



Pedagogická  
fakulta  
Faculty  
of Education

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra pedagogiky a psychologie

Bakalářská práce

# **Efektivita binaurálních rytmů pro navození relaxačních stavů**

Vypracoval: Roman Vejbor

Vedoucí práce: Vavrečka Michal, Mgr. Ph.D .

České Budějovice 2015

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG, provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby tatáž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce.

Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 27. 5. 2015

.....  
Roman Vejbor

## **Poděkování**

V první řadě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Michalu Vavrečkovi, Ph.D., za odborné vedení, bez kterého by tato bakalářská práce nemohla vzniknout. Dále bych chtěl poděkovat Bc. Michaelovi Tesařovi a Bc. Janě Horové za pomoc během experimentu a na závěr všem třinácti probandům za jejich účast ve výzkumu.

## **Abstrakt práce**

Název práce: Efektivita binaurálních rytmů pro navození relaxačních stavů

Autor práce: Roman Vejbor

Vedoucí práce: Vavrečka Michal, Mgr. Ph.D .

Počet stran: 55

Počet zdrojů: 36

**Abstrakt:** Tato bakalářská práce se zabývá studiem binaurálních rytmů, konkrétně jejich vlivem na signál, měřený pomocí EEG. Cílem této práce bylo zjistit, zda jsou binaurální rytmy efektivním nástrojem pro navození relaxačních stavů, přesněji k vyvolání zvýšené mozkové aktivity ve frekvencích alfa a théta. Teoretická část popisuje elektrickou aktivitu mozku, problematiku binaurálních rytmů a výzkumy, týkající se dané problematiky. Následuje několik kapitol o neuroplasticitě, jakožto možném aspektu efektivnosti binaurálních rytmů. Předposlední kapitola zmiňuje otázku vědomí a také se váže ke stavům změněného vědomí. Závěr teoretické části je zaměřen na metodu elektroencefalografie. Praktická část je věnována výzkumnému projektu, kde byla pomocí metody experimentu zkoumána aktivita mozku během poslechu dvou typů audio nahrávek. Nahrávky relaxační hudby a nahrávky relaxační hudby s implementovanými binaurálními rytmy. Výzkumu se zúčastnilo celkem třináct vysokoškolských studentů Jihočeské univerzity. Vzorek byl vybrán pomocí metody sněhové koule. Data byla zpracována a analyzována v programu EEGlab a následně vyhodnocena pomocí statistické metody ANOVA a párového T -testu. K zobrazení výsledků byla použita spektrální analýza.

**Klíčová slova:** binaurální rytmy, brainwave entrainment, EEG, frequency following response, elektroencefalografie, alfa, théta, neuroplasticita

## **Abstract of thesis**

Title: The effectiveness of binaural beats to induce a relaxation states

Author: Roman Vejbor

Supervisor: Vavrečka Michal, Mgr. Ph.D .

Number of pages: 55

Number of references: 36

**Abstract:** This bachelor thesis deals with studies of binaural beats, specially their effect on the signal, measured by EEG. The aim of this study was to investigate if binaural beats are an effective tool to induce relaxation states, namely increased brain activity in the alfa and theta frequencies. The theoretical part describes electrical activity of the brain, the issue of binaural beats and researches related to this issue. Following several chapters are about neuroplasticity as a possible aspect of the effectiveness of binaural beats. Penultimate chapter mentions the question of consciousness and is also linked to altered states of consciousness. Conclusion of the teoretical part is focused on the method of electroencephalography. The practical part is devoted to a research project in which brain activity has been examined in experiment while listening to the two types of audio records. Record of relaxing music and record of relaxing music with binaural beats implemented. Research was attended by a total of thirteen college students of the University of South Bohemia. The sample was selected using the snowball method. Data were processed and analyzed in the program EEGlab and subsequently evaluated using a statistical method ANOVA and paired T -test. To depict results spectral analysis was used.

**Keywords:** binaurál beats, brainwave entrainment, EEG, frequency following response, electroencephalography, alfa, théta, neuroplasticity

# OBSAH

|  |           |
|--|-----------|
| Úvod .....   | 7         |
| <b>TEORETICKÁ ČÁST.....</b>                                      | <b>8</b>  |
| <b>1. Frekvenční pásma synchronizované mozkové aktivity.....</b> | <b>9</b>  |
| <b>2. Binaurální rytmy .....</b>                                 | <b>11</b> |
| 2.1. Binaurální rytmy ve vztahu k mozku.....                     | 12        |
| 2.2. Vnímání zvukových vln .....                                 | 12        |
| 2.2.1. Konstruktivní kombinace (KK) .....                        | 13        |
| 2.2.2. Destruktivní kombinace (DK) .....                         | 14        |
| 2.2.3. Vytvoření binaurální frekvence .....                      | 15        |
| <b>3. Brainwave Entrainment (BWE).....</b>                       | <b>16</b> |
| 3.1. Proces Brainwave Entrainment .....                          | 16        |
| 3.2. Historie Brainwave Entrainment.....                         | 17        |
| 3.3. Efektivita BR.....  | 18        |
| <b>4. Výzkumy zaměřené na využití binaurálních rytmů.....</b>    | <b>19</b> |
| 4.1. Ovlivnění pozornosti.....                                   | 19        |
| 4.2. Léčba úzkosti .....   | 19        |
| 4.3. Podpora paměti.....   | 20        |
| 4.4. Léčba tinnitu pomocí BWE.....                               | 21        |
| <b>5. Neuroplasticita .....</b>                                  | <b>22</b> |
| <b>6. Vědomí.....</b>  | <b>23</b> |
| 6.1. Změněné stavy vědomí .....                                  | 25        |
| 6.2. Meditační stavy vědomí .....                                | 26        |
| <b>7. Elektroencefalografie .....</b>                            | <b>27</b> |
| 7.1. Měření signálu.....   | 28        |
| <b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>                                      | <b>29</b> |
| <b>1. Úvod do praktické části.....</b>                           | <b>30</b> |
| <b>2. Definice výzkumného problému.....</b>                      | <b>31</b> |
| 2.1. Hypotézy .....  | 32        |
| <b>3. Metody výzkumu .....</b>                                   | <b>32</b> |
| 3.1. Experimentální design.....                                  | 32        |
| 3.1.1. Gnatural.....   | 33        |
| 3.2. Vzorek.....   | 34        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4. Průběh experimentu .....</b>               | <b>35</b> |
| <b>5. Zpracování dat.....</b>                    | <b>37</b> |
| <b>6. Výsledky experimentu.....</b>              | <b>38</b> |
| 6. 1. Vizualizace dat .....                      | 38        |
| 6. 1. 1. Epochy zavřených očí.....               | 39        |
| 6. 1. 2. Epochy otevřených očí.....              | 42        |
| 6. 1. 3. Mozková aktivita během experimentu..... | 46        |
| <b>7. Diskuze.....</b>                           | <b>48</b> |
| <b>Závěr .....</b>                               | <b>50</b> |
| <b>Souhrn.....</b>                               | <b>51</b> |
| <b>Reference .....</b>                           | <b>53</b> |

# Úvod

Existuje spousta návodů a postupů, jak efektivně relaxovat a medítovat. Od zaměření se na své dýchání, až po náročné jogínské pozice. Dosáhnout stavu relaxace a uvolnění vyžaduje mnohdy velkou míru soustředění a úsilí, obzvláště pro netréované jedince. Každý z nás pravděpodobně někdy slyšel některou relaxační hudbu, při které se cítil příjemně a alespoň částečně se při jejím poslechu dokázal uvolnit.

V poslední době zaplavily internet relaxační audio nahrávky obohacené o tzv. binaurální rytmy, které by podle mnohých zastánců měly lépe navodit relaxovaný stav vědomí než poslech samotné hudby.

Cílem tohoto výzkumu je tedy zjistit, zdali je relaxační hudba s vloženými binaurálními rytmy efektivnější k navození relaxovaného stavu vědomí, než samotná hudba. K zodpovězení této otázky byl sestaven experiment, během kterého bylo třinácti účastníkům studie přehráváno audio s binaurální nebo nonbinaurální verzí. Prioritou tohoto experimentu bylo měření mozkové aktivity během poslechu nahrávek s využitím elektroencefalografu (EEG). Naměřené údaje byly následně porovnány a vyhodnoceny.



## **Teoretická část**

# 1. Frekvenční pásma synchronizované mozkové aktivity

Jednotlivé neurony v mozku komunikují navzájem mezi sebou pomocí elektrochemického signálu, jenž přechází z jedné buňky do druhé. Tento signál se měří v hertzích (Hz), které jsou jednotkami frekvence. Elektrický signál jednotlivých neuronů je příliš malý na to, aby byl zaznamenán aktivní elektrodou umístěnou na povrchu hlavy, ale protože je v určitý okamžik aktivních tisíce nervových buněk, tak souhrn jejich aktivity dosáhne dostatečné síly k zaznamenání pomocí elektroencefalografu (EEG). Pokud je skupina neuronů aktivní, tak jejich průměrné frekvence budou zaznamenány jako jeden silný a velmi stabilní signál. Pokud však jsou neurony asynchronní, je o mnoho těžší naměřit jejich hodnoty, jelikož jejich elektromagnetická pole se promíchávají. Takový signál sice vypovídá o průměrné aktivitě neuronů v měřené oblasti, nicméně jeho kvalita bývá nízká a záznam elektroencefalogramu nestabilní (Mark F. Bear, 2007).

Frekvenční pásma jsou běžně dělena na pět rozdílných typů dle hodnoty frekvencí známé jako delta, théta, alfa, beta a gama. Každý z těchto typů se obvykle vztahuje k různým mentálním stavům a procesům (Valuch, 1997).

- GAMA (100 – 38 Hz)
- BETA (38 – 15 Hz)
- ALFA (14 – 8 Hz)
- THÉTA (7 – 4 Hz)
- DELTA (3 – 0,5 Hz)

**GAMA pásmo (38 – 100 Hz):** Gama vlny byly zaznamenány o několik let později než ostatní typy vlnění. Bývají obvykle naměřeny ve stavech vysokého výkonu (fyzického i psychického), kdy je zapotřebí velkého soustředění a koncentrace. Vyskytují se také během transcendentálních a mystických zážitků. Výzkumy uvádějí jejich výskyt i během meditačních stavů (Vialatte, 2007).

Jedním z průvodních jevů výskytu vln gama, bývá zvýšená synchronicita rozsáhlých oblastí v mozku. Bohužel jsou obtížně zaznamenatelné, jelikož vlny mají amplitudu o hodnotě kolem 5  $\mu\text{V}$  (Valuch, 1997).

**BETA pásmo (15 – 38 Hz):** Beta vlny doprovázejí běžné bdělé vědomí, kdy užíváme analytické myšlení, logiku, asociace atd. U vyšších frekvenčních hodnot (25-38 Hz) se vyskytuje roztěkanost, stres, úzkost, panika a větší míra sebekritiky. Naopak nízké hodnoty podporují stavy, kdy je vědomí soustředěné, pozorné, mysl jasná a i kreativita je vyšší. Amplituda se pohybuje v hodnotách pod 10  $\mu\text{V}$  (Valuch, 1997).

**ALFA pásmo (8 – 14 Hz):** Nejčastější výskyt vln alfa bývá během stavů relaxace, denního snění nebo vizualizace. U takto naladěného vědomí se může stát, že projev naší představivosti nebude pouze vizuální. Můžeme „slyšet“ zvuky, které nepřichází z prostředí, „cítit“ vůně a pachy které ve skutečnosti nejsou z okolí, můžeme mít spoustu pocitů a prožitků, které nepřichází z vnějšího světa, ale díky těmto stavům vědomí nám připadají jako skutečné. Někteří lidé se při těchto stavech vydávají na cesty, kde poznávají vědomě své podvědomí a neprobádané stránky mysli. Alfa vlny fungují jako most do dalších stavů vědomí, kde se vyskytují théta a beta vlny nebo i do stavů s vlnami gama. Pokud si chceme pamatovat obsah těchto stavů vědomí, jako jsou sny, meditace a jiné změněné stavy vědomí, tak je zapotřebí kombinace vln théta, beta a gama právě s vlnami alfa (Schuman, 1980). Amplituda vln alfa se pohybuje v hodnotách 30  $\mu\text{V}$  až 50  $\mu\text{V}$  (Valuch, 1997).

**THÉTA pásmo (4 – 7 Hz):** Théta vlny, jsou vlny podvědomí. Vyskytují se během REM fáze spánku, meditace, hluboké relaxace, silných emocionálních prožitků a stavů kreativního myšlení. Během théta frekvencí narážíme na naše nevědomé a potlačené části mysli stejně, jako objevujeme kreativní aspekty našeho potenciálu. Představy v těchto stavech jsou méně zřetelné a méně barevné než během alfa vln, ale na druhou stranu více hluboké a smysluplnější. Amplituda tohoto druhu vlnění se pohybuje kolem 10  $\mu\text{V}$  (Valuch, 1997).

**DELTA pásmo (0,5 – 3 Hz):** Vlnění delta doprovází nejnižší frekvence vědomí a reprezentuje bezvědomí. Pokud se v našem mozku vyskytují, pouze vlny delta, budeme se pravděpodobně nacházet v bezesném spánku. Delta vlny se v bdělém stavu u dospělých považují za patologické, avšak u dětí jsou poměrně běžné. Pokud

se ale delta vlny vyskytují v kombinaci s dalšími vlnami (alfa, beta, gama, théta), pak mohou reprezentovat stavy se zvýšenou intuicí, zvědavostí, předtuchou a zvýšenou empatií. Amplituda delta vln se pohybuje v rozmezí 80 – 210  $\mu\text{V}$  (Valuch, 1997).

## 2. Binaurální rytmy

Binaurální rytmy neboli binaurální tóny jsou tvořeny dvěma jemně rozdílnými zvuky ve vzájemné souhře. Jsou výsledkem interakce dvou frekvenčně rozdílných tónů působících na sluchový systém, kdy na každé ucho působí poněkud odlišný zvuk. Jejich detekce probíhá v mozkovém kmeni - mimo jiné v retikulární formaci<sup>1</sup>. Elektrochemický signál se dále šíří do thalamu a mozkové kůry, kde má také vliv na naše vědomí. Jejich frekvence se pohybuje v hodnotách pod 1000 Hz a rozdíl mezi dvěma tóny od 1 Hz do 30 Hz (Oster, 1973).

Frekvence binaurálních rytmů je dána rozdílem mezi dvěma různými tóny. Například pokud je čistý tón o frekvenci 400 Hz pouštěn do levého ucha a zároveň jiný čistý tón s mírně vyšší frekvencí 410 Hz do pravého ucha, tak rozdíl těchto hodnot, v tomto případě 10 Hz, je binaurální tón. Frekvence o hodnotě 400 Hz se označuje jako nosná frekvence. Tato nosná frekvence bývá v rozmezí 100 – 1000 Hz. Binaurální rytmy do 20 Hz nejsou slyšitelné v běžném slova smyslu (pásmo slyšitelnosti u člověka 20 – 20 000 Hz), a tak jsou vázány na nosnou frekvenci. K efektivitě binaurálních rytmů je zapotřebí použít stereo sluchátka, bez kterých bychom vjem lidského ucha potažmo reakci našeho mozku nemohli zaznamenat. (Wahbeh et al., 2007).

