla analyzována pomocí Studentova párového t-testu s jednostranným rozdělením pro hladinu významnosti $\leq 0,05$. Porovnávány byly vždy 2 skupiny dat *před vs. po* tréninku pro každý atribut stavu *flow* zvlášť. Tato porovnání byla zároveň znázorněna pomocí boxových diagramů vytvořených v programu Excel.

Data z dotazníku **Short Flow Scale** měla pouze doplňkový charakter a slouží k zobrazení průběhu stavu *flow* v rámci celého tréninku. Z tohoto důvodu byla data zobrazena pomocí lineárního grafu s rozptylem a přiložena k atributům, které byly shledány statisticky významnými dle Dlouhé verze dotazníku.

4 VÝSLEDKY

4.1 ANALÝZA V SLORETA PROGRAMU

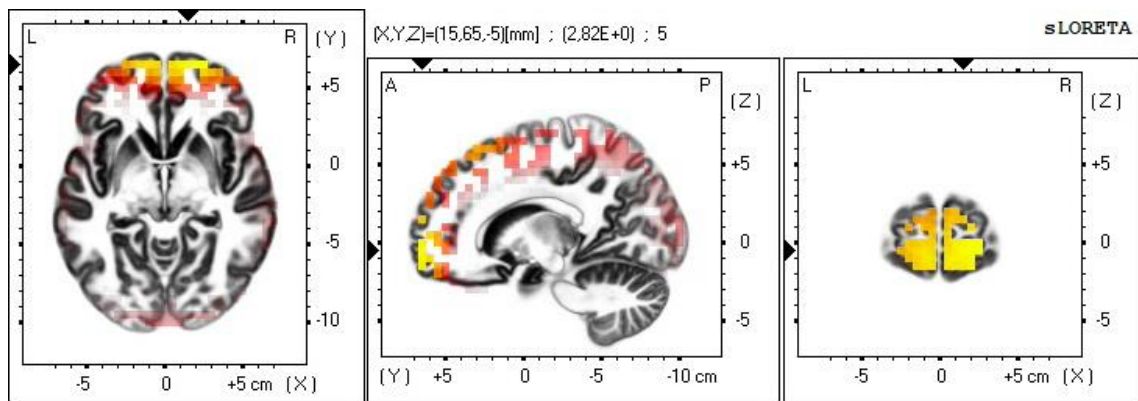
Při porovnání následující dvojice skupin dat:

4.1.1 *Vstupní imaginace s otevřenými očima (VSTUP IMAG OE) vs. Klidové EEG při vstupním vyšetření s otevřenými očima (VSTUP REST OE)*

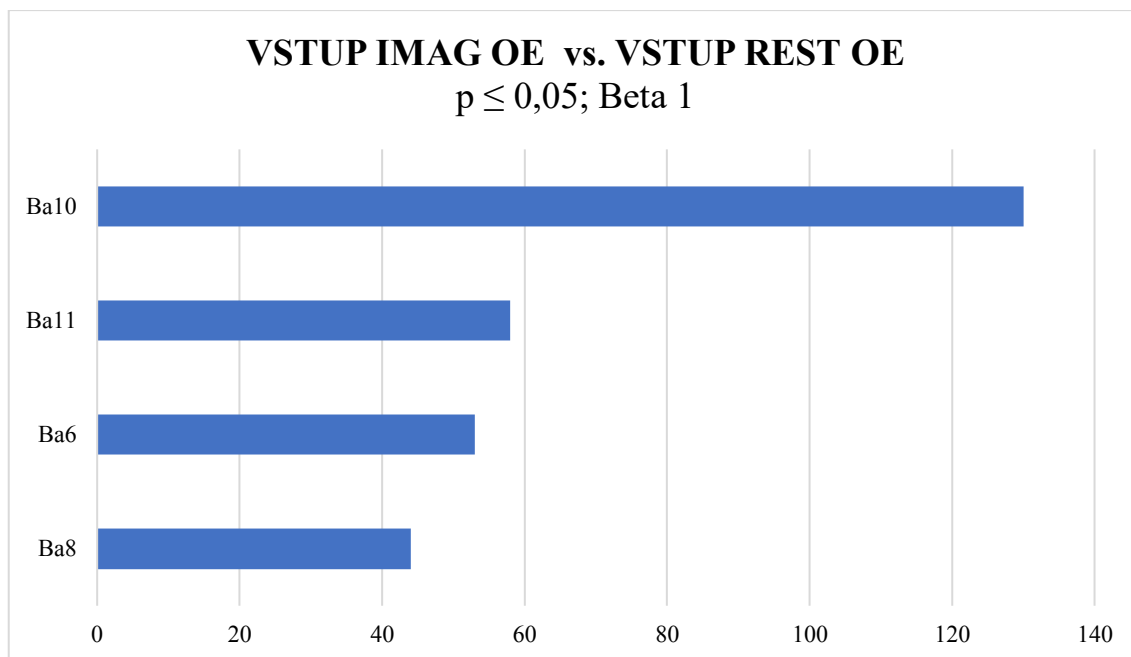
Při porovnání EEG signálu ze vstupní imaginace s otevřenými očima a vstupního měření při klidovém stavu s otevřenými očima byly nalezeny statisticky významné změny ve frekvenčním pásmu Beta 1 Gama na hladině statistické významnosti $p \leq 0,05$. Pásmo Gama bylo příliš kontaminováno svalovými artefakty, proto nebylo zahrnuto do výsledků.

Ve frekvenčním pásmu **Beta 1** došlo ke statisticky významným změnám ve frontálním laloku (BA 6, 8, 10 a 11).

Vizuální zobrazení vidíme na obrázku č. 5 a grafické znázornění na grafu č. 4.



Obrázek č. 5: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 1 pro hladinu významnosti $p \leq 0,05$ při porovnání vstupní imaginace s otevřenými očima a vstupního klidového stavu s otevřenými očima. BA: 6, 8, 10 a 11.



Graf č. 4: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 1 pro hladinu významnosti $p \leq 0,05$ při porovnání vstupní imaginace s otevřenými očima a vstupního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivních voxelů, osa y: BA: 6, 8, 10, 11.

Brodmannova oblast č. 6 odpovídá premotorické korové oblasti (PM), její funkce je asociační, účastní se plánování pohybu, pracovní paměti a vizuálně-motorické pozornosti. Frontální okoohybné pole odpovídá BA 8, tato oblast koordinuje pohyby očí, jak volní, tak i sakadické. BA 10 a 11 jsou součástí prefrontální korové oblasti sloužící jako asociační oblast pro kontrolu kognitivních funkcí, schopností předpovídat a plánovat pohyb (Fiala et Valenta, 2020; Cortical Functions, 2012).

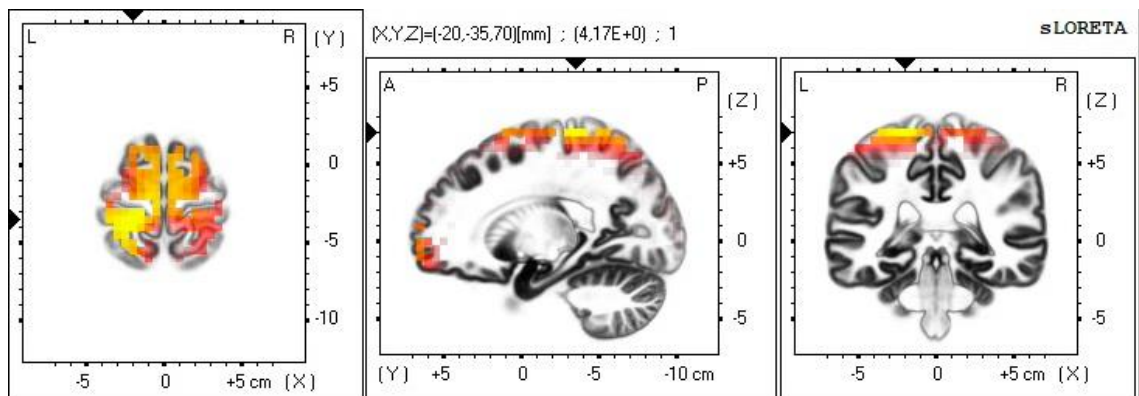
Nejvyšší zastoupení měla BA 10 (130 aktivních voxelů ve frekvenčním pásmu Beta 1) a nejmenší BA 8 (44 aktivních voxelů rovněž ve frekvenčním pásmu Beta 1) viz graf č. 4.

4.1.2 Kontrolní imaginace s otevřenými očima (KONTROL IMAG OE) vs. Klidové EEG při kontrolním vyšetření s otevřenými očima (KONTROL REST OE)

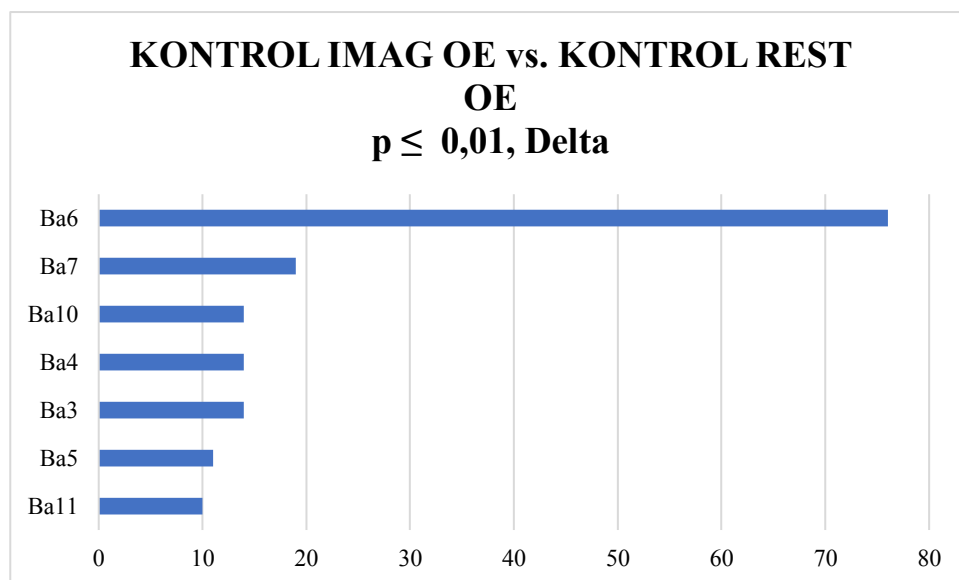
Porovnání signálu EEG z kontrolního vyšetření imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima ukázalo statisticky významné změny v proudové hustotě ve frekvenčních pásmech Delta, Alfa 2, Beta 1, Beta 3 a Gama. Úroveň statistické významnosti byla tentokrát $p \leq 0,01$. Pásmo Gama i v případě druhého

porovnání obsahovalo velké množství svalových artefaktů a proto nebylo využito k podrobné analýze.

Ve frekvenčním pásmu **Delta** došlo ke statisticky významným změnám v oblastech mozku: frontální lalok (BA 4, 6, 10 a 11) a parietální lalok (BA 3, 5 a 7). Vizuální zobrazení vidíme na obrázku č. 6 a grafické znázornění na grafu č. 5.



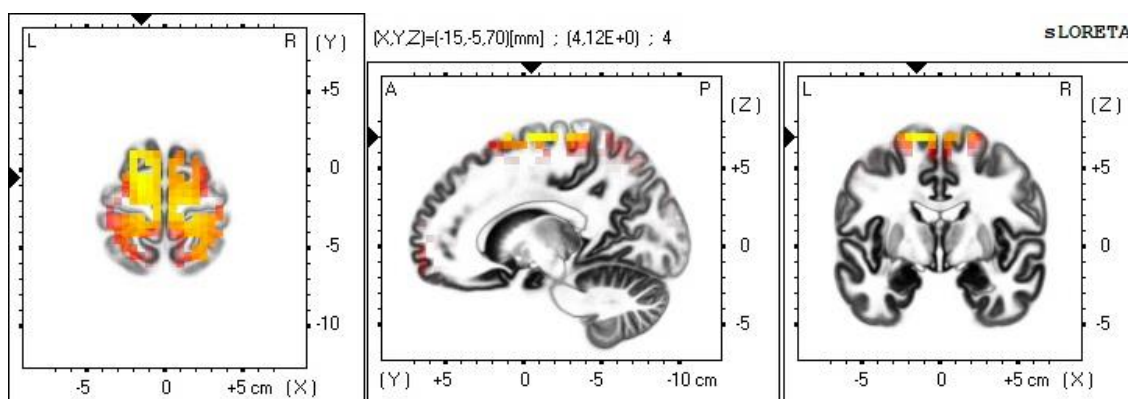
Obrázek č. 6: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Delta pro hladinu významnosti $p \leq 0,05$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. BA: 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11.



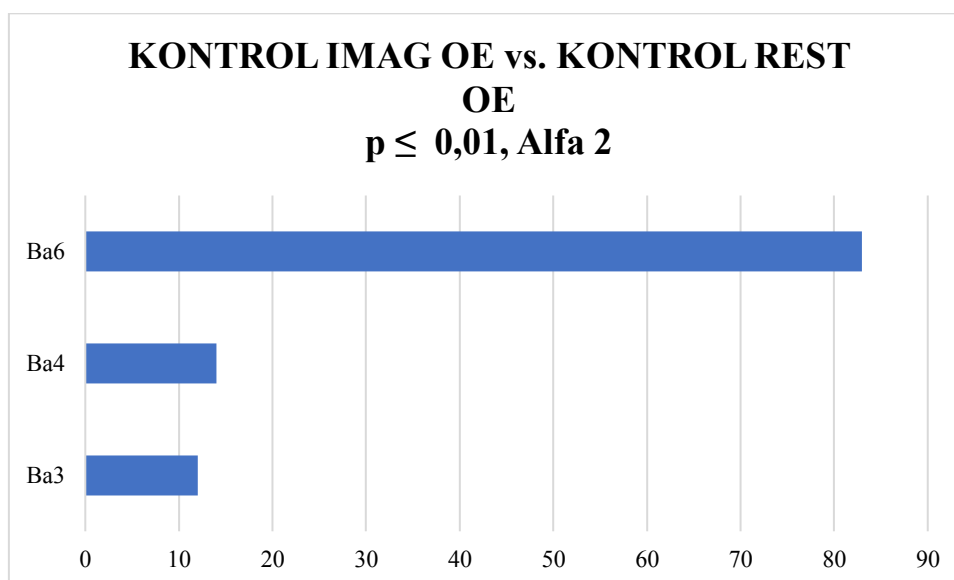
Graf č. 5: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Delta pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivní voxelů, osa y: BA: 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11.

Ve frekvenčním pásmu **Alfa 2** byla statisticky významná aktivita v oblasti ve frontálním laloku (BA 4 a 6) a v parietálním laloku (BA 3).

Vizuální zobrazení vidíme na obrázku č. 7 a grafické znázornění na grafu č. 6.



