

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Milan Martínek

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Katedra fyzioterapie

**Měření elektrické aktivity mozku během stimulace
spoušťových zón z konceptu Vojtova principu**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

MUDr. David Pánek, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Milan Martínek

Praha, březen 2018

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

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

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:

Rád bych zde poděkoval vedoucímu práce MUDr. Davidovi Pánkovi, Ph.D. za uvedení do tak zajímavé problematiky, za odborné připomínky, cenné rady, řadu poskytnutých konzultací a čas věnovaný získávání dat. Dále bych rád poděkoval PhDr. Tereze Novákové, Ph.D., bez které by uskutečnění této práce nebylo možné.

Abstrakt

Název: Měření elektrické aktivity mozku během stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu.

Cíle: Cílem této práce je objasnit, zda dochází během stimulace spoušťových zón z principu Vojtova konceptu ke změně elektrické aktivity mozku hodnocené pomocí sLORETA programu. Zdrojová aktivita během stimulace spoušťových zón byla snímána ze skalpové EEG a porovnána programem sLORETA se zdrojovou aktivitou naměřenou v klidu před a po stimulaci spoušťových zón.

Metody: Výzkum proběhl na 11 zdravých, dospělých osobách. Celá skupina výzkumného souboru se skládala z žen ve věkovém rozmezí 19 – 32 let. Data byla získána ze skalpové EEG před, během a po stimulaci spoušťových zón z principu Vojtova konceptu. U každého probanda proběhlo nejprve měření klidového EEG s otevřenými i zavřenými očima (2 x 10 minut), následně proběhlo měření během stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu také s otevřenými i zavřenými očima (2 x 15 minut). Na závěr bylo naměřeno klidové EEG, kdy se po pěti minutách střídaly otevřené a zavřené oči (4 x 5 minut). Mezi jednotlivými stimulacemi spoušťových zón byla pauza minimálně 15 minut. Pořadí otevřených a zavřených očí při klidovém EEG a během stimulace spoušťových zón bylo randomizováno. Data získaná z experimentu byla zpracována v sLORETA programu a zobrazena v 3D Talairachově atlasu. Ve statistickém modelu programu sLORETA byly vypočteny lokalizace rozdílů aktivit pomocí párového t-testu s logaritmickou transformací dat o parametru vyhlazení 0.8 za využití permutační metody používající 5000 randomizací na hladině významnosti $p \leq 0,10$ s korelací pro opakované testování.

Výsledky: Získaná data prokazují vznik statisticky významné aktivity mozku u dvou rozdílných porovnaných párových skupin. Byly prokázány statisticky významné změny porovnáním stavu během stimulace s otevřenými očima oproti stavu před stimulací s otevřenými očima ve frekvenčním pásmu alfa-2 v motorických korových oblastech, senzitivní kůře a v areách zastupujících emoční reaktivitu. Statisticky významná odlišnost ve frekvenčním pásmu alfa-2 byla také odhalena porovnáním stavu před

stimulací se zavřenýma očima a po stimulaci se zavřenýma očima. Zde pozorujeme obdobné změny jako při porovnání stimulace s otevřenýma očima oproti stavu před stimulací s otevřenýma očima – zvýšená aktivita v motorických korových oblastech a v areách zastupujících emoční reaktivitu.

Byla také zjištěna podobnost mezi stavem navozeným stimulací spouštěvých zón s oblastmi mozku zastupující aktivní default mode network.

Klíčová slova: Vojtova metoda, Brodmannovy zóny, EEG, sLORETA, default mode network

Abstract

Title: Measuring electrical brain activity during stimulation of trigger zones from concept of Vojta principle

Objectives: The aim of this study is to clarify whether there is a change in the electrical brain activity evaluated by the sLORETA program during the stimulation of trigger zones according to the Vojta concept. The source activity during stimulation of trigger zones was scanned from the scalp EEG and compared with the sLORETA program with the source activity measured at rest, before and after the stimulation of the trigger zones.

Methods: The research was conducted on 11 healthy adult subjects. The entire research group is consisted of women aged in range 19-32. The data was obtained from the scalp EEG before, during and after stimulation of trigger zones according to Vojta concept. For each proband the measurement of resting EEG with both open and closed eyes (2 x 10 minutes) was first performed, then the measurements were taken during the stimulation of trigger zones with open and closed eyes (2 x 15 minutes). Finally, a resting EEG was measured, alternating open and closed eyes after five minutes (4 x 5 minutes). There was a pause of at least 15 minutes between each stimulation of trigger zones. The order of open and closed eyes during resting EEG and during stimulation of trigger zones was randomized. The data obtained from the experiment was processed in the sLORETA program and displayed in the 3D Talairach atlas. In the statistical model of the sLORETA program, localization of electrical activity differences by pairwise t-test with logarithmic transformation of the aliasing parameter 0.8 was calculated with a permutation method utilizing 5000 randomization at the significance level $p \leq 0.10$ with correlation for repeated testing

Results: Obtained data show the occurrence of statistically significant brain activity in two different compared paired groups. Statistically significant changes have been revealed by comparing status during open-eye stimulation versus status before stimulation with open eyes in the alpha-2 frequency band in motor cortical regions, sensory cortex, and in areas representing emotional reactivity. A statistically significant difference in the alpha-2 frequency band was also revealed by comparing the condition before stimulation with closed eyes and after stimulation with closed eyes. Here we observe similar changes as when comparing open-eye stimulation versus condition

before stimulation with open eyes - increased activity in motor cortex and in areas representing emotional reactivity.

A similarity was also revealed between condition triggered by stimulation of trigger zones with brain regions representing the active default mode network.

Keywords: Vojta therapy, Brodmann area's, EEG, sLORETA, default mode network

Seznam zkratek

| | |
|-------------|-------------------------------|
| AAR | Alfa atenuační reakce |
| BA | Brodmannovy zón |
| CNS | Centrální nervová soustava |
| CT | Výpočetní tomografie |
| EEG | Elektroencefalografie |
| fMRI | Funkční magnetická rezonance |
| MRI | Magnetická rezonance |
| PET | Pozitronová emisní tomografie |
| RB | Reakce blokády |
| RF | Rebound fenomén |
| RZ | Reakce zástavy |

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. ÚVOD..... | 13 |
| 2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE..... | 14 |
| 2.1 VOJTŮV PRINCIP REFLEXNÍ LOKOMOCE..... | 14 |
| 2.1.1 1. fáze reflexního otáčení..... | 15 |
| 2.1.2 2. fáze reflexního otáčení..... | 16 |
| 2.2 ELEKTROENCEFALOGRAFIE..... | 17 |
| 2.2.1 Mikro EEG..... | 18 |
| 2.2.2 Makro EEG..... | 19 |
| 2.2.3 Základní frekvenční pásma..... | 20 |
| 2.3 STANDARDIZED LOW-RESOLUTION BRAIN ELECTROMAGNETIC TOMOGRAPHY – sLORETA..... | 22 |
| 2.4 BRODMANNOVY OBLASTI (BRODMANN AREAS)..... | 23 |
| 2.5 DEFAULT MODE NETWORK..... | 29 |
| 2.5.1 Metabolické a cirkulární konsekvence aktivace a deaktivace..... | 30 |
| 3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST..... | 34 |
| 3.1 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY..... | 34 |
| 3.1.1 Cíl práce..... | 34 |
| 3.1.2 Úkoly práce..... | 34 |
| 3.1.3 Výzkumné otázky..... | 34 |
| 3.1.4 Hypotézy..... | 35 |
| 4. METODIKA PRÁCE..... | 36 |
| 4.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU..... | 36 |
| 4.2 POUŽITÉ METODY..... | 36 |
| 4.3 MĚŘENÍ A SBĚR DAT..... | 36 |
| 4.4 ANALÝZA DAT..... | 37 |
| 5. VÝSLEDKY..... | 39 |
| 5.1 Statistické porovnání stavu se zavřenýma očima před stimulací oproti stavu se zavřenýma očima v prvních pěti minutách po stimulaci (POST CE 1 X PRE CE).... | 40 |
| 5.2 Statistické porovnání stavu s otevřenýma očima před stimulací oproti stavu během stimulace s otevřenýma očima (VOJTA OE X PRE OE)..... | 41 |
| 5.3 Souhrn výsledků..... | 43 |

| | | |
|-----|---------------------------------|----|
| 6. | DISKUSE | 45 |
| 6.1 | Diskuse k hypotéze č. 1 | 45 |
| 6.2 | Diskuse k hypotéze č. 2 | 47 |
| 6.3 | Diskuse k hypotéze č. 3 | 50 |
| 7. | ZÁVĚR..... | 52 |
| 8. | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 53 |

1. ÚVOD

Řídícím orgánem naší nervové soustavy je mozek. V tomto orgánu dochází ke zpracování a vyhodnocení veškerých informací, ať už se jedná o podněty sensorické či senzitivní. Mozek komunikuje s naším tělem elektrochemickými signály, které moderní medicína pozoruje a snaží se skrze ně pochopit, jak naše tělo funguje. Jedním z druhů pozorování této komunikace je elektroencefalografie, díky které jsme schopni odhalit nejen jaké oblasti mozku jsou odpovědny za jaké funkce, ale také slouží k diagnostice různých neurologických onemocnění.

Výzkumy posledních let přináší stále nové poznatky o motorickém učení a řízení a zdokonalují tak různé terapeutické postupy využívané v rehabilitační medicíně. Jedním z významných rehabilitačních konceptů je i Vojtův princip reflexní lokomoce neboli Vojtova metoda.

Vojtova metoda je empiricky založený diagnosticko-terapeutický systém s dodnes neprokázanými neurofyziologickými podklady. Cílem této diplomové práce je odhalení změn mozkové aktivity vznikající stimulací spouštěvých zón z konceptu Vojtova principu a následné porovnání vzniklých změn s klidovým stavem mozku.

Důvodem výběru tohoto tématu je v první řadě přínos pro samotnou metodu. Sledování elektrické aktivity mozku během stimulace spouštěvých zón, pozorování efektu po ukončení stimulace a porovnání jednotlivých dat se stavem před stimulací, je dalším krokem k porozumění základních mechanismů Vojtovy metody a také k rozšíření konsenzu o tomto konceptu. Pozorováním reaktivity centrální nervové soustavy na různé stimuly se dále rozšiřují naše vědomosti nejen o mozku, ale i o fungování těla obecně.

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 VOJTŮV PRINCIP REFLEXNÍ LOKOMOCE

Vojtův princip reflexní lokomoce je diagnostický a terapeutický postup, který byl sestaven na základě vlastních zkušeností a pozorování českým neurologem MUDr. Václavem Vojtou v 50. letech 20. století. Během práce s dětmi s cerebrální parézou vypořádal, že tyto děti reagují na specifické podněty v různých tělesných polohách mimovolní motorickou reakcí. Tyto spuštěné pohybové vzory u jedinců s cerebrální parézou nebyly původně dostupné, ale mohly být „aktivovány“ stimulací a dále tříbeny opětovnou stimulací. Tím došel prof. Vojta k představě, že každý jedinec má základní pohybové vzory programovány geneticky v centrální nervové soustavě. Tyto vzory pak slouží jako podklad či „stavební kameny“ pro vzpřímení a pohyb vpřed. Není však stanoveno, jakým způsobem daný jedinec konkrétně vzpřímení a lokomoce dosáhne – provedení pohybu a logistika jsou interindividuálně odlišné. Na cestě ke vzpřímení jsou specifické milníky: úchop, otáčení, lezení atd., kterými musí každý jedinec projít. Při onemocnění centrální nervové soustavy (CNS) a pohybové soustavy dochází k omezení těchto základních pohybových vzorů. Využitím reflexní lokomoce můžeme základní pohybové vzory znovuobnovit a poskytnout tak CNS správný podklad pro následující vývoj (Pavlů, 2002; Vařeka, 2000; Vojta, 2010).

Podle prof. Vojty je možné reflexní lokomoci aktivovat ze tří základních poloh: leh na zádech, leh na břiše, vkleče s maximální flexí kolenních a kyčelních kloubů, skrze 10 tzv. spoušťových zón nacházejících se na těle a horních i dolních končetinách. Dalším facilitačním faktorem je tah a tlak v kloubech, optimální úhel v kloubech a kladení odporu proti směru vyvolaného reflexního pohybu. Kombinací těchto faktorů můžeme aktivovat reflexní otáčení nebo reflexní plazení (Vojta, 2010).

Reflexní plazení, reflexní otáčení a proces vzpřimování jsou tři pohybové komplexy, které tvoří základ metody reflexní lokomoce. Všechny tři pohybové komplexy obsahují základní prvky pohybu vpřed – posturální řízení (automatické řízení rovnováhy), fázi hybnost (cílené úchopové a krokové pohyby končetin) a vzpřimování těla (Kolář, 2012; Vojta, 2010; Vojta 1995).

Reflexní otáčení je ipsilaterální model, kde stejnostranné končetiny jedné strany těla konají náročnou fázi a stejnostranné končetiny druhé strany těla tvoří oporu.

Reflexní otáčení probíhá z polohy na zádech do polohy na boku a dále může pokračovat až do ležení po čtyřech. Díky své nenáročné výchozí pozici byla zvolena 1. fáze reflexní otáčení jako ideální pohybový komplex pro tuto práci (Kolář, 2012; Vojta, 2010; Vojta, 1995).

Proces reflexního otáčení se dělí na dvě fáze – první fáze, ve které probíhá otáčení z polohy vleže na zádech do polohy na boku a druhá fáze, která přímo navazuje na fázi první, ale může se provádět i samostatně. (Hyungwon, 2013; Jung, 2017; Kolář, 2012; Vojta, 2010; Vojta, 1995).

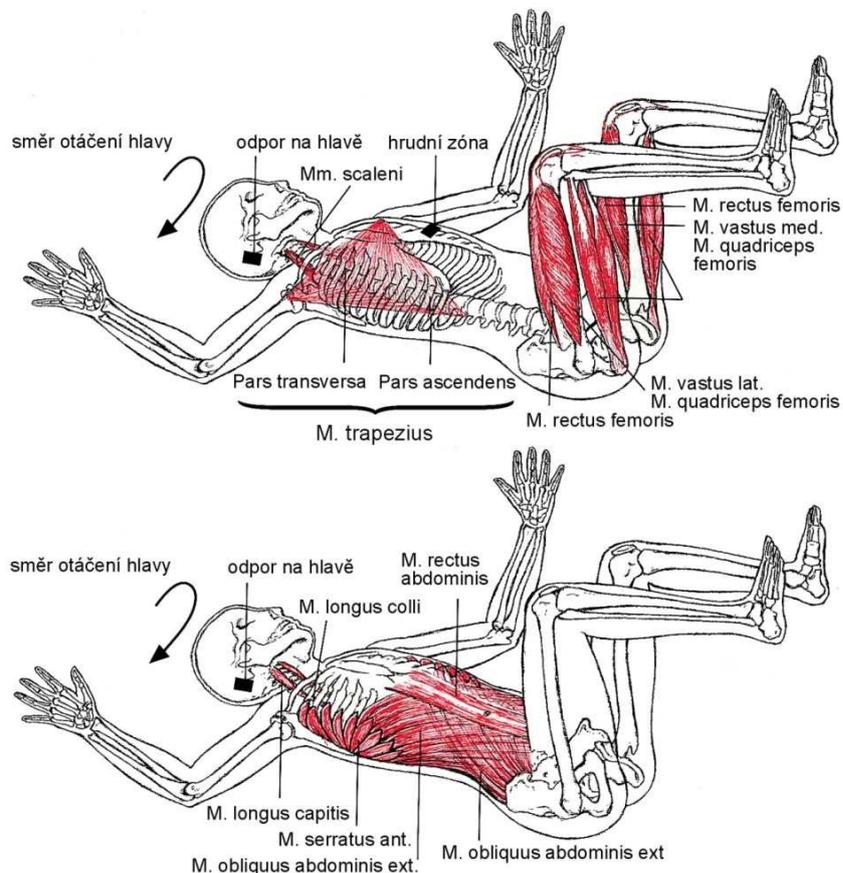
Aby došlo k vyvolání reflexní lokomoce, je nutné správné zvolení výchozí polohy a výbavných zón. Tyto zóny se dělí na hlavní a vedlejší. Hlavní zóny se dle autora nacházejí pouze na končetinách a jejich stimulací dochází k dráždění periostu. Vedlejší zóny leží v oblasti ramen a pánve a nestimuluje se pouze periost, ale i přilehlé svaly a měkké tkáně. Nastavením správné výchozí polohy způsobíme další facilitační mechanismus – protažení specifických svalových skupin. Proto lze konkrétní reflexní děje vyvolat jen v určitých polohách (Trojan, 1991; Vojta, 1995).