---

<sup>1</sup> Část mozku, která mimo jiné ovlivňuje stav bdělosti a uvědomění (Büttner-Ennever, 1988)

## 2.1. Binaurální rytmy ve vztahu k mozku

Binaurální rytmy byly objeveny v roce 1839 pruským fyzikem H. W. Dovem. Frekvence, na kterých lze BR zachytit, závisí na velikosti lebky – u člověka nesmí překročit hodnotu 1000 Hz, jinak by vlnová délka mechanických kmitů byla větší než průměr lebky. Signály, které splňují výše uvedenou podmínku, umožňují ohnutí vlny okolo lebky a zachycení signálu druhým uchem. Tento jev se nazývá difrakce<sup>2</sup>. Na stejném principu pracují i rádiové vlny. Dlouhé rádiové vlny o nižší frekvenci (AM rádio) se šíří kolem Země, aniž by byly omezovány strukturami, jako jsou hory či budovy. Kratší vlny o vyšší frekvenci (FM rádio, TV, nebo mikrovlny) se šíří přímějšími liniemi a nemohou se ohýbat okolo Země. Hory a jiné struktury blokují tyto vysoké frekvence stejným způsobem, jako je toho schopna lidská lebka. Tedy kmity pod 1000 Hz, které posloucháme například pravým uchem, přicházejí do levého s časovou prodlevou. Vzniká tedy situace, kdy každé ucho dostává v jednu chvíli informaci z opačného sluchátka, která je však ve chvíli detekce jiná než ta, která je pro ucho aktuální. Za pomoci tohoto efektu dokážeme poznat z jakého místa zvuk pochází a náš mozek je tak schopen vnímat binaurální rytmy (Oster, 1973).

## 2.2. Vnímání zvukových vln

Pro pochopení funkce BR je nezbytné uvědomit si, jakým způsobem se dvě rozdílné frekvence mísí v lidském mozku. Reproductory ve sluchátkách vytváří vibrace, jejichž rychlost je přímo úměrná frekvenci kmitajících molekul vzduchu. Díky vzájemnému kontaktu těchto molekul, vznikají zvukové vlny, které se šíří prostorem. Zvukové vlny jsou detekovány ušními bubínky a následně přenášeny do mozku, kde jsou interpretovány jako zvuk. Rozdíl ve frekvencích ovlivňuje poslech hudby a její vnímání. Pokud použijeme stereo sluchátka se dvěma reproductory, mohou vzniknout tři možné kombinace v závislosti na frekvenčním rozdílu (Halliday, 2001).

1. Navážou se a vytvoří hlasitější zvuk (konstruktivní kombinace).
2. Vyruší se, poté nelze zvuk slyšet (destruktivní kombinace).
3. Mohou se promíchat komplexnějším způsobem, který obsahuje harmonii.

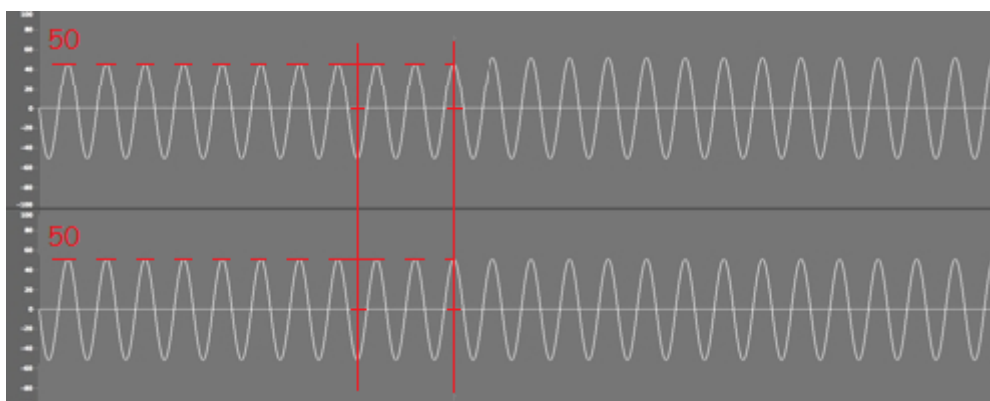
---

2 : Fyzikální jev, při kterém se zvukové vlny ohýbají okolo překážek (Nave, 2000)

Následující diagramy nám přiblíží, jak se různé vlny mísí a jak toho využít pro vytvoření binaurálního rytmu.

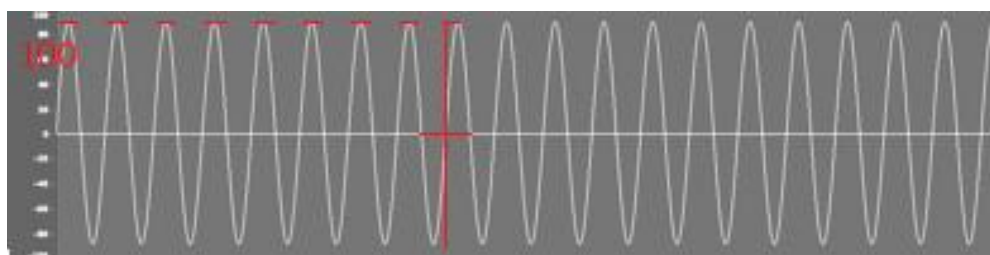
### 2.2.1. *Konstruktivní kombinace (KK)*

Obrázek č. 1 znázorňuje sinusoidy. Tyto dvě vlny zprostředkuje levý a pravý zdroj stereo signálu (sluchátka). V tomto případě o nich můžeme říci, že jsou ve stejné fázi, protože jejich vrchní i spodní hladiny jsou naprosto zarovnané (Halliday, 2001).



**Obrázek č. 1:** Konstruktivní kombinace dvou signálů (Clarke, 2002).

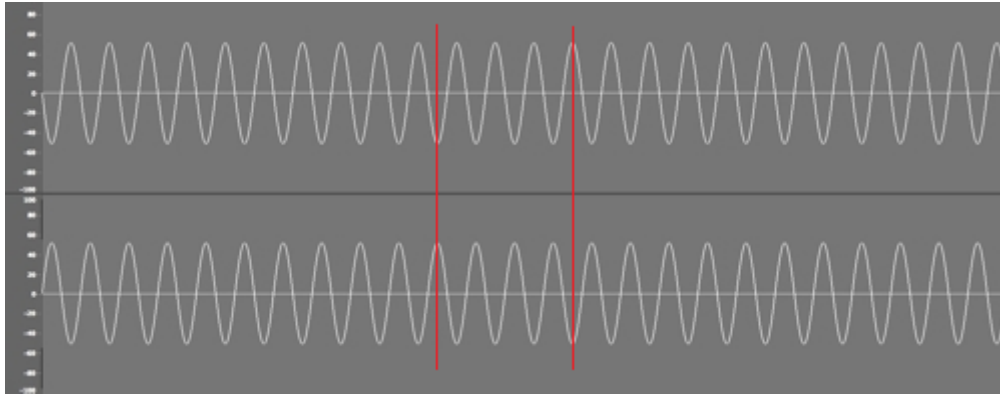
Tyto dva signály se nám při poslechu se stereo sluchátky zkombinují a vytvoří silnější zvukovou vlnu (obrázek č. 2). Výsledná frekvence této kombinace je stejná jako původní sinusové vlny, díky konstruktivní kombinaci je však hlasitější (Halliday, 2001).



**Obrázek č. 2:** Výsledná konstruktivní kombinace (Clarke, 2002).

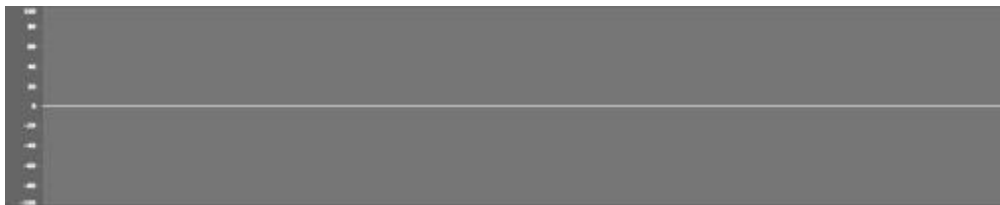
### 2.2.2. Destructivní kombinace (DK)

Vytvořením destruktivní kombinace se výsledný zvuk vyruší (obrázek č. 3). Signály mají stejnou frekvenci, ale jsou fázově posunuté. Jejich vrchní i spodní hladiny jsou v naprostém opaku (Halliday, 2001).



**Obrázek č. 3:** Destructivní kombinace dvou signálů (Clarke, 2002).

Pokud si tyto dva frekvenčně stejné, ale zároveň fázově posunuté signály pustíme do sluchátek, vznikne kombinace signálů, která pro nás bude neslyšitelná. Výsledná interakce takového signálu (obrázek č. 4), bude mít za následek, že nedojde k detekci zvuku vědomím, přestože z každého sluchátka hudba plyne (Halliday, 2001).

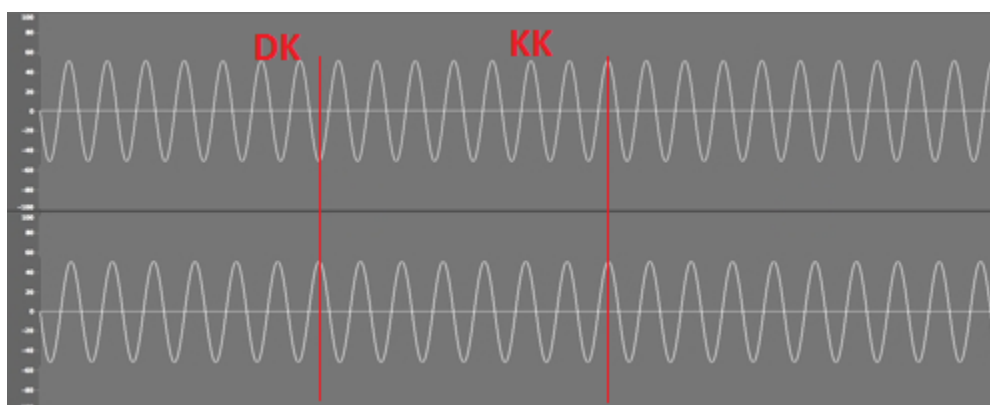


**Obrázek č. 4:** Výsledná destruktivní kombinace (Clarke, 2002).

V běžných situacích bez použití sluchátek je tento efekt velice vzácný a to hlavně z toho důvodu, že přirozené zvuky, které pochází z prostředí kolem nás, bývají mnohem komplexnější, než jednoduché sinusové vlny. Nicméně nahrávací studia a producenti hudby berou tento problém plně v potaz, protože jejich hudba bude následně přehrávána ve stereo sluchátkách, kde taková situace může nastat (Rášo, 2013).

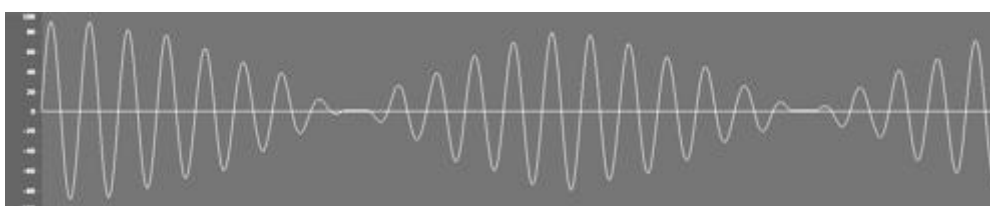
### 2.2.3. Vytvoření binaurální frekvence

Jak již víme, pro vytvoření binaurálního rytmu je zapotřebí dvou mírně rozdílných frekvencí (obrázek č. 5). Na signálu můžeme vidět, že z počátku jsou vrchní a spodní hladiny ve stejné fázi. Ale protože frekvence signálu je mírně rozdílná, vytváří se cyklické situace, kdy se detekce signálu v určitý okamžik ruší (destruktivní kombinace) a situace, kdy se intenzita detekce signálů zvyšuje (konstruktivní kombinace) (Halliday, 2001).



**Obrázek č. 5:** Vytvoření binaurální frekvence z dvou signálů (Clarke, 2002).

Výsledkem této kombinace je oscilace signálu, která nám připadá jako jemně pulsující zvuk (obrázek č. 6).



**Obrázek č. 6:** Výsledný kombinovaný signál (Clarke, 2002).

Pokud si pustíme binaurální nahrávku do stereo reproduktorů, aniž bychom použili sluchátka, uslyšíme binaurální frekvenci jako čistý pulsující zvuk. Zvuk, který se šíří z jednoho reproduktoru, se následně smíchá s jiným vjemem, který vychází z druhého reproduktoru. Pokud však posloucháme binaurální nahrávku se sluchátkem, zvuk se bude šířit přímo do našich uší. S použitím sluchátek jsou signály od sebe



izolovány a nemohou se navzájem mísit ve vzduchu, nicméně jejich promíchání nastává v našem mozku. Ve výsledku to pro naše vnímání znamená, že uslyšíme tón, který je téměř konstantní pouze s jemnou pulzací. Binaurální rytmy nemusí být zřetelně slyšitelné, ale náš mozek přesto dokáže poznat rozdíl mezi frekvencemi u působících stimulů (Rášo, 2013).

Tato schopnost mozku vede k synchronizaci mozkových vln. Tento proces se nazývá brainwave entrainment<sup>3</sup>.

### 3. Brainwave Entrainment (BWE)

Tento děj, odehrávající se v mozku, můžeme vyvolat použitím rytmických stimulů v našem případě zvukových tónů, které působí na náš auditivní systém. Následkem této stimulace vznikne synchronizovaná aktivita kortexu, která v průměru odpovídá rozdílné frekvenci působících signálů. Tyto stimuly mohou být i vizuální, kdy záblesky světla o určité frekvenci dosahují stejného efektu jako rytmy auditivní. Reakcí mozku na binaurální stimuly je efekt, který se nazývá frequency following response<sup>4</sup>. Tento jev uvede mozek do stavu vědomí brainwave entrainment (Huang & Charyton, 2008).

Pro zjednodušené porozumění tomuto procesu se dá použít přirovnání s rezonujícími vidlicemi, které se používají při různých experimentech v akustice. Udeříme-li do rezonanční vidlice konstruované na frekvenci 440 Hz a do její blízkosti umístíme úplně stejnou vidlici, pozorujeme, že synchronizuje svou rezonanci s první vidlicí. Na podobném principu pracuje biologický systém v mozku. Výsledkem tohoto procesu je stav našeho vědomí produkující určité elektromagnetické vlnění, které lze poměrně kvalitně změřit a zaznamenat pomocí citlivých zařízení. Neurální aktivita je elektrochemické povahy, proto může být modifikována specifickými chemikáliemi (drogy, léky aj.) nebo s použitím rezonančních technik jako jsou binaurální rytmy (Thompson, 2007).

---

<sup>3</sup> Synchronizace dvou či více rytmických pulsů v mozku (Huang & Charyton, 2008).

<sup>4</sup> Evokovaný potenciál generovaný pravidelnými nebo téměř pravidelnými zvukovými podněty (Worden, 1968)

### 3.1. Proces Brainwave Entrainment

Rozmístění aktivních elektrod na povrch hlavy umožňuje měření aktivity mozku a to především kortexu. Naměřená aktivita vypovídá o aktuálním stavu vědomí měřeného jedince. Výzkumy ukazují, že prezentací neměnných rytmických stimulů (záblesky světla, nebo pulsující tóny) o hodnotě 8 – 10 Hz dosáhneme mozkové aktivity o stejných hodnotách v lalocích týlních, temenních a sluchových (Huang & Charyton, 2008).