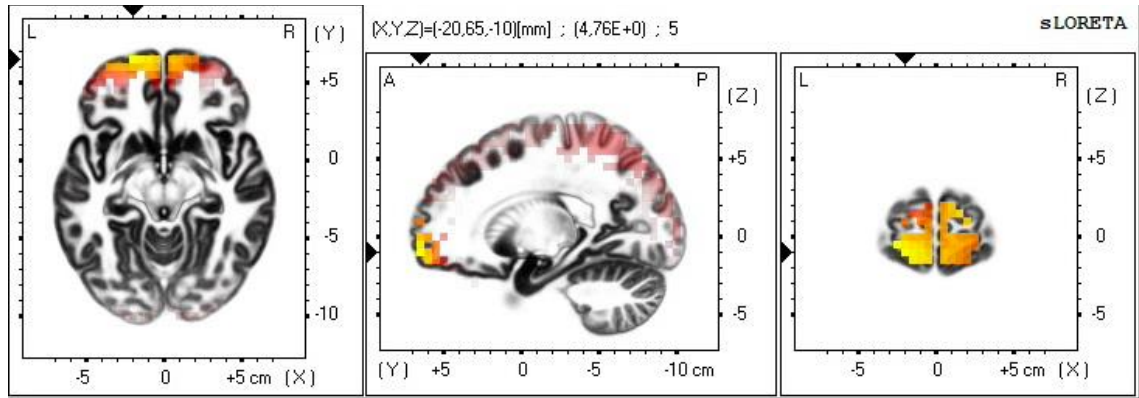
Obrázek č. 7: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Alfa 2 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. BA: 3, 4 a 6.



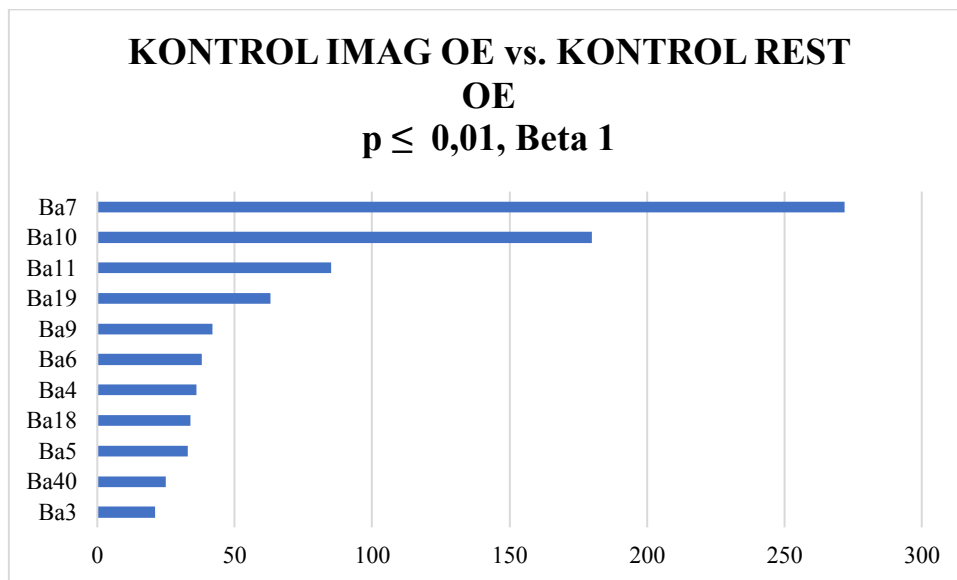
Graf č. 6: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Alfa 2 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivní voxelů, osa y: BA: 3, 4 a 6.

Ve frekvenčním pásmu **Beta 1** byly statisticky významně aktivní následující oblasti: frontální (Ba 4, 6, 9, 10, 11), parietální (BA 3, 5, 7 a 40) a v okcipitální laloku (BA 18 a 19).

Vizuální zobrazení vidíme na obrázku č. 8 a grafické znázornění na grafu č. 7.



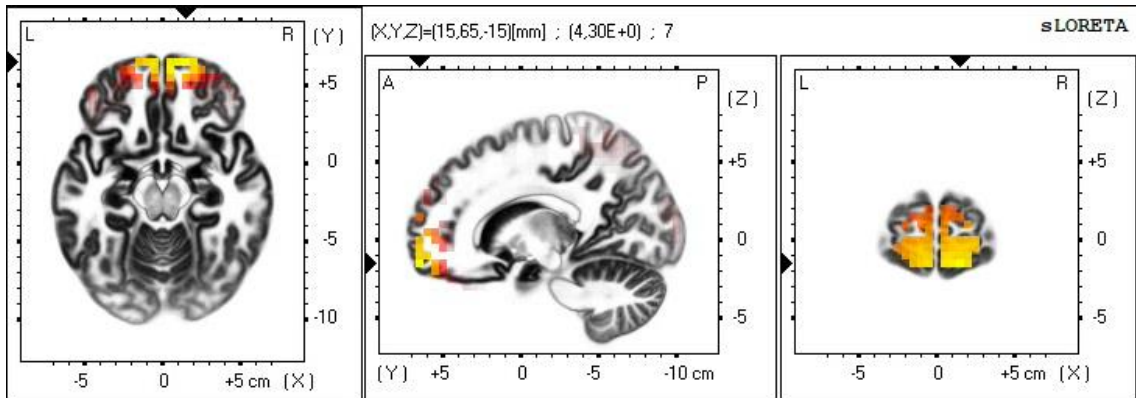
Obrázek č. 8: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 1 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. BA: 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 18, 19 a 40.



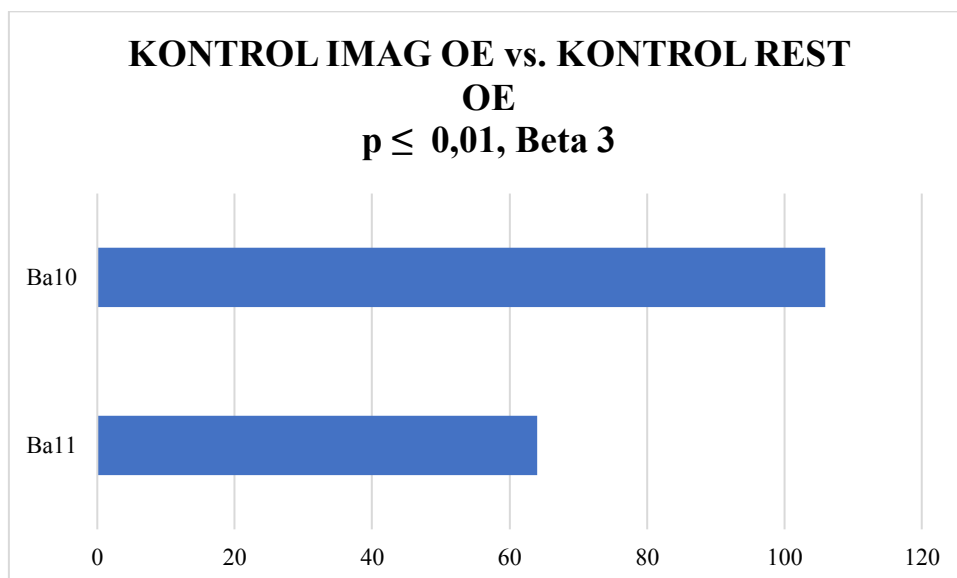
Graf č. 7: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 1 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivní voxelů, osa y: BA: 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 18, 19 a 40.

Pro frekvenční pásmo **Beta 3** byly zjištěny signifikantně aktivní pouze 2 BA ve frontálním laloku (BA 10 a 11).

Vizuální zobrazení vidíme na obrázku č. 9 a grafické znázornění na grafu č. 8.



Obrázek č. 9: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 3 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. BA 10 a 11.



Graf č. 8: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 3 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivní voxelů, osa y: BA 10 a 11.

Brodmannova oblast č. 6 (PM) dostává informace z BA 18, 19, 5 a 7. BA 18 a 19 odpovídají zrakovým asociačním polím (vizuální pozornost a zpracování vizuálních

podnětů) a BA 5, 7 a 40 parietální asociační oblasti (integrace senzitivních a zrakových signálů). BA 9, 10 a 11 jsou součástí prefrontální korové oblasti sloužící jako asociační oblast pro kontrolu kognitivních funkcí, schopností předpovídat a plánovat pohyb (Fiala et Valenta, 2020; Cortical Functions, 2012). BA 3 je součástí primární somatosenzitivní korové oblasti (SI), poruchy v této oblasti vedou ke kontralaterální ztrátě čítí. BA 4 je primární motorickou korovou oblastí (MI), somatotopicky je zde uložena kontralaterální strana těla. Velikost oblasti, kterou daná část těla v MI zastupuje, je přímo úměrná přesnosti pohybu, největší zastoupení má tedy oblast jazyka, prstů a obličeje (Fiala et Valenta, 2020; Cortical Functions, 2012).

Nejvyšší zastoupení měly BA 7 (272 aktivních voxelů ve frekvenčním pásmu Beta 1) a nejmenší zastoupení BA 11 (10 aktivních voxelů ve frekvenčním pásmu Delta) viz graf č. 5-8.

4.1.3 Kontrolní imaginace s otevřenýma očima (KONTROL IMAG OE) vs. Vstupní imaginace s otevřenýma očima (VSTUP IMAG OE)

Pro porovnání imaginace s otevřenýma očima po 3týdenním tréninku a imaginace před tréninkem nebyly ve statistickém programu sLORETA nalezeny žádné BA, ve kterých by byla statisticky významná změna v proudové hustotě na žádné z vyšetřovaných hladin významnosti (0,01-0,1).

4.2 Dotazníky týkající se stavu flow

4.2.1 *Flow State Scale – Dlouhá verze*

V rámci porovnání dat ze vstupního a kontrolního vyšetření pro jednotlivé dimenze (*souhra úrovní výzvy a dovedností, jasné cíle, jednoznačná zpětná vazba, ztráta sebeuvědomění, ponoření se do aktivity, soustředění na aktuální prožitek, kontrola situace, transformace času a autotelická činnost/osobnost*) nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $\leq 0,05$.

4.2.2 *Short Flow Scale*

Data z dotazníku Short Flow Scale měla svým grafickým znázorněním doplňovat dotazník Flow State Scale – Dlouhou verzi. Protože však nebyla nalezena jediná dimenze se statistickou významností $p \leq 0,05$, nebyla ani data z dotazníku Short Flow Scale dále zpracována.

4.3 SOUHRN VÝSLEDKŮ

Porovnávána byla zdrojová mozková aktivita v sLORETA zobrazení pro následující skupiny dat:

1. Vstupní imaginace s otevřenýma očima (VSTUP IMAG OE) vs. Klidové EEG při vstupním vyšetření s otevřenýma očima (VSTUP REST OE)
2. Kontrolní imaginace s otevřenýma očima (KONTROL IMAG OE) vs. Klidové EEG při kontrolním vyšetření s otevřenýma očima (KONTROL REST OE)
3. Kontrolní imaginace s otevřenýma očima (KONTROL IMAG OE) vs. Vstupní imaginace s otevřenýma očima (VSTUP IMAG OE)

V porovnání č. 1. byly nalezeny statisticky významné změny v proudové hustotě pro frekvenční pásmo **Beta 1 a Gama** na hladině statistické významnosti $p \leq 0,05$.

Nakonec v rámci porovnání č. 2. byly zjištěny statisticky významné změny v proudové hustotě ve frekvenčních pásmech **Delta**, **Alfa 2**, **Beta 1**, **Beta 3 a Gama**. Úroveň statistické významnosti byla tentokrát $p \leq 0,01$.

Pásmo Gama bylo v obou případech vysoce kontaminováno svalovými artefakty, proto nebylo využito k podrobné analýze.

Pro porovnání č. 3. nebyly na hladině významnosti $\leq 0,01$; $\leq 0,05$ ani $\leq 0,1$ nalezeny žádné BA, ve kterých by byly statisticky významné změny v proudové hustotě.

Souhrn výsledků porovnání zdrojové aktivity mozku vidíme v tabulce č. 2.

Dále byla zpracovávána data z dotazníku Flow State Scale – Dlouhá verze a Short Flow Scale. V obou případech nebyl nalezen signifikantní rozdíl na hladině významnosti $p \leq 0,05$.

Porovnávané skupiny dat	Hladina statistické významnosti	Frekvenční pásma se statisticky významnou změnou	BA
VSTUP IMAG OE vs. VSTUP REST OE	$p \leq 0,01$	X	X
	$p \leq 0,05$	Beta 1	6, 8, 10 a 11
KONTROL IMAG OE vs. KONTROL REST OE	$p \leq 0,01$	Delta	3, 4, 5, 6, 7, 10 a 11
		Alfa 2	3, 4 a 6
		Beta 1	3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 18, 19 a 40
		Beta 3	10 a 11
KONTROL IMAG OE vs. VSTUP IMAG	$p \leq 0,01 - 0,1$	X	X

Tabulka č. 2: Souhrn výsledků porovnání zdrojové aktivity mozku v sLORETA zobrazení.

5 DISKUZE

5.1 DISKUZE K HYPOTÉZE Č. 1

H1: Předpokládám, že existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových areí), hodnocené pomocí sLORETA zobrazení, v porovnání stavu při vstupním měření imaginace chůze a klidovém stavu při vstupním měření.

→ ANO, $p \leq 0,05$

Shrnutí výsledků: Při porovnání EEG signálu ze vstupní imaginace (VSTUP IMAG OE) a vstupního měření při klidovém stavu (VSTUP REST OE) byly nalezeny statisticky významné změny ve frekvenčním pásmu Beta 1 na hladině statistické významnosti $p \leq 0,05$. Ve frekvenčním pásmu Beta 1 došlo ke statisticky významným změnám ve frontálním laloku (BA 6, 8, 10 a 11).

Výskyt ve frekvenčním pásmu Beta 1 při imaginaci pohybu podporuje výsledek několika studií z posledních let (Ginter et al., 2005; Cevallos et al. 2015; Matsunaga et al., 2008). Beta frekvenční pásmo je popisováno jako výsledek aktivace motorické a somatosenzorické kůry a bylo zaznamenáno při skutečném provedení pohybu i při imaginaci. Beta vlny se dále specificky objevují při přípravě pohybu a také u všech mentálních aktivit, aktivního přemýšlení a řešení běžných denních činností (Alpturk et al., 2021; Cevallos et al., 2015).

Snížená aktivita Beta je spojována se samotným vykonáním pohybu, Beta se tak aktivuje primárně před započítím pohybu a má modulační funkci (Gwona et Ahn, 2021; Amo Usanos et al., 2020; Matsunaga et al., 2008). Toto frekvenční pásmo zjištěné porovnáním stavu při první imaginaci pohybu a klidovým stavem je v dostupné literatuře hojně udáváno jako charakteristika provedení pohybu jak skutečného, tak v imaginaci (Ginter et al., 2005).