2.1.1 1. fáze reflexního otáčení

Výchozí poloha je vleže na zádech, hlava rotována na opačnou stranu, než je směr otáčení, končetiny leží volně na podložce, nebo jsou podloženy pod kolena, aby došlo k nastavení 90° v kyčelních i kolenních kloubech.

Spoušťové zóny: tlak na hrudník v mezižebních prostorách 6. či 7. žebra směřující k lopatce záhlavní strany; linea nuchae záhlavní strany; odpor rotaci hlavy.

Během první fáze reflexního otáčení dochází k postupnému přesouvání těžiště kraniálně a nastavení osy trupu a páteře do středního postavení. Obě dolní končetiny se postupně flektují jak v kolenních tak kyčelních kloubech. Kyčelní klouby se také nastavují do mírné abdukce a zevní rotace. Hlezna po celou dobu zůstávají v neutrálním postavení. Záhlavní horní končetina přechází do zevní rotace, čelistní horní končetina se pohybuje do abdukce a flexe. Hlava se otáčí do směru reflexního otáčení. Pánev se překlápí směrem do retroflexe a zaujímá neutrálního postavení (Obrázek č. 1). Dochází také k výraznému prohloubení dýchání (Hyungwon, 2013; Jung, 2017; Kolář, 2012; Vojta, 2010).



Obrázek 1 1. fáze reflexního otáčení a svaly aktivované během tohoto globálního vzoru (převzato z Kolář, 2012)

2.1.2 2. fáze reflexního otáčení

Druhá fáze reflexního otáčení přímo navazuje na první fázi. Vychází z konečné polohy první fáze otáčení a jejím cílem je poloha na čtyřech, odkud je možné pokračovat až do ležení po čtyřech. Motorické vzorce obsaženy v této fázi reflexního otáčení jsou již částečně obsaženy i v první fázi otáčení, ale díky své, z terapeutického pohledu, výhodné výchozí pozici na boku se i tato část reflexního otáčení provádí samostatně.

Hlavní spoušťové zóny pro druhou část reflexního otáčení jsou: processus styloideus radii svrchní horní končetiny, epicondylus medialis femoris svrchní dolní

končetiny, epicondylus medialis humeri spodní horní končetiny, epicondylus lateralis femoris spodní dolní končetiny a processus lateralis tuberis calcanei spodní dolní končetiny. Z vedlejších spoušťových zón se stimuluje zejména acromion svrchní poloviny těla, mediální hrana lopatky svrchní poloviny těla a spina iliaca anterior superior svrchní poloviny těla.

V druhé fázi reflexního otáčení se svrchní horní i dolní končetina flektují, abdukuje, rotují zevně a spolu dělají nárok, zatímco spodní končetiny tvoří oporu pro tento pohyb. U spodní horní končetiny se opora posouvá z oblasti ramene distálně. To samé platí i pro spodní dolní končetinu – opora se posouvá na laterální oblast stehna.

Následek stimulace spoušťových zón se projevuje také na vegetativním nervstvu. Dochází k vyšší produkci sekretu slinných žláz a častějšímu polykání. Zvýšená je také funkce hladké svaloviny, zejména je ovlivněna svalovina močového měchýře, zevního svěrače a střevní peristaltika (Kolář, 2012; Vojta, 2010; Vojta, 1995).

Ačkoliv je Vojtova metoda již desítky let používána nejen v České republice, její konkrétní dopad na CNS nebyl úplně odhalen. Díky moderním technologiím jako je sLORETA dnes můžeme detailně analyzovat, jaké procesy se v mozku spouštějí či utlumují během Vojtovy metody.

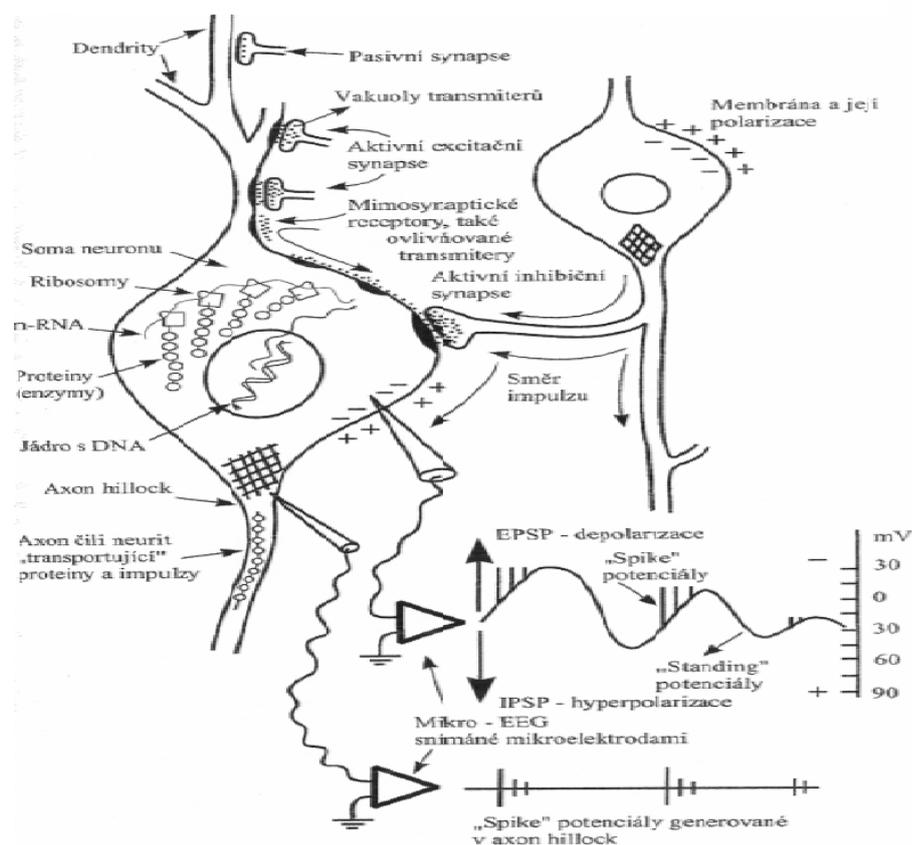
2.2 ELEKTROENCEFALOGRAFIE

Elektroencefalografie (EEG) je neurofyzilogická diagnostická metoda, která slouží ke sledování funkcí mozku. Pomocí EEG zaznamenáváme spontánní elektrickou aktivitu CNS. Aktivita, kterou během tohoto vyšetření snímáme, pramení zejména ze synaptodendritických membrán v povrchových vrstvách mozkové kůry. Záznam této aktivity v časovém pásmu je označován jako elektroencefalogram. Veškeré procesy CNS, jako je například myšlení, umožňuje komunikace neuronů mezi sebou. Přenos informace mezi jednotlivými nervovými buňkami je zprostředkován pohybem iontů přes membrány. Tento proces způsobuje změny elektrického napětí, které jsou zachyceny povrchovými elektrodami umístěnými na skalpu. Dnes se EEG používá pro odhalení funkčních a morfologických lézí mozku. Zobrazovací metody jako je magnetická rezonance (MRI) a počítačová tomografie (CT) sice také dokáží tyto léze odhalit, ale jsou výrazně nákladnější. Další výhodou EEG je možnost opakovaného

hodnocení mozkových funkcí v delším časovém období bez větší zátěže pacienta (Faber, 2001; Niedermeyer, 2011; Pánek et al., 2014b).

2.2.1 Mikro EEG

Dnes je možné pomocí mikroelektrod odlišit tři druhy elektrického potenciálu vznikajícího v šedé kůře mozkové: jednotkové, synaptické a dendritické (Obrázek č. 2). Jednotkové potenciály jsou velmi krátké (v řádech milisekund) a jsou produkovány těly neuronů. Synaptické potenciály trvají o něco déle, než potenciály jednotkové (až 40 milisekund) a vznikají v místech spojení nervových buněk – synapsí. Dendritické elektrické potenciály trvají nejdéle (až 100 milisekund) a vznikají na dostředivých výběžkách neuronu (Hovorka, 2003).



Obrázek 2 Princip mikro elektroencefalografie (převzato z Faber, 2001)

2.2.2 Makro EEG

Výsledný EEG signál snímáný povrchovými (skalповými) elektrodami je produkt sumačních neurálních potenciálů. Při vzorkovací frekvenci 256 Hz rozlišujeme čtyři základní frekvence v pásmovém rozmezí 0,5 – 70 Hz: alfa (8 – 12,5), beta (12,5 - 30 Hz), théta (4 – 8 Hz) a delta (0 – 4 Hz). Především se hodnotí frekvence, amplituda, tvar, umístění a stranová symetrie každého pásma (Faber, 2001; Kolář, 2012; Pánek et al., 2014b).

Snímání EEG signálu se provádí pomocí povrchových elektrod, které jsou dnes běžně zabudovány do speciálních EEG čepice. Tyto registrační elektrody jsou tvořené z umělohmotných trubiček zakončených plochými elektrodami s centrálním otvorem. Používají se elektrody nepolarizované, potažené chloridem stříbrným. Pro snížení odporu elektrod se do centrálních otvorů aplikuje vodivý gel. Elektrické potenciály, které jsou během EEG snímány, jsou velmi slabé (10 mA a potenciál 5 – 100 μ V) a proto jsou zesilovačem mnohokrát znásobeny. Pro ideální přenos snímaných potenciálů je nutná správná aplikace EEG čepic (Pánek, 2016; Pánek et al., 2014b).

Pro snímání EEG záznamu se používá 19 – 64 elektrod. Standardní EEG čepice obsahuje 19 elektrod. Jednotný systém používaný pro rozmístění elektrod na skalpu navrhl H. Jasper. Tento systém je často označován jako „10-20“ a vychází z procentuálního rozdělení úseků pro umístění jednotlivých elektrod. Oblast mezi kořenem nosu a týlem je rozdělena na šest přesně definovaných úseků: čelní (Fp), frontální (F), centrální (C), temporální (T), parietální (P) a okcipitální (O). „Čelní elektrody se nacházejí v 10% celkové vzdálenosti od nasionu, ostatní elektrody jsou od sebe pak vzdáleny 20%.“ (Kolář, 2012, s. 206). Tento systém byl schválen roku 1957 na mezinárodním kongresu EEG. Elektrody jsou dále označeny číslem, které určuje lateralitu – liché číslíce 1, 3, 5 a 7 značí umístění nad levou hemisférou, sudé číslíce 2, 4, 6 a 8 umístění nad pravou hemisférou. K označení pozice ve střední čáře se využívá indexu z a pro umístění na čele používáme index p . Např. elektroda Fp2 je umístěna frontálně, v oblasti čela nad pravou hemisférou (Kolář, 2012; Pánek, 2016; Pánek et al., 2014b).

Způsob snímání je určen počtem snímacích elektrod a tím pádem i množstvím záznamových kanálů. Dnes se používá jak unipolární, tak bipolární zapojení. Při unipolárním zapojení je detekované napětí určováno mezi aktivní a referenční

elektrodou/svorkou. U unipolárního zapojení dále rozlišujeme zapojení dle směru: předo – zadní (longitudální), či levo – pravé (transversální). Při zapojení bipolárním je snímán rozdíl potenciálů mezi dvěma aktivními elektrodami. Typicky se jedná o neinvazivní diagnostickou metodu a jsou tedy použity elektrody povrchové. Ovšem ne vždy povrchové EEG odhalí potřebné informace a je třeba přesnějšího měření s co nejmenším počtem rušících artefaktů. Jedná se o invazivní metodou zvanou elektrokortikografie, kde jsou jako snímače použity drátky, jehly, či terčíky vyrobené nejčastěji z platiny, chloridu stříbrného, aj. a jsou zavedeny přímo do mozkové kůry (Pánek, 2016; Pánek et al., 2014b).

2.2.3 Základní frekvenční pásma

Pro určení normální EEG aktivity byla stanovena kritéria odvíjející se od studií EEG křivek, která se zaměřují na zdravou populaci. Tato kritéria berou v potaz věk a stav bdělosti (např. spánek), ve kterém se měření odehrávalo. Za normální EEG aktivitu se dnes považuje přítomnost základních frekvencí, které se vyskytují u většiny zdravé populace (Obrázek č. 3).

Alfa aktivita o frekvenci 8 – 12 Hz je nejvýraznější aktivitou EEG. Je kortikálního původu a u zdravého jedince se vyskytuje zejména v klidu při bdělém stavu se zavřenými očima a to parietooccipitálně. V tomto stavu je pravidelná s amplitudou 20 - 80 μV . S otevřením očí, či se zvýšením pozornosti se amplituda snižuje. Jedná se o následek desynchronizace v thalamokortikálních okruzích. Tento fenomén se nazývá reakce zástavy (RZ), reakce blokády (RB) či alfa atenuační reakce (AAR). Naopak při opětovném zavření očí dochází k tzv. rebound fenoménu (RF), kde dochází k zvýšení amplitudy. Při snížené bdělosti alfa aktivita kolísá až v rozmezí 1 Hz. Tato aktivita je také označována za „zdravou vlastnost mozku“ kvůli jejím změnám, či úplnému vymizení při onemocnění CNS, jako jsou cévní příhody, traumata, encefalitidy aj. Dnes se alfa aktivita rozděluje na subpásma alfa-1 (8 – 10 Hz) a alfa-2 (10 – 12 Hz) (Cannon, 2012; Faber, 2001; Jobert et al., 2012; Mišurec, 1990; Moráň, 1995; Pánek, 2016; Vojtěch 2005b). „*Předpokládá se jejich rozdílná aktivita v procesech zahrnující pozornost a kognitivní a paměťové děje*“ (Pánek, 2016, s. 14).

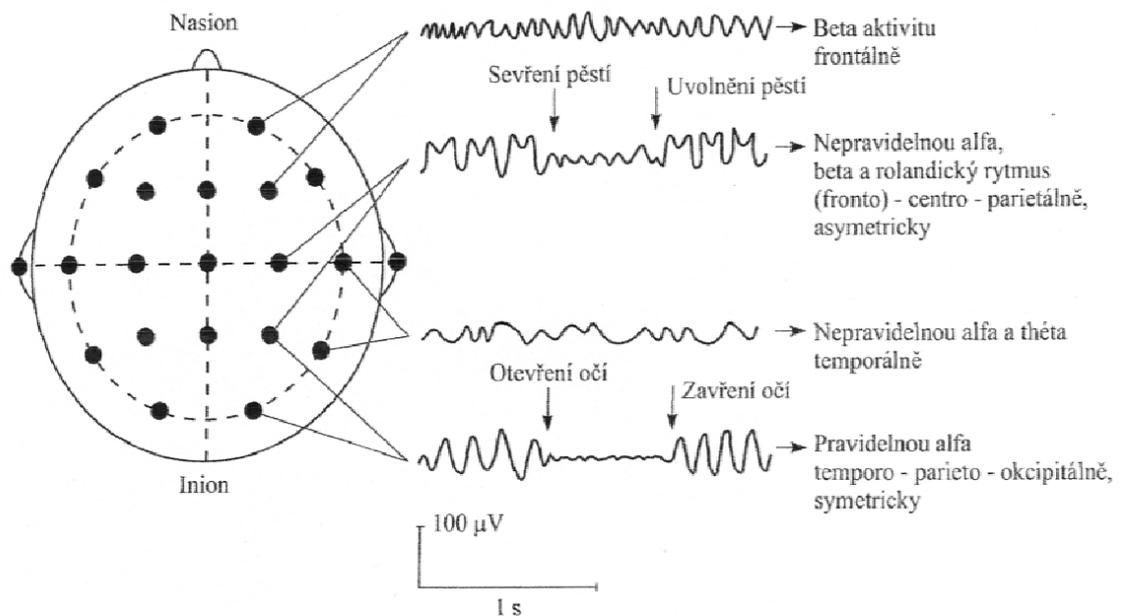
Beta aktivita má frekvenci 12 – 30 Hz s amplitudou nižší než 20 μV . Nejvýraznější je nad frontálními laloky v bdělém stavu s otevřenými očima a je

spojována s aktivací CNS. Změnu amplitudy můžeme pozorovat během taktilních a algických podnětů, či při volní hybnosti. S přibývajícím věkem se zastoupení beta aktivity zvyšuje (Cannon, 2012; Faber, 2001; Mišurec, 1990; Moráň, 1995; Pánek, 2016).