Ačkoli je mnoho vědců přesvědčeno o tom, že stejný mechanismus funguje i při aplikaci jiných frekvencí, tak prozatím nebyla tato teze potvrzena. Během procesu brainwave entrainment, by měla být aktivita kortexu synchronní a měl by nastat i čtenější výskyt meditativních a hypnagogických stavů<sup>5</sup> (Rosenzweig in Atwater, 1997).

Každá hemisféra má své vlastní centrum pro zpracování zvuku, které přijímá informace z obou uší. Nervy zodpovědné za přenášení informace z uší do mozku propojují částečně své dráhy a přenášejí tak signál z jednoho ucha do obou korových center levé a pravé hemisféry (Zaidel in Atwater, 1997).

Efektivita binaurálních rytmů je individuální otázkou závislou na kognitivních procesech jedince, které jsou sami spojené s vlivy dalších faktorů. Stav našeho vědomí není nikdy naprosto synchronní aktivita o určité frekvenci, ale je mixem různých vlnových délek, které vytvářejí poměrně nestabilní pole. Důvodem je samotná struktura mozku. Jelikož není rozdělen pouze horizontálně (na dvě rozdílné hemisféry), ale i vertikálně od mozkového kmene přes mozeček, thalamus, limbický systém až po mozkovou kůru. Ta je dále rozdělena na laloky čelní, temenní, spánkové a týlní. Každá z těchto oblastí vykazuje vlastní aktivitu v závislosti na situaci, přičemž interaguje s dalšími strukturami mozku. Výsledkem těchto jevů je specifický stav vědomí (Luria in Atwater 1997).

---

<sup>5</sup> Stav vědomí, jenž nejčastěji provází fázi usínání. Během tohoto stavu se zjevují plastické představy tváří a různých abstraktních vzorů (Tart, 1972).

## 3.2. Historie Brainwave Entrainment

První záznamy o klinickém využití BWE pochází od francouzského psychologa Pierra Janeta z konce 19. století. Janet uvádí, že se jeho pacienti stávali klidnější po vystavení rotujícímu stroboskopickému kolu, které bylo osvětleno lucernou, a tak využil tohoto efektu – vynalezl novou terapeutickou metodu (Janet in Huang & Charyton, 2008).

V roce 1924 byly poprvé naměřeny vlny alfa německým neurologem Hanzem Bergerem pomocí elektroencefalografu (Niedermayer & Lopes da Silva, 2005). O několik let později zjistili Adrian a Mathews (1934), že Bergerovy vlny (alfa) mohou být zesíleny působením světelné stimulace stejné frekvence. V roce 1959 byl efekt BWE zaznamenán opět za pomoci elektroencefalografu při působení auditivních stimulů (Lazarte in Peters & Maurice, 1974). V tomto roce byl také zjištěn psychologický efekt působení BWE, který přispívá ke snížení potřebné anestezie během operace (Kroger in Huang & Charyton, 2008). V dalších letech bylo objeveno Williamsem a Westem (1975, in Huang & Charyton, 2008), že BWE přispívá k navození meditačních stavů.

Výzkum v oblasti BWE se však začal více rozvíjet až po zveřejnění článku Geralda Ostera v časopisu Scientific American, kde se zmiňuje o vlastnostech binaurálních rytmů (Oster, 1973). V 80. letech následovaly další výzkumy o působení efektu BWE na vnímání bolesti, migrén, úzkosti a stresu. Největší rozmach v této oblasti proběhl až po roce 1990, kde se výzkumy zaměřily na ovlivnění učení, paměti, ADHD a změněných stavů vědomí (Atwater 1997).

## 3.3. Efektivita BR

Pasivní poslech BR pravděpodobně nezpůsobí sám od sebe změněný stav vědomí. K tomu abychom toho dosáhli je zapotřebí dalších vlivných faktorů, které BR podpoří. Každý z nás si udržuje svoji vlastní homeostázu, která může bránit vlivu binaurálních rytmů. Na homeostázu působí vlivy, které jsou ovlivněny prostředím a situací stejně, jako na ni působí naše vědomá a podvědomá vůle. Ochota a schopnost

posluchače relaxovat, zaměřit pozornost nebo i jeho zkušenosti s meditací, to všechno může přispět k efektu binaurálních rytmů (Webb & Dube in Atwater 1997).

Často se k samotnému signálu přidává do nahrávky krycí šum, který jak se zdá přispívá efektu BR pravděpodobně z důvodu, že dělá samotný poslech nahrávky příjemnější pro posluchače a to samo o sobě podporuje relaxaci (Oster, 1973).

Tímto krycím šumem může být například bílý šum nebo doprovodná nahrávka relaxační hudby. K dosažení změněného stavu vědomí za pomoci binaurálních rytmů přispívají i zkušenosti s dýchacími technikami, autogenním tréninkem nebo biofeedbackem. Praxe v těchto cvičeních a metodách napomáhá k dosažení požadovaného stavu vědomí díky vnímavější pozornosti na své tělo a kognitivní procesy (Tart, 1975).

## **4. Výzkumy zaměřené na využití binaurálních rytmů**

### **4.1. Ovlivnění pozornosti**

Tato studie byla zaměřena na působení binaurálních rytmů ve frekvenčním rozmezí vln beta, théta a delta, které se vztahují k náladě, výkonu a bdělosti. Výzkumu se účastnilo 29 probandů, kteří měli za úkol provádět vizuální zkoušky v rozmezí 30 minut po dobu tří dnů za poslechu bílého šumu s implementovanými binaurálními rytmy v rozmezí beta (16 až 24 Hz), nebo théta/delta (1,5 až 4 Hz). Dobrovolníci měli za úkol pozorovat monitor počítače, kde bylo prezentováno dvacet velkých písmen v náhodném pořadí, přičemž každou sekundu se objevilo jiné písmeno. Hlavním úkolem probandů bylo určit, která písmena se v rozmezí deseti sekund opakují. Měřili především rychlost jejich reakce. Účastníci výzkumu nebyli informováni o působení binaurálních rytmů z důvodu možného ovlivnění experimentu jejich očekáváním žádoucího efektu (Lane, 1998).

Při prezentování BR v rozmezí beta vypovídaly naměřené údaje o menším výskytu chyb než při prezentaci théta/delta rytmů. Ze 180 opakovaných písmen během 30 minutového intervalu byl průměrný výsledek probandů, během prezentace

binaurálních rytmů beta 153,5 správných záznamů (SD = 23,6) a během poslechu théta/delta byl jejich výsledek 147,6, tedy směrodatná odchylka činí 34,7 (SD = 34,7). Dále byla zjištěna asociace mezi výskytem frekvencí beta a lepší náladou. Výsledky naznačují, že prezentace binaurálních rytmů zvyšuje psychomotorický výkon a ovlivňuje náladu (Lane, 1998).

## **4.2. Léčba úzkosti**

Některé nedávné studie naznačují, že binaurální rytmy mohou ovlivnit náladu, výkon, bdělost a úroveň úzkosti. V periodiku *Alternativní terapie ve zdraví a v medicíně* („*Alternative Therapies In Health And Medicine*“), byl v roce 2001 vydán článek o studii zaměřené na efektivitu binaurálních rytmů ke zmírnění úzkostných stavů. Tohoto výzkumu se účastnilo 15 dobrovolníků s diagnostikovanými stavy úzkosti, kteří měli za úkol v pohodlí svého domova poslouchat nejméně pětkrát za týden alespoň jednu ze třech možných audio nahrávek, přičemž celý výzkum trval čtyři týdny. Dobrovolníci byli požádáni o vedení písemného záznamu během celého experimentu, který měl obsahovat použitý typ poslouchané nahrávky, míru úzkosti před a po poslechu vybrané melodie. Nakonec měli zhodnotit nahrávku, kterou si který den vybrali a proč. Účastníci však netušili, že pouze jedna nahrávka (typ B) obsahuje relaxační hudbu obohacenou o binaurální rytmy v rozmezí delta/théta (Scouranec et al., 2001).

Ze záznamů experimentu vyplynulo, že následný stav úzkosti po poslechu nahrávek byl signifikantně nižší než před jejich poslechem. Nejčastěji preferovaný typ nahrávky, byl právě typ B, který obsahoval relaxační hudbu s binaurálními rytmy. Přesto nebyl tento typ preferován tak často, aby se jeho výběr jevil signifikantně častější, než typ jiný (Scouranec et al., 2001).

## **4.3. Podpora paměti**

Binaurální rytmy o frekvenčním rozmezí odpovídající mozkové aktivitě beta, byly použity ve studii zaměřené na efektivitu binaurálních rytmů jako potencionálního nástroje ke zlepšení paměti a vybavení si informace z paměti. Výzkumu se zúčastnilo 50 probandů z řad vysokoškolských studentů, kteří byli náhodně vybráni a následně rozděleny do dvou skupin (kontrolní a experimentální). Kontrolní skupina probandů poslouchala klasickou hudbu a experimentální skupina klasickou hudbu s implementovanými binaurálními rytmy. Během poslechu nahrávek měli probandi za

úkol zpracovávat testy zaměřené na paměť. Pro experiment byly použity čtyři paměťové testy. První z nich byl seznam 25 slov, které si měl proband za úkol zapamatovat a následně si jich co nejvíce vybavit. Dalším z testů byla zkouška rozpoznání slov. Dobrovolník si měl zapamatovat 25 slov a následně zodpovědět, zdali jsou konkrétní slova součástí seznamu slov, která si měl za úkol uložit do paměti. Druhá dvojice testů pocházela z Wechslerova Inteligenčního testu pro dospělé (WAIS – R), který je nepřímo zaměřen na paměť. Prvním ze subtestů bylo kódování a druhý se zaměřoval na počty (Kennerly, 2009).

Experimentální skupina vykazovala statisticky signifikantní rozdíl ( $p > .05$ ) ve výkonu oproti kontrolní skupině ve třech ze čtyř použitých testů. Statisticky signifikantní rozdíl nebyl naměřen u druhého testu (zkouška rozpoznání slov). Výsledky výzkumu vypovídají o efektivitě binaurálních rytmů v rozmezí beta jakožto o nástroji pro navození lepší pozornosti, vyšší míry soustředění a obecně o výkonnější práci s pamětí (Kennerly, 2009).

#### **4.4. Léčba tinnitu pomocí BWE**

Tinnitus je symptom, který se nejčastěji projevuje šelestem, hučením, zvoněním nebo pískáním v uších, které slyší pouze člověk postižený tímto symptomem. Příčina tohoto problému je neznámá, ale pravděpodobně souvisí s úrazy hlavy, ušními záněty nebo s prožitím akustického traumatu (poranění nadměrným hlukem). Důsledky tinnitu mohou způsobovat úzkost, stres, deprese, únavu a celkové oslabení organismu, proto je při jeho léčbě využíváno multifaktoriálního přístupu (David, Naftali, & Katz, 2010).

Studie publikovaná v roce 2010 byla zaměřena na jeho léčbu s využitím procesu brainwave entrainment, který je způsoben stimulací binaurálními rytmy. Výzkumu se účastnilo 26 pacientů trpících tímto problémem. Průměrný věk byl 48 let a průměrná délka trvání tohoto poškození byla 4,5 roku. Pacienti nejprve podstoupili sérii vyšetření a dotazníků, kde detailně popsali jejich problémy týkající se onemocnění. Mohly ohodnotit své příznaky rozmezí 1 (žádný tinnitus) do 7 (velmi závažný tinnitus, který brání vykonávat běžné denní aktivity a způsobuje nespavost). Tato vyšetření byla provedena před a po terapii. Všechny 26 pacientů bylo pozváno na dvě či více sezení, během kterých jim byla nastavena terapie s binaurálními rytmy (10 Hz), s nosnou frekvencí od 50 do 100 Hz podle jejich výběru.

Součástí terapie byl biofeedback zahrnující vizualizaci léčebné aury kolem jejich těla, který byl veden implementovaným hlasem v nahrávce. Pacienti si mohli vybrat mužský či ženský hlas průvodce a relaxační hudbu ze speciálního seznamu, vloženou do nahrávky s binaurálními rytmy. Po nastavení terapie obdrželi pacienti walkman s nahrávkami a instrukcemi k terapii. Byli požádáni o poslech nahrávek po dobu maximálně šesti hodin během dne po dobu tří měsíců. Během této doby byli pozváni na čtyři kognitivně behaviorální terapie s ostatními pacienty trpícími touto nepříjemnou nemocí. Pouze 10 z 26 pacientů využili této možnosti. Po skončení celé terapie proběhlo opětovné vyšetření jejich problému (David, Naftali, & Katz, 2010).

Závěrečné vyšetření vykazovalo snížení míry tohoto problému u všech 26 pacientů. Míra postižení klesla v průměru u všech pacientů z hodnoty 5, 81 na 3, 06 (David, Naftali, & Katz, 2010).

## 5. Neuroplasticita

Termín neuroplasticita je odvozen od slov „*Neuron*“ a „*Plastic*“. Neuron je nervová buňka v mozku. Každá individuální nervová buňka je kromě dalších částí tvořena axony a dendrity, které přijímají informaci od dalších nervových buněk skrze synaptická zakončení. Mezi nervovými buňkami je malá mezera, která se nazývá synapse, přes ni je přenášena informace pomocí chemických látek nazývaných neurotransmitéry. Neuroplasticita mozku umožňuje vytvářet nové nervové spoje a rekonstruovat ty staré. Je to schopnost mozku měnit jeho strukturu během vývoje, učení, interakce s prostředím nebo z patologických příčin (Davidson, 2008).

Výzkumy a klinické pozorování nám odkrývají dynamiku nervového systému založenou na rovnováze mezi rigiditou a plasticitou. Plasticita nervového systému vychází z komplexních mechanismů rozdělující se na dva základní typy. První typ „*reaktivní*“ plasticity je rychlým procesem a bez posilování takto vytvořených spojů dochází k jejich rozpadu. Druhý typ je spíše adaptačním procesem, který je v podstatě vytvářením fenotypu, jenž je výsledkem interakce probíhající mezi genotypem a prostředím. Podrobněji se plasticita mozku rozděluje na čtyři typy (Pokorný & Trojan, 1997).

**Evoluční neuroplasticita:** Změna mozkové tkáně je řízena genetickými programy, které kooperují s faktory vnějšího a vnitřního prostředí. Děje se tak přirozeně v procesu ontogenetického vývoje (Pokorný & Trojan, 1997).

**Reaktivní neuroplasticita:** Jedna ze schopností mozkové tkáně je okamžitá reakce na krátkodobé stimuly z vnějšího i vnitřního prostředí. Děje se tak v průběhu působení stimulu nebo krátce po něm. Změna tkáně závisí na intenzitě, charakteru a délce stimulů, stejně jako na druzích nervové tkáně, které jsou různě citlivé na excitaci (Pokorný & Trojan, 1997).

**Reparační neuroplasticita:** Dle Björklunda a Staneviho (1981 in Pokorný & Trojan, 1997) je reparační neuroplasticita schopnost mozku, umožňující zotavit a nahradit poškozenou nervovou tkáň. Mechanismus zotavování, je dán genetickými programy podobně, jako je tomu tak v případě ostatních tří typů. Děje se tak z důvodů patologických změn ve vnitřním prostředí.