Nejvíce aktivovanou BA byla BA 10 (130 aktivních voxelů ve frekvenčním pásmu Beta 1) a nejméně BA 8 (44 aktivních voxelů rovněž ve frekvenčním pásmu Beta 1) viz graf č. 4.

BA 10 se nachází v oblasti dorsolaterálního prefrontálního kortexu (DLPFC) a má velké zastoupení při zpracování paměťových stop, jejich znovu vyvolání a také při pracovní paměti. Dále je popisována ve vztahu k rozhodování a zpracování sensorických podnětů (Cortical Functions, 2012). Vysoká aktivace této oblasti při prvním pokusu o imaginaci chůze může být dle našeho názoru důsledkem vyvolávání vzpomínek na zhlédnuté video a utváření paměťových stop. Zpracování sensorických vstupů, v našem případě zejména zrakových podnětů z videa, je také jedno z možných vysvětlení. Naše zjištění se shodují s PET studií z roku 2003 (Malouin et al.), která zkoumala představu započetí chůze, běžné chůze a chůze s překážkami.

Ve frekvenčním pásmu Beta 1 byla dále signifikantní aktivace BA 11. Tato oblast je rovněž zodpovědná za ukládání paměťových stop zejména s emočním laděním (Jahn et al.).

Dalšími aktivovanými oblastmi jsou BA 6 a 8. Výsledek se shoduje se zmíněnou PET studií a dále fMRI studií, jež se věnovaly představě pohybu. fMRI studie se zabývala porovnáním představy stoje, chůze a běhu (Jahn et al., 2004; Malouin et al., 2003). BA 6 odpovídá premotorickému kortexu, jeho léze vede k postižení pohybu a kontroly proximálních svalů a svalů trupu a podle dostupných studií hraje výraznou roli v imaginaci pohybu (Lotze et Halsband, 2006; Cortical Functions, 2012). V této oblasti je vysoké zastoupení zrcadlových neuronů, které se aktivují právě při pozorování a představování pohybu (viz kapitola 2.2.1 Zrcadlové neurony). Zrcadlové neurony jsou dále zastoupeny v BA 8. tato oblast je spojována se započetením, udržením, koordinací a plánováním pohybu a také se účastní paměťového procesu. Tyto zmíněné funkce jsou velice důležité pro motorické učení, které je kontrolováno zrakem (Orel et Procházka, 2017). Uvedené aspekty BA 6 a 8, zejména přítomnost zrcadlových neuronů, vysvětlují dle našeho názoru zapojení v předkládané studii.

5.2 DISKUZE K HYPOTÉZE Č. 2

H2: Předpokládám, že existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových areí), hodnocené pomocí sLORETA zobrazení, v porovnání stavu při kontrolním měření imaginace chůze a klidovém stavu při kontrolním měření.

→ ANO, $p \leq 0,01$

Porovnání signálu EEG z kontrolního vyšetření imaginace s otevřenými očima (KONTROL IMAG OE) a kontrolního klidového stavu (KONTROL REST OE) ukázalo statisticky významné změny v proudové hustotě ve frekvenčních pásmech Delta, Alfa 2, Beta 1 a Beta 3. Úroveň statistické významnosti byla tentokrát $p \leq 0,01$. Ve frekvenčním pásmu Delta došlo ke statisticky významným změnám v oblastech mozku: frontální lalok (BA 4, 6, 10 a 11) a parietální lalok (BA 3, 5 a 7). Ve frekvenčním pásmu Alfa 2 byla statisticky signifikantní aktivita ve frontálním laloku (BA 4 a 6) a v parietálním laloku (BA 3). Ve frekvenčním pásmu Beta 1 byly statisticky významně aktivní následující oblasti: frontální (Ba 4, 6, 9, 10, 11), parietální (BA 3, 5, 7 a 40) a v okcipitální laloku (BA 18 a 19). Pro frekvenční pásmo Beta 3 byly zjištěny signifikantně aktivní pouze 2 BA ve frontálním laloku (BA 10 a 11).

Hypotéza č. 2 porovnává klidový stav a imaginaci pohybu tentokrát při kontrolním vyšetření. Přítomnost aktivace vlnového pásma Beta byla vysvětlena u předchozí hypotézy. Specifická aktivace pásma Alfa při imaginaci pohybu bývá popisována pro dobu před započítáním pohybu, v tzv. ready period. Toto pásmo je spojováno s pulsní inhibicí kortexu za účelem obnovy přichozích informací při provedení pohybu (Gwon et Ahn, 2021; Ginter et al., 2005; Cevallos et al., 2015). Studie z roku 2021 (Gwon et Ahn) přímo popisuje vzorec potlačení Alfa aktivity při samotné imaginaci provedení pohybu.

Zajímavým zjištěním je aktivace ve vlnové frekvenci Delta, která je nejčastěji spojována s hlubokým spánkem (Pánek, 2016). Nedávné studie však popisují aktivitu Delta při různých kognitivních procesech ve vědomém stavu (Frohlich, 2012; Harmony, 2013), nebo také při stavu flow u hráčů ping pongu (Metin et al., 2017) Kontradikci s aktivací během hluboké spánku citované studie vysvětlují tím, že Delta inhibuje senzoricou

aferenci, která interferuje s vnitřní koncentrací. Jinými slovy Delta aktivita moduluje vstupy, které by měly být pro provedení úkolu utlumené. Dále je frekvenční pásmo Delta spojováno s vyšším emočním zapojením, s motivačním procesem a meditativním stavem. Oblasti naměřené Delta aktivity při bdělém stavu jsou: frontální kůra, insula, nucleus accumbens a tegmentum (Harmony, 2013). Ne všechny zmíněné oblasti jsou však zachytitelné skalpovým EEG použitým v předkládané studii.

Možná vysvětlení zapojení BA 6, 8, 10 a 11. byla popsána v diskuzi k hypotéze č. 1. Ve frekvenčním pásmu Beta 1 byla tentokrát nejvyšší aktivita BA 7. BA 10 a 11 byly zapojeny obdobně jako při vstupním vyšetření (viz graf č. 4). Nárůst aktivity BA 7 si vysvětlujeme efektivním zapojením zrcadlových neuronů, nacházejících se v této oblasti, které se zapojují při imaginaci pohybu.

BA 9 je spojována se zmíněnými BA 10 a 11, je součástí prefrontální korové oblasti sloužící jako asociační oblast pro kontrolu kognitivních funkcí, schopností předpovídat a plánovat pohyb. Opět můžeme výskyt této BA podložit fMRI studií, kde se aktivita objevila u imaginace stoje a běhu (Jahn et al., 2004).

BA 3 (aktivní ve frekvenčním pásmu Delta a Beta 1) patří do somatosenzitivní korové oblasti (SI) a rovněž se zde nachází velké množství zrcadlových neuronů. Tato oblast byla pozorována signifikantně aktivní ve výše zmíněné fMRI studii při imaginaci běhu (Jahn et al., 2004). BA 4 je oblastí primární motorické kůry (MI) a kromě samotného vykonání pohybu je přímo spojována s motorickou představivostí (Fiala et Valenta, 2020; Cortical Functions, 2012).

Vizuální zpracování představují BA 18 a 19 zachycené ve frekvenčním pásmu Beta 1. I tento výskyt je popsán ve výše zmíněných fMRI a PET studiích (Jahn et al., 2004; Malouin et al., 2003). V našem případě může odkazovat na doznívající efekt sledovaného videa před samotným pokusem imaginace.

BA 40, jež byla aktivována ve frekvenčním pásmu Beta 1, je spojována s procesy zahrnující jazyk, matematické myšlení, kognici a kreativní činnost. Tuto aktivaci opět podporuje fMRI studie z roku 2004 (Jahn et al.).

Zapojení BA 5 a 7, somatosenzorické asociační kůry, si rovněž vysvětlujeme přítomností zrcadlových neuronů. Tyto dvě oblasti jsou přímo spojovány s pohybovou představivostí a vykonáním pohybu (Jahn et al., 2004).

5.3 DISKUZE K HYPOTÉZE Č. 3

H3: Předpokládám, že existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových areí), hodnocené pomocí sLORETA zobrazení, v porovnání stavu při kontrolním měření imaginace chůze a vstupním měření imaginace chůze.

→ *NE*

Pro porovnání imaginace s otevřenými očima po 3týdenním tréninku (KONTROL IMAG OE) a imaginace před tréninkem (VSTUP IMAG OE) nebyly ve statistickém programu sLORETA nalezeny žádné BA, ve kterých by byla statisticky významná změna v proudové hustotě pro hladiny významnosti $p \leq 0,01$; $p \leq 0,05$ a $p \leq 0,1$.

Výše uvedené hypotézy (č. 1-2) proto můžeme hodnotit pouze jednotlivě, nikoliv v závislosti na sobě. Na základě námi provedeného výzkumu nelze tvrdit, že v průběhu 3týdenního tréninku imaginace došlo k signifikantnímu zhoršení či zlepšení.

Mnoho studií dokládá pozitivní vliv tréninku imaginace, zlepšení motorického výkonu a urychlení léčby v případě jeho postižení (Ji et al., 2021; Nicholson et al., 2019; Oostra et al., 2015; Cramer et al., 2007; Lotze et Halsband, 2006). Při porovnání „expertů“ se „začátečníky“ v imaginaci byla právě u expertů nalezena vyšší aktivita oblastí spojených s motorickým projevem (Mizuguchi et Konosue, 2017). Důvodů, proč v naší studii nedošlo ke statisticky významné změně, může být hned několik. Review z roku 2021 (Ladda et al.) porovnálo typy a aspekty motorické imaginace v existujících studiích a předkládá návrhy pro efektivní metodiku podobné studie. Jedním z důležitých faktorů je rozvrh tréninku. Za nejefektivnější považuje trénovat 3x týdně po dobu 15-20 min. V navyšování počtu tréninků již nebyla nalezena signifikantní změna. Předkládaná diplomová práce obsahovala trénink 3x týdně (dle doporučení review Schuster et al., 2011), nicméně doba tréninku byla velice individuální. Probandi měli za úkol po zhlédnutí videa imaginovat pohyb tak dlouho, jak jen dokázali. Současně Ladda et al., doporučuje ke každému tréninku imaginace zařadit skutečný pohyb. Dalším faktorem

silně ovlivňujícím výsledkem je tzv. mentální únava, která dle zmíněného review přichází již po 10 opakování pohybu v motorické představitosti. Pro subjektivní hodnocení provedené imaginace jsme v předkládané studii použili dotazník Flow State Scale a pro domácí trénink Short Flow Scale. Více se na toto téma zaměříme v diskuzi k hypotéze č. 4. Ladda et al. (2021) dále udává, že k největším změnám dochází po prvním týdnu tréninku imaginace. K zajímavým zjištěním bychom tedy mohli dojít, pokud bychom probandy zvali ke kontrolnímu vyšetření EEG pravidelně a viděli tak průběžné výsledky.

Dalším neméně důležitým faktorem pro úspěšné provedení tréninku imaginace je dle zmíněných review struktura pokynů. V předkládané studii jsme probandům nenabízeli pouze kinestetickou nebo pouze vizuální imaginaci, nicméně pokyn „Představujte si chůzi, jakou jste viděli ve videu“ více pobízí k vizuální imaginaci. Ladda et al. však uvádí, že ke zlepšení výsledku z vizuální imaginace dojde při přesnějších pokynech popisujících přímo části těla, které jsou předmětem imaginace.

Dle výše zmíněných review (Ladda et al., 2021; Schuster et al., 2011) je v neposlední řadě důležité zmapovat úroveň schopnosti imaginaci u probandů pomocí dotazníků. K tomuto účelu je nejčastěji používán dotazník *The Vividness of Movement Imagery Questionnaire - 2 (VIMQ - 2)*. Tento dotazník a jeho česká verze (Kavková et Vičar, 2014) je předmětem diplomové práce kolegyně Bc. Barbory Englerové (2022).

5.4 DISKUZE K HYPOTÉZE Č. 4

H4: Předpokládám, že existují statisticky významné změny v hodnocení stavu flow dotazníkem Flow State Scale – Česká verze (Řezáč, 2009) před začátkem a po skončení tréninku imaginace chůze ve směru zlepšení.

→ *NE*

Při porovnání výsledků dotazníku Flow State Scale – Douhá verze ze vstupního a kontrolního vyšetření nevyšla v žádné z dimenzí statisticky významná změna pro hladinu významnosti $p \leq 0,05$.

Možných důvodů pro tento výsledek je hned několik. V první řadě hraje důležitou roli výběr skupiny probandů. Navození stavu *flow* je mnohem pravděpodobnější pro skupinu lidí, kteří danou činnost běžně praktikují a seberealizují se v ní (Csikszentmihalyi, 1985). Vzhledem ke komplexitě studie byla kritériem pro zařazení do výzkumné skupiny absence zkušenosti s imaginací, a to pro lepší zachycení prvotního efektu tohoto tréninku na zobrazovacích metodách. Pro účely přímého zkoumání stavu *flow* by tak bylo vhodnější porovnávat skupinu, která je v imaginaci pokročilá, a skupinu, která naopak s imaginací nemá zkušenost. Mizuguchi et Kanosue ve svém článku z roku 2017 uvádí několik příkladů, které dokazují větší zapojení oblastí spojených s motorikou během observace a imaginace pohybu u „expertů“ v porovnání s „nováčky“. Pro potřeby zkoumání stavu *flow* při tréninku imaginace chůze by tak bylo zajímavé porovnávat právě tyto 2 skupiny.

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.1.2 Předpoklady stavu *flow*, pro navození tohoto stavu je také důležitá přítomnost tzv. *self-esteem* neboli sebevědomí. Řezáč (2009) ve své rigorózní práci právě tento fenomén porovnává s prožitkem stavu *flow* a nachází jasnou korelaci. Pro výsledky předkládané studie by tak bylo přínosné zařadit i hodnocení právě *self-esteem*.

V následujících odstavcích budou probrány jednotlivé dimenze stavu *flow* (viz kapitola 2.1.3 Dimenzionální model) v kontextu předkládané studie.