Gama aktivita s frekvencí 30 – 70 Hz je součástí beta aktivity a její frekvence se pohybuje v rozmezí 2 – 10 μ V. Výskyt této frekvence je nestabilní a nejčastěji se vyskytuje v čichovém bulbu a neokortexu (Mišurec, 1990; Moráň, 1995).

Aktivita delta má nejnižší frekvenci ze všech a to 0,5 – 4 Hz. U dospělého jedince je přítomna v nejhlubší fázi nonREM spánku s vysokou amplitudou 20 – 200 μ V (Cannon, 2012; Faber, 2001; Knyazev et al., 2005; Pánek, 2016). „*Předpokládá se, že delta aktivita hraje specifickou roli v kódování a uvolňování informací a tím je spojená s celkovou inteligencí jednice*“ (Pánek, 2016, s. 16).

Aktivita théta má frekvenci 4 – 8 Hz a její amplituda se pohybuje v rozmezí 5 až 100 μ V. Můžeme ji pozorovat nad temporálními oblastmi v pozdních fázích nonREM spánku. Občas dochází k její propagaci během emočního vzrušení, nejčastěji u dětí a kojenců (Cannon et al., 2009; Cannon, 2012; Faber, 2001; Mišurec, 1990; Moráň, 1995; Pánek, 2016). „*Théta frekvence je často spojována s paměťovými procesy, jako je kódování informací a jejich opětovné vybavení, a exekutivní pozornosti*“ (Pánek, 2016, s. 16).



Obrázek 3 Základní frekvenční pásma a oblasti jejich výskytu z povrchový elektrod (převzato z Faber, 2001)

2.3 STANDARDIZED LOW-RESOLUTION BRAIN ELECTROMAGNETIC TOMOGRAPHY – sLORETA

Metoda LORETA – elektromagnetická mozková tomografie s nízkým rozlišením – byla vytvořena pro vypočítání a zobrazení elektrické aktivity mozku ve vyšších kognitivních centrech do 3D obrazu. Pascual-Marqui tuto metodu představil roku 1994 a se svými kolegy byl první, kteří úspěšně vyřešili tzv. inverzní problém. Inverzní problém, neboli neschopnost správného výpočtu distribuce a amplitudy zdrojů ze snímaného potenciálu, byl dlouholetou nevýhodou EEG. Částečně tuto problematiku vyřešili Hamalainen a Ilmoniemi roku 1984 skrze „minimum norm solution“, ovšem touto metodou byli schopni detekce a správného výpočtu pouze u povrchových signálů. Správného výpočtu došel Pascual-Marqui et al. použitím faktu, že sousední neurální struktury vykazují synchronní aktivitu (Cannon, 2012; Kamarádová et al., 2005; Mlynář; Pánek, 2016; Pascual – Marqui, et al., 1994; 2002)

Tato metoda dokáže s minimální prostorovou chybovostí z hodnot skalpové EEG vytvořit mapu proudových hustot implementovanou do 3D modelu mozku. Hodnota proudové hustoty je určována tzv. voxely, které jsou definovány v Talairachové atlasu

a korespondujícího digitálního pravděpodobnostního atlasu mozku. (Talairach, Tournoux, 1988; Pánek, 2016)

sLORETA je nejmodernější verzí LORETA programu generující 3D modely proudové distribuce s nulovou lokalizační chybou. Při splnění podmínek stanovuje sLORETA proudové hustoty v celkem 6239 voxelech s prostorovým rozlišením 5x5x5mm. (Pascual-Marqui, 2002; Pánek, 2016).

sLORETA tedy velmi přesně lokalizuje vznik neurální aktivity v časovém rozmezí. Na rozdíl od pozitronové emisní tomografie (PET) či funkční magnetické rezonance (fMRI) není finančně nákladná a nezatěžuje pacienta zářením. Naopak v porovnání právě s fMRI je LORETA limitována pouze na kortikální struktury a nedokáže zobrazit zdrojovou aktivitu např. mozkového kmene a míchy (Cannon, 2012; Countin – Churchman and Moreno, 2008; Hedrich, 2017; Kim et al., 2009; Lehman et al., 2006; Pánek, 2016; Pascual – Marqui, 1999; Pascual – Marqui et al., 2002; Pizzagalli, Oakes and Davidson, 2003; Talairach and Tournoux, 1988; Zumsteg, Andrade, 2006).

2.4 BRODMANNOVY OBLASTI (BRODMANN AREAS)

Brodmannovy oblasti (BA) je označení pro systém rozdělující mozkovou kůru v souladu s jejím cytoarchitektonickým uspořádáním. V dnešní době je velmi široce využíván jako standardizovaná nomenklatura.

Brodmannovy oblasti původně určil a očísloval Korbinian Brodmann, který poté tyto kortikální mapy publikoval roku 1909. Původní myšlenkou Brodmanna bylo, že odlišné struktury – odlišná cytoarchitektura – zajišťují odlišné funkce. Proto bylo každé rozdílné struktuře přiděleno odlišné číslo. Od doby původní publikace byla tato označení nesčetněkrát diskutována a přejmenována, každopádně Brodmannovy oblasti nadále zůstávají nejznámějším a nejcitovanějším systémem určujícím jednotlivé struktury lidské mozkové kůry.

Brodmann rozdělil mozkovou kůru do 52 oblastí. Mnoho z těchto oblastí bylo následně rozděleno na menší podoblasti. Jednotlivé oblasti vytvářejí skupiny zastávající stejné funkce. Dnes rozlišujeme 8 těchto skupin: exekutivní funkce, motorické funkce, somatosenzorika, pozornost, vizuální funkce, paměť, regulace emocí, zvuk.

Dalším způsobem uspořádání jednotlivých oblastí do skupin je skrze topografii: frontální lalok, temporální lalok, okcipitální lalok, parietální lalok (Bell, 2015; Cortical Functions: Reference, 2012; Finger, 2001).

Brodmannovy oblasti 1, 2, 3 tvoří primární sensitivní korovou oblast – gyrus postcentralis – závit mezi sulcus centralis a postcentralis. Hlavní funkcí této oblasti je somatosensorická percepce (lokalizace dotyku, diskriminační cití, propiocepce a další). Dále se také podílí na organizaci pohybu, jako je například volní pohyb ruky. Aktivita této oblasti během pohybu proto reflektuje nejen zpětnou vazbu z proprioceptorů, ale také její podíl na formaci pohybu samotného (Bell, 2015; Borich, 2015; Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012; Polonara, 1999; Purves, 2001).

Primární motorická korová oblast (BA 4) se nachází v gyrus precentralis a přední část gyrus paracentralis. Primárně tato oblast slouží k tvorbě podnětů vedoucích k pohybu svalů opačné poloviny těla. Tato oblast ovšem také reaguje na některé senzitivní podněty. Aktivace této zóny senzitivní stimulací je pravděpodobně příprava na potenciální pohyb či tzv. „attention to action“ (Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012; Geyer, 2000; Hatsopoulos, 2011; Purves, 2001).

Sekundární senzitivní korová oblast (BA 5, 7) se nachází za primární senzitivní korovou oblastí v parietálním laloku. Aferentně je tato oblast spojena s thalamem a primární motorickou kůrou, eferentně s primární senzitivní i motorickou kůrou. Oblast se podílí na vnímání bolesti, sjednocuje povrchové a hluboké vjemy, uplatňuje se jak při vnímání pohybu těla, tak při pohybové paměti (Cortical Functions: Reference, 2012; Polonara, 1999).

Brodmannova zóna 6 se nachází ve frontálním laloku a patří mezi největší z Brodmannových zón. Bývá také nazývána jako premotorická korová oblast. Toto označení vyplývá z jejího anatomického uložení před primární motorickou korovou oblastí. BA 6 je zapojena do funkčního okruhu striatum – palidum – thalamus – kůra. Z této oblasti také vycházejí dráhy do nucleus ruber, retikulární formace prodloužené míchy a dále do míchy a motorických jader kmene. Je zřejmé, že tato oblast je funkčně napojena na ostatní struktury řídící motoriku. Základní funkce této oblasti jsou příprava a plánování složitých volních pohybů a sensorické řízení pohybu – feedback (Cortical Functions: Reference, 2012; Geyer, 2000; Sharma, 2017; Zeng, 2013).

Brodmannova zóna 8 – frontální okoohybné pole – se nachází v zadní partii gyrus frontalis medius. Tato oblast je zodpovědná za pohyby očí a jejich koordinaci s pohybem hlavy a krku. Dále je zapojena do celé škály různých procesů, jako je obecná motorika, jazykové schopnosti, paměťové funkce a další (Bell, 2015; Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012; Vernet, 2014).

Brodmannovy zóny 9 a 10 – dorsolaterální a přední prefrontální kortex – jsou situovány v oblasti gyrus frontalis superior a gyrus frontalis medialis. Tyto zóny jsou zodpovědné za plánování, regulaci a organizaci pohybu. Současně se také podílejí na integraci senzorických informací. Tyto oblasti také prokazují zvýšenou aktivitu při specifických paměťových úkonech vážící se na lokalizaci předmětů (Blumenfeld, 2011; Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012).

Brodmannovy zóny 11 a 12 se nacházejí ve frontálním laloku a jsou součástí orbitofrontální kůry. Funkčně jsou zapojeny do procesů rozhodování, plánování, kódování nových informací do dlouhodobé paměti (Premkumar, 2015; Schuck, 2016; Stalnaker, 2015).

Brodmannovy zóny 13, 14, 15 a 16 dohromady tvoří insulární kůru. Funkce těchto oblastí nejsou dodnes přesně specifikovány. Pravděpodobně přemostují informace mezi mediálními a laterálními vrstvami mozku (peripaleocortex a isocortex). BA 13 je označována za centrum gastrointestinální viscerosenzitivity i visceromotoriky. Dohromady se tyto zóny podílejí na různých poznávacích a výkonných funkcích (Cortical Functions: Reference, 2012; Droutman, 2015).

Brodmannovy zóny 17, 18, 19 se nacházejí v okcipitálním laloku. Primární zraková oblast (BA 17) je konkrétně lokalizovaná v sulcus calcarinus a podél něj. K ní přímo přiléhá sekundární zraková korová oblast (BA 18) a asociační zraková korová oblast (BA 19). Tyto tři oblasti dohromady zajišťují veškeré zpracování vizuálních informací. Společně také zastupují funkci emoční reaktivity. BA 17 se výrazně podílí na detekci intenzity světla, rozeznávání barev a rozpoznání vizuálních vzorů. Také se podílí na zpracovávání vizuálně – prostorových informací a sledování pohybu. (Bell, 2015; Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012).

Většina neuronů BA 18 je naladěna k rozeznávání charakteristik, jako jsou prostorová orientace, velikost, barva a tvar. BA 18 je také zapojena do komplexních úkolů, například k rozeznání orientace iluzorních obrysů, či odlišení, zda je optický

stimul součástí figury nebo země. Jednou z nejdůležitějších funkcí BA 18 je tzv. „object recognition memory“, neboli paměť k rozpoznávání objektů a převádění krátkodobé paměti objektů na paměť dlouhodobou (Bell, 2015; Cortical Functions: Reference, 2012).

Brodmannova zóna 19 je koaktivována spolu s BA 18 během detekce intenzity světla, pozornosti, rozeznávání vizuálních vzorů a jiných podnětů. Jejich simultánní aktivita naznačuje společnou účast v mozkové síti. K samostatné aktivitě BA 19 dochází při využití prostorové pracovní paměti, např. při otázce na lokalizaci určitého objektu v prostoru „kde to je?“ (Bell, 2015; Cortical Functions: Reference, 2012).

Ve specifických aktivitách můžeme pozorovat aktivitu zrakových korových oblastí BA 18 a 19 spolu s BA 37. Například požadujeme-li pojmenování vizuálně prezentované podnětové karty – tzv. konfrontační pojmenování (Cortical Functions: Reference, 2012).

Brodmannova zóna 20 je součástí spánkového laloku a okupuje velkou část ventrální partie spánkového laloku. Funkčně participuje na vizuálním zpracování dat a rozpoznávání. Dále se zvyšuje aktivita této oblasti při učení nevyužívající dlouhodobou paměť. Dle neurovizuálních metod by BA 20 měla být součástí Wernickeova centra, protože se podílí na lexico-sémantických procesech a porozumění metafor a jazyku obecně. Tato zóna ještě částečně zasahuje do gyrus fusiformis a funkčně spolupracuje při zpracování některých vizuálních podnětů (Cortical Functions: Reference, 2012; Jeneson, 2012).

Brodmannova zóna 21 – gyrus temporalis medius – leží mezi sulcus temporalis inferior, gyrus temporalis inferior a gyrus temporalis superior. Funkce této BA není přesně známa, ale je prokázána její aktivita během procesů jako je rozeznávání vzdálenosti, rozpoznávání známých tváří a zpřístupňování významů slov během čtení. Stejně jako BA 20 je pozorována její zvýšená aktivita během učících procesů nezatažujících dlouhodobou paměť (Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012; Jeneson, 2012).

Brodmannova zóna 22 – gyrus temporalis superior – je závit ležící na sulcus temporalis superior. Tato zóna se podílí na vnímání emocí z percepce obličejů osob. Levá BA 22 je řazena do funkční oblasti Wernickeova centra a právě při poruše této

oblasti vzniká Wernickeova afázie. BA 22 hraje zásadní roli ve vnímání a zpracování řeči (Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012; Graves, 2008).

Brodmannovy zóny 23, 24, 25, 29, 30 a 31 dohromady tvoří cingulární korovou oblast. Tato oblast je funkčně vázána se striatem, thalamem, mozečkem a tvoří část Papezova okruhu. Tato funkční oblast tvořená několika strukturami spadá ještě pod větší funkční skupinu – limbický systém. Cingulární korová oblast částečně zastává funkce emoční reaktivity, verbální paměti a prostorové orientace (Apps, 2016; Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012; Lavin, 2013).

Brodmannovy zóny 32 a 33 také spadají do oblastí tvořící cingulární korovou oblast. BA 32 tvoří vnější oblouk gyrus cinguli anterior, BA 33 je oblast nejpřilehlejší ke corpus callosum. Zastupují funkcí racionálních úvah, vyhodnocování chování a úroveň motivace ostatních lidí (Apps, 2016; Lavin, 2013).

Brodmannovy zóny 34, 35 a 36 tvoří rhinální kůru. Konkrétně BA 34 je označována jako entorhinální oblast, BA 35 a 36 zase jako perirhinální oblast. Dominantní funkce rhinální kůry je inhibice signálů cestujících z neocortexu do hippokamu a naopak. Dále se podílí na procesu vyvolávání paměťových stop (Cortical Functions: Reference, 2012; De Curtis, 2004).

Brodmannova zóna 37 se nachází v temporálním laloku, konkrétněji v oblasti gyrus fusiformis. Základní funkce této oblasti jsou zpracovávání barevných informací, rozpoznávání obličeje a těla, rozpoznávání slov a čísel. Jak již bylo výše zmíněno, BA 37 je součástí paměťových obvodů pracujících s vizuální informací. Zvýšená aktivita této oblasti je také pozorována u čtení a mluvení. BA 37 má tedy vizuálně-vjemovou funkci, stejně tak jako jazykovou (Cortical Functions: Reference, 2012; Ardila, 2015).

Brodmannova zóna 38 je součástí temporálního laloku. Díky své poloze bývá také označována jako temporální pól, protože tvoří „nejanteriornější“ oblast temporálního laloku. Konkrétní funkce této oblasti nejsou dodnes odhaleny, ale pravděpodobně se podílí na viscerálně - emočních reakcích a některých sémantických procesech (Cortical Functions: Reference, 2012; Tsapkini, 2011).

Brodmannova zóna 39 – gyrus angularis – je závit do tvaru oblouku nacházející se kolem zadního okraje sulcus temporalis superior. Funkčně je zapojena do matematických operací, jazykových a kognitivních procesů. Disfunkce této oblasti

občas způsobuje akalkulii, agrafii, stranovou disorientaci, či neschopnost rozlišení vlastních prstů na ruce. Z tohoto důvodu je často řazena do Wernickeova centra (Bell, 2015; Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012).