**Adaptační neuroplasticita:** Je vyvolána dlouhotrvající a opakující se stimulací. Díky neustále se opakujícím stimulům dokáže mozek vytvářet stále propracovanější a energeticky méně náročné neuronové sítě, které zvládají velice složité procesy (Pokorný & Trojan 1997).

Rekonstruování a vytváření nových neuronových propojení v mozku hraje pravděpodobně podstatnou roli v efektivitě binaurálních rytmů. Z výzkumu zaměřeného na BR bylo zjištěno, že efektivita binaurálních rytmů o hodnotách alfa a beta bývá vyšší, pokud jsou měření účastníci hudebně zdatní a hrají na nějaký hudební nástroj. Tito hudebníci měli rozvinutější oblasti v mozku odpovědné za vnímání představu hudby. Zdá se tedy, že lepší cit pro vnímání hudby podporuje efektivitu binaurálních rytmů (Ioannou & Bhattacharya, 2012).



## 6. Vědomí

Z pohledu západní kultury a vědy je vědomí závislé na našem mozku a není možné, aby existovalo nezávisle na něm. V dnešní době existuje několik zobrazovacích metod, které nám umožňují pochopit procesy uvnitř mozku a zjistit souvislosti mezi jeho různými částmi (Kulišťák, 2011).

Přes velký pokrok ve vědě, obzvláště v neurovědách, nedokážou vědci vysvětlit podstatu vědomí. K výzkumu vědomí se dnes využívá multidisciplinární přístup, jehož součástí jsou neurovědy, filozofie, psychologie a kognitivní vědy (Blackmoore, 2004)

Někteří neurovědci tvrdí, že problém fenoménu vědomí je možné vysvětlit pouze za pomoci různých výzkumů. Stále více znalostí o neurálních vztazích v mozku přispívá k objasnění jeho struktury a funkce. Na druhou stranu nikdy nemůžeme mít jistotu, že s vědeckým vysvětlením přijde i odpověď na otázku, kde se bere a co je to vlastně lidské vědomí. Zastánci této myšlenky předpokládají, že existuje nepřekonatelná propast mezi mozkiem a světem fenoménů vědomí. Tvrdí, že dnešní neurovědecké přístupy nejsou schopny překonat tuto propast a dle jejich názoru bude odpověď vyžadovat uchopení problému z jiné perspektivy. Kdo však má pravdu, nemůže nyní nikdo s jistotou tvrdit ale je možné že se to dozvíme již v brzké budoucnosti (von der Malsburg, 1997).

Běžný stav vědomí je velice komplikovaný proces, který je závislý na prostředí a situacích v kterých se vyskytujeme. Je to nástroj, jenž může být vhodný pro řešení různých problémů a věcí, ale pro některé záležitosti je zcela nevhodný a nevyhovující. Pokud se podíváme na vědomí blíže, tak zjistíme, že může být analyzováno na mnoho částí a forem. Tyto části spolupracují a tvoří komplexní systém. Složky vědomí mohou být zkoumány izolovaně a nepochybně tak zjistíme spoustu zajímavých informací o jejich funkcích a procesech. Na druhou stranu je však zapotřebí dívat se na vědomí jako funkční celek a ne jako na nespolečující soubor jednotlivých částí (Tart in Atwater 1997).

## 6.1. Změněné stavy vědomí

*„Naše normální bdělé vědomí, nebo jak mu říkáme „racionální vědomí“, je pouze jedním ze zvláštních typů vědomí, kdežto všude kolem něho, odděleny tou nejtenčí překážkou, se nacházejí potenciální formy vědomí, jež jsou zcela odlišné. Žádný popis vesmíru v jeho úplnosti nemůže být konečný, ponechává-li zcela bez povšimnutí tyto další formy vědomí.“*

*William James*

Binaurální rytmy použité ve spojitosti s biofeedbackem a potřebným soustředěním mohou navodit různé stavy vědomí. Je to proces, při kterém je možné prožít meditační stavy, relaxaci, zvýšenou kreativitu, vyšší intuici, snadnější navození spánku, lepší soustředění a spoustu dalších stavů, které sahají za hranice našeho běžného chápání (ATWATER, 1997).

Pozměněné vědomí nebo také jeho mimořádné stavy jsou pojmy, které celou věc velmi zobecňují a jejich příčinou mohou být i různé patologické poranění nebo poruchy. Stavy vědomí, o kterých se zmiňuji, nikterak neomezují naše uvědomění a prožívání, ale často právě naopak rozšiřují prožívání a porozumění. Z výpovědí osob, které tyto stavy vědomí prožili, se dá usuzovat, že jejich uvědomění bylo mnohem širší a celistvější, proto také bude přesnější označovat tyto stavy příviskem *holotropní*. Z řečtiny přeloženo, jako *směřující k celistvosti* (Grof, 2013).

Nejen rozšířené vnímání a stavy vědomí sahající za možnost výpovědi o nich samých, ale i další procesy a stavy je možné za určitých podmínek navodit použitím BR. Ve výzkumu publikovaném online v roce 2011 bylo zjištěno, že binaurální rytmy o vlnové délce odpovídající vlnám théta navyšují citlivost k hypnóze. Šest účastníků výzkumů s různou mírou hypnability (2 nízká, 2 střední, 2 vysoká) bylo vystaveno třem 20 minutovým terapiím s binaurálními rytmy právě o frekvenci vln théta. Před a po terapii byla použita Standfordská škála hypnability formy C. U účastníku studie, kteří měli před terapií nízkou a střední náchylnost k hypnóze, bylo po poslechu nahrávky s binaurálními rytmy zjištěno, že jejich odolnost vůči hypnóze je mnohem nižší (Brady & Stevens, 2000).

## 6.2. Meditační stavy vědomí

Nejčastěji jsou binaurální rytmy využívány v různých relaxačních a meditačních nahrávkách, které jsou volně ke stažení nebo jako součást různých kurzů a terapií. Samotní prodejci a propagátoři těchto nahrávek tvrdí, že binaurální rytmy umožňují posluchači snazší přechod do meditačního stavu a zvyšují soustředění. Zároveň by měly pomoci udržet posluchače ve specifickém stavu vědomí.

V západní kultuře běžně rozumíme pod pojmem meditace proces, ve kterém je meditující osoba soustředěna a zaměřena na své vlastní nitro. Existuje spousta druhů meditačních technik - od sezení u televize a soustředění se na nějaký film až po hluboké stavy vnitřního klidu a rozjímání. Meditace obvykle probíhá ve stavu psychického a fyzického uvolnění, kdy je mysl bdělá a bez vnitřního napětí. Existují i různé formy hlubokého rozjímání při extrémních podmínkách, které zřejmě podporují soustředění sebe samého na vlastní nitro (např.: muslimští fakíři, meditace při pústech atd.). Při meditaci dochází ke změnám vědomí a mysl se dostává do relaxovaného stavu (Turner, 2007).

Z výsledků výzkumu z 60. let, kde byla měřena mozková aktivita zenových mistrů během meditace, se zjistilo, že přibližně devadesát vteřin po zahájení meditace dochází ke snížení frekvenční aktivity v mozku a častěji se objevují vlny alfa. Vlny alfa se vyskytovali, přestože meditující mniši měli otevřené oči (Austin, 1998).

Záznamy EEG aktivity u meditujících bývají výrazně odlišné od lidí, kteří nemají v této oblasti žádné zkušenosti. Při výzkumu byly zjištěny zajímavé odlišnosti zenových mistrů od běžné populace. Netrénovaný člověk, který se dostal změněného stavu vědomí, byl poměrně lehce vyrušený zvukovým podnětem a jeho alfa rytmus se zastavil na sedm i více sekund. Tento efekt je nazýván „alfa blokádou“<sup>6</sup>. Naproti tomu u trénovaného člověka trvala tato blokáda pouhé dvě vteřiny. Pokud budeme opakovat tento zvukový podnět v patnáctivteřinových intervalech, tak u netrénovaného jedince nevyvstane na následující podněty žádná reakce. Děje se tak díky habituaci (navyknutí). Případ zenového mistra je však jiný - jeho mozek zaznamená zvukový podnět pokaždé a jeho alfa rytmus je vždy přerušen na dvě vteřiny. Mistr zenu dokáže

---

<sup>6</sup> „Bergerův efekt (alfa blokáda) – vymizení alfa rytmu při otevření očí“ (Káš, 2006, str. 291)

během meditace vnímat okolí tak, aby nebyl zbytečně rozptylován různými podněty, ale zároveň dosahuje vysokého stupně uvolnění (Sensei S. Graef, 1999).

Kvalitativní efekt meditace je dobře zdokumentovaný pomocí zobrazovacích metod (EEG, fMRI, MR). V mnohých studiích bylo zjištěno, že meditace přetváří určité oblasti v mozku a vytváří nové neuronové struktury (Austin, 1998).

Neurovědci vybrali skupinu 16 zdravých jedinců bez zkušeností s meditací, kteří podstoupili 8 týdenní program. Před touto terapií i po ní byli změřeni magnetickou rezonancí. Tito lidé každý den praktikovali 30 minutovou meditaci a po 8 týdnech byly jejich snímky z magnetické rezonance porovnány se snímky před terapií. Součástí výzkumu byla i kontrolní skupina, která byla vystavena podobným podmínkám s výjimkou meditace. Z výsledků bylo zjištěno vyšší množství nervové tkáně oproti kontrolní skupině. A to v levém hipokampu (učení, paměť, emoční regulace) a mezi temenním a spánkovým lalokem v oblasti pracující s empatií. Naopak snížení tkáně bylo zaznamenáno v levé amygdale, která je zodpovědná za pocity strachu a stresu. Tento rozdíl v mozkové tkáni potvrdilo i porovnání výsledků měření před 8 týdenním programem s údaji naměřenými po něm. U probandů byl tedy naměřen signifikantní rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou, tak mezi údaji jedinců naměřenými před programem a po něm (M. T. Treadway, 2010).

## 7. Elektroencefalografie

Měření za pomoci elektroencefalografu na lidech bylo zahájeno v první polovině 20. století, kdy německý psychiatr Hans Berger zaznamenal pravděpodobně první nahrávku elektrického pole lidského mozku. Berger používal ke snímání aktivity kovové elektrody připevněné na povrch hlavy. Později byl elektroencefalograf modifikován dvoukruhovým galvanometrem, díky kterému bylo možné měřit elektrickou aktivitu srdce (elektrokardiogram). K provádění detailních topografických studií pomocí EEG byly však elektrody příliš velké, proto bylo zapotřebí použít více elektrod s menšími rozměry (Ernst Niedermeyer, 2005).

Největší lékařské využití za posledních 70 let našla elektroencefalografie při diagnostikování epilepsie, přestože možnosti jejího využití jsou bezpochyby daleko

širší. Nicméně potenciál využití encefalografie je do značné míry přehlížen s největší pravděpodobností kvůli obtížné interpretaci výsledků a míře její citlivosti. Lékaři si byly samozřejmě vědomi těchto problémů a z velké části je vyřešili digitalizací signálu pomocí počítače. Umožnilo jim to naměřit signál po delší dobu a vyhodnotit záznamy počítačem. S vývojem technologií nabývá měření elektrické aktivity mozku nových možností, které nekončí hranicemi lékařského využití (Kennett, 2012).

## **7.1. Měření signálu**

Elektrické potenciály jsou výsledkem činnosti mozkových buněk, které mezi sebou komunikují skrze proudění nabitých iontů. Aktivitou těchto buněk vzniká elektrický potenciál šířící se do okolí. K detekci signálu v elektroencefalografii slouží nejčastěji povrchové elektrody. Používají se však i jejich invazivní verze zavedené pod kůži (subdermální) nebo přímo do mozku (implantabilní). Běžně je používán takzvaný 10-20 systém, jež je založen na měření aktivity z 19 elektrod. Signál naměřený na EEG představuje rozdíl mezi dvěma typy elektrod - referenčními a aktivními. V případě neinvazivních postupů je pro kvalitu signálu důležitý kontakt elektrod s pokožkou hlavy. K tomu se využívá různých vodících past a gelů. Jejich samotné rozmístění není přímo důležité pro kvalitu signálu, ale systém rozmístění by měl být dodržen pro porovnání naměřených dat s daty z jiných studií (Sanei, 2007).

## **Praktická část**

# 1. Úvod do praktické části

Cílem praktické části je popis a definice výzkumného problému, sestavení hypotéz, vypsání použitých metod experimentu, uvedení výsledků, diskuze k celkovému experimentu, závěr a celkový souhrn bakalářské práce.

Práce je zaměřena především na výskyt synchronizované mozkové aktivity théta a alfa během poslechu experimentální a kontrolní nahrávky. Experimentální nahrávka obsahovala binaurální rytmy společně s relaxační hudbou a kontrolní nahrávka obsahovala pouze relaxační hudbu. K naměření synchronizované mozkové aktivity byl použit elektroencefalograf tvořen dvaatřiceti aktivními elektrodami, které byly rovnoměrně rozmístěny a snímaly celý povrch hlavy, během průběhu experimentu.

Výzkum byl proveden v laboratoři Jihočeské Univerzity pedagogické fakulty v druhé polovině roku 2014 a začátkem roku 2015. Celkový výzkumný vzorek činil 13 probandů, přičemž jeden z naměřených signálů musel být odstraněn z důvodu zachování kvality naměřených dat.

V mém výzkumu jsem si položil otázku: „ Je pro navození určitého stavu vědomí efektivnější poslouchat relaxační hudbu s implementovanými binaurálními rytmy nebo relaxační hudbu bez binaurálních rytmů?“ Dopracovat se k odpovědi na tuto otázku byl složitější proces, který jsem rozdělil na několik částí.

## 2. Definice výzkumného problému

Výzkum se zaměřuje na efektivitu binaurálních rytmů pro navození relaxačních stavů vědomí, konkrétně na výskyt synchronizované mozkové aktivity o vlnách alfa (8 – 14 Hz) a théta (4 – 7 Hz). Měřena je aktivita kortexu během poslechu obou nahrávek, ale i před a po poslechu binaurální a nonbinaurální terapie. Experiment byl zaměřen na zodpovězení stanovených otázek:

### **I. Budou binaurální rytmy natolik efektivní, aby byl zaznamenán signifikantní rozdíl v synchronizované mozkové aktivitě mezi experimentální a kontrolní skupinou?**

Studie zaměřené na efektivitu binaurálních rytmů vypovídají o jejich efektivitě na lidskou psychiku a celkovému zklidnění organismu (River, 2014). Přesto zatím nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly v synchronizované mozkové aktivitě během poslechu binaurální a nonbinaurální hudby. Výsledky několika výzkumů sice vypovídají o výskytu stejné synchronizované mozkové aktivity alfa, jako je frekvence binaurálních stimulů (Huang & Charyton, 2008), nicméně naměření takových výsledků mohlo být ovlivněno dalšími faktory než samotnou stimulací binaurálními rytmy.

### **II. Bude se vyskytovat signifikantní rozdíl mezi naměřenou mozkovou aktivitou před terapií a aktivitou naměřenou po ní?**

Bez ohledu na použití binaurální nebo nonbinaurální nahrávky by měly být stav vědomí a naměřená mozková aktivita po skončení terapie rozdílné oproti stavu vědomí před poslechem. Obě nahrávky obsahují relaxační hudbu, která by měla mít psychologický efekt na stav vědomí.