První zmíněnou dimenzí je *Souhra úrovně výzvy a dovedností*. Jak je zřejmé již z grafu č. 1 a 2, platí v této souhře přímá úměra. V případě, že jsou dovednosti příliš malé

a nároky příliš vysoké, není stav *flow* příliš pravděpodobný (Csikszentmihalyi, 1990; 2000; Blažej et Kostolanská, 2020). Tento vzorec můžeme použít na vstupní měření naší výzkumné skupiny. Při prvním pokusu byly dovednosti probandů v imaginaci pohybu prakticky nulové a nároky vysoké. Při kontrolním vyšetření byl pravděpodobně vztah opačný, dovednosti získané tréninkem vysoké a výzvy malé, protože v průběhu nebyly kladeny větší nároky na výsledek. Pro lepší zachycení případného stavu *flow* by tak bylo vhodnější kontrolní měření provést už po prvním týdnu, kdy Ladda et al. (2021) uvádí nejvýraznější změny ve zdrojové aktivitě mozku v rámci tréninku imaginace pohybu. Další úpravou by mohlo být variabilní prostředí k tréninku imaginace pohybu. Probandi v předkládané studii měli za úkol v průběhu 3 týdnů 3x týdně sledovat stále stejné video chůze v první osobě. Tato varianta byla opět zvolena s ohledem na jasnější zachycení zdrojové mozkové aktivity na EEG a omezení artefaktů ze zhlédnutého videa. Studie, které zatím zkoumaly stav *flow* pomocí EEG, se zaměřovaly na hráče počítačových her, stolního tenisu, uživatele rozšířené VR nebo také v rámci aritmetického úkolu (Harris et al., 2017; Metin et al., 2017; Katahira et al., 2018; Hassan et al., 2020). Žádná z existujících studií tedy nezkoumala potenciální navození stavu *flow* v průběhu tréninku imaginace jednoho, byť komplexního pohybu.

Další dimenzí jsou *Jasně cíle*. Není pochyb, že cílem tréninku imaginace v předkládané studii byla představa pohybu, jaký viděli probandi ve videu. Zde se však opět dostáváme k faktorům, které dosažení cíle ovlivňují. Kromě naplnění předpokladů pro ostatních 8 dimenzí je to zmíněná struktura pokynů pro samotnou imaginaci (Ladda et al., 2021). Pro úspěšnější dosažení cíle by tak bylo vhodnější probandům dát přesnější pokyny, které by zahrnovaly např. zaměření na kinestetický prožitek, prostorové vnímání těla v pohybu nebo další sensorické vjemy. Pro jedince, kteří nemají dobrou představu o tom, jak by imaginace měla probíhat, by takové pokyny mohly být velmi nápomocné. Jak již bylo uvedeno několikrát, pro lepší zachycení změny na zobrazovacích metodách však byla zvolena cesta minimálního ovlivňování výkonu probandů.

S Jasnými cíli souvisí další dimenze *Jednoznačná zpětná vazba*. U imaginace pohybu není zpětná vazba o správnosti provedení úkolu jednoznačná, jedinec si ji musí vytvořit sám na základě vlastního úsudku situace (Moral-Bofill, 2020; Csikszentmihalyi, 2008). Jak bylo zmíněno výše, v našem případě mohly chybět přesnější instrukce pro imaginaci chůze, a tak bylo těžší poznat, zdali je činnost prováděna správně.

Další nenaplněnou dimenzí je *Ztráta sebeuvědomění*. Tento aspekt stavu *flow* je dle našeho názoru nejsložitější a velice závisí na úspěšnosti ostatních dimenzí. Jedná se o naprosté pohlcení danou činností a v případě, že nebyla naplněná žádná z ostatních dimenzí, není překvapivé, že ani tato nebyla. Podobně křehkou rovnováhu jako *Ztráta sebeuvědomění* má i dimenze *Ponoření se do aktivity* (Csikszentmihalyi, 1990).

Šestou zmíněnou dimenzí je *Soustředění na aktuální prožitek*. V tomto odstavci bychom rádi shrnuli technické nedostatky a další okolnosti naší studie, které mohly vést ke sníženému soustředění probandů na imaginaci chůze či sledování videa. V první řadě se jedná o nedostatečně odhlučněnou místnost kineziologické laboratoře FTVS UK, probandi si stěžovali na zvuky z chodby, které je rušily při soustředění. I přes označení probíhajícího měření a opakované upozorňování na omezení hluku, nebylo vždy ideální prostředí pro plné soustředění. V domácím prostředí pak byli probandi snadno rozptýleni dalšími vlivy, velkou roli hrála únava a denní doba (rozhodnutí na době tréninku bylo na probandech) a v neposlední řadě měl dle zpětné vazby probandů velký vliv začátek války na Ukrajině. Co se týče sledování videa, někteří probandi měli osobní telefonní zařízení příliš veliké pro poskytnuté brýle pro VR a při sledování nebyl kryt plně uzavřen. Tyto technické nedostatky by mohly být pro příští studie vyřešeny standardizovanými zařízeními pro sledování VR, které nebyly v našem případě z finančního hlediska dostupné.

Ze soustředění přímo vyplývá další dimenze *Kontrola situace*. Zde není potřeba opakovat nedostatky zmíněné výše. V případě neideálních podmínek, které se mění a vyvíjí v neprospěch soustředění, nemůže mít jedinec dostatečný pocit kontroly situace (Csikszentmihalyi, 2008).

Poslední 2 dimenze, *Transformaci času a Autotelická osobnost/činnost*, probandi taktéž nezažívali ze stejných důvodů, jako je uvedeno výše. V rámci tréninku imaginace probandi poukazovali na zdlouhavost a tím sníženou pozornost. Vzhledem k neúspěchu v předchozích dimenzích je tak jasné, že imaginace pohybu se pro probandy nestala autotelickou, tedy samoučelnou činností. Účel a motivace byla pro probandy především vnější – dokončení tréninku v prospěch studie. Vnější motivy jsou orientované pouze na výsledek a jedinec danou činnost provozuje pouze pro dokončení. Vnitřní motivace je naopak taková, při které jedinec provozuje danou činnost pro samotný průběh, tzv. autotelické vnímání činnosti (Řezáč, 2009).

Vzhledem ke skutečnosti, že nebyly nalezeny žádné statisticky významné změny v aktivitě stavu flow, nelze výsledky diskutovat v souvislosti zachycení tohoto stavu na EEG. Naměření specifické aktivity ve frekvenčních pásmech Theta, Alfa a Beta tedy nelze přisuzovat stavu flow.

5.5 LIMITY STUDIE

Mnoho nedostatků předkládané studie bylo rozebráno v diskuzi k hypotéze č. 3.

V první řadě se jedná o zjednodušené pokyny pro imaginaci. Pro příští studie podobného typu je tedy doporučeno zaměřit se přímo na vizuální či kinestetickou imaginaci pohybu a tomu přizpůsobit pokyny. Pro účastníky tak bude jednodušší pochopit, jaké všechny aspekty představivosti mohou zapojit.

Dalším nedostatkem je absence kontrolního měření v průběhu tréninku. Pokud by proběhlo měření pomocí EEG např. po týdnu tréninku, měli bychom přesnější popis průběhu tréninku. Pro další studie také doporučujeme zvolit více tréninkových videí ve VR. Probandi si nejvíce stěžovali na pocit nudy po několikátém zhlédnutí stejného videa. Tento postup byl zvolen pro lepší standardizaci imaginace, nicméně pro udržení pozornosti probandů v průběhu celého tréninku je důležité měnit spektrum podnětů. Rovněž pro stav *flow*, který v našem případě sloužil jako subjektivní hodnocení prožívaného stavu, je souhra výzvy a dovedností velice důležitá. Přestože je chůze komplexní pohyb a její imaginace vyžaduje velkou míru soustředění, po několikátém opakování se činnost stane jednoduchou.

Jedním z dalších nedostatků je také ponechání zodpovědnosti za trénink na probandech. Jediným potvrzením o provedených trénincích byl dotazník Short Flow Scale, který probandi vyplnili celkem 9x, nicméně pro další studie by bylo vhodné udržovat online přehled o průběhu tréninku.

Vedle výše zmíněných doporučení pro následující studie v této oblasti je také důležité rozšířit výzkumnou skupinu.

6 ZÁVĚR

Cílem předkládané diplomové práce bylo zjistit, k jakým změnám ve zdrojové mozkové aktivitě dochází při imaginaci chůze, zdali je úspěšný námi navržený trénink a jde-li tímto způsobem vytvořit podmínky pro stav *flow*.

Porovnání stavu při imaginaci chůze (VSTUP IMAG OE) a klidového stavu (VSTUP REST OE) při vstupním vyšetření ve statistickém programu sLORETA ukázalo signifikantní aktivaci několika BA ve frekvenčním pásmu Beta 1. Statistické vyhodnocení stejné dvojice dat při kontrolním vyšetření (KONTROL IMAG OE vs. KONTROL REST OE) ukázalo vyšší počet signifikantně aktivních BA i frekvenčních pásem, těmi jsou Delta, Alfa 1, Beta 1 a Beta 3. Zmíněné výsledky jsou z velké části podpořeny fMRI, PET a EEG studii.

Žádné statisticky významné změny nebyly nalezeny u porovnání zdrojové mozkové aktivity při kontrolním a vstupním vyšetření (KONTROL IMAG OE vs. VSTUP IMAG OE). Stejně tak nebyla potvrzena hypotéza, která tvrdila, že námi navržený trénink vytváří vhodné podmínky pro stav *flow*.

Důležité je na tomto místě zmínit limity předkládané studie. Jednou z nich jsou obecné pokyny pro imaginaci pohybu a nedostatečná kontrola, zdali trénink probandů plnili. Komplexnější pohled na výsledky studie by dále doplnila kontrolní vyšetření v průběhu tréninku a udržení pozornosti probandů by bylo mimo jiné docíleno větší baterií videí pro trénink ve VR. Zajímavá zjištění by také přinesla studie, ve které by stejný trénink podstoupila skupina, která má hojnou zkušenost s imaginací pohybu (např. účastníci Feldenkraisovy metody) a naprostí začátečníci.

Pozitivní účinky imaginace pohybu a stejně tak stavu *flow* byly potvrzeny několika studii. Jednotné zachycení na zobrazovacích metodách je však pro oba zmíněné pojmy zatím nejasné. Věřím, že výsledky této studie mohou soužit jako podklad pro další výzkum v problematice imaginace pohybu, jeho tréninku a stavu *flow*.

7 ZDROJE

1. ACHARYA, Sourya a Samarth SHUKLA. Mirror neurons: Enigma of the metaphysical modular brain. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine* [online]. 2012, 3(2) [cit. 2021-11-29]. ISSN 0976-9668. Dostupné z: doi:10.4103/0976-9668.101878
2. ALKADHI, Hatem, Peter BRUGGER, Sabina Hotz BOENDERMAKER, Gerard CRELIER, Armin CURT, Marie-Claude HEPP-REYMOND a Spyros S. KOLLIAS. What Disconnection Tells about Motor Imagery: Evidence from Paraplegic Patients. *Cerebral Cortex* [online]. 2005, 15(2), 131-140 [cit. 2021-8-8]. ISSN 1460-2199. Dostupné z: doi:10.1093/cercor/bhh116
3. ALPTURK, Enver. Analysis of Relation between Motor Activity and Imaginary EEG Records. *Journal of Artificial Intellicence with Application* [online]. 2021, 2020(1), 5-10 [cit. 2022-10-06]. Dostupné z: <https://arxiv.org/pdf/2101.10215.pdf>
4. AMO USANOS, Carlos, Luciano BOQUETE, Luis DE SANTIAGO, Rafael BAREA NAVARRO a Carlo CAVALIERE. Induced Gamma-Band Activity during Actual and Imaginary Movements: EEG Analysis. *Sensors* [online]. 2020, 20(6) [cit. 2022-10-09]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s20061545
5. BAKKER, M., F. P. DE LANGE, J. A. STEVENS, I. TONI a B. R. BLOEM. Motor imagery of gait: a quantitative approach. *Experimental Brain Research* [online]. 2007, 179(3), 497-504 [cit. 2022-04-03]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-006-0807-x
6. BLAŽEJ, Adam a KOSTOLANSKÁ Katarína. *Flow ve sportu: o budování pozitivní motivace ve sportu i v životě*. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-271-1392-7.
7. CALIGIORE, Daniele, Magda MUSTILE, Gianfranco SPALLETTA a Gianluca BALDASSARRE. Action observation and motor imagery for rehabilitation in Parkinson's disease: A systematic review and an integrative hypothesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* [online]. 2017, 72, 210-222 [cit. 2022-04-03]. ISSN 01497634. Dostupné z: doi:10.1016/j.neubiorev.2016.11.005

8. CANNON R. L. Low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA). Basic concept and clinical applications. South Staples St, Texas: BMED press, 2012. ISBN: 0982749813
9. CARRASCO, García, D. a J. ABOITIZ CANTALAPIEDRA. Efectividad de la imaginería o práctica mental en la recuperación funcional tras el ictus: revisión sistemática. *Neurología* [online]. 2016, 31(1), 43-52 [cit. 2022-04-03]. ISSN 02134853. Dostupné z: doi:10.1016/j.nrl.2013.02.003
10. CEVALLOS, C., D. ZARKA, T. HOELLINGER, A. LEROY, B. DAN a G. CHERON. Oscillations in the human brain during walking execution, imagination and observation. *Neuropsychologia* [online]. 2015, 79, 223-232 [cit. 2022-10-06]. ISSN 00283932. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuropsychologia.2015.06.039
11. CHEREP, Manuel, Mikolaj KEGLER, Jean-Philippe THIRAN a Pablo MAINAR. Mental Flow Estimation Through Wearable EEG. In: *2022 44th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)* [online]. IEEE, 2022, 2022-7-11, s. 4672-4678 [cit. 2022-10-12]. ISBN 978-1-7281-2782-8. Dostupné z: doi:10.1109/EMBC48229.2022.9871594
12. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Ilustroval Ivan HELEKAL, ilustroval Jan KACVINSKÝ, ilustroval Stanislav MACHÁČEK. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5636-3.
13. *Cortical Functions: Reference* [online]. Hong Kong: Trans Cranial Technologies ldt., 2012 [cit. 2022-10-04]. Dostupné z: https://thebrainstimulator.net/docs/external/Trans_Cranial_Technologies-cortical_functions_ref_v1_0.pdf
14. CRAMER, Steven C., Elizabeth L. R. ORR, Michael J. COHEN a Michael G. LACOURSE. Effects of motor imagery training after chronic, complete spinal cord injury. *Experimental Brain Research* [online]. 2007, 177(2), 233-242 [cit. 2022-10-11]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-006-0662-9
15. CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1985. ISBN 0-87589-261-2.
16. CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Finding Flow*. New York: Basic Books, 1997. ISBN 0-465-02411-4.

17. CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow and the Foundations of Positive Psychology* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014 [cit. 2021-02-11]. ISBN 978-94-017-9087-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-017-9088-8
18. CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow - The Psychology of Optimal Experience* [online]. New York: HarperCollins e-books, 2008 [cit. 2021-02-11]. ISBN 978-0-06-154812-3.
19. CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Happiness, flow, and economic equality. *American Psychologist* [online]. 2000, 55(10), 1163-1164 [cit. 2021-02-11]. ISSN 1935-990X. Dostupné z: doi:10.1037/0003-066X.55.10.1163
20. CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly; CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper & Row [online] 1990 [cit. 2022-02-02] Dostupné z: https://scholar.google.com/scholar_lookup?&journal=Flow%3A+The+Psychology+of+Optimal+Experience&author=Csikszentmihalyi+M.&publication_year=2002
21. DATTOLA, Serena, Francesco Carlo MORABITO, Nadia MAMMONE a Fabio LA FORESTA. Findings about LORETA Applied to High-Density EEG—A Review. *Electronics* [online]. 2020, 9(4) [cit. 2021-01-08]. ISSN 2079-9292. Dostupné z: doi:10.3390/electronics9040660
22. DE MANZANO, Örjan, Simon CERVENKA, Aurelija JUCAITE, Oscar HELLENÄS, Lars FARDE a Fredrik ULLÉN. Individual differences in the proneness to have flow experiences are linked to dopamine D2-receptor availability in the dorsal striatum. *NeuroImage* [online]. 2013, 67, 1-6 [cit. 2021-8-8]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2012.10.072
23. DE SAMPAIO BARROS, Marcelo Felipe, Fernando M. ARAÚJO-MOREIRA, Luis Carlos TREVELIN a Rémi RADEL. Flow experience and the mobilization of attentional resources. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* [online]. 2018, 18(4), 810-823 [cit. 2021-8-7]. ISSN 1530-7026. Dostupné z: doi:10.3758/s13415-018-0606-4
24. DIETRICH, Arne. Imaging the imagination: The trouble with motor imagery. *Methods* [online]. 2008, 45(4), 319-324 [cit. 2021-11-26]. ISSN 10462023. Dostupné z: doi:10.1016/j.ymeth.2008.04.004
25. ENGLEROVÁ, Barbora. *Změny zdrojové mozkové aktivity v sLORETA zobrazení v průběhu vizuálního tréninku imaginace*. Praha, 2022. Diplomová práce.

Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Fyzioterapie. Vedoucí práce Pánek, David.

26. FABER, Josef. *Elektroencefalografie a psychofyziologie*. Praha: ISV, 2001. ISBN 80-85866-74-9.
27. FERRARI, Pier Francesco, Vittorio GALLESE, Giacomo RIZZOLATTI a Leonardo FOGASSI. Mirror neurons responding to the observation of ingestive and communicative mouth actions in the monkey ventral premotor cortex. *European Journal of Neuroscience* [online]. 2003, 17(8), 1703-1714 [cit. 2021-11-29]. ISSN 0953816X. Dostupné z: doi:10.1046/j.1460-9568.2003.02601.x
28. FIALA, Pavel a Jiří VALENTA. *Přehled anatomie centrálního nervového systému*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2020. ISBN 978-80-246-4477-6.
29. FIORIO, Mirta, Michele TINAZZI a Salvatore M. AGLIOTI. Selective impairment of hand mental rotation in patients with focal hand dystonia. *Brain* [online]. 2006, 129(1), 47-54 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1460-2156. Dostupné z: doi:10.1093/brain/awh630
30. FROHLICH, Joel, Daniel TOKER a Martin M MONTI. Consciousness among delta waves: a paradox?. *Brain* [online]. 2021, 144(8), 2257-2277 [cit. 2022-10-09]. ISSN 0006-8950. Dostupné z: doi:10.1093/brain/awab095
31. GALLESE, Vittorio, Luciano FADIGA, Leonardo FOGASSI a Giacomo RIZZOLATTI. Action recognition in the premotor cortex. *Brain* [online]. 1996, 119(2), 593-609 [cit. 2021-11-29]. ISSN 0006-8950. Dostupné z: doi:10.1093/brain/119.2.593
32. GINTER JR, J., et al. Propagation of EEG activity in the beta and gamma band during movement imagery in humans. *Methods of information in medicine* [online]. 2005, roč. 44, č. 1, s. 106-113. [cit. 2022-10-04]. DOI: 10.1055/s-0038-1633932. Dostupné z: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0038-1633932>
33. GÓMEZ, Fernández, Esther a Ángel SÁNCHEZ CABEZA. Imaginería motora: revisión sistemática de su efectividad en la rehabilitación de la extremidad superior tras un ictus. *Revista de Neurología* [online]. 2018, 66(05) [cit. 2022-04-03]. ISSN 0210-0010. Dostupné z: doi:10.33588/rn.6605.2017394

34. GUILLOT, Aymeric, Franck DI RIENZO, Tadhg MACINTYRE, Aidan MORAN a Christian COLLET. Imagining is Not Doing but Involves Specific Motor Commands: A Review of Experimental Data Related to Motor Inhibition. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 2012, 6 [cit. 2023-01-23]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2012.00247
35. GUTHOLD, Regina, Gretchen A STEVENS, Leanne M RILEY a Fiona C BULL. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. *The Lancet Child & Adolescent Health* [online]. 2020, 4(1), 23-35 [cit. 2021-11-28]. ISSN 23524642. Dostupné z: doi:10.1016/S2352-4642(19)30323-2
36. GYURKOVICS, Mate, Eszter KOTYUK, Eniko Rozsa KATONAI, Erzsebet Zsofia HORVATH, Andrea VERECZKEI a Anna SZEKELY. Individual differences in flow proneness are linked to a dopamine D2 receptor gene variant. *Consciousness and Cognition* [online]. 2016, 42, 1-8 [cit. 2021-8-8]. ISSN 10538100. Dostupné z: doi:10.1016/j.concog.2016.02.014
37. HAMMOND, D.Corydon. Definitions, Standard of Care and Ethical Considerations. *Clinical Neurotherapy* [online]. Elsevier, 2014, 2014, s. 1-17 [cit. 2021-01-08]. ISBN 9780123969880. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-396988-0.00001-5
38. HANCOCK, P.A., A.D. KAPLAN, J.K. CRUIT, G.M. HANCOCK, K.R. MACARTHUR a J.L. SZALMA. A meta-analysis of flow effects and the perception of time. *Acta Psychologica* [online]. 2019, 198 [cit. 2021-02-11]. ISSN 00016918. Dostupné z: doi:10.1016/j.actpsy.2019.04.007
39. HARMONY, Thalía. The functional significance of delta oscillations in cognitive processing. *Frontiers in Integrative Neuroscience* [online]. 2013, 7 [cit. 2022-10-09]. ISSN 1662-5145. Dostupné z: doi:10.3389/fnint.2013.00083s
40. HARRIS, David J., Samuel J. VINE a Mark R. WILSON. Neurocognitive mechanisms of the flow state. *Sport and the Brain: The Science of Preparing, Enduring and Winning, Part B* [online]. Elsevier, 2017, 2017, s. 221-243 [cit. 2021-02-11]. Progress in Brain Research. ISBN 9780128118252. Dostupné z: doi:10.1016/bs.pbr.2017.06.012
41. HASSAN, Lobna, Henrietta JYLHÄ, Max SJÖBLOM a Juho HAMARI. *Flow in VR: A Study on the Relationships Between Preconditions, Experience and*

- Continued Use* [online]. In: . 2020, s. - [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: doi:10.24251/HICSS.2020.149
42. HEIJS, Janne J.A., Ruben Jan HAVELAAR, Patrique FIEDLER, Richard J.A. VAN WEZEL a Tjitske HEIDA. Validation of Soft Multipin Dry EEG Electrodes. *Sensors* [online]. 2021, **21**(20) [cit. 2023-02-27]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s21206827
 43. JACKMAN, Patricia C., Emily J. DARGUE, Julie P. JOHNSTON a Rebecca M. HAWKINS. Flow in youth sport, physical activity, and physical education: A systematic review. *Psychology of Sport and Exercise*[online]. 2021, 53 [cit. 2021-8-8]. ISSN 14690292. Dostupné z: doi:10.1016/j.psychsport.2020.101852
 44. JACKSON, Susan A., Andrew J. MARTIN a Robert C. EKLUND. Long and Short Measures of Flow: The Construct Validity of the FSS-2, DFS-2, and New Brief Counterparts. *Journal of Sport and Exercise Psychology* [online]. 2008, 30(5), 561-587 [cit. 2021-8-8]. ISSN 0895-2779. Dostupné z: doi:10.1123/jsep.30.5.561
 45. JACKSON, Susan A. a Herbert W. MARSH. Development and Validation of a Scale to Measure Optimal Experience: The Flow State Scale. *Journal of Sport and Exercise Psychology* [online]. 1996, 18(1), 17-35 [cit. 2021-02-10]. ISSN 0895-2779. Dostupné z: doi:10.1123/jsep.18.1.17
 46. JAHN, Klaus, Angela DEUTSCHLÄNDER, Thomas STEPHAN, Michael STRUPP, Martin WIESMANN a Thomas BRANDT. Brain activation patterns during imagined stance and locomotion in functional magnetic resonance imaging. *NeuroImage* [online]. 2004, 22(4), 1722-1731 [cit. 2022-10-07]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2004.05.017
 47. JI, Eun Kyu, Hae Hyun WANG, Sung June JUNG, Kyoung Bo LEE, Joon Sung KIM, Leechan JO, Bo Young HONG a Seong Hoon LIM. Graded motor imagery training as a home exercise program for upper limb motor function in patients with chronic stroke. *Medicine* [online]. 2021, 100(3) [cit. 2022-10-09]. ISSN 0025-7974. Dostupné z: doi:10.1097/MD.00000000000024351
 48. KATAHIRA, Kenji, Yoichi YAMAZAKI, Chiaki YAMAOKA, Hiroaki OZAKI, Sayaka NAKAGAWA a Noriko NAGATA. EEG Correlates of the Flow State: A Combination of Increased Frontal Theta and Moderate Frontocentral Alpha Rhythm in the Mental Arithmetic Task. *Frontiers in Psychology* [online].

- 2018, 9 [cit. 2021-02-11]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyg.2018.00300
49. KAVKOVÁ, V., VIČAR, M. *Příručka pro využití imaginace pro sportovní psychology a trenéry: dotazník živosti pohybové imaginace (VMIQ-2)*. In Ostatní odborné publikace. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 27 s. Ostatní odborné publikace. ISBN 978-80-244-4320-1.
50. KEYSERS, Christian, Jon H. KAAS a Valeria GAZZOLA. Somatosensation in social perception. *Nature Reviews Neuroscience* [online]. 2010, 11(6), 417-428 [cit. 2021-11-29]. ISSN 1471-003X. Dostupné z: doi:10.1038/nrn2833
51. KILNER, J.M. a R.N. LEMON. What We Know Currently about Mirror Neurons. *Current Biology* [online]. 2013, 23(23), R1057-R1062 [cit. 2021-11-29]. ISSN 09609822. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2013.10.051
52. KNIERIM, Michael T., Mario NADJ, Anuja HARIHARAN a Christof WEINHARDT. Flow Neurophysiology in Knowledge Work: Electroencephalographic Observations from Two Cognitive Tasks. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Physiological Computing Systems* [online]. SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2018, 2018, s. 42-53 [cit. 2022-10-12]. ISBN 978-989-758-329-2. Dostupné z: doi:10.5220/0006926700420053
53. LACKEY, S. J., J. N. SALCEDO, J.L. SZALMA a P.A. HANCOCK. The stress and workload of virtual reality training: the effects of presence, immersion and flow. *Ergonomics* [online]. 2015, 59(8), 1060-1072 [cit. 2022-04-16]. ISSN 0014-0139. Dostupné z: doi:10.1080/00140139.2015.1122234
54. LADDA, Aija Marie, Florent LEBON a Martin LOTZE. Using motor imagery practice for improving motor performance – A review. *Brain and Cognition* [online]. 2021, 150 [cit. 2022-10-11]. ISSN 02782626. Dostupné z: doi:10.1016/j.bandc.2021.105705
55. LA FOUGÈRE, Christian, Andreas ZWERGAL, Axel ROMINGER, et al. Real versus imagined locomotion: A [18F]-FDG PET-fMRI comparison. *NeuroImage* [online]. 2010, 50(4), 1589-1598 [cit. 2022-10-15]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2009.12.060
56. LANCASTER, Jack, WOLDORFF, Marty, PARSONS, Lawrence et al. Automated Talairach Atlas labels for functional brain mapping. *Hum Brain*

- Mapp* [online]. 2000, 10(3), 120-131 [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: doi:0.1002/1097-0193(200007)10:3<120::AID-HBM30>3.0.CO;2-8
57. LAVER, Kate E, Belinda LANGE, Stacey GEORGE, Judith E DEUTSCH, Gustavo SAPOSNIK a Maria CROTTY. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 2018, 2018(1) [cit. 2021-11-28]. ISSN 14651858. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD008349.pub4
58. LEROY, A. a G. CHERON. EEG dynamics and neural generators of psychological flow during one tightrope performance. *Scientific Reports* [online]. 2020, 10(1) [cit. 2022-10-15]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-020-69448-3
59. LI, S. The Effect of Motor Imagery on Spinal Segmental Excitability. *Journal of Neuroscience* [online]. 2004, 24(43), 9674-9680 [cit. 2022-03-14]. ISSN 0270-6474. Dostupné z: doi:10.1523/JNEUROSCI.2781-04.2004
60. LOTZE, Martin a Ulrike HALSBAND. Motor imagery. *Journal of Physiology-Paris* [online]. 2006, 99(4-6), 386-395 [cit. 2022-10-11]. ISSN 09284257. Dostupné z: doi:10.1016/j.jphysparis.2006.03.012
61. MALOUIN, Francine, Carol L. RICHARDS, Philip L. JACKSON, Francine DUMAS a Julien DOYON. Brain activations during motor imagery of locomotor-related tasks: A PET study. *Human Brain Mapping*[online]. 2003, 19(1), 47-62 [cit. 2022-10-07]. ISSN 1065-9471. Dostupné z: doi:10.1002/hbm.10103
62. MARTIN, Andrew J. a Susan A. JACKSON. Brief approaches to assessing task absorption and enhanced subjective experience: Examining ‘short’ and ‘core’ flow in diverse performance domains. *Motivation and Emotion* [online]. 2008, 32(3), 141-157 [cit. 2021-6-10]. ISSN 0146-7239. Available at: doi:10.1007/s11031-008-9094-0
63. MATSUNAGA, Takahiro, Yoshinori KATAYAMA, Takehito HAYAMI a Keiji IRAMINA. Measurements of the mu/beta ERD and gamma ERS during the imagination of body parts movement. In: *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* [online]. IEEE, 2008, 2008, s. 4130-4133 [cit. 2022-10-06]. ISBN 978-1-4244-1814-5. Dostupné z: doi:10.1109/IEMBS.2008.4650118
64. METIN, Baris, Ayse GOKTEPE, Bernis KAYA, Emin SERIN, Cumhuri TAS, Fatrmanur DOLU a Nevzat TARHAN. EEG findings during flow state. *The*

