

# Utjecaj theta moždanih valova na neke psihološke i fiziološke parametre

---

**Blagus, Doroteja**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:158:128704>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Education and Rehabilitation Sciences - Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

## Diplomski rad

Utjecaj theta moždanih valova na neke psihološke i  
fiziološke parametre

Studentica: Doroteja Blagus

Zagreb, rujan 2018.

Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

## Diplomski rad

# Utjecaj theta moždanih valova na neke psihološke i fiziološke parametre

Studentica: Doroteja Blagus

Mentor: Doc.dr.sc. Damir Miholić

Zagreb, rujan 2018.

## **Izjava o autorstvu rada**

Potvrđujem da sam osobno napisala rad *Utjecaj theta moždanih valova na neke psihološke i fiziološke parametre* i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno su označeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Ime i prezime: Doroteja Blagus

Mjesto i datum: Zagreb, rujan 2018.

## **Zahvala**

*Zahvaljujem se svome mentoru doc. dr.sc. Damiru Miholiću na vođenju i usmjeravanju tijekom pisanja ovoga rada. Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima na ukazanom povjerenju i podršci tijekom svih ovih godina te sestri koja je strpljivo lektorirala ovaj rad.*

*Naposljetku se želim zahvaliti samoj sebi što sam uspjela napisati ovaj rad dok su se svi drugi kupali na moru.*

## Utjecaj theta moždanih valova na neke psihološke i fiziološke parametre

Studentica: Doroteja Blagus

Mentor: Doc.dr.sc. Damir Miholić

Modul: Odsjek za motoričke poremećaje, kronične bolesti i art-terapije

### Sažetak rada

Theta valove, ovisno moždanom području gdje se pojavljuju, možemo podijeliti na kortikalne i hipokampalne theta valove, a njihova razlika nije samo u frekvenciji već i u ulozi koju imaju. Većina dostupnih informacija o ljudskoj hipokampalnoj theta aktivnosti dolazi iz nekoliko malih studija provedenih sa sudionicima koji boluju od epileptičnih napadaja, s intrakranijalno ugrađenim elektrodama koje su se koristile kao dio liječenja. Iako su Stewart i Fox (1991) opisali jasan 7-9 Hz theta ritam unutar hipokampusa, u najvećim i najsustavnijim istraživanjima, Cantero i sur. (2003) utvrdili su da se oscilacije u frekvencijskom području od 4-7 Hz mogu zabilježiti u hipokampusu i neokorteksu iako neki autori naglašavaju kako su ove dvije theta aktivnosti zapravo nepovezane. Kortikalni theta valovi označavaju frekvenciju od 4 do 7 Hz. Njihovo poznavanje posebno je važno unutar kreativnih terapijskih i psihoterapijskih procesa jer se javljaju u trenucima kada nam je podsvijest aktivirana te kada dolazi do prorade svih potisnutih sadržaja. U tom su stanju osjetila povučena iz vanjskog svijeta i usmjerena na unutarnje signale. Također, theta valovi povezuju se sa stanjem duboke meditacije i regeneracije organizma. Mnogi znanstvenici koji se bave istraživanjima meditativnih stanja i neurološkog aspekta koji stoji iza istih, otkrili su veliku povezanost moždanih valova sa određenim stanjima svijesti koja se koriste kako bi se utjecalo na različita stanja psihičkog i fizičkog zdravlja. Unutar Edukacijsko – rehabilitacijske struke poznavanje moždanih valova daje uvid u biologiju koja stoji iza nekog ponašanja, potrebe ili osjećaja te na taj način omogućuje bolje koncipiranje terapijskog proces. Cilj ovog preglednog rada je prikazati dosadašnja saznanja vezana uz područje neuroznanosti koja se bave istraživanjem theta moždanih valova i primjenu ovih spoznaja u različitim interdisciplinarnim kontekstima.

**Ključne riječi:** *moždani valovi, theta moždani valovi, hipokampus, pamćenje, kreativne terapije, sofrologija*

## **Influence of theta brain waves on some psychological and physiological parametres**

Name and surname of the student: Doroteja Blagus

Name and surname of the mentor: Doc. dr. sc. Damir Miholić

Module: Educational rehabilitation; Motor disorders, chronic diseases and art therapy

### **Abstract**

Theta waves, depending on the cerebral area where they appear, can be divided into cortical and hypoamphthal theta waves, and their difference is not only in frequency but also in the role they have. Most available information on human hippocampal theta activity comes from several small studies conducted with participants suffering from epileptic seizures with intracranial-built electrodes used as part of the treatment. Although Stewart and Fox (1991) described a clear 7-9 Hz theta rhythm within the hippocampus, in the largest and most systematic studies, Cantero et al. (2003) found that oscillations in the frequency range of 4-7 Hz can be recorded in the hippocampus and neocortex, although some authors emphasize that these two theta activities are virtually unrelated. Cortical theta waves indicate a frequency of 4 to 7 Hz. They are particularly important within creative therapeutic and psychotherapeutic processes because they occur in moments when the subconscious is activated and when all the suppressed content is received. In this psychological and physical state, all of the subjects sensations are withdrawn from the outside world and focused on internal signals. Also, theta waves are associated with the state of deep meditation and regeneration of the organism. Many scientists dealing with meditation and neurological research behind it have discovered a great association of brain waves with certain states of consciousness that are used to influence different states of physical and mental health. Within the Educational and Rehabilitation profession, knowledge of brain waves gives an insight into biology behind a certain behavior, a person's need or feeling and thus provides a better understanding of the therapeutic process. The aim of this review is to present the knowledge of neuroscience in the field of brainwave research and the application of these findings in various interdisciplinary contexts.