Brodmannova zóna 40 – tato oblast tvoří závit s označením gyrus supramargialis. Funkčně je tato zóna zapojena do vnímání a zpracovávání mluveného jazyka. Při poruše této oblasti může vzniknout Wernickeova afázie, proto je tato oblast občas řazena do Wernickeova centra (Bell, 2015; Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012).

Brodmannovy zóny 41 a 42 – tvoří primární a sekundární sluchovou korovou oblast, která je lokalizovaná na gyri temporales transversi. Funkcí těchto oblastí je zpracovávání zvuku (Bell, 2015; Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012).

Brodmannova zóna 43 okupuje pars opercularis gyrus frontalis inferior. Funkce této oblasti jsou převážně neznámé. Prokázána byla funkce této oblasti v přesouvání pozornosti z jednoho bodu na druhý. Dále dle aferentace z nucleus gustatorius se odhaduje spojitost s interpretací chutí (Hampshire, 2010).

Brodmannova zóna 44 se nachází v zadní části gyrus frontalis inferior – pars opercularis. Spolu s BA 45 tvoří Brockovu oblast. Hlavní funkcí je produkce řeči. Při poruše funkce vzniká tzv. Brockova afázie.

Brodmannova zóna 45 se podobně jako oblast 44 nachází v gyrus frontalis inferior, ale v jeho střední části – pars triangularis. BA 45 sdílí mnoho funkcí s BA 45, a proto je také součástí Brockovy oblasti. Každopádně, BA 45 se zdá být zapojena do více komplexních verbálních funkcí, jako je například zpracovávání metafor.

Brodmannova zóna 46 – dorsolaterální prefrontální korová oblast – je nejvyšší korová oblast zajišťující plánování, organizaci a omezení pohybu. Spolu s BA 9 a 10 se podílí na integraci senzorických informací.

Brodmannova zóna 47 – gyrus prefrontalis inferior – je oblast zapojena do mnoha emočních a jazykových procesů, jako jsou například sémantické operace a fonologické procesy (Bell, 2015; Čihák, 2016; Cortical Functions: Reference, 2012).

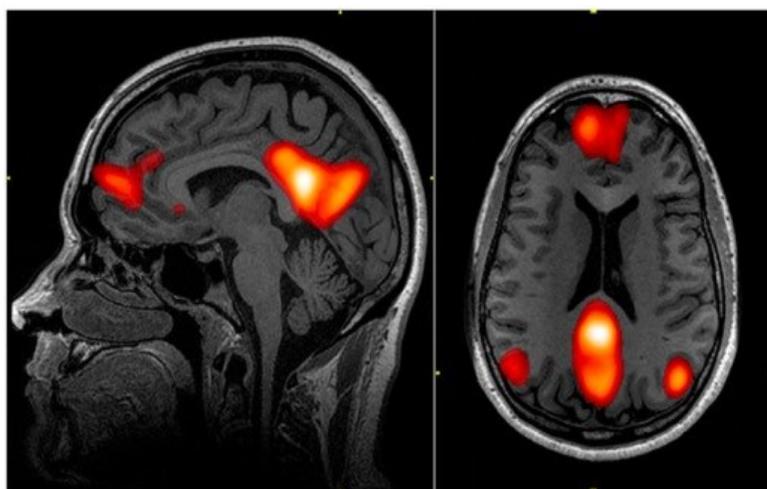
2.5 DEFAULT MODE NETWORK

Default mode network (v České republice známá pod názvem defaultní síť) je označení pro skupinu mozkových struktur, které spolu tvoří funkční systém. Jedná se o relativně novou myšlenku, které se dostalo velké pozornosti. Dnes pod označení Default mode network spadají oblasti: mediální prefrontální kortex, posteriorní cingulární kortex, inferiorní parietální lalok, hippokampální formace a precuneus (Obrázek č. 4 a 5).

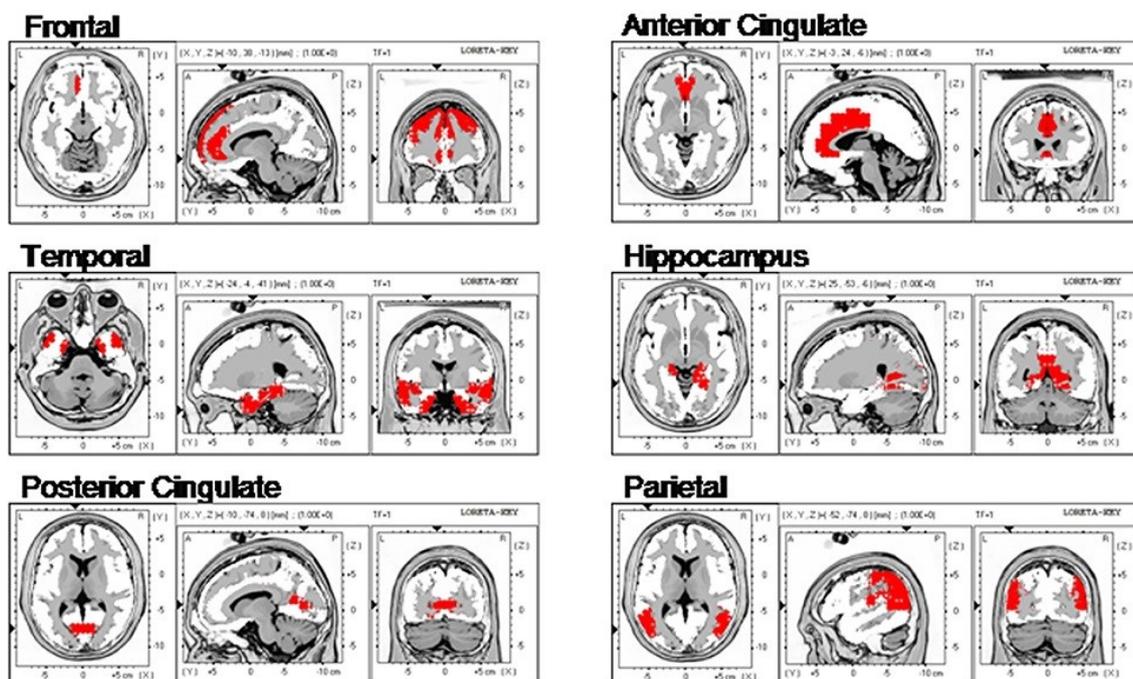
Koncept defaultní sítě vznikl neúmyslně během výzkumu, kdy účastníci měli být „v klidu“, jinými slovy nebyli zapojeni do specifického mentálního úkonu, ale pouze tiše odpočívali. Myšlenka, že mozek je neustále aktivní, i když nejsme zapojeni do jakékoliv mentální aktivity, byla poprvé zmíněna Hansem Bergerem ve třicátých letech dvacátého století. Ovšem až David Ingvar nashromáždil a roku 1970 zveřejnil data poukazující na změny mozkové krevní cirkulace během „klidu“. Tyto změny se týkaly specifických lokalit, které dnes odpovídají oblastem defaultní sítě.

Postupem času se metody neuroimagingu zlepšují a tím se i upřesňují nasbíraná data. Počátkem roku 2000 Raichle a spol. (2001) vydali sérii článků, ve kterých se snažili detailně specifikovat oblasti mozku, které byly nejvíce aktivní během stavů klidu. Právě v jednom z těchto článků byl použit výraz *default mode* jako reference na aktivitu mozku v klidu. Výsledek tohoto označení byl takový, že oblasti mozku, které vykazovaly aktivitu během tohoto režimu (klidu), byly považovány za součást sítě tohoto režimu (network). Z toho pak plyne označení default mode network.

Default mode network je tedy skupinou oblastí mozku, které vykazují nižší úroveň aktivity, když se zabýváme určitým úkolem, jako je věnování pozornosti, ale vyšší úroveň aktivity, když jsme vzhůru a neúčastníme se žádné konkrétní činnosti. Jsou to například momenty denního snění, myšlení na budoucnost, pozorování okolí a tak dále – spadá sem vše, co děláme, když „jen tak přemýšlíme“ bez jakéhokoliv výslovného cíle (Buckner, 2008; Greicius, 2003; Greicius, 2004; Raichle, 2001; Thatcher, 2014).



Obrázek 4 Snímek fMRI ukazující aktivitu default mode network (převzato z Buckner, 2008)

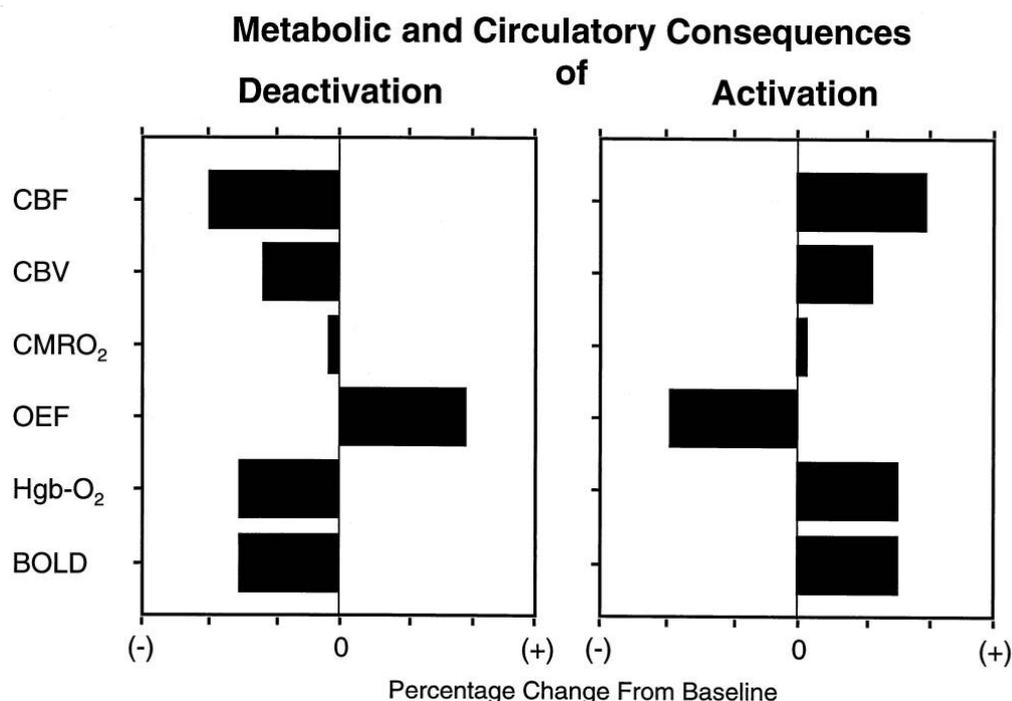


Obrázek 5 Default mode network v LORETA zobrazení (převzato z Thatcher, 2014)

2.5.1 Metabolické a cirkulární konsekvence aktivace a deaktivace

Změny přítomné aktivací default mode network mají i metabolický dopad. Dle výzkumu Raichleho a spol. (2001) je možné aktivitu defaultní sítě detekovat skrze metabolické a oběhové změny v mozku. Odrážejí se od fyziologických dat spotřeby kyslíku mozkiem v klidu (cca 20% celkového kyslíku v krvi) a klidové mozkové

cirkulace (50 – 60 ml na 100g mozkové tkáně za minutu). Dále se snaží specifikovat „klidový stav“, od kterého se většina těchto dat odráží. Klid je velmi relativní pojem. Můžeme usuzovat, že klid je stav, kdy nekonáme žádnou fyzickou činnost – například ležíme. To ovšem nevylučuje stavy, kdy jsme ve fyzickém klidu, ale působí na nás faktory psychogenního stresu, kdy se právě mozková perfuze zvyšuje. Pro určení změny mozkové perfuze je třeba určit základní stav (baseline state), od kterého je možné odečítat naměřené změny. Jádrem problému určení tohoto klidového stavu je nedostatek dohodnutých charakteristik, které tento stav definují. V posledních letech se však většina specialistů přiklání k tzv. kvantitativní oběhové a metabolické definici aktivace mozku, ze které se následně určují kritéria základního/klidového stavu. Z pohledu této definice se jedná o klidový stav v momentě odpočinku se zavřenýma očima, když jsme vzhůru (wakeful rest). Je to také stav, při kterém můžeme pozorovat zvýšenou aktivitu skupiny mozkových struktur spadající pod tzv. default mode network. Studie již z roku 1986 (Fox, 1986) odhalují, že i malé změny krevní mozkové perfuze jsou doprovázené drobnými odchylkami ve spotřebě kyslíku. Tyto změny způsobují snížení množství kyslíku extrahovaného z krve během zvýšení krevního průtoku, a naopak nárůst množství extrahovaného kyslíku při snížení průtoku krve mozkem. Proto jsou změny mozkové perfuze spolu se změnami mozkové aktivity doprovázené odlišným využitím kyslíku mozkem. Výsledkem těchto komplikovaných vztahů jsou změny v množství dodávaného kyslíku mozku. Mozku je dodáváno kyslíku víc, než je aktuální „poptávka“ po něm. Vztah mezi klidem, spotřebou energie mozkem a aktivitou default mode network je zřejmý, ale zatím ne zcela objasněný. Raichle a spol. (2001) konkrétněji zdokumentovali tyto vztahy pomocí fMRI a PET (obrázek č. 6), (Fejfar, 2002; Fox, 1986; Raichle, 2001).



Obrázek 6 Schématické znázornění metabolických a oběhových vztahů vyskytujících se v oblastech mozku s přechodným zvýšením (aktivace) nebo snížením (deaktivace) hladiny nervové aktivity z výchozího nebo rovnovážného stavu (převzato z Raichle, 2001)

(Legenda: Typické zvýšení (vpravo) je charakteristické pozitivní změnou cerebrálního průtoku krve (CBF) a objemu mozkové krve (CBV) s mnohem menšími změnami v mozkové metabolické hodnotě kyslíku (CMRO₂). V důsledku dochází k poklesu frakce extrakce kyslíku (OEF) a ke zvýšení množství kyslíku vázaného na hemoglobin vystupující z mozku (HbO₂). Tato změna je zodpovědná za tzv. blood oxygen level-dependent signal (BOLD), který se používá při zobrazování funkční magnetické rezonance (fMRI). Poklesy oproti výchozí hodnotě (vlevo) jsou charakterizovány opačnými změnami)

Nedávné výzkumy poukazují na pravděpodobnou spojitost aktivity, respektive „malaktivity“ default mode network s mentálními poruchami jako jsou deprese, úzkosti a schizofrenie. Dokonce práce Greiciuse a spol. (2004) prokazuje, že aktivita defaultní sítě je u osob s Alzheimerovou chorobou nedostatečná v porovnání se zdravým vzorkem. Tudíž výsledek měření aktivity defaultní sítě by se dal použít jako klinický marker tohoto onemocnění. Tato práce také poukazuje na fakt, že hippocampus pravděpodobně hraje přední roli, co se důležitosti jednotlivých oblastí defaultní sítě týká. Studie zaměřující se na vztah default mode network ve spojitosti se vznikem depresivních a úzkostných stavů poukazují na poruchu konektivit v defaultní síti. Několik studií potvrzuje nález nižší konektivity mezi předním cingulem a gyrus

temporalis superior, či obecně v temporo-limbických oblastech (hippocampus, amygdala, gyrus temporalis superior). (Chen, 2017; Grecius, 2004; Harada, 2018).

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY

3.1.1 Cíl práce

Cílem této práce je objasnit, zda dochází během stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu ke změně elektrické aktivity mozku hodnocené pomocí sLORETA programu. Elektrická aktivita mozku byla registrována ze skalpové EEG a následně byla vyhodnocena intracerebrální zdrojová aktivita pomocí sLORETA programu.

3.1.2 Úkoly práce

1. Shromáždění literatury se zaměřením na problematiku interpretace funkce jednotlivých Brodmannových oblastí a podstaty default mode network
2. Vytvoření experimentu a výběr výzkumného souboru
3. Provedení vlastního experimentu
4. Vyhodnocení a interpretace získaných dat
5. Vytvoření diskuse, konfrontace stanovených hypotéz, zhodnocení experimentu

3.1.3 Výzkumné otázky

V1: Existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových zónách) hodnocené pomocí sLORETA programu mezi stavem před stimulací a během stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu?