- Journal of Neurobehavioral Sciences* [online]. 2017 [cit. 2021-8-8]. ISSN 2149-1909. Dostupné z: doi:10.5455/JNBS.1496152464
65. MERZENICH, M.M., J.H. KAAS, J. WALL, R.J. NELSON, M. SUR a D. FELLEMAN. Topographic reorganization of somatosensory cortical areas 3b and 1 in adult monkeys following restricted deafferentation. *Neuroscience* [online]. 1983, 8(1), 33-55 [cit. 2022-03-11]. ISSN 03064522. Dostupné z: doi:10.1016/0306-4522(83)90024-6
66. MICHALOS, Alex C., ed. *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014 [cit. 2022-05-03]. ISBN 978-94-007-0752-8. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-007-0753-5
67. MIZUGUCHI, Nobuaki a Kazuyuki KANOSUE. Changes in brain activity during action observation and motor imagery: Their relationship with motor learning. *Sport and the Brain: The Science of Preparing, Enduring and Winning, Part B* [online]. Elsevier, 2017, 2017, s. 189-204 [cit. 2022-05-03]. Progress in Brain Research. ISBN 9780128118252. Dostupné z: doi:10.1016/bs.pbr.2017.08.008
68. MLÍKA, R., JANURA, M. a M. MAYER. Virtuální realita a rehabilitace. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2005,12(3), 112-118. ISBN 10.4103/0974-8237.181880. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi-clanek/virtualni-realita-a-rehabilitace-5366>
69. MORAL-BOFILL, Laura, Andrés LÓPEZDELALLAVE, M^a. Carmen PÉREZ-LLANTADA, Francisco Pablo HOLGADO-TELLO a Eduardo FONSECA-PEDRERO. Adaptation to Spanish and psychometric study of the Flow State Scale-2 in the field of musical performers. *PLOS ONE* [online]. 2020, 15(4) [cit. 2022-02-03]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0231054
70. MULDER, Th. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission* [online]. 2007, 114(10), 1265-1278 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0300-9564. Dostupné z: doi:10.1007/s00702-007-0763-z
71. MURATORE, Manuel, Cosimo TUENA, Elisa PEDROLI, Pietro CIPRESSO a Giuseppe RIVA. Virtual Reality as a Possible Tool for the Assessment of Self-

- Awareness. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* [online]. 2019, 13 [cit. 2021-8-8]. ISSN 1662-5153. Dostupné z: doi:10.3389/fnbeh.2019.00062
72. NICHOLSON, Vaughan, Naomi WATTS, Yannick CHANI a Justin WL KEOGH. Motor imagery training improves balance and mobility outcomes in older adults: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*[online]. 2019, 65(4), 200-207 [cit. 2022-10-09]. ISSN 18369553. Dostupné z: doi:10.1016/j.jphys.2019.08.007
73. NÚÑEZ CASTELLAR, Elena Patricia, Jan-Niklas ANTONS, Daniele MARINAZZO a Jan VAN LOOY. Mapping attention during gameplay: Assessment of behavioral and ERP markers in an auditory oddball task. *Psychophysiology* [online]. 2019, 56(7) [cit. 2022-10-15]. ISSN 0048-5772. Dostupné z: doi:10.1111/psyp.13347
74. OOSTRA, K, A OOMEN, G VANDERSTRAETEN a G VINGERHOETS. Influence of motor imagery training on gait rehabilitation in sub-acute stroke: A randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*[online]. 2015, 47(3), 204-209 [cit. 2022-10-09]. ISSN 1650-1977. Dostupné z: doi:10.2340/16501977-1908
75. OREL, Miroslav a Roman PROCHÁZKA. *Vyšetření a výzkum mozku: pro psychology, pedagogy a další nelékařské obory*. Praha: Grada, 2017. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-5539-7.
76. PASCUAL-MARQUI RD. *Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details*. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*. 2002;24 Suppl D:5-12. PMID: 12575463.
77. PASCUAL-MARQUI RD, Esslen M, Kochi K, Lehmann D. *Functional imaging with low-resolution brain electromagnetic tomography (LORETA): a review*. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*. 2002;24 Suppl C:91-5. PMID: 12575492.
78. PÁNEK, David. *Elektroencefalografické koreláty pohybového chování a výkonnostní zátěže*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3435-7.
79. PÁNEK, D., NOVÁKOVÁ, T., BRUNOVSKÝ, M., KOŠTÁLOVÁ, J. a PAVLŮ, D. Vliv aktivního pohybu a pasivního sledování stejného pohybu na elektrickou mozkovou aktivitu. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2018, 25(4), 152-157. ISSN 1805-4552.

80. PEARCE, J M S. Brodmann's cortical maps. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* [online]. 2005, 76(2), 259-259 [cit. 2021-8-11]. ISSN 0022-3050. Dostupné z: doi:10.1136/jnnp.2004.037200
81. PEIFER, Corinna, Hartmut SCHÄCHINGER, Stefan ENGESER a Conny H. ANTONI. Cortisol effects on flow-experience. *Psychopharmacology* [online]. 2015, 232(6), 1165-1173 [cit. 2021-8-7]. ISSN 0033-3158. Dostupné z: doi:10.1007/s00213-014-3753-5
82. POLÁK, Alois. *Vizuální neurorehabilitace u pacientů s inkompletní míšní lézí*. 2017. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Fyzioterapie. Vedoucí práce Pánek, David.
83. PROCHÁZKA, Roman a Zuzana VACULČÍKOVÁ SEDLÁČKOVÁ. *Vybrané kapitoly z psychofyziologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4490-1.
84. ŘEZÁČ, Pavel. *Prožitek flow u sportovců a uživatelů internetu*. Brno, 2009. Rigorózní práce. Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta, Katedra psychologie
85. RIZZOLATTI, Giacomo a Laila CRAIGHERO. THE MIRROR-NEURON SYSTEM. *Annual Review of Neuroscience* [online]. 2004, 27(1), 169-192 [cit. 2021-11-29]. ISSN 0147-006X. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230
86. SAVAKI, Helen E. a Vassilis RAOS. Action perception and motor imagery: Mental practice of action. *Progress in Neurobiology* [online]. 2019, 175, 107-125 [cit. 2021-11-24]. ISSN 03010082. Dostupné z: doi:10.1016/j.pneurobio.2019.01.007
87. SCHUSTER, Corina, Roger HILFIKER, Oliver AMFT, Anne SCHEIDHAUER, Brian ANDREWS, Jenny BUTLER, Udo KISCHKA a Thierry ETTLIN. Best practice for motor imagery: a systematic literature review on motor imagery training elements in five different disciplines. *BMC Medicine* [online]. 2011, 9(1) [cit. 2022-10-11]. ISSN 1741-7015. Dostupné z: doi:10.1186/1741-7015-9-75
88. SEIFERT, T. a C. HEDDERSON. Intrinsic Motivation and Flow in Skateboarding: An Ethnographic Study. *Journal of Happiness Studies* [online]. 2010, 11(3), 277-292 [cit. 2021-8-8]. ISSN 1389-4978. Dostupné z: doi:10.1007/s10902-009-9140-y

89. SELZER, Machael E., Clarke STEPHANIE, Leonardo G. COHEN, Gert KWAKKEL a Robert H. MILLER. *Textbook of Neural Repair and Rehabilitation*. Volume II. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. ISBN 978-0-521-85642-3.
90. SHARMA, N., BARON, J. C. Does motor imagery share neural networks with executed movement: a multivariate fMRI analysis. *Frontiers in human neuroscience* [online]. 2013, roč. 7, s. 564. [cit. 2022-10-20]. doi: 10.3389/fnhum.2013.00564. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2013.00564/abstract>
91. SHERLIN, Leslie H. Diagnosing and treating brain function through the use of low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA). *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback* [online]. Elsevier, 2009, 2009, s. 83-102 [cit. 2021-01-08]. ISBN 9780123745347. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-374534-7.00004-6
92. SILVA, Stephano, Lorena RDM BORGES, Lorena SANTIAGO, Larissa LUCENA, Ana R LINDQUIST a Tatiana RIBEIRO. Motor imagery for gait rehabilitation after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 2020, 2020(9) [cit. 2022-04-03]. ISSN 14651858. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD013019.pub2
93. SOUTAR, Richard. An Introductory Perspective on the Emerging Application of qEEG in Neurofeedback. *Clinical Neurotherapy* [online]. Elsevier, 2014, 2014, s. 19-54 [cit. 2020-12-29]. ISBN 9780123969880. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-396988-0.00002-7
94. STINEAR, Cathy M., Winston D. BYBLOW, Maarten STEYVERS, Oron LEVIN a Stephan P. SWINNEN. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *Experimental Brain Research* [online]. 2006, 168(1-2), 157-164 [cit. 2022-03-14]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-005-0078-y
95. TENG, Ching-I. Who are likely to experience flow? Impact of temperament and character on flow. *Personality and Individual Differences* [online]. 2011, 50(6), 863-868 [cit. 2021-8-8]. ISSN 01918869. Dostupné z: doi:10.1016/j.paid.2011.01.012

96. TONG, Yanna, John T. PENDY, William A. LI, Huishan DU, Tong ZHANG, Xiaokun GENG a Yuchuan DING. Motor Imagery-Based Rehabilitation: Potential Neural Correlates and Clinical Application for Functional Recovery of Motor Deficits after Stroke. *Aging and disease* [online]. 2017, 8(3) [cit. 2023-01-23]. ISSN 2152-5250. Dostupné z: doi:10.14336/AD.2016.1012
97. UEDA K, FUJIMOTO G, UBUKATA S, MURAI T. Brodmann Areas 11, 46, and 47: Emotion, Memory, and Empathy. *Brain Nerve* [online]. 2017 Apr;69(4):367-374. Japanese. Dostupné z: doi: 10.11477/mf.1416200753.
98. VIČAR, Michal. *Sportovní talent: komplexní přístup*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0841-1.
99. WEECH, Séamas, Sophie KENNY a Michael BARNETT-COWAN. Presence and Cybersickness in Virtual Reality Are Negatively Related: A Review. *Frontiers in Psychology* [online]. 2019, 10 [cit. 2022-03-31]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyg.2019.00158
100. YANG, Xiaozhe, Pei-Yu CHENG, Lin LIN, Yueh Min HUANG a Youqun REN. Can an Integrated System of Electroencephalography and Virtual Reality Further the Understanding of Relationships Between Attention, Meditation, Flow State, and Creativity?. *Journal of Educational Computing Research* [online]. 2018, 57(4), 846-876 [cit. 2022-04-16]. ISSN 0735-6331. Dostupné z: doi:10.1177/0735633118770800
101. ZANETTE, Giampietro, Paolo MANGANOTTI, Antonio FIASCHI a Stefano TAMBURIN. Modulation of motor cortex excitability after upper limb immobilization. *Clinical Neurophysiology* [online]. 2004, 115(6), 1264-1275 [cit. 2022-03-11]. ISSN 13882457. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinph.2003.12.033
102. ZILLES, Karl. Brodmann: a pioneer of human brain mapping—his impact on concepts of cortical organization. *Brain* [online]. 2018, 141(11), 3262-3278 [cit. 2021-8-11]. ISSN 0006-8950. Dostupné z: doi:10.1093/brain/awy273S

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Lokalizace elektrod na hlavě pacienta	24
Obrázek č. 2: Brodmannovy oblasti (A – laterální plocha levé hemisféry, B – mediální plocha pravé hemisféry).....	28
Obrázek č. 3: Ukázka z videa	33
Obrázek č. 4: Proband při měření EEG v průběhu sledování videa	34
Obrázek č. 5: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 1 pro hladinu významnosti $p \leq 0,05$ při porovnání vstupní imaginace s otevřenýma očima a vstupního klidového stavu s otevřenýma očima. BA: 6, 8, 10 a 11.	37
Obrázek č. 6: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Delta pro hladinu významnosti $p \leq 0,05$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenýma očima a kontrolního klidového stavu s otevřenýma očima. BA: 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11.	39
Obrázek č. 7: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Alfa 2 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenýma očima a kontrolního klidového stavu s otevřenýma očima. BA: 3, 4 a 6.....	40
Obrázek č. 8: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 1 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenýma očima a kontrolního klidového stavu s otevřenýma očima. BA: 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 18, 19 a 40.	41
Obrázek č. 9: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 3 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenýma očima a kontrolního klidového stavu s otevřenýma očima. BA 10 a 11.....	42

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Přehled Výzkumného souboru	31
Tabulka č. 2: Souhrn výsledků porovnání zdrojové aktivity mozku v sLORETA zobrazení	46

10 SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Kanálový model.....	5
Graf č. 2: Klasický model stavu flow	6
Graf č. 3: Vztah mezi vyplavením kortizolu a úrovní stavu flow.....	12
Graf č. 4: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 1 pro hladinu významnosti $p \leq 0,05$ při porovnání vstupní imaginace s otevřenými očima a vstupního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivních voxelů, osa y: BA: 6, 8, 10, 11.	38
Graf č. 5: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Delta pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivní voxelů, osa y: BA: 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11.....	39
Graf č. 6: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Alfa 2 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivní voxelů, osa y: BA: 3, 4 a 6.....	40
Graf č. 7: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 1 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivní voxelů, osa y: BA: 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 18, 19 a 40.....	41
Graf č. 8: Statisticky významné BA ve frekvenčním pásmu Beta 3 pro hladinu významnosti $p \leq 0,01$ při porovnání kontrolní imaginace s otevřenými očima a kontrolního klidového stavu s otevřenými očima. Osa x: počet aktivní voxelů, osa y: BA 10 a 11.....	42

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I – Souhlas Etické komise FTVS UK

Příloha II – Informovaný souhlas

Příloha III – Flow State Scale – Dlouhá verze

Příloha IV – Získané hodnoty dotazníku Flow State Scale – Dlouhá verze

Příloha V – Porovnání statisticky významných změn z dotazníku Flow State Scale – Dlouhá verze

Příloha VI – Short Flow Scale

Příloha VII – Výsledky Short Flow Scale

Příloha I: Souhlas Etické komise FTVS UK

CHARLES UNIVERSITY
FACULTY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT
José Martího 31, 162 52 Prague 6-Vešelavín

Application for Approval by UK FTVS Ethics Committee

of a research project, thesis, dissertation or seminar work involving human subjects

The title of a project: Brain Source Activity Changes During the Visual Training of the Imagination Viewed by sLORETA Imaging

Project form: research

Period of realization of the project: January 2022 - March 2022

The research will be realized in accordance with the valid epidemiological regulations of the Ministry of Health of the Czech Republic.

Applicant: Barbora Englerová, Bc., Charles University, Faculty of the Physical Education and Sport, Department of Physiotherapy

Main researcher: Barbora Englerová, Bc.