### **III. Jsou binaurální rytmy natolik efektivní, že bude zaznamenán signifikantní rozdíl, mezi mozkovou aktivitou naměřenou po experimentální nahrávce a aktivitou naměřenou po nahrávce kontrolní?**

Jedná se o časový úsek přibližně 5 minut po skončení audia, kdy bude elektroencefalograf stále snímat mozkovou aktivitu kortexu - naměří záznam po poslechu v experimentální i kontrolní skupině.



## 2.1. Hypotézy

Pro výzkumné účely bakalářské práce je zapotřebí stanovit výzkumné hypotézy, které se vztahují k naměřeným a zpracovaným informacím z EEG. Naměřená data budou statisticky analyzována a použita za účelem verifikace hypotéz.

**H1: Před začátkem terapie nebude signifikantní rozdíl v mozkové aktivitě mezi experimentální a kontrolní skupinou.**

**H2: Po skončení terapie bude zaznamenán signifikantní rozdíl v mozkové aktivitě mezi experimentální a kontrolní skupinou.**

**H3: Při poslechu binaurální nahrávky bude v mozkové aktivitě výraznější výskyt vln théta než při poslechu nahrávky nonbinaurální.**

**H4: Při poslechu binaurální nahrávky se bude v mozkové aktivitě výraznější výskyt vln alfa než při poslechu nahrávky nonbinaurální.**

## 3. Metody výzkumu

K vyhodnocení byla použita metoda ANOVA. Následně byly výsledky porovnány párovým T -testem. Jako shrnutí celého experimentu jsem vytvořil několik obrázků se spektrální analýzou aktivity kortexu během průběhu mého pokusu.

### 3.1. Experimentální design

Ve výzkumu bude použit kvantitativní přístup získávání dat a jeho metodou bude experiment. V softwarovém programu Gnaural bude vytvořena experimentální nahrávka s binaurálními rytmy a implementována do relaxační nahrávky. Pro výzkum budou použity dva druhy nahrávek: relaxační hudba bez binaurálních rytmů a relaxační hudba s binaurálními rytmy.

Tyto nahrávky budou rozděleny do několika epoch v závislosti na změnách binaurálních frekvencí v experimentální verzi. Dále budou vytvořeny epochy, během kterých bude měřena aktivita kortexu před poslechem a po poslechu audia, během kterých musí mít dobrovolník nejdříve zavřené a poté otevřené oči. V programu

Presentation proběhne sestavení experimentu do něhož budou implementovány pokyny pro měřené probandy.

U vybraného souboru dobrovolných účastníků proběhne vstupní konverzace, během které budou informováni o průběhu terapie a dále polostrukturovaný rozhovor ohledně jejich fyzického a psychického rozpoložení. Probandi budou umístěni do kabin určených pro měření, kde jim budou neinvazivním způsobem nainstalovány elektrody. Dále proběhne výběr experimentální (binaurální) nebo kontrolní (nonbinaurální) nahrávky, aniž by byl kdokoliv informován, jaký druh nahrávky poslouchá. Dále provedu měření mozkové aktivity pomocí elektroencefalografu během poslechu nahrávek. Po skončení terapie sejmu aktivní elektrody z povrchu hlavy a následně provedu s účastníkem druhý polostrukturovaný rozhovor o průběhu terapie a současném fyzickém i psychickém rozpoložení.

Data z měření budou zpracována v programu EEGlab, který je nejčastěji používaný v matematickém softwaru MATLAB. K vyhodnocení použiji metodu ANOVA. Následně proběhne porovnání výsledků párovým T -testem. Výsledky experimentu budou zobrazeny a porovnány ve formě spektrální analýzy.

### 3.1.1. *Gnaural*

Gnaural je software, který umožňuje generování binaurálních rytmů (BR) a mixování různých druhů audia dohromady. Základem pro generování BR je tzv. nosná frekvence, která je potřebná pro jejich detekci mozkiem. V experimentu byla použita nosná frekvence o hodnotě 200 Hz. Na tuto nosnou frekvenci byly nastaveny BR, které udávají hodnotu frekvenčního rozdílu mezi pravým a levým sluchátkem.

Do programu Gnaural byla vložena relaxační nahrávka o délce 30 minut, do které byly BR implementovány. U nahrávek byly vytvořeny epochy podle průběhu BR. Epochy byly následně využity ve vyhodnocení experimentu a jsou znázorněny barvami v tabulce č. 1.

**Tabulka č. 1:** Design binaurálních rytmtů

|                 |                 |                    |                    |                    |                    |
|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>t (time)</b> | <b>0 -1: 45</b> | <b>1 :45-2 :45</b> | <b>2 :45-4 :45</b> | <b>4 :45-7 :45</b> | <b>7 :45-10:45</b> |
| <b>BB (Hz)</b>  | 12 - 8 (Hz)     | 8 - 6 (Hz)         | 6 - 5 (Hz)         | 5 - 4 (Hz)         | 4 - 4 (Hz)         |
| <b>epochy</b>   |                 |                    |                    |                    |                    |

|                 |                    |                    |                    |                    |                    |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>t (time)</b> | <b>10:45-10:51</b> | <b>10:51-10:57</b> | <b>10:57-16:57</b> | <b>16:57-17:03</b> | <b>17:03-17:09</b> |
| <b>BB (Hz)</b>  | 4 - 8 (Hz)         | 8 - 4 (Hz)         | 4 - 4 (Hz)         | 4 - 8 (Hz)         | 8 - 4 (Hz)         |
| <b>epochy</b>   |                    |                    |                    |                    |                    |

|                 |                    |                    |                    |                    |                    |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>t (time)</b> | <b>17:09-23:09</b> | <b>23:09-23:15</b> | <b>23:15-23:21</b> | <b>23:21-29:01</b> | <b>29:01-29:07</b> |
| <b>BB (Hz)</b>  | 4 - 4 (Hz)         | 4 - 8 (Hz)         | 8 - 4 (Hz)         | 4 - 4 (Hz)         | 4 - 8 (Hz)         |
| <b>epochy</b>   |                    |                    |                    |                    |                    |

|                 |                    |                    |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| <b>t (time)</b> | <b>29:07-29:13</b> | <b>29:13-30:00</b> |
| <b>BB (Hz)</b>  | 8 - 4 (Hz)         | 4 - 0 (Hz)         |
| <b>epochy</b>   |                    |                    |

### 3.2. Vzorek

Jako metodu výběru vzorku jsem použil metodu sněžové koule. Původní vzorek obsahoval  $N = 13$  probandů, nicméně jeden z naměřených záznamů byl vyloučen kvůli technickým problémům. Analýza tedy čítala data z 12 naměřených probandů. Průměrný věk dobrovolníků se pohyboval kolem 23 let. Genderové rozdělení probandů bylo šest mužů a sedm žen. Žádný z nich netrpěl psychickými ani zdravotními problémy. Dále bylo podmínkou, aby nikdo nebyl pod vlivem návykových látek.

## 4. Průběh experimentu

Průběh experimentu je založen na expozici auditivních stimulů probandům, zatímco je soustavně měřena synchronizovaná mozková aktivita jejich kortexu za pomoci EEG. Auditivními podněty byly dva typy 30 minutových nahrávek. Experimentální verze obsahovala implementované binaurální rytmy do relaxační hudby a nahrávka kontrolní obsahovala pouze relaxační hudbu.

Před zahájením měření byly účastníkům předány instrukce a proveden polostrukturovaný rozhovor. Instrukce obsahovaly informace o délce trvání experimentu a o jeho průběhu. Dále byli probandi požádáni, aby se během experimentu pokusili uvolnit a aby vykazovali co nejmenší svalovou aktivitu. Nebyly jim dány žádné pokyny ohledně jejich kognitivních procesů. Ve výběru jejich mentálních reprezentací nebyli nijak limitováni nebo usměřováni. Polostrukturovaný rozhovor se týkal otázek ohledně psychického a fyzického rozpoložení. Většina probandů byla před experimentem v dobré náladě a poměrně uvolněném stavu až na dva S9 (binaurální nahrávka) a S4 (nonbinaurální nahrávka), kteří byli v psychickém napětí z důvodu zatěžkání povinnostmi, které měli v den experimentu ještě před sebou (jednalo se o školní záležitosti). Co se týče stavu únavy a fyzického vyčerpání, tak si 4 ze 12 probandů stěžovalo na málo odpočinku za celý den tudíž i nedostatek energie, který se projevoval pocitem únavy. Jednalo se o S5, S1, S7 (binaurální nahrávka) a S2 (nonbinaurální nahrávka).

Následně byla provedena instalace elektrod. Pro upevnění elektrod byla použita speciální čepice s čtyřiašedesáti sloty. Použito bylo dvaatřicet aktivních elektrod, které byly umístěny právě do slotů v čepici. Pro lepší přenos signálu byl použit vodivý gel. Kvalitu signálu jsem kontroloval pomocí softwaru ActiView, ve kterém následně proběhl záznam celého měření.

Po zapojení elektrod bylo zahájeno měření. Probandi během měření seděli v křesle a před sebou měli umístěný LCD monitor, na kterém se zobrazovaly instrukce během měření. Po spuštění experimentu byla prezentována instrukce: „*Po zaznění tónu zavřete oči a otevřete je po zaznění druhého tónu*“. Interval trval dvě minuty a poté následovala instrukce: „*Po zaznění tónu mějte otevřené oči a nechte je otevřené do zaznění druhého tónu*“ Interval trval opět dvě minuty. Před spuštěním

samotné terapie byla probandům zobrazena instrukce: „*Za okamžik začne 30 minutová terapie s binaurálními rytmy, oči mějte zavřené*“. Po 30 minutové terapii opět následovaly stejné instrukce a měření, které terapii předcházely.

Na konci měření byly sejmuty aktivní elektrody s čepicí a proběhl druhý polostrukturovaný rozhovor s probandy, který obsahoval stejné otázky jako rozhovor před experimentem s rozdílem, že byli navíc požádáni o referenci jejich individuálních prožitků během terapie. Všichni probandi až na S6 (nonbinaurální nahrávka) své psychické rozpoložení zhodnotili velmi kladně s pocitem relaxovanějšího psychického stavu oproti situaci před terapií. S6 si stěžoval na příliš dlouhou terapii a celkovou psychickou nervozitu během poslechu nahrávky - jeho slovy: „*těšil jsem se, až to skončí*“. Ostatní probandi občas zmínili, že by bylo vhodnější během terapie ležet a že se v pozici na židli nedokázali dostatečně uvolnit. Možnost využití pozice vleže nám však technické podmínky neumožnily. Na otázku „*Cítíte se unavenější, nebo odpočatější, oproti situaci před terapií?*“ odpověděli probandi S1, S3, S5, S6, S8, že se cítí odpočatější a více naplnění energií než před terapií. Někteří se cítili více unavení a ospalí než před terapií, byli to S2, S9, S10. Zbylí účastníci experimentu nepocítovali rozdíl oproti stavu před terapií. Zajímavější byly odpovědi na otázku, zdali je něco během poslechu zaujalo a jak na ně nahrávka působila. Většina probandů až na S6 popisovala terapii a samotnou nahrávku jako velice příjemný a uvolňující poslech relaxační hudby. Občas se zmínili, že ztráceli pojem o čase (S5, S9, S10) a dokonce někteří z nich (S2, S7) na chvíli během poslechu usnuli, což potvrdil i záznam elektroencefalogramu. Poměrně častým zážitkem se stávaly eidetické představy, kdy si dotyčný proband dokázal spontánně představit detailní, plastické mnohdy i abstraktní imaginace. Protože probandi neměli konkrétní instrukce, díky kterým by se pokusili svou pozornost zaměřit určitým směrem nebo na daný problém, tak jejich spektrum prožitků a představ bylo velice různorodé. Ve většině případů se nechali unášet relaxační hudbou a pokud z počátku poslechu řešili nějakou situaci týkající se jejich běžného života, tak se v průběhu poslechu dostali do stavu, kdy zapomněli na své problémy a zklidnili svou mysl. Někteří z účastníků (S7 a S9) dokonce slyšeli v nahrávce zvuky, které nebyly její součástí. S7 slyšel hudbu na kytaru a S9 zpěv manter tibetských mnichů. Relaxační hudba v nahrávkách iritovala několik probandů k představě prostředí, ve kterém jsou obklopeni meditujícími mnichy a to jim podle jejich slov pomohlo k lepšímu

uvolnění nejen jejich těla ale i mysli. Celkově popisovali terapii jako velice uvolňující a příjemnou na poslech až na jedinou výhradu a to absenci volby pozice jejich těla.

Bez vědomí probandů, jsem vybral poměr binaurálních a nonbinaurálních nahrávek 7 : 6. Experimentální nahrávka s BR byla prezentována 3 ženám a 4 mužům a kontrolní nahrávku bez BR poslouchali tedy 3 ženy a 3 muži.

## 5. Zpracování dat

Data byla zpracována a vyhodnocena v softwaru EEGlab, který využívá matematického programu Matlab. Měření proběhlo na 32 aktivních elektrodách. Naměřená data byla importována do programu EEGlab v BDF formátu. Poté proběhlo filtrování dat na frekvenční rozmezí 1 – 40 Hz. Data byla resamplována z hodnoty 2048 na 250 vzorků za sekundu.

Dalším krokem bylo re-referencování elektrod ve vztahu k referenčním elektrodám. Následovala kontrola lokalizace elektrod (channel location). Naměřená data byla potřeba pročistit a tak bylo provedeno odstranění artefaktů, které se nejčastěji vyskytovaly z důvodu očních pohybů a mrkání. Pro lepší přehled v naměřených datech proběhlo nastavení na 50 microvoltů v časovém rozmezí 30 sekund na jedno zobrazené okno. Ze záznamu byly odstraněny záznamy před první měřenou epochou a záznamy po epoše poslední. Po vyčištění a úpravě naměřených dat byla zhotovena studie výzkumu. Jeden z naměřených záznamů (binaurální nahrávka), byl ze studie vyřazen z důvodu špatné kvality naměřených dat. Ve výsledku byla tedy provedena studie z 6 binaurálních záznamů a 6 nonbinaurálních záznamů.

Studie obsahovala zprůměrování a porovnání dat z několika epoch se zaměřením spektrální analýzy na výskyt rytmů alfa (8 - 12 Hz) a v druhé analýze na výskyt rytmů théta (4 – 8 Hz). U každého naměřeného jedince bylo vytvořeno celkem 21 epoch. Ve dvou prvních a dvou posledních byla měřena synchronizovaná mozková aktivita při zavřených a otevřených očích. Z této naměřené aktivity byly vytvořeny spektrální analýzy s výskytem alfa a théta vln.

Další částí experimentu byla analýza každé epochy, ve které se v experimentální nahrávce vyskytovaly binaurální rytmy o frekvencích théta (4 Hz). V těchto

epochách byl opět měřen výskyt vln alfa a théta. Pro lepší přehled byla tato epocha označena jako *červená* epocha. Výsledky experimentu byly porovnány, se zaměřením na signifikantní rozdíly v aktivitě kortexu, při použití relaxační nahrávky s binaurálními rytmy a relaxační nahrávky bez implementovaných binaurálních rytmů.

## 6. Výsledky experimentu

Celkové výsledky potvrdily hypotézu, že se nebude vyskytovat signifikantní rozdíl v synchronizované mozkové aktivitě mezi experimentální a kontrolní skupinou před spuštěním terapie. Nicméně druhá hypotéza potvrzena nebyla. Po skončení terapie nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly mezi mozkovou aktivitou experimentální a kontrolní skupiny.