V2: Existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových zónách) hodnocené pomocí sLORETA programu mezi stavem během stimulace a po stimulaci spoušťových zón z konceptu Vojtova principu?

V3: Existují statisticky významné změny v elektrické aktivitě jednotlivých mozkových oblastí (Brodmannových zónách) hodnocené pomocí sLORETA programu mezi stavem před stimulací a po stimulaci spoušťových zón z konceptu Vojtova principu?

V4: Dochází vlivem stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu k statisticky významným změnám v primárních a sekundárních motorických korových oblastech?

3.1.4 Hypotézy

H1: Předpokládám, že existuje statisticky významná diference mezi elektrickou aktivitou hodnocenou pomocí sLORETA programu v jednotlivých mozkových oblastech mezi stavem po stimulaci a před stimulaci spoušťových zón z konceptu Vojtova principu.

H2: Předpokládám, že vlivem stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu dochází k statisticky významným změnám v primárních či sekundárních motorických korových oblastech.

H3: Předpokládám, že neexistuje statisticky významná diference mezi elektrickou aktivitou hodnocenou pomocí sLORETA programu v jednotlivých mozkových oblastech při porovnání stavu během stimulace spoušťových zón se zavřenými očima a stimulace spoušťových zón s otevřenými očima.

4. METODIKA PRÁCE

4.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU

Výzkum proběhl na 11 zdravých, dospělých osobách. Celá skupina výzkumného souboru se skládala z žen ve věkovém rozmezí 19 – 32 let. Nebylo určeno žádné kritérium týkající se citlivosti/výbavnosti ke stimulaci spoušťových zón z konceptu Vojtova principu, či vlastní zkušeností s touto metodou. tzv. senzitiva jednotlivých probandů nebyla před samotným experimentem testována. Všichni probandi byli nejprve seznámeni s průběhem experimentu a anonymním zpracováním výsledků v rámci informovaného souhlasu (Příloha č. 2). Celý experiment byl schválen Etickou komisí FTVS UK pod jednacím číslem 166/2017 (Příloha 1).

4.2 POUŽITÉ METODY

Pro snímání skalpového EEG byla využita speciální EEG čepice (Electro-Cap) z pružné tkaniny se zabudovanými registračními elektrodami. Na čepici se nachází celkem 19 elektrod (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F8, T5, T3, C3, Cz, C4, T4, T6, P3, Pz, P4, O1, O2) rozmístěných dle mezinárodního systému 10-20. Pro snímání signálu byl použit telemetrický 32kanálový EEG přístroj Nicolet EEG wireless 32/64 Amplifier firmy Natus Neurology (USA). Vzorkovací frekvence byla 512 Hz, pásmová propustnost 0,5-70 Hz, impedanční odpor pod 10 k Ω . Celý průběh experimentu byl také dokumentován videozáznamem (Příloha č. 3).

4.3 MĚŘENÍ A SBĚR DAT

Celý experiment probíhal v Kineziologické laboratoři FTVS UK s vedoucím práce MUDr. Davidem Pánkem, Ph.D., který zajišťoval správnost přípravy a průběhu měření elektroencefalografem, a PhDr. Terezou Novákovou, Ph.D., která je certifikovaným terapeutem Vojtovy metody a prováděla stimulaci spoušťových zón. Podstatou měření bylo získat data skalpového EEG před, během a po stimulaci spoušťových zón z konceptu Vojtova principu. U každého probanda proběhlo nejprve měření klidového EEG (PRE) s otevřenými (OE) i zavřenými očima (CE) (2 x 10 minut), následně proběhlo měření během stimulace spoušťových zón z konceptu

Vojtova principu (VOJTA) také s otevřenýma i zavřenýma očima (2 x 15 minut). Na závěr bylo naměřeno klidové EEG (POST), kdy se po pěti minutách střídaly otevřené a zavřené oči (4 x 5 minut). Mezi jednotlivými stimulacemi spoušťových (OE x CE) zón byla pauza minimálně 15 minut. Pořadí otevřených a zavřených očí při klidovém EEG a během stimulace spoušťových zón bylo randomizováno.

Klidové EEG jak před, tak po stimulaci spoušťových zón proběhlo v poloze vleže na zádech

Stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu probíhala vždy z polohy vleže na zádech a začínala stimulací na hrudní zóně v mezižebním prostoru 7. a 8. žebra. Následně probíhala stimulace linea nuchae záhlavní strany a odpor proti vyvolanému. Stimulace zón a jejich kombinace byly individuální v závislosti na reakci jednotlivých probandů a zkušenosti fyzioterapeutky.

4.4 ANALÝZA DAT

Data získaná z experimentu byla následně exportována do programu NeuroGuide (Applied Neuroscience), kde z každé fáze experimentu každého probanda (PRE CE; PRE OE; VOJTA CE; VOJTA OE; POST CE1/2; POST OE1/2) byl elektroencefalografistou vybrán třicetisekundový bezartefaktový úsek. Tyto úseky byly následně vyexportovány ve dvousekundových textových souborech a načteny do sLORETA programu. Výpočtem v rámci sLORETA programu pomocí parametrického modelu pro multikanálové EEG data došlo ke konverzi dat do vzájemného spektra pro všechna pásmová rozmezí – delta (0.5 – 4 Hz), théta (4 – 8 Hz), alfa-1 (8 – 10 Hz), alfa-2 (10 – 12 Hz), beta-1 (13 – 18 Hz), beta-2 (18 – 21 Hz), beta-3 (21 – 30 Hz), gama (30 a více Hz). Spektra jednotlivých frekvenčních pásem byla následně převedena do formátu „slor“, který umožňuje zobrazení v Talairachově atlasu.

Ve statistickém modulu programu sLORETA došlo k porovnání 10 párových skupin. V každé párové skupině jsou porovnávány intraindividuální rozdíly elektrické aktivity mozku všech probandů pro daný úsek měření – před stimulací (PRE), během stimulace (VOJTA), po stimulaci v prvních 5 minutách (POST 1), po stimulaci v druhých pěti minutách (POST 2), s variací otevřených očí (OE) a zavřených očí (CE). Porovnávány byly stavy: 1) Stav se zavřenýma očima před stimulací oproti stavu se

zavřenýma očima po stimulaci v prvních pěti minutách (POST CE 1 X PRE CE); 2) Stav během stimulace se zavřenýma očima oproti stavu se zavřenýma očima v prvních pěti minutách po stimulaci (POST CE 1 X VOJTA CE); 3) Stav se zavřenýma očima v prvních pěti minutách po stimulaci oproti stavu se zavřenýma očima v druhých pěti minutách po stimulaci (POST CE 2 X POST CE 1); 4) Stav s otevřenýma očima před stimulací oproti stavu s otevřenýma očima v prvních pěti minutách po stimulaci (POST OE 1 X PRE OE); 5) Stav během stimulace se zavřenýma očima oproti stavu s otevřenýma očima v prvních pěti minutách po stimulaci (POST OE 1 X VOJTA CE); 6) Stav během stimulace s otevřenýma očima oproti stavu s otevřenýma očima v prvních pěti minutách po stimulaci (POST OE 1 X VOJTA OE); 7) Stav se zavřenýma očima před stimulací oproti stimulaci se zavřenýma očima (VOJTA CE X PRE CE); 8) Stav během stimulace s otevřenýma očima oproti stavu během stimulace se zavřenýma očima (VOJTA CE X VOJTA OE); 9) Stav se zavřenýma očima před stimulací oproti stavu během stimulace s otevřenýma očima (VOJTA OE X PRE CE); 10) Stav s otevřenýma očima před stimulací oproti stavu během stimulace s otevřenýma očima (VOJTA OE X PRE OE). V rámci statistického porovnání v programu sLORETA byla vypočtena statisticky významná diference pomocí párového t-testu s logaritmickou transformací dat o parametru vyhlazení 0.8 za využití permutační metody používající 5000 randomizací na hladině významnosti $p \leq 0,10$ s korelací pro opakované testování. Data se statisticky významnou hodnotou byla zobrazena v modulu „viewer“ programu sLORETA jak v dvoudimenzionálním zobrazení mozku (frontální, horizontální a transverzální řezy), tak ve trojdimenzionálním zobrazení mozku (3D sférický model mozku). Zde došlo k zobrazení statisticky významných voxelů, respektive k zobrazení statisticky významných změn v proudové hustotě v jednotlivých oblastech mozku (Brodmannových zónách) pro daná frekvenční pásma.

5. VÝSLEDKY

Ve statistickém modulu programu sLORETA bylo porovnáno 10 párových skupin. Tabulka č. 1 obsahuje přehled výskytu významné statistické odlišnosti a příslušná frekvenční pásma, kde k výskytu došlo.

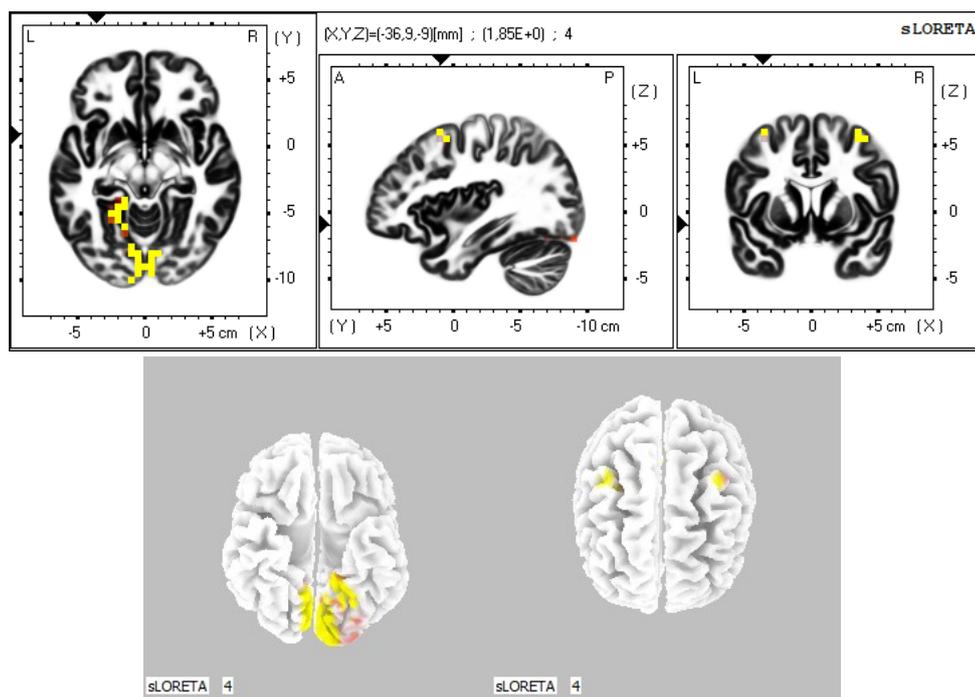
| Porovnávané stavy | Hladina statistické významnosti | Frekvenční pásma se statisticky významnou diferencí |
|-----------------------|---------------------------------|---|
| POST CE 1 X PRE CE | $p \leq 0,10$ $p \leq 0,05$ | alfa-2 |
| POST CE 1 X VOJTA CE | $p \leq 0.26520$ | |
| POST CE 2 X POST CE 1 | $p \leq 0.19840$ | |
| POST OE 1 X PRE OE | $p \leq 0.14400$ | |
| POST OE 1 X VOJTA CE | $p \leq 0.67260$ | |
| POST OE 1 X VOJTA OE | $p \leq 0.66980$ | |
| VOJTA CE X PRE CE | $p \leq 0.21600$ | |
| VOJTA CE X VOJTA OE | $p \leq 0.13160$ | |
| VOJTA OE X PRE CE | $p \leq 0.32660$ | |
| VOJTA OE X PRE OE | $p \leq 0,10$ $p \leq 0,05$ | alfa-2 |

Tabulka 1 Přehled výskytu statisticky významné diference u všech porovnaných stavů

(Legenda: Šedě vyznačené oblasti označují pozitivní výsledek statistického zpracování, tzn. u daných skupin došlo k statisticky významné diferencii alespoň v jednom frekvenčním pásmu na hladině statistické významnosti $p \leq 0,10$.)

5.1 Statistické porovnání stavu se zavřenýma očima před stimulací oproti stavu se zavřenýma očima v prvních pěti minutách po stimulaci (POST CE 1 X PRE CE)

Statistickým porovnáním dat v programu sLORETA ze stavu se zavřenýma očima v prvních 5 minutách po stimulaci oproti datům ze stavu s otevřenýma očima před stimulací vyšla signifikantní statistická diference ve frekvenčním pásmu alfa-2. Na hladině významnosti $p \leq 0,10$ byla zjištěna statisticky významná diference Brodmannových zón 6 a 10. Na hladině významnosti $p \leq 0,05$ byla zjištěna statisticky významná diference Brodmannových zón 17, 18, 19, 30 a 37 (Obrázek č. 7a a 7b).



Obrázek 7a (nahore) Statisticky významné rozdíly proudové hustoty v pásmu alfa-2 v okcipitálním laloku vlevo i vpravo (BA 17, 18, 19). Vlevo dále rozdíly proudové hustoty zasahují až do limbické kůry (BA 30 a 37) a frontálního laloku (BA 10). Bilaterálně zvýšení proudové hustoty v primárních motorických oblastech (BA 6). Žluté a červené voxely ukazují oblast se zvýšenou aktivitou. Z sLORETA systému. **Obrázek 7b (dole)** Statisticky významné rozdíly proudové hustoty v pásmu alfa-2 v okcipitálním laloku vlevo i vpravo (BA 17, 18, 19). Vlevo dále rozdíly proudové hustoty zasahují až do limbické kůry (BA 30 a 37) a frontálního

laloku (BA 10). Bilaterálně zvýšení proudové hustoty v primárních motorických oblastech (BA 6). Žluté a červené voxely ukazují oblast se zvýšenou aktivitou. Prezentováno na 3D sférickém modelu mozku z sLORETA systému

Všechny tyto změny můžeme interpretovat jako důsledek Vojtovy terapie, které prokazatelně přetrvávají i po samotné stimulaci. BA 6 je zodpovědná za přípravu a plánování složitých volních pohybů a sensorické řízení pohybu - feedback. Podobně jako BA 6 je i BA 10 odpovědná za plánování, regulaci a organizaci pohybu. Zvýšená aktivita těchto oblastí naznačuje, že pohybové vzorce, které jsou spouštěny během Vojtovy terapie, zůstávají nadále aktivními, a tudíž mohou být dohledatelné na pohybovém aparátu. Přetrvávající aktivita v BA 17, 18 a 19 naznačuje doprovázení určité aktivity emočními ději. To samé platí pro BA 30. BA 37 v gyrus fusiformis je součástí paměťových obvodů a je funkčně napojena na BA 17, 18 a 19. Její zvýšená aktivita může znamenat ukládání probíhajících procesů a emocí. Tabulka č. 2 obsahuje přehled statisticky významných BA s odpovídající anatomickou strukturou.