Workplace: Charles University, Faculty of the Physical Education and Sport, Jose Martího 31, 162 52 Praha 6 – Vešelavín, Czechia

Co-researcher(s): Lada Špidlenová, Bc., Alžběta Remešová, Bc., Charles University, Faculty of the Physical Education and Sport, Department of Physiotherapy

Supervisor: MUDr. David Pánek, Ph.D., Charles University, Faculty of the Physical Education and Sport, Department of Physiotherapy

Financial support: there is no financial support

Project description: The research project aims to determine changes in intracerebral source activity of the brain during the visual training of the movement imagination, the possibility of inducing flow state, and how the intracerebral activity can be affected by emotional stimulation. The brain activity will be measured by EEG using the sLORETA imaging method before and after the intervention. This intervention will consist of a three-week imagination training. Participants will train imagination at home three times per week by watching a 3-minute video of walking in virtual reality and then by imagining to walk for as long as they can keep concentration. The final measurement will be performed after three weeks of training using the same methods as in the beginning. The measurement will take place in the laboratory at the Faculty of the Physical Education and Sport, Charles University. Before the measurement, the participants fill in the questionnaires selected for the imagination and emotions. For the movement imagination the Vividness of Movement Imagery Questionnaire – 2 (VMIQ - 2) – Czech Standardized Version will be used (KAVKOVÁ, Veronika a Michal VIČAR. *Příručka pro využití imaginace pro sportovní psychology a trenéry: dotazník živosti pohybové imaginace (VMIQ-2)*. In *Ostatní odborné publikace*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 27 s. *Ostatní odborné publikace*. ISBN 978-80-244-4320-1.) and for the emotions the Vividness of Visual Imagery Questionnaire VVIQ (MARKS, D. F. *Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ)* [Database record] 1973. APA PsycTests) and the Lüscher Colour Test (LÜSCHER, Max. *The Lüscher color test: The remarkable test that reveals your personality through color*. 4th ed. New York: Simon, 1971. ISBN 0-671-73145-9.). After filling in the questionnaires, the measurement will take place: 15 minutes of native EEG data with open and closed eyes, during watching of the video, and during imagination will be recorded, later analysed by sLORETA imaging method. After the measurement, the participants will fill in the questionnaire selected for the flow state, i.e. Flow State Scale – short version, Core Flow Scale (MARTIN, Andrew J. a Susan A. JACKSON. Brief approaches to assessing task absorption and enhanced subjective experience: Examining ‘short’ and ‘core’ flow in diverse performance domains. *Motivation and Emotion* [online]. 2008, 32(3), 141-157 [cit. 2021-6-10]. ISSN 0146-7239. Available at: doi:10.1007/s11031-008-9094-0), Flow State Scale – Czech Standardized Version (ŘEZÁČ, Pavel. *Prožitek flow u sportovců a uživatelů internetu*. Brno, 2009. Rigorózní práce. Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta, Katedra psychologie) and again the Lüscher Colour Test. Participants will also receive a paper form of Flow questionnaires and a web link for the Lüscher Colour Test to fill in at home. The aforementioned three-week training of the imagination consists of watching a 3-minute video (3 times per week) of walking in the first-person perspective to make the most accurate impression for the viewer. Right after they will imagine to walk for as long as they can keep the concentration. The participants will watch the video by using Virtual Reality glasses at home in the sitting position. The Lüscher Colour Test will be filled in before and after the training. Furthermore, the Flow questionnaires will be filled in after the training. The participants are going to be randomly distributed into three groups according to video emotion-inducing characteristics. The first group is going to watch a neutral video, which contains no disturbing emotions. The second group is going to watch a video with positively-tuned music. The third group is going to watch a video along with negatively-tuned music. The final measurement after three-week training of the imagination is identical to the measurement taken in the beginning, also followed by the re-evaluation using the same questionnaires.

Characteristics of participants in the research: The research group is assumed to have cca 36 participants in the age between 20 to 30 years, selected from non-vulnerable population. The participant's recruitment is going to be made by the handouts. The handouts will be placed on the main notice board in the FTVS entrance hall, and will be shared in the electronic form in the FTVS Facebook group. At the same time, participants will be addressed in person at FTVS. The recruitment criterion for the participants: no previous experience with imagination training, no acute disease, no neurological and cardiovascular disease, not pregnant or in any other state, that would negatively influence the participant's health or the research outcome. The supervisor for the recruitment of the participants is MUDr. David Pánek, Ph.D.

Ensuring safety within the research: No invasive type of measurement or training takes place in the course of the research. The correctness of the preparation and the measurement by EEG and the sLORETA imaging method analysis is going to be supervised by MUDr. David Pánek, Ph.D. Risks of the research will not be higher than the commonly anticipated risks for this type of research.

Ethical aspects of the research: Adult participants are going to voluntarily take place in the research project. Measured data will be safely processed and anonymized for the purpose of publishing in the master thesis, potentially in specialized periodicals, monographies, presented in the conferences, or used for further studies at Charles University. No vulnerable participants will take part in the project.

Potential conflict of interest: There are no possible conflicts of interests because there is no private party involved in the research project. Neither the applicant nor any member of the research team has a private interest in the outcome of the research, nor does the research lead to personal gain. The research project is motivated strictly by scientific interest.

Sensitive personal data: No sensitive data will be collected. Only the health status of the probands will be verified to see if they are suffering from any acute illness that could endanger their condition or the results of the project.

Protection of personal data: The data will be collected and processed in accordance with the rules defined by the European Union Regulation No. 2016/679 and the Czech Act No. 110/2019 Coll. - on the personal data processing. The personal data, which are going to be collected, are: full name, gender, age and email address, data gained by the above-mentioned methods. No personal data from the research participants will be published. The data is going to be safely kept on a secured computer in a locked room. In the research project only anonymized data will be processed and published - i.e. no information, that might individually nor summed up lead to the identification of a particular person. We will make sure that any of the participants are not recognizable in the research project. Personal data that would lead to the identification of the participant, will be anonymized within one day after the measurement. Obtained data will be safely processed and anonymized for the purpose of publishing in three master theses, potentially in specialized periodicals, monographies, presented in the conferences, or used for further studies at Charles University.

Taking photographs/videos/audio recordings of the participants: In the course of the research project, we are going to take photo and video documentation of the process of the measurement.

Photo and video documentation: Only one person from the research team will have access to the non-anonymous photo and video documentation. This documentation will be anonymized by blurring/covering the faces and other characteristics that may lead to a specific person. Non-anonymized photos and videos will be safely kept in a secured computer in a locked room until the moment of full-fledged documentation processing (including anonymization) for the purpose of this work. The estimated data deletion time is within one week after the last measurement. Only anonymized photo and video documentation is going to be published.

I shall ensure to the maximum extent possible that the research data will not be misused.

Informed Consent: attached

It is the duty of all participants of the research team to protect life, health, dignity, integrity, the right to self-determination, privacy and protection of the personal data of all research subjects, and to undertake all possible precautions. Responsibility for the protection of all research subjects lies on the researcher(s) and not on the research subjects themselves, even if they gave their consent to participation in the research. All participants of the research team must take into consideration ethical, legal and regulative norms and standards of research involving human subjects applicable not only in the Czech Republic but also internationally.

I confirm that this project description corresponds to the plan of the project and, in case of any change, especially of the methods used in the project, I will inform the UK FTVS Ethics Committee, which may require a re-submission of the application form.

In Prague, 14. 12. 2021

Applicant's signature:

Approval of UK FTVS Ethics Committee

The Committee: Chair: Doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.
Members: Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc. Prof. MUDr. Jan Heller, CSc.
PhDr. Pavel Hráský, Ph.D. Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.
Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D. MUDr. Simona Majorová

The research project was approved by UK FTVS Ethics Committee under the registration number: 115/2021

Date of approval: 14.12.2021

UK FTVS Ethics Committee reviewed the submitted research project and found no contradictions with valid principles, regulations and international guidelines for carrying out research involving human subjects.

The applicant has met the necessary requirements for receiving approval of UK FTVS Ethics Committee.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
José Martího 31, 162 52, Praha 6
Stamp of UK FTVS

Signature of the Chair of
UK FTVS Ethics Committee

Příloha II: Informovaný souhlas

CHARLES UNIVERSITY
FACULTY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT
Josef Martího 31, 162 52 Prague 6-Vešslavín

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

v souladu s Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. - o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce s názvem *Změny zdrojové mozkové aktivity v sLORETA zobrazení v průběhu vizuálního tréninku imaginace, Změny elektrické mozkové aktivity hodnocené pomocí sLORETA v průběhu cílené emoční stimulace, Hodnocení zdrojové mozkové aktivity v sLORETA zobrazení v průběhu imaginace a nástupu stavu flow* prováděné na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, Josef Martího 31, 162 52 Praha 6 - Vešslavín, Česká republika.

1. Projekt bude probíhat v období: leden 2022 - březen 2022

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

2. Projekt nemá finanční podporu.

3. Výzkumný projekt si klade za cíl zjistit změny ve zdrojové aktivitě mozku v průběhu vizuálního tréninku pohybové imaginace (pohybové představivosti), možnosti navození stavu proudění a jak lze mozkovou aktivitu ovlivnit emoční stimulací.

Před samotným měřením budete náhodně rozděleni do tří skupin podle emočního ladění videa:

1. skupina – video s neutrálním laděním,

2. skupina – video s pozitivním laděním,

3. skupina – video s negativním laděním.

Postup měření bude pro všechny skupiny totožný.

4. **Měření** bude probíhat v laboratoři na Fakultě tělesné výchovy a sportu UK. V rámci výzkumu budete sledovat 3minutové video chůze v první osobě a následně si budete pohyb představovat po dobu cca 3 minut. Sledování videa bude probíhat v sedě prostřednictvím brýlí pro virtuální realitu. Imaginovat pohyb budete rovněž vsedě se zavřenými očima. Sběr dat bude probíhat pomocí **standardizovaných dotazníků** a měření elektrické aktivity mozku pomocí **EEG přístroje**. Nejdříve vyplníte dotazníky vybrané **pro pohybovou imaginaci: The Vividness of Movement Imagery Questionnaire - 2 (VMIQ - 2) - česká standardizovaná verze** (KAVKOVÁ, Veronika a Michal VIČAR. *Psychologie a trenéry: dotazník živosti pohybové imaginace (VMIQ-2)*. In Ostatní odborné publikace. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 27 s. Ostatní odborné publikace. ISBN 978-80-244-4320-1) a **pro emoční stimulaci: The Vividness of Visual Imagery Questionnaire VVIQ** (MARKS, D. F. *Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ)* [Database record] 1973. APA PsycTests) a **Lüscherův barvový test** (LÜSCHER, Max. *The Lüscher color test: The remarkable test that reveals your personality through color*. 4th ed. New York: Simon, 1971. ISBN 0-671-73145-9.). Poté proběhne **měření pomocí EEG** (neinvazivní metoda měření). Během měření Vám bude nasazena speciální EEG čepice s 19 registračními elektrodami, následně bude horními otvory aplikován vodivý gel pro snížení elektroodových odporů. Vlastní měření bude probíhat v několika částech pod odborným dohledem lékaře. V první části Vám změříme elektrickou aktivitu mozku vsedě při otevřených a následně zavřených očích. V další části Vám změříme EEG při sledování videa, a nakonec při imaginaci. Po měření opět vyplníte **Lüscherův barvový test** a dotazníky vybrané **pro stav flow: Flow State Scale – short version, Core Flow Scale** (MARTIN, Andrew J. a Susan A. JACKSON. *Brief approaches to assessing task absorption and enhanced subjective experience: Examining 'short' and 'core' flow in diverse performance domains*. Motivation and Emotion [online]. 2008, 32(3), 141-157 [cit. 2021-6-10]. ISSN 0146-7239. Available at: doi:10.1007/s11031-008-9094-0) a **Flow State Scale – Czech Standardized Version** (ŘEZÁČ, Pavel. *Prožití flow u sportovců a uživatelů internetu*. Brno, 2009. Rigorózní práce. Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta, Katedra psychologie). Naměřená data budou následně zpracována v programu sLORETA. Po měření Vám sdělíme instrukce pro trénink imaginace, které obdržíte i v papírové podobě, a také obdržíte dotazníky hodnotící stav flow v papírové formě a webový odkaz pro Lüscherův barvový test.

5. **Trénink imaginace** bude probíhat po dobu tří týdnů, třikrát týdně. Samotný trénink spočívá ve **sledování 3minutového videa chůze a následně imaginaci chůze**. Video budete sledovat doma v sedě pomocí brýlí pro virtuální realitu. Poté si budete v sedě představovat chůzi tak dlouho, jak jen udržíte pozornost. Před a po každém tréninku vyplníte **Lüscherův barvový test a dotazníky pro hodnocení stavu flow**.

Po celou dobu tréninku Vám budou zapůjčeny brýle pro virtuální realitu. Video budou k dispozici ke shlédnutí na stránkách www.vrehabilitation.com spolu s návodem, jak imaginovat. V případě nejasností Vám rádi odpovíme na jakékoliv dotazy kdykoliv v průběhu tréninku na emailových adresách:

barbora.englerova@gmail.com, spidlenovalada@seznam.cz, alzbeta.remesova@gmail.com.

6. Po třítydenním tréninku pohybové imaginace proběhne **kontrolní EEG měření a vyplnění dotazníků**, obojí totožné se vstupním měřením.

7. Časový plán výzkumu: vstupní měření přibližně 1,5 hodiny, po kterém následuje třítydenní trénink. Kontrolní měření je časově identické se vstupním měřením.

8. V průběhu výzkumu nedojde k žádnému invazivnímu typu měření nebo tréninku. Na správnost přípravy a měření metodou EEG a zobrazovací metody sLORETA bude dohlížet MUDr. David Pánek, Ph.D.

9. V tomto projektu nebudou použity metody invazivního charakteru. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Zajištění bezpečnosti bude zprostředkováno přítomností řešitelů Bc. Barbory Englerové, Bc. Lady Špidlenové, Bc. Alžběty Remešové a minimálně jednoho dalšího odborného pracovníka.

10. Projektu se mohou účastnit pouze zdravé osoby ve věku 20-30 let. Kritéria pro vyloučení z projektu jsou následující: předchozí zkušenosti s tréninkem pohybové imaginace, osoby s akutním onemocněním, s neurologickým a kardiovaskulárním onemocněním, gravidní, nebo v jakémkoli jiném stavu, který by negativně ovlivnil zdraví účastníka nebo výsledek výzkumu. Dohled nad nábořem účastníků bude mít MUDr. David Pánek, Ph.D.

11. Přínosem tohoto výzkumného projektu pro Vás bude možnost prozkoumat Vaši mysl procvičováním imaginace a podstoupení jedinečného vyhodnocení EEG pomocí zobrazování sLORETA.

12. Vaše účast ve výzkumu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocena.

13. Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Osobní údaje, které jsou pro výzkum potřeba: celé jméno, pohlaví, věk a e-mailová adresa, data získaná výše uvedenými metodami. Žádné osobní údaje účastníků výzkumu nebudou zveřejněny. Prohlašuji, že výzkumný projekt bude anonymní a nebude obsahovat žádné informace, které by jednotlivě nebo souhrnně mohly vést k identifikaci konkrétní osoby. Zajistím, aby žádný z účastníků nebyl ve výzkumném projektu rozpoznatelný. Osobní údaje, které by vedly k Vaší identifikaci, budou anonymizovány do jednoho dne po měření. Získaná data budou bezpečně zpracována a anonymizována pro účely publikování ve třech diplomových pracích, případně ve specializovaných periodikách, monografiích, prezentována na konferencích nebo použita pro další studium na Univerzitě Karlově.