Třetí a čtvrtá hypotéza o výskytu signifikantního rozdílu v mozkové aktivitě během poslechu nahrávek nebyla rovněž potvrzena. Při porovnání výsledků z experimentálních a kontrolních nahrávek nebyly nalezeny signifikantní rozdíly ve výskytu vln théta a alfa.

Naměřená data z výzkumu vypovídají o zvýšeném výskytu alfa i théta vln během terapie u obou měřených skupin. Z výpovědí probandů bylo zjištěno, že terapie napomáhá ke zvýšení relaxovaného stavu a to jak mentálního tak fyzického.

### 6.1. Vizualizace dat

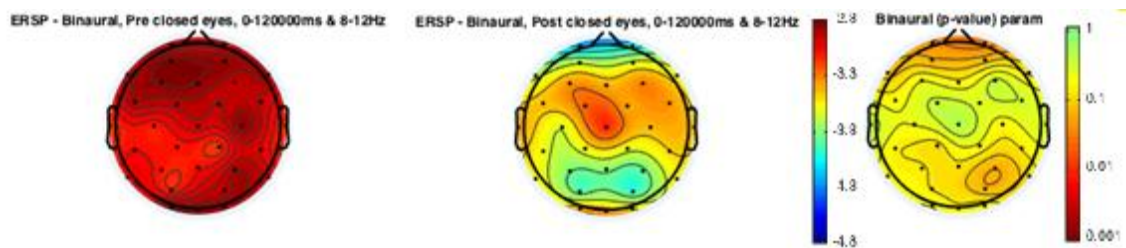
K vizualizaci dat byla použita spektrální analýza zobrazující výskyt mozkové aktivity o frekvencích théta a alfa. Obrázky znázorňují výskyt analyzované frekvence v dané etapě a následná porovnání mezi sebou. Na třetím obrázku v řadě jsou vždy zobrazeny rozdíly ve výskytu konkrétní mozkové aktivity v závislosti na analyzovaných etapách a časovém průběhu experimentu. Spodní obrázky ve sloupcích zobrazují porovnání mozkové aktivity v dané epoše mezi experimentální a kontrolní (binaurální a nonbinaurální) nahrávkou.

V prvních dvou obrázcích definuje červená barva výskyt analyzovaných frekvencí. Spektrum se pohybuje od tmavě červené po tmavě modrou, přičemž tmavě modrá definuje nejnižší výskyt analyzovaných vln.

Každý třetí obrázek (v řádku i sloupci) znázorňuje rozdíl mezi dvěma předchozími, kde tmavě červená znázorňuje signifikantní rozdíl a zelená insignifikanci.

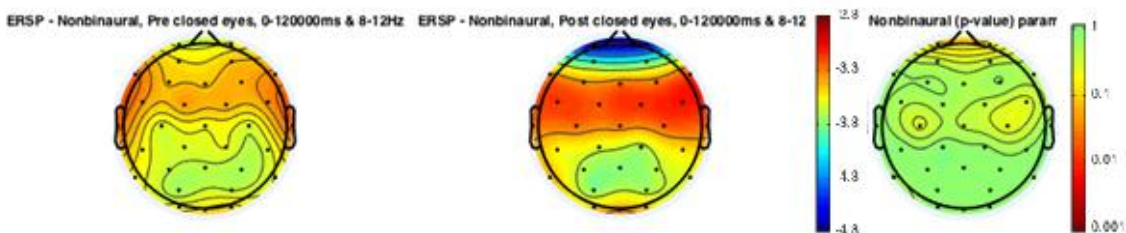
### 6.1.1. Epochy zavřených očí

**Obrázek č. 9:** Alfa aktivita kortexu před binaurální nahrávkou a po binaurální nahrávce (zavřené oči).



Na obrázku č. 9 vidíme aktivitu kortexu ve výskytu vln alfa a to při epoše zavřených očí před binaurální nahrávkou a v epoše zavřených očí po skončení experimentu. Na třetím obrázku jde vidět, že není přítomen signifikantní rozdíl mezi aktivitou před nahrávkou a po ní.

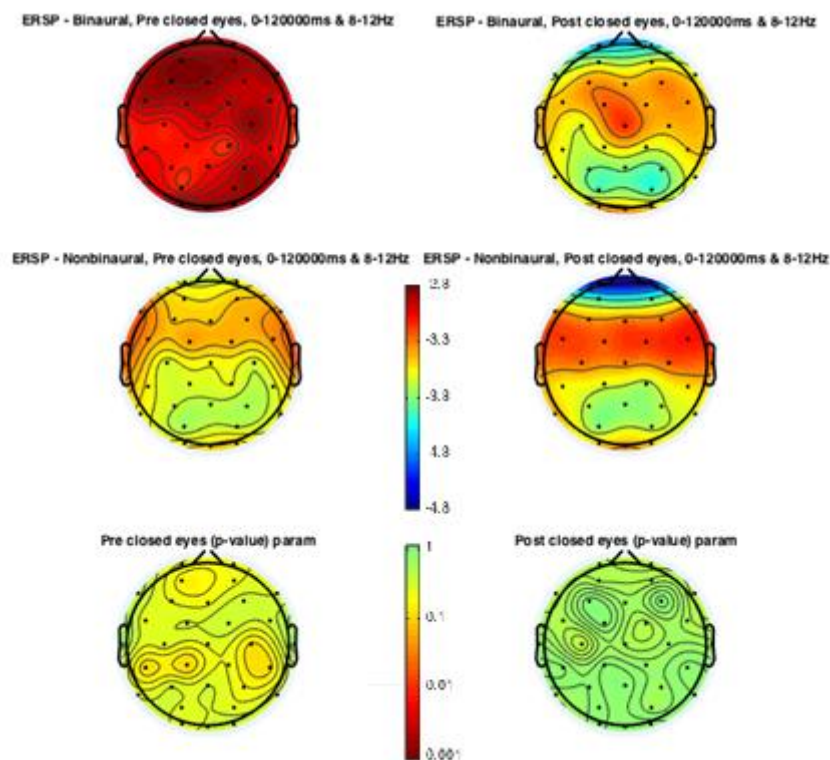
**Obrázek č. 10:** Alfa aktivita kortexu před nonbinaurální nahrávkou a po nonbinaurální nahrávce (zavřené oči)





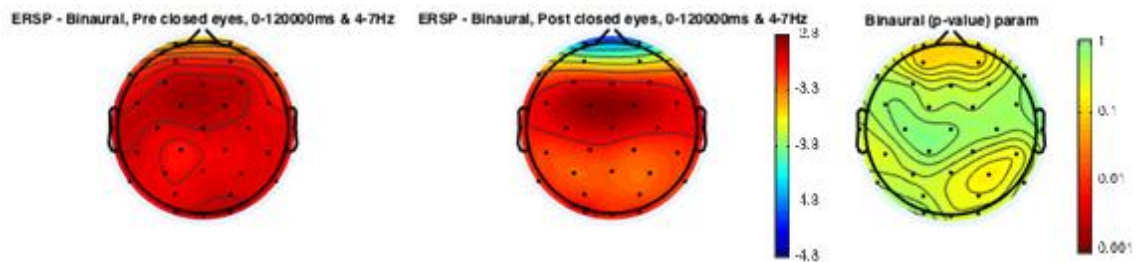
Obrázek č. 10 znázorňuje aktivitu kortexu ve výskytu vln alfa a to při epoše zavřených očí před nonbinaurální nahrávkou a v epoše zavřených očí po nonbinaurální nahrávce. Na třetím obrázku vidíme, že není přítomen signifikantní rozdíl mezi aktivitou před nahrávkou a po ní.

**Obrázek č. 11:** Porovnání aktivity alfa mezi binaurální a nonbinaurální nahrávkou před a po nahrávce (zavřené oči).



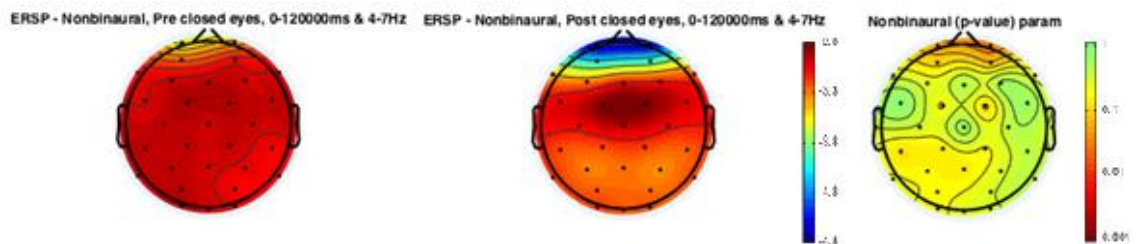
Na obrázku č. 11 vidíme, že se aktivita alfa před binaurální a nonbinaurální nahrávkou signifikantně neliší. To potvrzuje hypotézu, že před zahájením poslechu nahrávek bude aktivita kortexu stejná. Nicméně i aktivita kortexu po skončení nahrávek během zavřených očí vykazuje shodu. Rozdíl mezi důsledkem působení binaurálu a nonbinaurálu není tedy signifikantní.

**Obrázek č. 12:** Théta aktivita kortexu před binaurální nahrávkou a po binaurální nahrávce (zavřené oči)



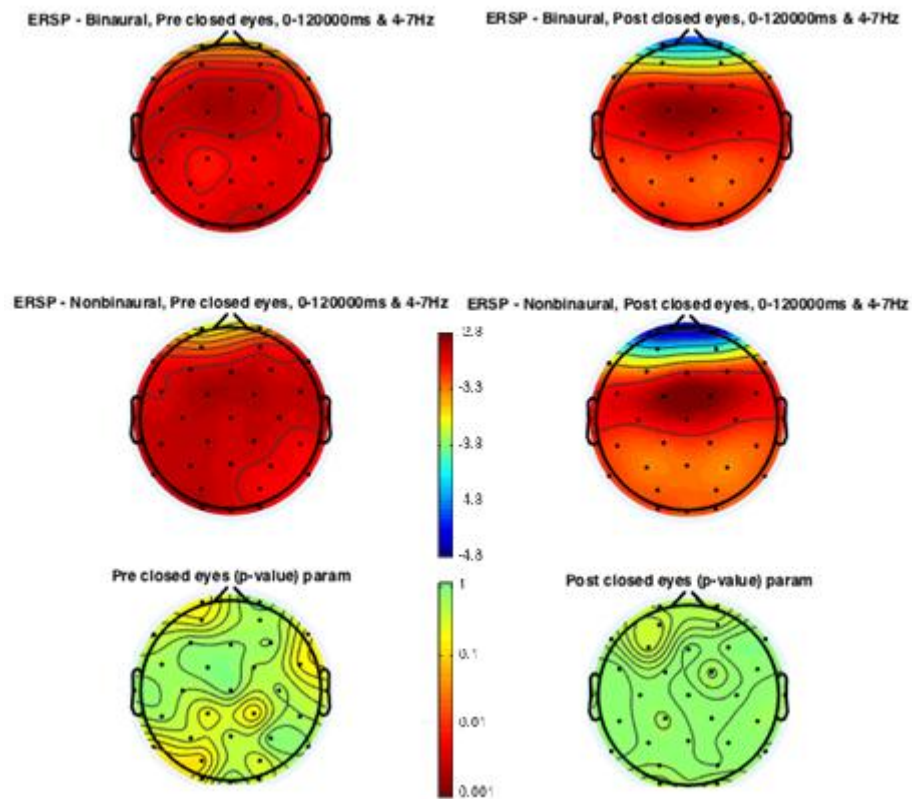
Na obrázku č. 12 vidíme aktivitu kortexu ve výskytu vln théta a to při epoše zavřených očí před binaurální nahrávkou a v epoše zavřených očí po binaurální nahrávce. Na třetím obrázku jde vidět, že není přítomen signifikantní rozdíl mezi aktivitou před nahrávkou a po ní.

**Obrázek č. 13:** Théta aktivita kortexu před nonbinaurální nahrávkou a po nonbinaurální nahrávce (zavřené oči)



Ani zde se nevyskytuje signifikantní rozdíl před poslechem relaxační nahrávky bez binaurálních rytmů a jejím skončení v epoše zavřených očí.

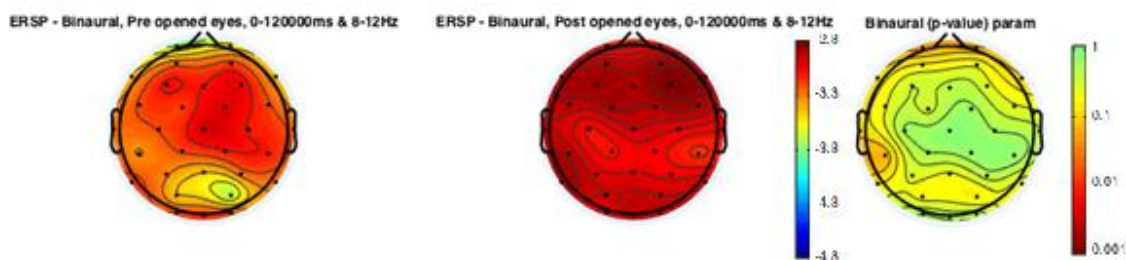
**Obrázek č. 14:** Porovnání aktivity théta mezi binaurální a nonbinaurální nahrávkou před a po nahrávce (zavřené oči).



V případě théta aktivity se opět nevyskytuje signifikantní rozdíl mezi binaurální a nonbinaurální nahrávkou. Jak lze vidět na obrázku č. 14, tak dole znázorněné rozdíly v aktivitě ukazují, že théta před poslechem nahrávek byla u binaurálu podobná jako u nonbinaurálu. Ve výsledku je zajímavý výskyt aktivity v prefrontální oblasti. To může poukazovat na oční aktivitu, přestože podle pokynů měly být oči zavřené.