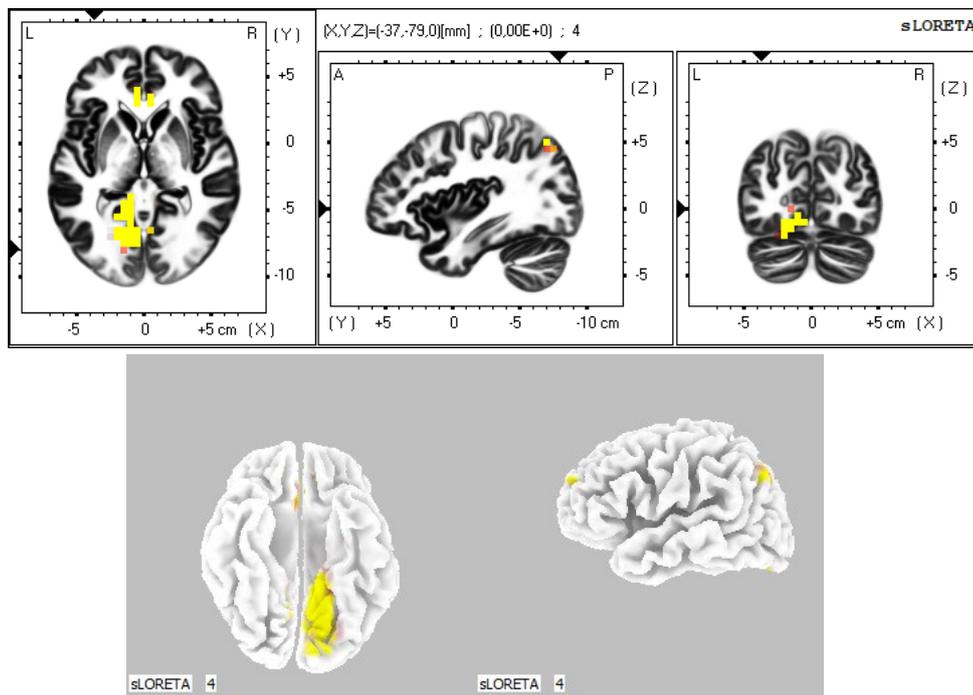
| Oblasti mozku se statisticky významnou diferencí u „POST CE 1 X PRE CE“ | | |
|--|----------------------------|--|
| Anatomická struktura | Brodmannovy oblasti | Hladina statistické významnosti |
| Frontální lalok | 6, 10 | $p \leq 0,10$ |
| Okcipitální lalok | 17, 18, 19 | $p \leq 0,05$ |
| Limbický lalok | 30, 37 | $p \leq 0,05$ |

Tabulka 2 Oblasti mozku se statisticky prokázanou zvýšenou proudovou hustotou ve frekvenčním pásmu alfa-2 u „POST CE 1 X PRE CE“

5.2 Statistické porovnání stavu s otevřenýma očima před stimulací oproti stavu během stimulace s otevřenýma očima (VOJTA OE X PRE OE)

Statistickým porovnáním dat v programu sLORETA ze stavu během stimulace s otevřenýma očima oproti datům ze stavu s otevřenýma očima před stimulací vyšla signifikantní statistická diference ve frekvenčním pásmu alfa-2. Na hladině významnosti $p \leq 0,10$ byla zjištěna statisticky významná diference Brodmannových zón

7, 9, 10. Na hladině významnosti $p \leq 0,05$ byla zjištěna statisticky významná diference Brodmannových zón 17, 18, 19, 24, 25, 29, 30 a 32 (Obrázek č. 8a a 8b).



Obrázek 8a (nahore) Statisticky významné rozdíly proudové hustoty v pásmu alfa-2 v okcipitálním laloku vlevo (BA 17, 18, 19), v limbickém laloku bilaterálně (24, 25, 29, 30 a 32). Dále pozorujeme zvýšení proudové hustoty v parietálním laloku vlevo (BA 7) a v sekundárních motorických oblastech ve frontálním laloku vlevo (BA 9, 10). Žluté a červené voxely ukazují oblast se zvýšenou aktivitou. Z sLORETA systému. **Obrázek 8b (dole)** Statisticky významné rozdíly proudové hustoty v pásmu alfa-2 v okcipitálním laloku vlevo (BA 17, 18, 19), v limbickém laloku bilaterálně (24, 25, 29, 30 a 32). Dále pozorujeme zvýšení proudové hustoty v parietálním laloku vlevo (BA 7) a v sekundárních motorických oblastech ve frontálním laloku vlevo (BA 9, 10). Žluté a červené voxely ukazují oblast se zvýšenou aktivitou. Prezentováno na 3D sférickém modelu mozku z sLORETA systému

Zvýšení proudové hustoty ve všech zmiňovaných Brodmannových zónách můžeme interpretovat jako následek stimulace spoušťových zón. BA 7 tvoří část sekundární senzitivní korové oblasti. Podílí se na vnímání bolesti a sjednocuje jak povrchové, tak hluboké vjemy. Zvýšení aktivity BA 7 odpovídá reakci na stimulaci spoušťových zón (povrchových receptorů) a na vznik motorické reakce (hluboké receptory). BA 9 a 10 se účastní plánování, regulace a organizace pohybu. Zvýšená aktivita těchto oblastí naznačuje vznik motorické reakce na stimulaci, nebo alespoň představu či plánování

budoucího pohybu. Aktivita v BA 17, 18 a 19 odpovídá zvýšené emoční aktivitě doprovázející probíhající děj. To samé platí pro BA 24, 25, 29, 30 a 32. Tabulka č. 3 obsahuje přehled statisticky významných BA s odpovídající anatomickou strukturou.

| Oblasti mozku se statisticky významnou diferencí u „VOJTA OE X PRE OE“ | | |
|---|----------------------------|--|
| Anatomická struktura | Brodmannovy oblasti | Hladina statistické významnosti |
| Frontální lalok | 9,10 | $p \leq 0,10$ |
| Parietální lalok | 7 | $p \leq 0,10$ |
| Okcipitální lalok | 17, 18, 19 | $p \leq 0,05$ |
| Limbický lalok | 24, 25, 29, 30, 32 | $p \leq 0,05$ |

Tabulka 3 Oblasti mozku se statisticky prokázanou zvýšenou proudovou hustotou ve frekvenčním pásmu alfa-2 u „VOJTA OE X PRE OE“

5.3 Souhrn výsledků

V tomto experimentu byla registrována elektrická aktivita mozku jedenácti probandů před stimulací, během stimulace a po stimulaci spouštěvých zón z konceptu Vojtova principu pro odhalení specifické zdrojové elektrické aktivity mozku v sLORETA zobrazení. Data získaná snímáním povrchové EEG byla pomocí statistického modulu sLORETA programu vyhodnocena. Signifikantní statistická diference byla nalezena u dvou rozdílných porovnaných párových skupin.

1. Statistické porovnání stavu se zavřenými očima před stimulací oproti stavu se zavřenými očima v prvních pěti minutách po stimulaci (POST CE 1 X PRE CE)

Statistickým porovnáním dat byla odhalena signifikantní statistická diference na hladině významnosti $p \leq 0,10$ ve frekvenčním pásmu alfa-2 v Brodmannových zónách 6 a 10. Dále byla zjištěna signifikantní statistická diference na hladině významnosti $p \leq 0,05$ ve frekvenčním pásmu alfa-2 v Brodmannových zónách 17, 18, 19, 30 a 37.

2. Statistické porovnání stavu s otevřenými očima před stimulací oproti stavu během stimulace s otevřenými očima (VOJTA OE X PRE OE)

Statistickým porovnáním dat byla odhalena signifikantní statistická diference na hladině významnosti $p \leq 0,10$ ve frekvenčním pásmu alfa-2 v Brodmannových 7, 9, 10. Dále byla zjištěna signifikantní statistická diference na hladině významnosti $p \leq 0,05$ ve frekvenčním pásmu alfa-2 v Brodmannových zónách 17, 18, 19, 24, 25, 29, 30 a 32.

6. DISKUSE

6.1 Diskuse k hypotéze č. 1

H1: Předpokládám, že existuje statisticky významná diference mezi elektrickou aktivitou hodnocenou pomocí sLORETA programu v jednotlivých mozkových oblastech mezi stavem před stimulací a po stimulaci spouštěvých zón z konceptu Vojtova principu.

Statistickým vyhodnocením dat získaných z povrchové EEG ze stavu se zavřenými očima před stimulací oproti stavu se zavřenými očima v prvních pěti minutách po stimulaci vyšla významná statistická diference ve frekvenčním pásmu alfa-2 na hladině významnosti $p \leq 0,05$ a $p \leq 0,10$. Brodmannovy oblasti odpovídající statistické významnosti $p \leq 0,10$ jsou BA 6 a 10. Brodmannovy oblasti odpovídající statistické významnosti $p \leq 0,05$ jsou BA 17, 18, 19, 30 a 37. Ve všech těchto oblastech došlo ke zvýšení proudové hustoty. Statistickým vyhodnocením dat získaných z povrchové EEG ze stavu s otevřenými očima před stimulací oproti stavu s otevřenými očima v prvních pěti minutách po stimulaci nenalzáme významnou statistickou diferenci. Tento výsledek potvrzuje stanovenou hypotézu, nicméně pouze u jednoho ze dvou stavů (Tabulka č. 4).

| Přehled výsledků porovnání párových skupin „POST X PRE“ | | |
|---|------------------------------------|------------------|
| Porovnávané stavy | Hladina statistické významnosti | Frekvenční pásmo |
| POST CE 1 X PRE CE | $p \leq 0,05$, $p \leq 0,10$ | alfa-2 |
| POST OE 1 X PRE OE | Bez statisticky významné diference | |

Tabulka 4 Přehled výsledků porovnávaných stavů před stimulací oproti stavům po stimulaci

Změny v intracerebrální aktivitě, které pozorujeme u „POST CE 1 X PRE CE“, velmi blízce připomínají stav aktivní default mode network. Pod označení default mode network spadají oblasti: mediální prefrontální kortex, posteriorní cingulární kortex, inferiorní parietální lalok, hippokampální formace a precuneus (Buckner, 2008; Raichle, 2001; Thatcher, 2014). Porovnáme-li tyto oblasti se statisticky významnými BA z „POST CE 1 X PRE CE“, pozorujeme velkou míru podobnosti (Tabulka č. 5). Oblast

hippokampální formace nemůžeme porovnávat kvůli limitaci sLORETA programu na korové oblasti.

| Korelace default mode network se statisticky významnými BA z „POST CE 1 X PRE CE“ | |
|--|---|
| Struktury default mode network | Statisticky významné BA odpovídající strukturám default mode network |
| Mediální prefrontální kortex | 10 |
| Posteriošní cingulární kortex | 30 |
| Inferiorní parietální lalok | 17, 18, 19 |
| Precuneus | Bez korelace |

Tabulka 5 Struktury mozku aktivní v default mode network (vlevo) a jejich korelace se statisticky významnými BA z „POST CE 1 X PRE CE“ (vpravo)

Porovnání struktur defaultní sítě a statisticky významných BA z „POST CE 1 X PRE CE“, neboli rozdíl klidového stavu CNS před stimulací oproti klidovému stavu CNS po stimulaci, prokazuje tuto podobnost. Biswal a spol. (1995) ve své práci zkoumají za pomoci fMRI, zda aktivita primární korové oblasti je součástí aktivní default mode network. Uvádějí statisticky významný výskyt zvýšené aktivity v oblastech primární motorické kůry během klidového stavu. Výsledky této práce ale zůstávají nejisté. Probandům bylo řečeno, že mají začít motorickou aktivitu (klepání prsty na obou rukách) po zaznění (akustický signál) či objevení (vizuální signál) signálu. Ovšem pouhá myšlenka na pohyb může zvýšit aktivitu motorických center, a proto v rámci tohoto měření není možné určit důvod vzniku aktivity v primární korové oblasti.

Hok a spol. (2017) se ve své práci snaží pomocí fMRI zobrazení prokázat aktivaci senzomotorických oblastí mozku následkem stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu. Výsledky této studie nejen prokazují jejich hypotézu – stimulace spoušťových zón vyvolá aktivační změny v senzomotorických oblastech mozku v fMRI

zobrazení, ale také korelují s výsledky získanými během našeho experimentu. Statisticky významné změny v fMRI zobrazení získané porovnáním stavu před a po stimulaci prokazují aktivitu v primární (BA 1, 2) a sekundární (BA 7) somatosenzorické kůře a v premotorické korové oblasti (BA 6), dále také prokazují aktivitu v oblastech inferiorního parietálního laloku (BA 17, 18). Porovnáním statisticky významných dat z naší práce při porovnání stavu před stimulací se zavřenýma očima oproti stavu se zavřenýma očima v prvních pěti minutách po stimulaci (POST CE 1 X PRE CE) zjišťujeme identické aktivační změny v BA 6, 17 a 18. V experimentu Hoka a spol. (2017) byla zvolena výchozí pozice pro stimulaci vleže na břicho s hlavní stimulovanou spoušťovou zónou na laterální straně pravé paty. Je zřejmé, že ačkoliv se jednalo o jinou spoušťovou zónu i jinou výchozí pozici než v našem experimentu, výsledky jsou obdobné ve statisticky významné změně intracerebrální aktivity v senzomotorických korových oblastech a v limbické kůře (Tabulka č. 6) (Hok a spol., 2015; Hok a spol., 2017).

| Porovnání statisticky významných oblastí v sLORETA zobrazení X fMRI zobrazení | | |
|--|--|---------------------------------|
| Anatomická struktura | BA u „POST CE 1 X PRE CE“ z sLORETA | BA u „POST X PRE“ z fMRI |
| Senzitivní korová oblast | 10 | 1, 2, 7 |
| Motorická korová oblast | 6, 10 | 6 |
| Limbická korová oblast | 17, 18, 19, 30, 37 | 17, 18 |

Tabulka 6 Porovnání statisticky významných oblastí mozku v sLORETA zobrazení (data získaná v této studii) oproti fMRI zobrazení (studie Hok a spol., 2017)

6.2 Diskuse k hypotéze č. 2

H2: Předpokládám, že vlivem stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu dochází k statisticky významným změnám v primárních či sekundárních motorických korových oblastech.

Primární motorická oblast je označována jako Brodmannova zóna 4. Sekundární motorické oblasti jsou Brodmannovy zóny 6, 8, 9 a 10 (Blumenfeld, 2011; Cortical Functions: Reference, 2012; Geyer, 2000; Sharma, 2017; Vernet, 2014; Zeng, 2013).

Statistickým vyhodnocením dat získaných z povrchové EEG ze stavů: během stimulace s otevřenými očima oproti datům ze stavu s otevřenými očima před stimulací (VOJTA OE X PRE OE) a stavu se zavřenými očima v prvních deseti minutách po stimulaci oproti stavu se zavřenými očima před stimulací (POST CE 1 X PRE CE) vyšla významná statistická diference ve frekvenčním pásmu alfa-2 na hladinách významnosti $p \leq 0,05$ a $p \leq 0,10$. Statisticky významné Brodmannovy oblasti odpovídající hladině významnosti $p \leq 0,10$ pro „VOJTA OE X PRE OE“ jsou: 7, 9, 10. Pro hladinu významnosti $p \leq 0,05$ to jsou BA 17, 18, 19, 24, 25, 29, 30, 32. Pro „POST CE 1 X PRE CE“ na hladině významnosti $p \leq 0,10$ to jsou Brodmannovy zóny 6 a 10. Statisticky významné BA na hladině významnosti $p \leq 0,05$ jsou: 17, 18, 19, 30, 37. Ve všech těchto oblastech došlo ke zvýšení proudové hustoty. Tento výsledek potvrzuje stanovenou hypotézu (Tabulka č. 7).

| Výskyt statistické významnosti v Brodmannových zónách odpovídající oblasti primární a sekundární motorické kůry | | |
|---|-------------------|--------------------|
| Brodmannovy oblasti primární a sekundární motorické kůry | VOJTA OE X PRE OE | POST CE 1 X PRE CE |
| 4 | Ne | Ne |
| 6 | Ne | Ano |
| 8 | Ne | Ne |
| 9 | Ano | Ne |
| 10 | Ano | Ne |

Tabulka 7 Výskyt signifikantní statistické významnosti ve frekvenčním pásmu alfa-2 v Brodmannových zónách odpovídající primární a sekundární motorické kůře u „VOJTA OE X PRE OE“ a POST CE 1 X PRE CE“

Ačkoliv lokomoce, která je spuštěna stimulací spouštěcích zón, je považována za reflexní děj, musí i u ní docházet ke koordinaci, která nemůže probíhat pouze na míšní úrovni. Regulaci pohybu na míšní úrovni zaopatřují hlavně proprioceptory a exteroceptory, které sice do určité míry pohyb regulují (např. reciproční inhibice), ale ne natolik, aby došlo ke globálnímu pohybovému vzorci bez kontroly vyšších center (Véle, 2006). Proto předpokládám aktivitu v primárních či sekundárních motorických oblastech, které pohyb nejen řídí, ale také organizují a regulují.

Vznik statisticky významné aktivity v motorických korových oblastech prokazují ve svém experimentu Hok a spol. (2017), jak již bylo více rozvedeno v rámci diskuse k hypotéze č. 1.

Práce Sanz-Estebana a spol. (2018) porovnává změny v aktivitě jednotlivých mozkových oblastí pomocí fMRI zobrazení. Porovnány byly stavy před a během stimulace spouštěcích zón. Autoři zvolili jako hlavní stimulovanou spouštěčovou zónu oblast mezi 7. a 8. žebrem dle Vojtova konceptu. Podobně jako v našem experimentu a studii Hoka a spol. (2017), i zde výsledky prokazují aktivaci v motorických oblastech (BA 6 a 46). Popisují také významné aktivační změny v BA 20, 21 a 22. Práce se dále soustředí na aktivaci subkortikálních oblastí, zejména na roli putamenu. Předpokládají, že právě tato oblast hraje důležitou roli ve sjednocení informací putujících do subkortikálních motorických center (bazální ganglia), a proto také předpokládají zvýšenou aktivitu této oblasti, kterou i prokazují. Popisují statisticky významné změny v globus pallidus, putamen, nucleus ruber a nucleus subthalamicus.