14. V průběhu výzkumného projektu budeme pořizovat fotografie a natáčet videa pro dokumentaci procesu měření. K neanonymní fotodokumentaci a videodokumentaci bude mít přístup pouze jedna osoba z výzkumného týmu. Tato dokumentace bude anonymizována rozmazáním / zakrytím obličejů a dalších charakteristik, které mohou vést k rozpoznání konkrétní osoby. Neanonymizované fotografie a videa budou bezpečně uloženy v zabezpečeném počítači v uzamčené místnosti do okamžiku plnohodnotného zpracování dokumentace (včetně anonymizace) pro účely této práce. Předpokládaná doba smazání dat je do jednoho týdne od posledního měření. Zveřejněna bude pouze anonymizovaná fotografická a video dokumentace.

15. S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit na emailových adresách:

barbora.englerova@gmail.com, spidlenovalada@seznam.cz, alzbeta.remesova@gmail.com.

16. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele projektu Barbora Englerová, Bc. Podpis:

Jméno a příjmení hlavního řešitele a spoluřešitelů: Lada Špidlenová, Bc., Alžběta Remešová, Bc.

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení Podpis:

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Příloha III: Dotazník Flow State Scale – Dlouhá verze

JMÉNO:

DATUM:

DOTAZNÍK FLOW

Následující výroky popisují různé způsoby prožívání u činností. Vaším úkolem teď bude zamyslet se nad tím, co a jak jste prožili u proběhlé imaginace pohybu. Svě odpovědi označte podle tohoto klíče:

1 – nikdy

2 – zřídka

3 – někdy

4 – často

5 – vždy

1) Provozovanou činnost si užívám.	1	2	3	4	5
2) Jasně vím, čeho chci při činnosti dosáhnout	1	2	3	4	5
3) Mám pocit, že provozovanou činnost dobře zvládám	1	2	3	4	5
4) Dobře poznám, jak mi provozovaná činnost jde	1	2	3	4	5
5) Činnost provádím jakoby automaticky	1	2	3	4	5
6) Při provozované činnosti zaměřuji pozornost na to, co dělám	1	2	3	4	5
7) Při provozované činnosti ztrácím přehled o čase	1	2	3	4	5
8) Do provozované činnosti jsem ponořen tak, že nevnímám sebe	1	2	3	4	5
9) Při provozované činnosti si vybírám překážky, které jsou adekvátní mým schopnostem	1	2	3	4	5
10) Provozovaná činnost je mi příjemná natolik, že ji chci dělat znovu	1	2	3	4	5
11) Je pro mě důležité pociťovat, že při provozované činnosti směřuji k vytčenému cíli	1	2	3	4	5
12) Cítím, že v průběhu provozované činnosti mohu dobře kontrolovat to, co dělám	1	2	3	4	5
13) V průběhu provozované činnosti jsem schopný říci, jak dobře jí vykonávám	1	2	3	4	5
14) Jsem zcela zaujatý činností, kterou vykonávám	1	2	3	4	5
15) Při provozované činnosti se soustředím na úkon, který právě vykonávám	1	2	3	4	5
16) Rychlost, jakou plyne čas při provozování činnosti, mi připadá změněná	1	2	3	4	5
17) Soustředím se na to, jak sám sebe v průběhu činnosti prezentuji	1	2	3	4	5

18) Pokud pociťuji, že provozovaná činnost je jednoduchá, prožívám pocit nudy	1	2	3	4	5
19) Pocity, které prožívám při provozování činnosti, jsou pro mě samy o sobě odměnou	1	2	3	4	5
20) Své cíle mám při provozované činnosti jasně definované	1	2	3	4	5
21) Při provozované činnosti sám sebe (např. tělo, myšlenky) plně ovládám	1	2	3	4	5
22) Jsem schopný průběžně upravovat svůj výkon, když se mi provozovaná činnost nedaří dobře	1	2	3	4	5
23) Při provozované činnosti zcela zapomenu na své problémy	1	2	3	4	5
24) Řekl bych, že moje koncentrace je při provozované činnosti maximální	1	2	3	4	5
25) Přijde mi, že v průběhu provozované činnosti ubíhá čas rychleji, nebo pomaleji, než ve skutečnosti	1	2	3	4	5
26) Při provozované činnosti se soustředím na to, co si o mně ostatní mohou myslet	1	2	3	4	5
27) Pokud pociťuji, že provozovaná činnost je obtížná, prožívám pocit strachu	1	2	3	4	5
28) Činnost provozuji, protože sám chci	1	2	3	4	5
29) Provozovaná činnost je pro mě důležitější než její výsledek	1	2	3	4	5
30) Mám pocit, že mám průběh činnosti pod kontrolou	1	2	3	4	5
31) Jsem si vědom toho, jak jsem v dané činnosti dobrý	1	2	3	4	5
32) Cítím, že při provozované činnosti dělám správné úkony, aniž bych o nich musel přemýšlet	1	2	3	4	5
33) Bez potíží se mi daří udržet své myšlenky u provozované činnosti	1	2	3	4	5
34) Při provozované činnosti zapomínám na čas	1	2	3	4	5
35) Obávám se toho, že by mě ostatní mohli při provozované činnosti hodnotit špatně	1	2	3	4	5
36) Při provozované činnosti se cítím optimálně zatížený	1	2	3	4	5

Příloha IV – Získané hodnoty dotazníku Flow State Scale – Dlouhá verze

Číslo probanda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	VSTUP	VYSTUP	VSTUP	VYSTUP	VSTUP	VYSTUP	VSTUP	VYSTUP	VSTUP	VYSTUP	VSTUP	VYSTUP	VSTUP
1) AUTOTELICKÁ OSOBNOST	12	18	18	18	6	14	12	6	12	11	8	12	13
2) JASNÉ CÍLE	18	17	19	19	14	12	16	9	16	16	15	17	16
3) KONTROLA SITUACE	17	15	16	16	8	11	12	5	12	14	16	16	11
4) JEDNOZNAČNÁ ZPĚTNÁ VAZBA	19	16	17	17	12	13	17	8	16	16	13	14	17
5) PONORENÍ SE DO AKTIVITY	16	12	18	18	10	10	13	12	7	13	8	12	12
6) SOUSTŘEDĚNÍ SE NA AKTUÁLNÍ PROŽITEK	17	14	17	17	10	13	16	10	10	17	13	17	15
7) TRANSFORMACE ČASU	18	20	19	19	14	17	13	16	15	19	13	8	16
8) ZTRÁTA SEBEUVĚDOMĚNÍ	7	7	10	10	9	10	7	7	8	12	6	12	5
9) ROVNOVÁHA MEZI VÝZVOU A SCHOPNOSTMI JH	13	11	14	14	10	11	12	11	12	11	10	11	10
1) AUTOTELICKÁ OSOBNOST	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP	VYSTUP
2) JASNÉ CÍLE	12	19	19	19	6	10	12	8	13	12	12	15	10
3) KONTROLA SITUACE	16	18	19	19	16	13	15	16	16	15	16	16	17
4) JEDNOZNAČNÁ ZPĚTNÁ VAZBA	19	16	20	20	14	14	14	10	13	10	13	15	6
5) PONORENÍ SE DO AKTIVITY	16	16	19	19	16	15	16	12	12	15	19	14	15
6) SOUSTŘEDĚNÍ SE NA AKTUÁLNÍ PROŽITEK	17	15	18	18	10	11	15	12	9	10	12	12	7
7) TRANSFORMACE ČASU	14	16	18	18	11	12	16	12	12	13	10	17	9
8) ZTRÁTA SEBEUVĚDOMĚNÍ	17	16	20	20	13	15	12	20	18	20	17	13	9
9) ROVNOVÁHA MEZI VÝZVOU A SCHOPNOSTMI JH	8	9	8	8	6	5	5	6	4	15	7	11	5
	13	13	13	12	13	12	7	10	11	11	12	12	12

Příloha V – Porovnání statisticky významných změn z dotazníku Flow State Scale –
Dlouhá verze

Porovnání VSTUP x VÝSTUP pro skupinu dat z dimenze:	P hodnota (T test)
1) Autotelická osobnost	0,191
2) Jasně cíle	0,289
3) Kontrola situace	0,182
4) Jednoznačná zpětná vazba	0,166
5) Ponoření se do aktivity	0,193
6) Soustředění se na aktuální prožitek	0,205
7) Transformace času	0,437
8) Ztráta sebeuvědomění	0,089
9) Rovnováha mezi výzvou a schopnostmi jedince	0,351

Příloha VI: Short Flow Scale

SHORT 9-ITEM FLOW

Následující výroky popisují různé způsoby prožívání u činností. Vaším úkolem teď bude zamyslet se nad tím, co a jak jste prožili u proběhlé imaginace pohybu. Svě odpovědi označte na **škále 1-7, kde 1 znamená naprosto nesouhlasím a 7 naprosto souhlasím.**

Vždy uveďte **datum** imaginace.

DATUM:	Strongly disagree (1)				Strongly agree (7)		
I feel I am competent enough to meet the high demands of the situation	1	2	3	4	5	6	7
I do things spontaneously and automatically without having to think	1	2	3	4	5	6	7
I have a strong sense of what I want to do	1	2	3	4	5	6	7
I have a good idea while I am performing about how well I am doing	1	2	3	4	5	6	7
I am completely focused on the task at hand	1	2	3	4	5	6	7
I have a feeling of total control	1	2	3	4	5	6	7
I am not worried about what others may be thinking of me	1	2	3	4	5	6	7
The way time passes seems to be different from normal	1	2	3	4	5	6	7
The experience is extremely rewarding	1	2	3	4	5	6	7

Priloha VII – Výsledky Short Flow Scale

Číslo probanda ->																											
Číslo imagince ->																											
1) AUTOTELECKÁ OSOBNOST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2) JASNÉ CÍLE	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
3) KONTROLA SITUACE	6	7	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7		
4) JEDNOZNAČNÁ ZPĚTNÁ VAZBA	6	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
5) POKROKENÍ SE DO AKTIVITY	5	4	6	6	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	6	5	4	6	6	6	6	6	6		
6) SOUSTŘEDĚNÍ SE NA AKTUÁLNÍ PROZÍTEK	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	3	4	6	6	5	5	4	6	6	6	6	6	6	6		
7) TRANSFORMACE ČASU	7	6	6	6	5	6	6	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
8) ZTRÁTA SEBEVĚDOMĚNÍ	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
9) ROVNOVÁHA MEZI VÝZVOU A SCHOPNOSTMI JEDNICE	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
Číslo probanda ->																											
Číslo imagince ->																											
1) AUTOTELECKÁ OSOBNOST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2) JASNÉ CÍLE	3	3	4	4	4	4	5	5	7	3	3	2	3	3	4	3	5	4	1	1	1	3	3	4	1	1	
3) KONTROLA SITUACE	5	3	3	4	5	5	5	6	1	1	2	3	2	3	4	3	4	4	1	1	2	2	1	1	1	1	
4) JEDNOZNAČNÁ ZPĚTNÁ VAZBA	6	4	5	6	6	6	6	7	6	3	2	3	4	3	4	5	5	5	2	3	2	1	1	1	1	1	
5) POKROKENÍ SE DO AKTIVITY	2	2	2	2	2	3	5	3	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	
6) SOUSTŘEDĚNÍ SE NA AKTUÁLNÍ PROZÍTEK	6	3	2	5	4	5	5	6	6	3	3	2	3	3	2	3	4	4	3	2	1	2	1	1	1	1	
7) TRANSFORMACE ČASU	3	3	3	4	4	4	4	4	5	6	5	5	5	5	5	6	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	
8) ZTRÁTA SEBEVĚDOMĚNÍ	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
9) ROVNOVÁHA MEZI VÝZVOU A SCHOPNOSTMI JEDNICE	5	2	3	4	4	3	4	5	5	3	3	3	2	2	3	3	4	4	1	1	2	1	2	1	1	1	
Číslo probanda ->																											
Číslo imagince ->																											
1) AUTOTELECKÁ OSOBNOST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2) JASNÉ CÍLE	2	2	2	2	2	1	3	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
3) KONTROLA SITUACE	3	6	6	5	7	6	4	5	6	5	4	3	4	4	4	4	4	4	5	7	6	5	5	5	4	5	
4) JEDNOZNAČNÁ ZPĚTNÁ VAZBA	6	7	7	6	6	7	6	6	7	5	3	3	3	3	5	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	
5) POKROKENÍ SE DO AKTIVITY	3	3	5	6	6	6	3	6	7	5	5	3	3	3	5	4	4	4	5	2	2	2	2	2	2	2	
6) SOUSTŘEDĚNÍ SE NA AKTUÁLNÍ PROZÍTEK	2	2	2	2	5	4	3	1	2	5	3	3	3	3	5	4	3	5	2	2	2	2	2	2	2	2	
7) TRANSFORMACE ČASU	3	4	5	5	5	4	5	3	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	1	3	4	3	2	2	3	3	
8) ZTRÁTA SEBEVĚDOMĚNÍ	6	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
9) ROVNOVÁHA MEZI VÝZVOU A SCHOPNOSTMI JEDNICE	5	6	6	7	7	6	7	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	7	7	7	7	7	7	7	
Číslo probanda ->																											
Číslo imagince ->																											
1) AUTOTELECKÁ OSOBNOST	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2) JASNÉ CÍLE	2	2	2	2	2	1	3	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
3) KONTROLA SITUACE	3	6	6	5	7	6	4	5	6	5	4	3	4	4	4	4	4	4	5	7	6	5	5	5	5	4	
4) JEDNOZNAČNÁ ZPĚTNÁ VAZBA	6	7	7	6	6	7	6	6	7	5	3	3	3	3	5	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	
5) POKROKENÍ SE DO AKTIVITY	3	3	5	6	6	6	3	6	7	5	5	3	3	3	5	4	4	4	5	2	2	2	2	2	2	2	
6) SOUSTŘEDĚNÍ SE NA AKTUÁLNÍ PROZÍTEK	2	2	2	2	5	4	3	1	2	5	4	3	3	3	5	4	3	5	2	2	2	2	2	2	2	2	
7) TRANSFORMACE ČASU	3	4	5	5	5	4	5	3	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	1	3	4	3	2	2	3	3	
8) ZTRÁTA SEBEVĚDOMĚNÍ	6	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
9) ROVNOVÁHA MEZI VÝZVOU A SCHOPNOSTMI JEDNICE	5	6	6	7	7	6	7	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	7	7	7	7	7	7	7	