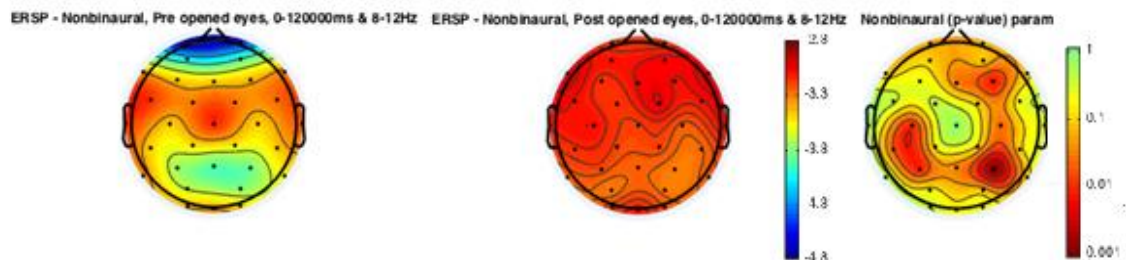
### 6.1.2. Epochy otevřených očí

**Obrázek č. 15:** Alfa aktivita kortexu před binaurální nahrávkou a po binaurální nahrávce (otevřené oči)



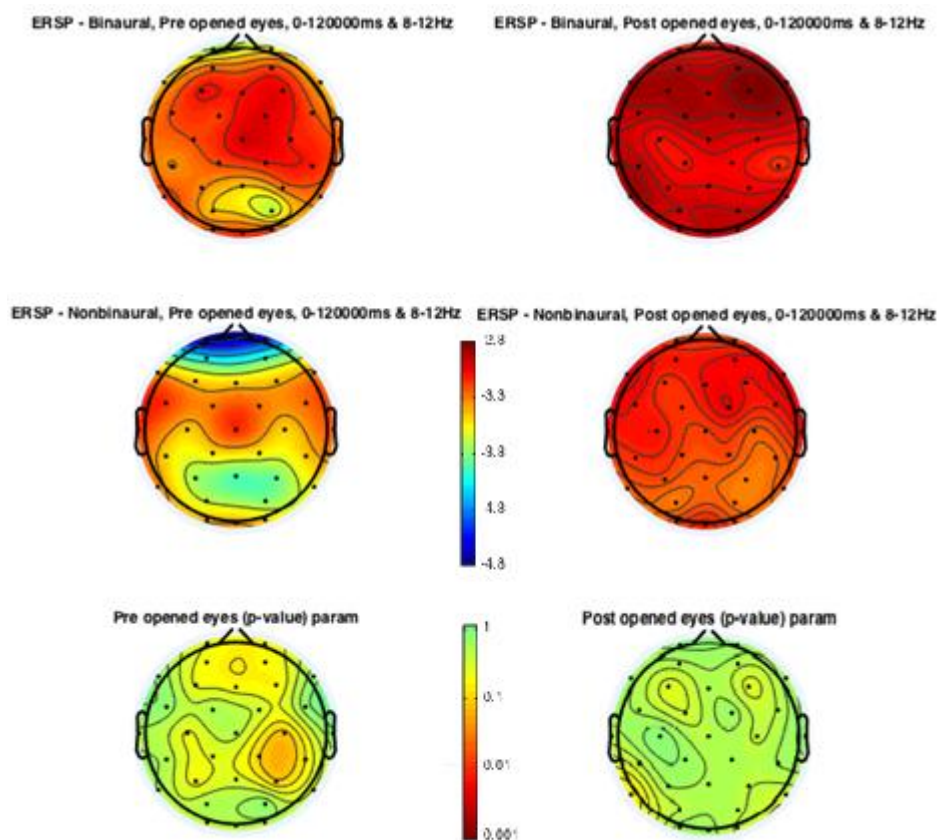
Aktivita vln alfa se po působení 30 minutové nahrávky s binaurálními rytmy signifikantně neliší, jak můžeme vidět na obrázku číslo 15. V tomto případě byly oči probandů otevřené.

**Obrázek č. 16:** Alfa aktivita kortexu před nonbinaurální nahrávkou a po nonbinaurální nahrávce (otevřené oči)



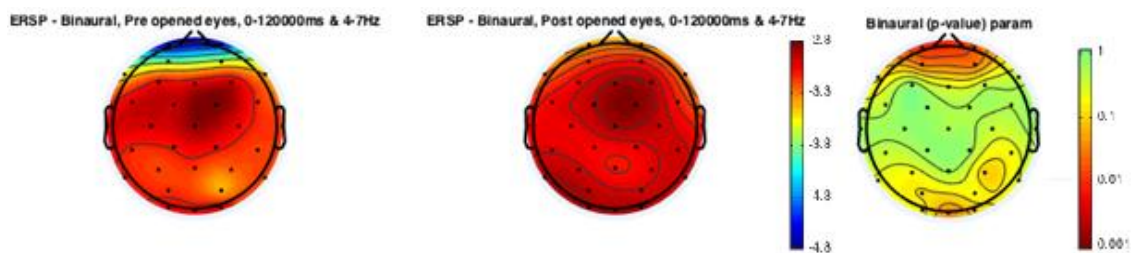
Na obrázku číslo 16 je zajímavé, že se zde vyskytuje rozdíl před poslechem nonbinaurální nahrávky a po jejím skončení. Tento úkaz je na hranici signifikance. Oproti aktivitě před poslechem nonbinaurální nahrávky jsou při měření po ní zaznamenány význačnější vlny alfa v okcipitální oblasti.

**Obrázek č. 17:** Porovnání aktivity alfa mezi binaurální a nonbinaurální nahrávkou před a po nahrávce (otevřené oči).



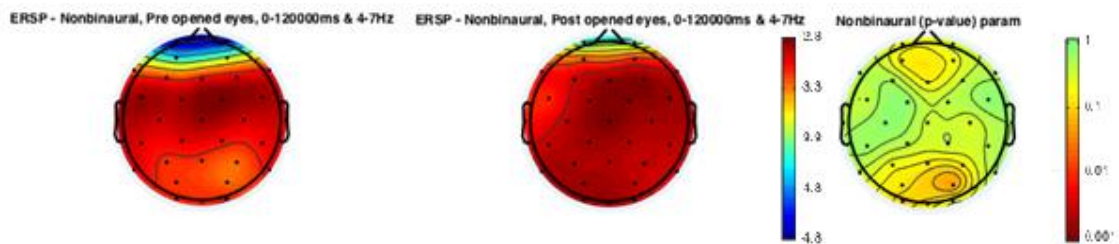
Z tohoto obrázku číslo 17 vyplývá, že efektivita binaurálních rytmů nezpůsobila signifikantní rozdíl ve vlnách alfa oproti nahrávce s nonbinaurálem. Spektrální analýza tohoto obrázku byla vyhodnocena z údajů naměřených během otevřených očí.

**Obrázek č. 18:** Théta aktivita kortexu před binaurální nahrávkou a po binaurální nahrávce (otevřené oči)



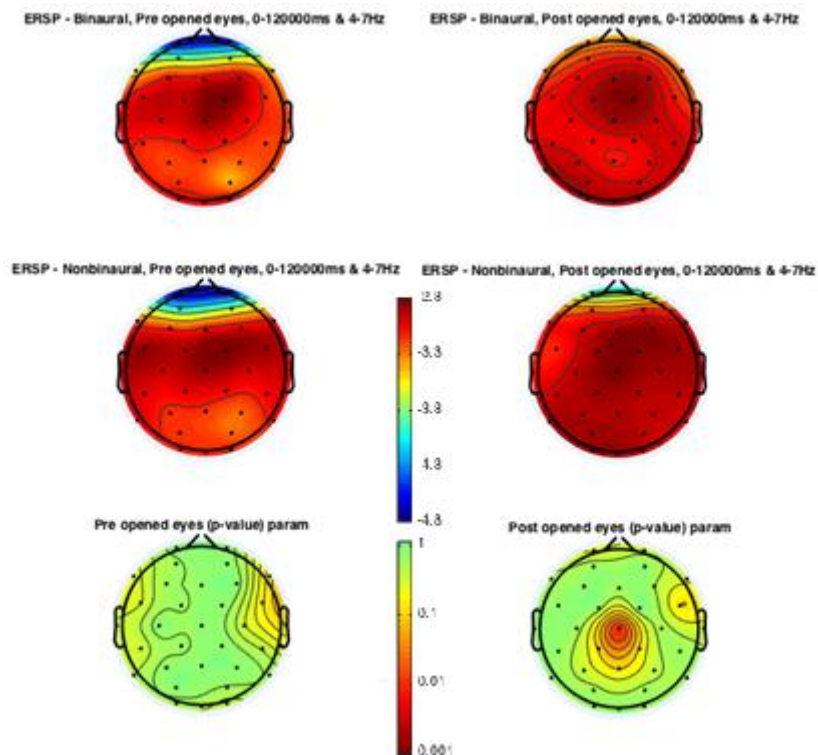
Na obrázek č. 18 vidíme rozdíl aktivity théta v prefrontální oblasti, nicméně to bude pravděpodobně způsobeno probandy, kteří měli mít oči otevřené. Rozdíl je tedy způsoben očními pohyby.

**Obrázek č. 19:** Théta aktivita kortexu před nonbinaurální nahrávkou a po nonbinaurální nahrávce (otevřené oči)



Aktivita během vln théta není signifikantně rozdílná, porovnáme-li mezi sebou aktivitu před nonbinaurální nahrávkou a po ní. V obou případech se vyskytují vlny théta, nicméně jejich výsky není signifikantně rozdílný.

**Obrázek č. 20:** Porovnání aktivity théta mezi binaurální a nonbinaurální nahrávkou před a po nahrávce (otevřené oči).

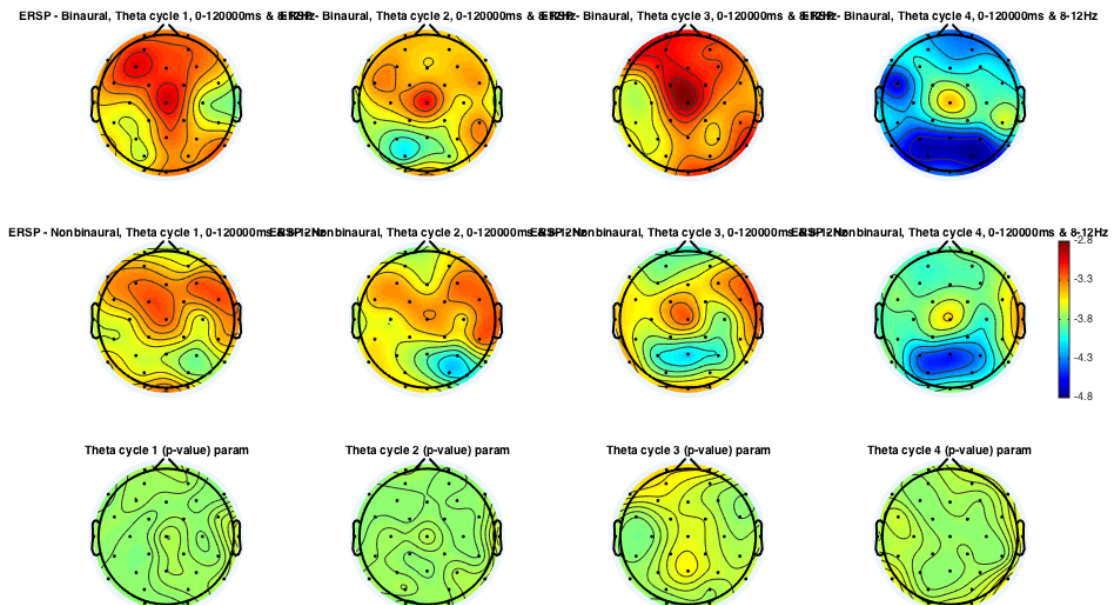


Aktivita vln théta při otevřených očích není před poslechem nahrávek rozdílná. Je zde však zajímavý rozdíl zaznamenaný po poslechu nahrávek. Na centrální elektrodě kontrolní skupiny je větší signifikance ve výskytu vln théta.

### 6.1.3. Mozková aktivita během experimentu

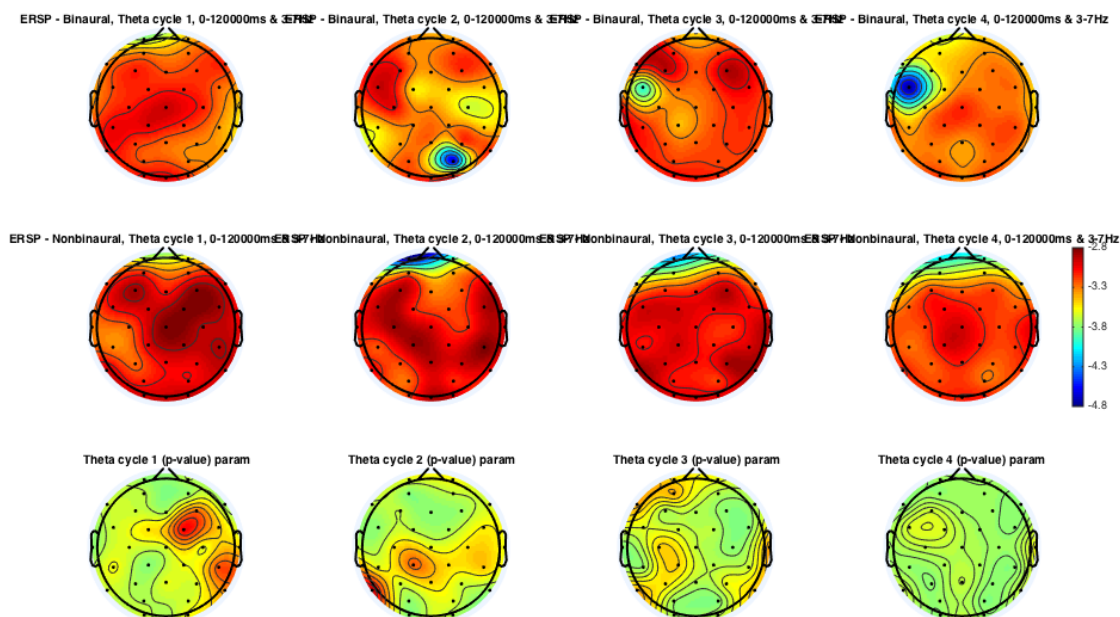
Pro analýzu během experimentu byla vybrána *červená* epocha, která se vyskytuje v nahrávkách čtyřikrát. U experimentální nahrávky je tento úsek dán binaurální frekvencí o hodnotě 4 Hz (théta). Výsledná spektrální analýza znázorňuje tyto čtyři epochy během poslechu experimentální a kontrolní nahrávky. Výsledné mapy znázorňují alfa aktivitu a théta aktivitu v těchto čtyřech úsecích. *Červená* epocha se vyskytovala v časech: **7 :45-10:45, 10:57-16:57, 17:09-23:09, 23:21-29:01**

**Obrázek č. 21:** Porovnání aktivity alfa mezi binaurální a nonbinaurální nahrávkou během čtyř fází *červené* epochy.



Ani v jedné fázi *červené* epochy není signifikantní rozdíl v mozkové aktivitě alfa mezi binaurální a nonbinaurální nahrávkou. Výskyt alfa aktivity je ve fázích 1, 2, 3 velice podobný a to jak u binaurálu, tak nonbinaurálu. Ve čtvrté fázi však aktivita o frekvenci alfa výrazně klesá. Pravděpodobně je to dáno velkou únavou probandů ve čtvrté fázi.

**Obrázek č. 22:** Porovnání aktivity théta mezi binaurální a nonbinaurální nahrávkou během čtyř fází červené epochy.



Vyhodnocení mozkové aktivity théta vykazuje značně výraznější rozdíly mezi kontrolní a experimentální nahrávkou. V první fázi je vidět rozdíl na hranici signifikance v pravé hemisféře čelního a sluchového laloku. V druhé je mírně rozdílná aktivita levé hemisféře okcipitálního laloku. Tento rozdíl v aktivitě poukazuje na větší spektrální energii v pásmu théta pro kontrolní skupinu, která neposlouchala binaurální rytmy.



## 7. Diskuze

Ve výzkumu byly testovány čtyři hypotézy. První z hypotéz H1 byla přijata a potvrzena, nicméně další tři hypotézy H2, H3 a H4 týkající se efektivity binaurálních rytmů potvrzeny nebyly. Vyhodnocení jednotlivých hypotéz je následovné:

**H1:** Naměřená data potvrzují hypotézu, že před terapií binaurálními rytmy nebude signifikantní rozdíl v synchronizované mozkové aktivitě mezi probandy v experimentální a kontrolní skupině. Výsledek této hypotézy poukazuje na fakt, že mozková aktivita mezi probandy před terapií nevykazovala signifikantní rozdíly ve výskytu vln théta a alfa.