Ačkoliv jen velmi málo studií se přímo zabývá problematikou změn v motorických oblastech mozku následkem stimulace spouštěcích zón, mnohé tuto hypotézu podporují nepřímo. Např. publikace Epplea a spol. (2018), či Knechta a spol. (2011) prokazují zlepšení posturálních funkcí, vertikalizace, cílených pohybů a chůze u pacientů po cévní mozkové příhodě, kteří pravidelně podstupovali Vojtovu terapii v rámci rehabilitace. Právě stimulací motorických oblastí, které byly následkem onemocnění poškozeny, může docházet k zlepšení motorických funkcí.

Kuchařová ve své diplomové práci (2008) zkoumá změnu elektromyografických signálů v závislosti na tlakové stimulaci spouštěcích zón a výchozí poloze. Pro svou práci zvolila globální vzorec reflexního plazení vycházející z polohy na břiše. Výsledky měření rozdělila dle míry vybavnosti jednotlivých probandů na „výbavné“

a „nevýbavné“. U obou dvou skupin pozoruje zvýšení energie signálů již při nastavení probandů do výchozí polohy dle Vojtova konceptu. Při stimulaci spoušťových zón u skupiny „nevýbavných“ došlo k dalšímu nárůstu energie signálu. U skupiny „výbavných“ při stimulaci docházelo k cyklické aktivitě dominantního svalu reflexního plazení (m. serratus anterior) a nárůstu aktivace u dalších svalů (m. infraspinatus, m. obliquus abdominis externus, m. pectoralis major). Práci autorka potvrzuje zvýšení elektromyografické aktivity u všech probandů jak výchozí polohou, tak tlakovou stimulací spoušťových zón. „*Největší otázkou stále zůstává, co působí zvýšení svalové aktivity při stimulaci, které se v našem experimentu u tzv. výbavných jedinců jednoznačně projevilo.*“ (Kuchařová, 2008, s. 63-64). Výchozí poloha pravděpodobně dráždí proprioceptory a samotná stimulace pak mechanoreceptory a nociceptory. Výsledek tohoto dráždění můžeme pozorovat na zvýšení aktivity v senzitivní korové oblasti, které potvrzuje jak náš experiment, tak experiment Hoka a spol. (2017). Vznik svalové aktivity pak může probíhat jako reflexní odpověď, či jako děj řízený korovými motorickými oblastmi.

Velkou část v řízení motoriky zastupují subkortikální oblasti, jako je prodloužená mícha, retikulární formace, mozeček a další. Jedná se o fylogeneticky nejstarší řídicí struktury mozku, které spolupracují na logistice pohybu. Na této úrovni také dochází k řízení obranných reakcí, emocí a pudů. Otázkou dalších experimentů by mohlo být, zda právě subkortikální řídicí centra alespoň částečně nezprostředkovávají odpověď na stimulaci spoušťových zón (Neuls; Nordin a spol., 2017).

6.3 Diskuse k hypotéze č. 3

H3: Předpokládám, že neexistuje statisticky významná diference mezi elektrickou aktivitou hodnocenou pomocí sLORETA programu v jednotlivých mozkových oblastech při porovnání stavu během stimulace spoušťových zón se zavřenýma očima a stimulace spoušťových zón s otevřenýma očima.

Statistickým vyhodnocením dat získaných z povrchové EEG ze stavu během stimulace s otevřenýma očima oproti stimulaci se zavřenýma očima nebyla prokázána statisticky významná diference v žádném frekvenčním pásmu. Tento výsledek potvrzuje stanovenou hypotézu.

Zda mají být během stimulace oči otevřené či zavřené neuvádí ani autor Vojtovy metody. Vědecké práce pojednávající o Vojtově metodě ve své metodice stav otevřených a zavřených očí nezmiňují. Tento diagnosticko-terapeutický koncept byl původně cílen na pacienty do věku 4 let a podmínka zavřených očí v bdělém stavu by často nemohla být ani splněna, protože bychom dětského pacienta k tomuto úkolu nebyli schopni zainstruovat (Vojta, 1995; Vojta, 2010).

7. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo objasnit, zda dochází během stimulace spoušťových zón z konceptu Vojtova principu ke změně elektrické aktivity mozku hodnocené pomocí sLORETA programu. Zdrojová aktivita během stimulace spoušťových zón byla snímána ze skalpové EEG a porovnána programem sLORETA se zdrojovou aktivitou naměřenou v klidu, před a po stimulaci spoušťových zón.

Studium změn v aktivaci jednotlivých mozkových oblastí následkem stimulace spoušťových zón nám napomáhá porozumět mechanismu Vojtovy reflexní lokomoce a motorického chování obecně. Limitací tohoto experimentu je malý soubor probandů, který obsahuje pouze ženskou populaci, tudíž nelze výsledek generalizovat. Výsledky toho experimentu jsou omezeny na korové oblasti mozku. Hluběji uložené struktury není možné v rámci sLORETA zobrazení hodnotit.

Statistickou analýzou dat v sLORETA programu získaných ze skalpové EEG byly odhaleny statisticky významné změny proudové hustoty jednotlivých oblastí mozku v základních frekvenčních pásmech. Z výsledků vyplývá signifikantní statistická odlišnost ve frekvenčním pásmu alfa-2 při porovnání stavu během stimulace s otevřenými očima oproti stavu před stimulací s otevřenými očima, a při porovnání stavu po stimulaci se zavřenými očima oproti stavu před stimulací se zavřenými očima. U obou dvou výsledků pozorujeme aktivační změny v motorických korových oblastech, senzitivních korových oblastech a v areách zastupujících emoční reaktivitu. Výsledky experimentu také naznačují, že pravděpodobně nezáleží na tom, zda má pacient během stimulace otevřené či zavřené oči.

Během tohoto experimentu došlo k nalezení oblastí CNS, které se během stimulace spoušťových zón aktivují. Tyto výsledky nám pomáhají pochopit mechanismus Vojtovy metody a efekty tohoto konceptu na naši CNS a tím i na celé tělo.

Dřívější výzkumy odhalily změny elektromyografických signálů během stimulace spoušťových zón. Náš experiment prokazuje vznik statisticky významné aktivity v konkrétních oblastech mozku, která má pravděpodobně za následek nejen změny elektromyografických signálů. Mechanismus způsobující vznik těchto konkrétních aktivit a možnosti jeho modulace by měly být předmětem dalších experimentů k odhalení komplexního mechanismu Vojtovy reflexní lokomoce.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. APPS, M. A. J., M. F. S. RUSHWORTH a S. W. C. CHANG. The Anterior Cingulate Gyrus and Social Cognition: Tracking the Motivation of Others. *Neuron* [online]. 2016, roč. 90, č. 4, s. 692-707 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: [http://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273\(16\)30077-0](http://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273(16)30077-0)
2. ARDILA, A., B. BERNAL a M. ROSSELLI. Language and visual perception associations: meta-analytic connectivity modeling of Brodmann area 37. *Behav Neurol* [online]. 2015, roč. 2015, č. 565871 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1155/2015/565871. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/bn/2015/565871/>
3. BELL, D., F. GAILLARD. Brodmann areas. *Radiopedia* [online]. 2015, [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <https://radiopaedia.org/articles/brodmann-areas>
4. BISWAL, B., F. Z. YETKIN, V. M. HAUGHTON a J. S. HYDE. Functional connectivity in the motor cortex of restin human brain using echo-planar MRI. *Magn Reson Med* [online]. 1995, roč. 34, č. 4, s. 537-541 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/693a/6e46be9b613ac5beab7313e1f0b51658dbe9.pdf>
5. BLUMENFELD, R. S., C. M. PARKS, A. P. YONELINAS a C. RANGANATH. Putting the pieces together: The role of dorsolateral prefrontal cortex in relational memory encoding. *J Cogn Neurosci* [online]. 2011, roč. 23, č. 1, s. 257-265 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1162/jocn.2010.21459. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3970078/>
6. BORICH, M. R., S. M. BRODIE, W. A. GRAY, S. IONTA a L. A. BOYD. Understanding the role of the primary somatosensory cortex: Opportunities for rehabilitation. *Neuropsychologia* [online]. 2015, č. 79B, s. 246-255 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2015.07.007. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4904790/>
7. BUCKNER, R. L., J. R. ANDREWS-HANNA a D. L. SCHACTER. The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease. *Ann NY Acad*

- Sci* [online]. 2008, č. 1124, s. 1-38 [cit. 2018-03-11]. DOI: 10.1196/annals.1440.011. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18400922>
8. CANNON, R. L., M. CONGERDOC, J. LUBAR a T. HUTCHENS. Differentiating a network of executive attention: LORETA neurofeedback in anterior cingulate and dorsolateral prefrontal cortices. *International Journal of Neuroscience*, 2009, roč. 119, č. 3, s. 404-441.
 9. CANNON R. L. *Low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA)*. Basic concept and clinical applications. South Staples St, Texas: BMED press, 2012. ISBN: 0982749813
 10. Cortical Functions. *Trans Cranial Technologies* [online]. 2012 [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: https://www.transcranial.com/local/manuals/cortical_functions_ref_v1_0_pdf.pdf
 11. ČIHÁK, R. *Anatomie 3*, vyd. 3. Praha: GRADA, 2016. ISBN 978-80-247-5636-3
 12. COUTIN-CHURCHMAN, P. a R. MORENO. (2008). Intracranial current density (LORETA) differences in QEEG frequency bands between depressed and non-depressed alcoholic patients. *Clinical neurophysiology*, 2008, roč. 119, č. 4, s. 948-958.
 13. DE CURTIS, M. a D. PARÉ. The rhinal cortices: a wall of inhibition between the neocortex and the hippocampus. *Prog Neurobiol* [online]. 2004, roč. 74, č. 2, s. 101-110 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: http://parelab.rutgers.edu/articles/DeCurtisPare_ProgNeurobiol.pdf
 14. DROUTMAN, V., A. BECHARA a S. J. READ. Roles of the Different Sub-Regions of the Insular Cortex in Various Phases of the Decision-Making Process. *Front Behav Neurosci* [online]. 2015, roč. 9, č. 309 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.3389/fnbeh.2015.00309. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4658437/>
 15. EPPLE, C. a spol. Vojta Therapy in Patients with Acute Stroke – A New Approach in Stroke Rehabilitation. *Phys Med Rehabil Int*. 2018, r. 5, č. 1, s. 1140-1146. ISSN 2471-0377.
 16. FABER, J. *Elektroencefalografie a psychofyziologie*. Praha: IVS. 2001

17. FEJFAR, Z., Přerovský, I. *Klinická fyziologie lidského oběhu*. 3. Praha: Galen, 2002. ISBN 8072621300.
18. FINGER, S. *Origins of Neuroscience: A History of Explorations into Brain Function*. Oxford: Oxford University Press, 2001. ISBN 978-0-19-514694-3.
19. FOX, PT. a M. E. RAICHLE. Focal physiological uncoupling of cerebral blood flow and oxidative metabolism during somatosensory stimulation in human subjects. *National Academy of Science* [online]. 1986, roč. 83, č. 4, s. 1140-1144 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC323027/?page=1>
20. GEYER, S., M. MATELLI, G. LUPPINO a K. ZILLES. Functional neuroanatomy of the primate isocortical motor system. *Anat Embryol* [online]. 2000, roč. 202, č. 6, s. 443-474 [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://old.unipr.it/arpa/mirror/pubs/pdf/files/Geyer-Matelli%202000.pdf>
21. GRAVES, W. W., T. J. GRABOWSKI, S. MEHTA a P. GUPTA. Left posterior superior temporal gyrus participates specifically in accessing lexical phonology. *J Cogn Neurosci* [online]. 2008, roč. 20, č. 9, s. 1698-1710 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1162/jocn.2008.20113. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2570618/>
22. GREICIUS, M. D., G. SRIVASTAVA, A. L. REISS a V. MENON. Default-mode network activity distinguishes Alzheimer's disease from healthy aging: Evidence from functional MRI. *National Academy of Science* [online]. 2004, roč. 101, č. 13, s. 4637-4642 [cit. 2018-03-11]. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0308627101>. Dostupné z: <http://www.pnas.org/content/101/13/4637>
23. GREICIUS, M. D., B. KRASNOW, A. L. REISS, a V. MENON. Functional connectivity in the resting brain: A network analysis of the default mode hypothesis. *National Academy of Science* [online]. 2003, roč. 100, č. 1, s. 253-258 [cit. 2018-03-11]. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0135058100>. Dostupné z: <http://www.pnas.org/content/100/1/253>
24. HAMPSHIRE, A., S. R. CHAMBERLAIN, M. M. MONTI, J. DUNCAN a A. M. OWEN. The role of the right inferior frontal gyrus: inhibition and attentional control. *Neuroimage* [online]. 2010, roč. 50, č. 3-3, s. 1313-1319 [cit. 2018-03-

- 27]. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2009.12.109. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2845804/>
25. HARADA, K., T. IKUTA, M. NAKASHIMA, et al. Altered Connectivity of the Anterior Cingulate and the Posterior Superior Temporal Gyrus in a Longitudinal Study of Later-life Depression. *Front Aging Neurosci* [online]. 2018, č. 10 [cit. 2018-03-11]. DOI: 10.3389/fnagi.2018.00031. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5809471/>
26. HATSOPOULOS, N. G. a A. J. SUMINSKI. Sensing with the Motor Cortex. *Neuron* [online]. 2011, roč. 72, č. 3, s. 477-487 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1016/j.neuron.2011.10.020. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3263767/>
27. HEDRICH, T., G. PELLEGRINO, E. KOBAYASHI, J. M. LINA a C. GROVA. Comparison of the spatial resolution of source imaging techniques in high-density EEG and MEG. *Neuroimage* [online]. 2017, č. 157, s. 531-544. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2017.06.022. Dostupné z: https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C5cVfPJtbNSMAKlbuFG&page=1&doc=1
28. HOK, P. a spol. Plasticity of Sensorimotor System Induced by Sustained Pressure Stimulation According to Vojta Therapy (P7.197). *Neurology*. 2015, č. 84.
29. HOK, P. a spol. Modulation of the sensorimotor system by sustained manual pressure stimulation. *Neuroscience*. 2017, č. 348, s. 11-22. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2017.02.005.
30. HOVORKA, J., T. NEŽÁDAL, E. HERMAN a J. PRAŠKO. *Klinická elektroencefalografie*. Maxdorf, 2003. ISBN-10: 80-7345-001-1
31. HYUNGWON, L. a K. TACKHOON. Effects of Vojta Therapy on Gait of Children with Spastic Diplegia. *J Phys Ther Sci* [online]. 2013, č. 25, s. 1605-1607 [cit. 2018-03-11]. DOI: 10.1589/jpts.25.1605. Dostupné z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/25/12/25_jpts-2013-283/_pdf
32. CHEN, V. CH., SY, SHEN, SHY. LIANG, a spol. Assessment of brain functional connectome alternations and correlation with depression and anxiety

- in major depressive disorders. *PEERJ* [online]. 2017, č. 5 [cit. 2018-03-17]. DOI: 10.7717/peerj.3147. Dostupné z: <https://peerj.com/articles/3147.pdf>
33. JENESON, A. a L. R. SQUIRE. Working memory, long-term memory, and medial temporal lobe function. *Learn Mem* [online]. 2012, roč. 19, č. 1, s. 15-25 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1101/lm.024018.111. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3246590/>
34. JOBERT, M., J. W. FREDERIC, G. S. F. RUIGT, M. BRUNOVSKY, L. PRICHLEP a W. H. DRINKENBURG. Guidelines for recording and evaluation of pharmaco-EEG data in man: The International Pharmaco-EEG Society (IPEG). *Neuropsychology*, 2012, č. 66, s. 201-220.
35. JUNG, M., M. LANDERBERGER, T. JUNG, T. LINDENTHAL a H. PHILIPPI. Vojta therapy and neurodevelopmental treatment in children with infantile postural asymmetry: a randomised controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. 2017, roč. 29, č. 2, s. 301-306 [cit. 2018-03-11]. DOI: 10.1589/jpts.29.301. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5332993/>
36. KAMARÁDOVÁ, D., J. PRAŠKO, T. DIVÉKY, et al. EEG nálezy pacientů s panickou poruchou. *Čes a slov Psychiatr*, 2005, roč. 111, č. 1, s. 37-43.
37. KIM, Y. Y., A. Y. ROH, Y. NAMGOONG, H. J. JO, J. M. LEE a J. S. KWON. Cortical network dynamics during source memory retrieval: current density imaging with individual MRI. *Hum Brain Mapp*, 2009, roč. 30, č. 1, s. 78-91
38. KNECHT, S., S. HESSE a P. OSTER. Rehabilitation After Stroke. *Dtsch Arztebl Int.* [online]. 2011, r. 108, č. 36, s. 600-606 [cit. 2018-04-03]. DOI: 10.3238/arztebl.2011.0600. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3183303/>
39. KNYAZEV, G. G., A. N. SAVOSTYANOV a E. A. LEVIN. Uncertainty, anxiety and brain oscillations. *Neuroscience Letters*, 2005, roč. 387, č. 3, s. 121-125.
40. KOLÁŘ, P., *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2012. ISBN 978-80-7262-657-1.
41. KUCHAROVÁ, L. *Biomechanika reflexní lokomoce – Elektromyografická analýza*. Praha, 2008. 63 s. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce MUDr. Jakub Otáhal PhD.