**H2:** Výsledky naměřené po terapii nevykazují signifikantní rozdíl v synchronizované mozkové aktivitě mezi probandy v experimentální a kontrolní skupině. U kontrolní skupiny byl naměřen výrazný rozdíl mezi spektrální energií pásma alfa před terapií a výskytem této energie po terapii. Alfa vlny kontrolní skupiny po terapii byly čteněji zaznamenány v okcipitální oblasti pravé hemisféry a částečně na hranici temenního a spánkového laloku hemisféry levé. Přes tento výraznější výskyt vln alfa nebyly naměřené rozdíly signifikantní.

**H3:** Při poslechu binaurální nahrávky nebyl zaznamenán zvýšený výskyt mozkové aktivity ve vlnách théta oproti mozkové aktivitě při poslechu nonbinaurální nahrávky. V každé ze čtyř naměřených epoch nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly ve výskytu vln théta mezi experimentální a kontrolní skupinou.

**H4:** Při poslechu binaurální nahrávky nebyl zaznamenán zvýšený výskyt mozkové aktivity ve vlnách alfa oproti mozkové aktivitě při poslechu nonbinaurální nahrávky. V každé ze čtyř naměřených epoch nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly ve výskytu vln alfa mezi experimentální a kontrolní skupinou.

Během poslechu čtyř *červených* epoch byl v mozkové aktivitě zaznamenán výraznější výskyt spektrální energie v pásmu théta. Přesto tento výskyt nejevil signifikantní rozdíly mezi jednotlivými úseky. Při analýze alfa vln, během průběhu *červených* epoch byly zaznamenány výrazné rozdíly ve spektrální energii v pásmu alfa a to zejména mezi třetím a čtvrtým úsekem. V průběhu čtvrté epochy byl zaznamenán výrazný pokles spektrální energie v pásmu alfa a to v případě experimentální i kontrolní skupiny.

Efektivita binaurálních rytmů se z výsledků výzkumu jeví jako neprůkazná. V žádné části terapie nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou. Vyšší hodnoty spektrální energie v alfa i théta pásmu byly pravděpodobně způsobeny samotnou relaxační nahrávkou a sníženou svalovou aktivitou. Relaxační nahrávka uváděla probandy do stavů vědomí se zvýšenou produkcí vln théta i alfa. Analýza výzkumu byla zaměřena na výskyt vln v celém alfa a théta pásmu. Signifikantní rozdíl mezi binaurální a nonbinaurální nahrávkou mohl být patrný při použití přesnější analýzy. Ve čtyřech zmíněných epochách probíhala stimulace binaurálními rytmy o výšce frekvence 4 Hz. Pokud se v experimentální skupině vyskytovaly vlny théta bližší hodnotě 4 Hz a v kontrolní skupině frekvence mozkové aktivity bližší vysoké thétě (6 – 7 Hz), tak nebylo možné tento rozdíl zaznamenat, protože použitá analýza byla zaměřena na celé pásmo théta (4 - 8 Hz).

## Závěr

Výsledky experimentu nevykazovaly signifikantní rozdíl v mozkové aktivitě mezi kontrolní a experimentální skupinou. Samotná relaxační nahrávka se projevila jako velice efektivní pro navození vyššího výskytu mozkových vln alfa i théta. Avšak binaurální rytmy implementované do experimentální nahrávky neměly na probandy takový vliv, aby se naměřené rozdíly v mozkové aktivitě probandů jevily jako signifikantní. Efektivita binaurálních rytmů závisí na mnohých faktorech, je tedy možné, že použitá metodologie vytvořila takové podmínky, které neumožnily vznik procesů, jejichž důsledkem je efektivita binaurálních rytmů.

Přestože výsledky mé práce nepotvrdily vliv binaurálních rytmů pro navození stavů vědomí s výskytem mozkových vln alfa a théta tak některé další výzkumy, které jsem okrajově zmínil v teoretické části poukazují na zjevný potenciál tohoto nástroje.

## Souhrn

Bakalářská práce je rozdělena na dvě základní části - teoretickou a praktickou část. V teoretické části se snažím uvést čtenáře do problematiky binaurálních rytmů a do pole jejich využití. V praktické části bakalářské práce rozepisuji celý proces mého výzkumu od počátečního návrhu k vytvoření experimentu až po výsledky měření.

První kapitola celé bakalářské práce popisuje elektrickou aktivitu mozku a její rozdělení na frekvenční pásma synchronizované mozkové aktivity, u kterých uvádím průvodní projevy těchto stavů. Další část vysvětluje binaurální rytmy samotné a procesy, které jsou důsledkem těchto rytmů. V této části uvádím i kapitolu o vnímání zvukových signálů pro snazší představu detekce binaurálních rytmů auditivním systémem člověka. Následuje kapitola, kde popisuji proces synchronizace aktivity mozkových hemisfér (brainwave entrainment), jenž by měl být důsledkem působení binaurálních rytmů. V teoretické části bakalářské práce bylo z mého pohledu na místě popsat další výzkumy zaměřené na využití binaurálních rytmů a tak jsem vytvořil kapitolu zmiňující několik výzkumů tohoto charakteru. Jedná se o výzkumy zaměřené na pozornost, léčbu úzkosti, paměť a zmírnění tinnitu pomocí procesu brainwave entrainment. Další kapitolu s názvem Neuroplasticita jsem uvedl, protože některé výzkumy naznačují, že neuroplasticita hraje významnou roli v efektivitě binaurálních rytmů. Předposlední kapitola teoretické části je zaměřena na vědomí a jeho změněné stavy, kde jsem se nejvíce zaměřil na meditační stavy vědomí, protože by měly být alespoň částečně vyvolány experimentem, z kterého bakalářská práce vychází. Do závěru teoretické části jsem napsal kratší kapitolu o elektroencefalografii a měření signálu mozkové aktivity, poněvadž by bez tohoto zařízení nebylo možné výzkum uskutečnit a tak si nezasvěcený čtenář zaslouží získat alespoň nějaké povědomí o této technologii.

V praktické části bakalářské práce popisuji laboratorní experiment, jehož součástí je použití EEG přístroje se sadou 32 aktivních elektrod. Podstatou celého experimentu je zjistit efektivitu binaurálních rytmů obsažených v relaxační nahrávce oproti efektivitě nahrávky samotné. Tato efektivita spočívá v dosažení většího výskytu elektrochemické aktivity o specifických frekvencích, v tomto případě se jedná o frekvenční pásmo alfa a théta. V programu Gnatural byla vytvořena nahrávka binaurálních rytmů a ta byla vložena do relaxační nahrávky s hudbou tibetských mís.

Účastníci (probandi) výzkumu pocházeli z řad vysokoškolských studentů, kteří byli následně rozděleni do experimentální a kontrolní skupiny. Experimentální skupina poslouchala 30 minut relaxační audio nahrávku s implementovanými binaurálními rytmy a kontrolní skupina pouze relaxační nahrávku, která byla časově i na poslech stejná, jako nahrávka v experimentální skupině. Během celého poslechu nahrávek byla probandům měřena aktivita kortexu s využitím EEG pomocí 32 aktivních elektrod. V průběhu instalace elektrod na povrch hlavy každého probanda proběhl vstupní rozhovor za účelem zjištění jejich psychického a fyzického stavu. Stejná konverzace proběhla i po skončení experimentu s rozdílem jedné dodatečné otázky navíc a to, zdali je něco během poslechu zaujalo a jak na ně nahrávka působila.

Výzkum proběhl v Neuropsychologické laboratoři Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Data byla naměřena od třinácti účastníků experimentu, avšak jeden z nich musel být ze závěrečné analýzy vyřazen kvůli nedostatečné kvalitě signálu.

Data byla následně zpracována a interpretována v programech EEGlab a Matlab. Pro vyhodnocení výsledků byla použita statistická metoda ANOVA a párový T -test. Interpretace výsledků byla zobrazena a popsána ve formě spektrální analýzy.

Výsledky experimentu nepotvrdily signifikantní rozdíl mezi naměřenými daty v kontrolní a experimentální skupině. Byla potvrzena pouze jedna hypotéza, která říká, že se před poslechem nahrávek nebude vyskytovat signifikantní rozdíl v mozkové aktivitě mezi experimentální a kontrolní skupinou. Ostatní hypotézy potvrzeny nebyly. Mírný rozdíl během poslechu nahrávek sice zaznamenán byl, ale vyskytoval se na hranici signifikance a to nestačilo k potvrzení žádné z dalších hypotéz. Naměřená data však poukazují na efektivitu samotné relaxační nahrávky, která uvedla většinu probandů do relaxovaného stavu vědomí. Nicméně výzkum byl zaměřen na efektivitu binaurálních rytmů, která potvrzena nebyla.

## Reference

- Adrian, E ., Mathews, B . (1934). The bergers rhythm: potential changes from the occipital lobes in man. *Brain*. 355-384.
- Atwater, F . H . (1997). Accessing anomalous states of consciousness witch a binaural beat technology. *Journal of scientific exploration*. Vol. 11, No. 3 , pp. 263-274
- Atwater, F . H . (1997). *Stealthskater*. Získáno 28. březem 2015, z [http://stealthskater.com/Documents/Lucid\\_05.pdf](http://stealthskater.com/Documents/Lucid_05.pdf)
- Austin, J. H. (1998). *Zen and the Brain: Toward an Understanding of Meditation and Consciousness*. Massachusetts Institute of Technology
- Blackmoore, S . (2004). *Consciousness: An Introduction*. New York: Oxford university press.
- Brady, B., Stevens L. (2000). Binaural-beat induced theta EEG aktivy and hypnotik. *The American journal of clinical hypnosis*, 53-69. Získáno 12. dubna 2015 z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10911677>
- Büttner-Ennever, J . (1988). Neuroanatomy of the oculomotor system. The reticular formation. *Reviews of Oculomotor Research* , stránky 119-176.
- Clarke, L . (2002). *What are Binaural Frequencies & How can created?* Získáno 15. duben 2015, z the-guided-meditation-site: <http://www.the-guided-meditation-site.com/binaural-frequencies.html>
- David, J . B ., Naftali, A ., & Katz, A . (listopad 2010). Tinntain: A multifactorial treatment for tinnitus using binaural beats. *Hearing Journal*, stránky 25-26,28.
- Davidson, R. J. (2008). Buddha's Brain: Neuroplasticity and Meditation. *Journal list*. 174-176. Získáno 20. dubna 2015 z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2944261/>
- Grof, S . (2013). *Kosmická hra: Zkoumání hranic lidského vědomí*. Praha: Práh.
- Halliday, D . (2001). *Fyzika: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. Brno: VUTIUM.
- Huang, T . L ., Charyton, Ch. (2008). A comprehensive review of psychological effects of brainwave entrainment. *Alternative therapies in health and medicine*.
- Ionnou, CH., Bhattacharya, J. (2012). Neural Oscillatory Responses to Binaural Beats: Differences Between Musicians and Non-musicians. Získáno 20. dubka 2015 z: [http://icmpc-escom2012.web.auth.gr/sites/default/files/papers/492\\_Proc.pdf](http://icmpc-escom2012.web.auth.gr/sites/default/files/papers/492_Proc.pdf)

- Káš, S . (2006). Malý slovník jmen lékařů a vědců, jejichž jména jsou spojena s názvy nervových chorob, syndromů, příznaků či částmi nervového systému. *Neurologie pro praxi* , stránky 291–294.
- Kennerly, R . C . (2009). An Empirical Investigation Into the Effect of Beta Frequency Binaural Beat Audio Signals on Four Measures of Human Memory. *Human Potential: Exploring Techniques Used to Enhance Human Performance*. New York: Taylor & Francis.
- Kennett, R. (2012). Modern electroencephalography. *Journal of neurology*, 783-789. Získáno 22. března 2015 z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22314552>
- Kulišťák, P . (2011). *Neuropsychologie*. Praha: Portál.
- Lane, J . (1998). Binaural Auditory Beats Affect Vigilance. *Physiology & Behavior*, stránky 249–252.
- Mark, F., Bear, B. W. (2007). *Neuroscience: Exploring the brain*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Nave, C . N . (2000). *Diffraction of Sound*. Získáno 22. červen 2015, z hyperphysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/sound/diffrac.html>
- Niedermeyer, E . (2005). *Electroencephalography*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Oster, G . (1973). Auditory beats in the brain. *Scientific American*. Získáno 20. Listopadu 2014 z : [brainisohertz.it](http://brainisohertz.it)
- Peters, J. F., Maurice, I. (1974). Early components of the averaged electroencephalic response to monaural and binaural stimulation. *Audiology*. 13: 195-204. Získáno 14. Ledna 2015 z <http://www.isa-audiology.org/>
- Ráso, O. (2013). *Objektivní měření a potlačování šumu v hudebním signálu*. Vysoké učení technické. Brno
- River, (2014). *Binaural Beats Research Studies: Do They Work?* Získáno 21. dubna 2015 z: <http://binauralbeatsdrugs.com/2014/09/02/binaural-beats-research-studies-work/>
- Saeid Sanei, J . A . (2007). *EEG Signal Processing*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Scouranec, R .-P . L ., Poirier, R .-M ., Owens, J . E ., Gauthier, J ., & al., e . (Leden 2001). Use of binaural beat tapes for treatment of anxiety: A pilot study of tape preference and outcomes. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, stránky 58-63.
- Sensei S . Graef, K . & kolektiv autorů (1999). *Buddhismus & psychologie*. Bratislava: Cad Press.
- Schuman, M. (1980). The Psychophysiological Model of Meditation and Altered States of Consciousness: A Critical Review. *The Psychobiology of Consciousness*.

333-378. Získáno 20. dubna 2015 z: [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-3456-9\\_13](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-3456-9_13)

Tart, C. T. (1972). *Altered States of Consciousness*. Oxford: Doubleday.

Thompson, D. (2007). Acoustic brainwave entrainment with binaural beats. Center for neuroacoustic research. Získáno 28. listopadu 2014 z <http://www.neuroacoustic.com/entrainment.html>

Treadway, M. (2010). Meditation and neuroplasticity: Using mindfulness to change the brain. *Assessing Mindfulness and Acceptance Processes in Clients: Illuminating the Theory and Practice of Change*. Context Press. Získáno 10. dubna 2015 z [http://www.psyn-journal.com/article/S0925-4927\(10\)00288-X/abstract?cc=y](http://www.psyn-journal.com/article/S0925-4927(10)00288-X/abstract?cc=y)

Trojan, S., Pokorný, J. (1997). Theoretical aspect of neuroplasticity. *Bratislavské lékařské listy*, č. 12, s. 667-673. Získáno 28. března 2015 z [http://www.biomed.cas.cz/physiolres/pdf/48/48\\_87.pdf](http://www.biomed.cas.cz/physiolres/pdf/48/48_87.pdf)

Turner, L. (2007). *Meditace*. Praha: Slovart.

Valuch, J. M. (1997). *Neurotechnologie, mozek a souvislosti*. Praha: Gradior Galaxy

Vialatte, F. B. (2007). EEG paroxysmal gamma waves during Bhramari Pranayama: A yoga breathing technique. *Consciousness and cognition*. 977-988. Získáno 20. dubna 2015 z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053810008000056>

von der Malsburg, C. (1997). *The Coherence Definition of Consciousness*. Los Angeles: Oxford University Press.

Wahbeh, H., Calabrese, C., Zwickey, H., Zajdel, D. (2007). Binaural beat technology in humans: a pilot study to assess neuropsychologic, physiologic, and electroencephalographic effects. *Journal of alternative and complementary medicine*. New York, N.Y.), 199-206.

Worden, F. M. (1968). Frequency-following (microphonic-like) neural responses evoked by sound. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, stránky 42–52