42. LAVIN, C., a spol. The anterior cingulate cortex: an integrative hub for human socially-driven interactions. *Front Neurosci* [online]. 2013, roč. 7, č. 64 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.3389/fnins.2013.00064. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3647221/>
43. LEHMAN, D., P. L. FABER, L. R. GIANOTTI, K. KNOCHI a R. D. PASCUAL-MARQUI. Coherence and phase locking in the scalp EEG and between LORETA model sources, and microstates as putative mechanism of brain temporo-spatial functional organization. *J Physiol Paris*, 2006, roč. 99, č. 1, s. 29-36.
44. LEHOVSKÝ, M. *Elektroencefalografie u dětí*. Praha: Avicenum, 1985
45. MÍŠUREC, J. a M. CHMELARĚ. *Elektroencefalografie*. Brno: IDVPZ, 1990. ISBN 80-7013-065-2
46. MLYNÁŘ, J. Analýza mozkové aktivity: inverzní úloha. *České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická* [online]. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: http://noel.feld.cvut.cz/sbornik05/data/008_slajdy.pdf
47. NEULS, F. *Nervové řízení motoriky*. Fakulta tělesné kultury - Univerzita Palackého v Olomouci. [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: http://old.ftk.upol.cz/fileadmin/user_upload/FTK-dokumenty/Katedra_fyziologie/FYO_13_bonus_rizeni_motoriky.pdf
48. MORÁŇ, M. *Praktická elektroencefalografie*. Brno: IPVZ Brno, 1995
49. NIEDERMEYER, E. a F. H. LOPES DE SILVA. *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. 6th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011. ISBN 978-0-781-78942-4.
50. NORDIN, A. D., a spol. Biomechanics and neural control of movement, 20 years later: what have we learned and what has changed? *J Neuroeng Rehabil* [online]. 2017, roč. 14, č. 91 [cit. 2018-03-29]. DOI: 10.1186/s12984-017-0298-y. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5594571/>
51. PÁNEK, D., L. KOVÁŘOVÁ, V. KRAJČA, PAVLŮ, D. a E. POSPÍŠILOVÁ. Elektroencefalografické koreláty výkonnostní motivace a únavy. *Rehab fyz. Lék*, 2014b, roč. 21, č. 2, s. 87-92.

52. PÁENK, D. *Elektroencefalografické koreláty pohybového chování a výkonnostní zátěže*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN: 978-80-246-3435-7
53. PASCUAL-MARQUI, R. D., M. ESSLEN, K. KOCHI a D. LEHMANN. Functional imaging with low-resolution brain electromagnetic tomography (LORETA): a review. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*, 2002, č. 24, s. 91-95.
54. PASCUAL-MARQUI, R. D. Review of methods for solving the EEG inverse problém. *International Journal of Bioelectromagnetism*, 1999, č. 1, s. 75-86.
55. PASCUAL-MARQUI, R. D. Standardized low-resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*, 2002, č. 24(Suppl. D), s. 5-12.
56. PASCUAL-MARQUI, R., C. MICHEL a D. LEHMANN. Low Resolution Electromagnetic Tomography: A New Method for Localizing Electrical Activity in the Brain. *International Journal of Psychophysiology*. 1994, č. 18, s. 49-65.
57. PAVLŮ, D. *Speciální fyzioterapeutické koncepty a metody*. 1. vyd. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-266-1.
58. PIZZAGALLI, D. A., T. R. OAKES a R. J. DAVIDSON. Coupling of theta activity and glucose metabolism in the human rostral cingulate cortex: an EEG/PET study of normal and depressed subjects. *Psychophysiology*, 2003, roč. 40, č. 6, s. 939-949.
59. POLONARA, G., M. FABRI, T. MANZONI a U. SALVOLINI. Localization of the First and Second Somatosensory Areas in the Human Cerebral Cortex with Functional MR Imaging. *American Journal of Neuroradiology* [online]. 1999, roč. 20, č. 2 [cit. 2018-03-27]. ISSN: 1936-959X. Dostupné z: <http://www.ajnr.org/content/20/2/199/tab-article-info>
60. PREMKUMAR, P. a spol. Orbitofrontal cortex, emotional decision-making and response to cognitive behavioural therapy for psychosis. *Psychiatry Res* [online]. 2015, roč. 231, č. 3, s. 298-307 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1016/j.psychres.2015.01.013. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4834460/>
61. PURVES, D. a spol. *Neuroscience*. Third edition. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2001. ISBN 0-87893-725-0.

62. RAICHLE, M. E., A. M. MACLEOD, W. J. POWERS, D. A. GUSNARD a G. L. SHULAMN. A default mode of brain function. *National Academy of Science* [online]. 2001, roč. 98, č. 2. [cit. 2018-03-11]. DOI: 10.1073/pnas.98.2.676. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11209064>
63. SANZ-ESTEBAN, I. a spol. Mapping the human brain during a specific Vojta's tactile input: the ipsilateral putamen's role. *Medicine* [online]. 2018, r. 97, č. 13 [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1097/MD.00000000000010253. Dostupné z: https://journals.lww.com/md-journal/Fulltext/2018/03300/Mapping_the_human_brain_during_a_specific_Vojta_s.56.aspx
64. SHARMA, H. S. a A. SHARMA. Nanomedicine in Central Nervous System Injury and Repair. *International Review of Neurobiology*. Elsevier, 2017, r. 137 s. 2-165. ISBN 978-0-12-812381-2.
65. SCHUCK, N. W., M. B. CAI, R. C. WILSON a Y. NIV. Human Orbitofrontal Cortex Represents a Cognitive Map of State Space. *Neuron* [online]. 2016, roč. 91, č. 6, s. 1402-1412 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1016/j.neuron.2016.08.019. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5044873/>
66. STALNAKER, T. A., N. K. COOCH a G. SCHOENBAUM. What the orbitofrontal cortex does not do. *Nat Neurosci* [online]. 2015, roč. 18, č. 5, s. 620-627 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1038/nn.3982. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5541252/>
67. SWEENEY-REED, CM., T. JÜRGEN VOGES, F. SCHMITT, a spol. Anterior Thalamic High Frequency Band Activity Is Coupled with Theta Oscillations at Rest. *Front Hum Neurosci* [online]. 2017, č. 11 [cit. 2018-03-18]. DOI: 10.3389/fnhum.2017.00358. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5518534/>
68. TALAIRACH, J., P. TOURNOUX. *Co-planar stereotaxic atlas of the human brain*. Stuttgart: Georg Thieme, 1988. ISBN 9783137117018
69. THATCHER, R. W., D. M. NORTH a C. J. BIVER. LORETA EEG phase reset of the default mode network. *Front Hum Neurosci* [online]. 2014, Č. 8 [cit. 2018-03-17]. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00529. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4108033/>

70. TROJAN, S., R. DRUGA a J. PFEIFER. *Centrální mechanismy řízení motorikyteorie, poruchy a léčebná rehabilitace*. 2. vyd. Praha: Avicenum, 1991. ISBN 80- 201-0054-7.
71. TSAPKINI, K., C. E. FRANGAKIS a A. E. HILLIS. The function of the left anterior temporal pole: evidence from acute stroke and infarct volume. *Brain* [online]. 2011, roč. 134, č. 10, s. 3094-3105 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.1093/brain/awr050. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3187536/>
72. VAŘEKA, I. Vojtova reflexní lokomoce a vývojová kineziologie. *Rehabilitácia*, 2000, roč. 33, č. 4, s. 196-199. ISSN 0375-0922
73. VÉLE, F. *Kineziologie*. Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.
74. VERNET, M., R. QUENTIN, L. CHANES, A. MITSUMASU a A. VALERO-CABRÉ. Frontal eye field, where art thou? Anatomy, function, and non-invasive manipulation of frontal regions involved in eye movements and associated cognitive operations. *Front integr Neurosci* [online]. 2014, roč. 8, č. 66 [cit. 2018-03-27]. DOI: 10.3389/fnint.2014.00066. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4141567/>
75. VOJTA, V. a A. PETERS. *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorická ontogeneze*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 1995. ISBN 80-7169-004-X.
76. VOJTA, V. a A. PETERS. *Vojtův princip*. 3. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2710-3.
77. VOJTĚCH, Z., et al. *Atlas elektroencefalografie dospělých 1*. Praha: Triton, 2005a. ISBN 978-80-7254-704-6
78. VOJTĚCH, Z. *EEG v epileptologii dospělých*. Praha: Grada, 2005b. ISBN 80-247-0690-3
79. ZENG, B. Y., K. ZHAO a F. R. LIANG. *Neurobiology of Acupuncture*. London: Elsevier, 2013. ISBN 978-0-12-411545-3.
80. ZHANG, S., S. TIAN, M. R. CHATTUN, H. TANG, R. YAN, J. BI, Z. YAO a Q. LU. A supplementary functional connectivity microstate attached to the default mode network in depression revealed by resting-state

magnetoencephalography. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 2018, č. 83, s. 76-85.

81. ZUMSTEG, D., D. M. ANDRADE a R. A. WENNERBERG. Source location of small sharp spikes: low resolution electromagnetic tomography (LORETA) reveals two distinct cortical sources. *Clin Neurophysiol*, 2006, roč. 117, č. 10, s. 1380-1387.

9. PŘÍLOHY

1. Vyjádření etické komise FTVS UK
2. Informovaný souhlas
3. Dokumentace průběhu měření

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
José Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavin

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Měření elektrické aktivity mozku v průběhu stimulace spouštěcích zón z konceptu Vojtova principu

Forma projektu: výzkumná práce - diplomová práce

Období realizace: Říjen 2017 – Listopad 2017

Předkladatel: Bc. Milan Martínek

Hlavní řešitel: Bc. Milan Martínek

Místo výzkumu (pracoviště): Katedra fyzioterapie UK FTVS

Vedoucí práce (v případě studentské práce): MUDr. David Pánek, Ph.D.

Popis projektu: V této diplomové práci se budu zabírat změnami elektrické aktivity mozku v průběhu stimulace spouštěcích zón. Výzkumu se bude účastnit 20 dobrovolníků. Stimulace spouštěcích zón bude prováděna zkušeným fyzioterapeutem s úspěšně zakončeným kurzem Vojtovy metody. Pro měření elektrické aktivity mozku bude použit elektroencefalograf. Cílem práce je objasnit, zda dochází ke specifické aktivitě mozku během stimulace spouštěcích zón z konceptu Vojtova principu.

Charakteristika účastníků výzkumu: Jedná se o zdravou, dospělou populaci. Předběžný počet účastníků je 20. Pro účast na výzkumu musí účastníci souhlasit s účastí.

Zajištění bezpečnosti: Během měření nebudou použity žádné invazivní metody. Během stimulace spouštěcích zón budou dodrženy principy konceptu Vojtovy metody. Stimulaci spouštěcích zón bude provádět zkušeným fyzioterapeutem s úspěšně zakončeným kurzem Vojtovy metody. Správnost přípravy a průběhu měření elektroencefalografem bude zajištěna dohledem lékaře. Rizika testování a aplikovaného postupu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika v rámci tohoto typu výzkumu.

Etické aspekty výzkumu: Účastníci výzkumu jsou plnoletí. Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána). V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Informovaný souhlas: přiložen

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 9.10. 2017

Podpis předkladatele:



Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: Předsedkyně: doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 166/2017

dne: 11. 10. 2017

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
José Martího 31, 162 52, Praha 6

- 20 -


podpis předsedkyně EK UK FTVS

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů 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 biomedicíně](#) č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci diplomové práce s názvem „Měření elektrické aktivity mozku v průběhu stimulace spouštěcích zón z konceptu Vojtova principu“ prováděné na Katedře fyzioterapie UK FTVS.

Cílem diplomové práce je zjistit, zda během stimulace spouštěcích zón z konceptu Vojtova principu dochází ke změnám elektrické aktivity mozku. V rámci šetření Vám bude provedena stimulace spouštěcích zón odborníkem a měření elektrické aktivity mozku pod dohledem lékaře. Nebudou použity žádné invazivní metody. Šetření bude prováděno jednorázově u každého probanda.

Celkovou dobu sledování odhadujeme na 90 minut.

Rizika testování a aplikovaného postupu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika v rámci tohoto typu výzkumu.

Vaše účast v projektu nebude finančně ohodnocená

Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána.

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

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projekt: Bc. Milan Martínek

Podpis:

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení:

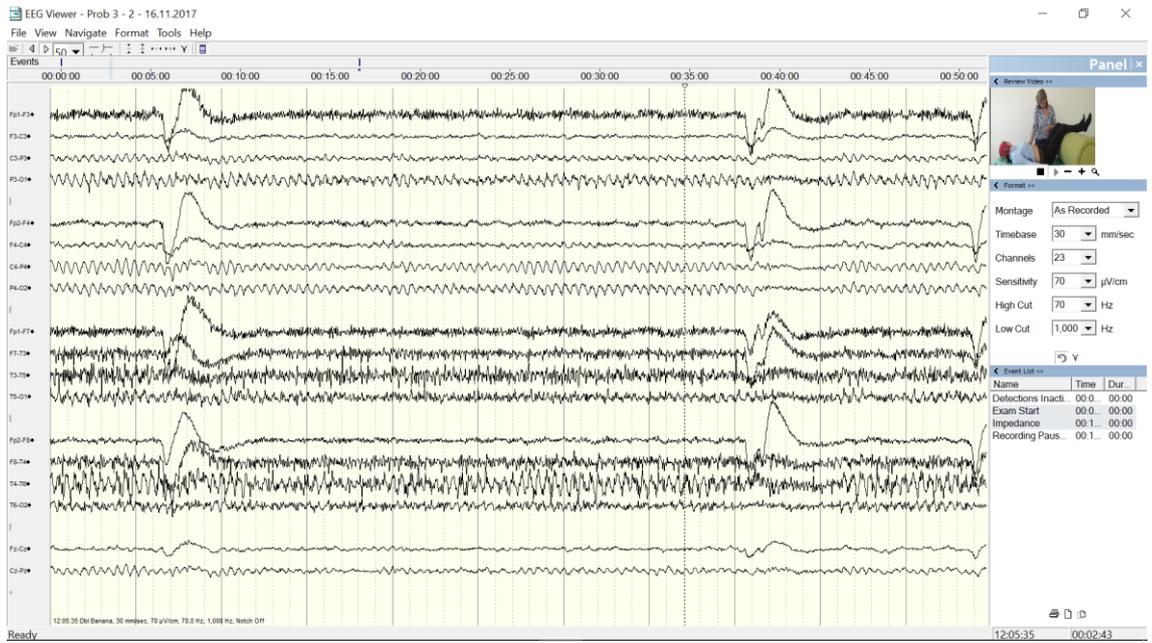
Podpis:.....

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.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka

Podpis:



Příloha č. 3 Zobrazení EEG s videozáznamem – fáze stimulace z 16. 11. 2017