**Key words:** *brain waves, theta brain waves, hippocampus, memory, creative therapy, sophrology*

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Moždani valovi .....	2
<b>2.1. Alpha valovi.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Beta valovi.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Theta.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Delta .....</b>	<b>7</b>
<b>2.5. Gamma.....</b>	<b>8</b>
3. Razvoj i uloga moždanih valova u fenomenu plastičnosti.....	9
4. Važnost nižih frekvencija.....	12
5. Theta moždani valovi.....	13
<b>5.1. Hipokampalna theta moždana aktivnost.....</b>	<b>14</b>
5.1.1. Uloga hipokampusa.....	14
5.1.2. Oscilatorna aktivnost hipokampusa .....	17
5.1.3. Pamćenje i theta aktivnost.....	19
<b>5.2. Kortikalna theta aktivnost .....</b>	<b>24</b>
6. Negativne strane povećane theta moždane aktivnosti.....	25
<b>6.1. ADHD.....</b>	<b>25</b>
7. Theta moždani valovi unutar koncepta art/ekspresivnih terapija i sofrologije .....	26
8. Tehnike koje povećavaju razinu theta moždanih valova .....	33
<b>8.1. Meditacija .....</b>	<b>33</b>
<b>8.2. Yoga.....</b>	<b>36</b>
<b>8.3. Glazba .....</b>	<b>37</b>
<b>8.4. Binauralni ritam.....</b>	<b>37</b>
9. Zaključak.....	40
10. Literatura .....	41



## 1. Uvod

Sve naše aktivnosti, odnosno stanja, kao što su: san, odmor i relaksacija, rješavanje složenih matematičkih problema ili rasprave prate različiti moždani valovi. Osim na području medicinskih znanosti, poznavanje istih iznimno je važno za sva humanistička i društvena usmjerenja koja uključuju istraživanje čovjeka i rad s ljudima, bilo terapijski ili znanstveno. U okvirima Edukacijsko – rehabilitacijske struke poznavanje moždanih valova daje nam uvid u maleni dio biologije koja stoji iza svakog terapijskog procesa, čije je poznavanje nužno kako bi tretman s korisnikom bio potpuniji. Poznavanje prirode moždanih oscilacija daje nam odgovore na pitanja poput: što se događa s različitim valnim oscilacijama u mozgu, kada se one pojavljuju, kako utječu na naše ponašanje i fiziologiju, na kraju i terapijski proces, te možemo li i kako utjecati na njih? Kad je Hans Berger izumio elektroencefalograf (EEG), uređaj koji mjeri spontanu električnu aktivnost mozga, ustanovljeno je da su različita stanja svijesti povezana s promjenom u frekvenciji moždanih valova. Više frekvencije valova najčešće povezujemo s budnosti i koncentracijom, a kako se frekvencija valova smanjuje, otvaraju se vrata za ulazak u područja izvan svjesnog, tj. onoga što je Freud nazvao podsvijest. U ovom radu najveći naglasak bit će na theta valovima koji, iako se najčešće povezuju s pamćenjem, veliki utjecaj imaju na opuštenost tijela i smirivanje organizma.

Theta valovi najintragantnije su moždane oscilacije danas proučavane (Colgin, 2013). Zbog njihove funkcije i uloge Lynch i Baudry (1984) nazivaju ih još čarobnim ritmom. Prvi su puta ove oscilacije otkrivene kod zečeva kada je njihova funkcija bila u potpunosti nepoznata. Danas se theta ritam najčešće veže uz hipokampalnu aktivnost te mu se pripisuje velika uloga u funkciji učenja i procesuiranja memorije. Iako danas postoji sve više istraživanja na tu temu, sva se uglavnom temelje na životinjama te i dalje postoje neodgovorena pitanja vezana uz aktivnost theta valova kod ljudi. Osim velike važnosti koju povezuju s pamćenjem, sve se više govori o njezinoj aktivnosti unutar korteksa koja se za razliku od hipokampalne theta aktivnosti mjeri neinvazivnim metodama te ju je danas puno lakše pratiti. Ona se, s druge strane, povezuje sa stanjem opuštenosti i duboke relaksacije, automatskim radnjama i stanjima niske koncentracije. Znanstvenici koji se bave proučavanjem meditativnih stanja također spominju theta oscilaciju kao val često zabilježen u stanjima duboke meditacije ili onoga što meditatori nazivaju stanjima "dubokog blaženstva". Također, sve je češće spominjana u okvirima hipnoterapije te joj se pripisuje velika uloga koju ima u funkciji sugestibilnosti. Time je ovaj frekvencijski raspon postao još zanimljiviji, zakoračivši u prostore

alternativnog, nešto manje istraženog svijeta koji još uvijek nije u potpunosti otključao vrata znanosti. U ovom će se radu spomenuti svaka funkcija theta moždanih valova povezana s određenim moždanim područjima koji su do sada prikazani kroz razna istraživanja. No za razliku od svih prijašnjih radova na ovu temu, koji ističu njezinu važnost vezanu uz pamćenje, u ovom će radu naglasak biti na njezinoj ulozi u metodama relaksacije i psihoterapeutskom procesu te na važnosti tih metoda unutar Edukacijsko – rehabilitacijske struke, pogotovo unutar područja sofrologije i art ekspresivnih terapija, kojima je jedan od glavnih ciljeva opuštanje, relaksacija i prorada emocionalnog sadržaja.

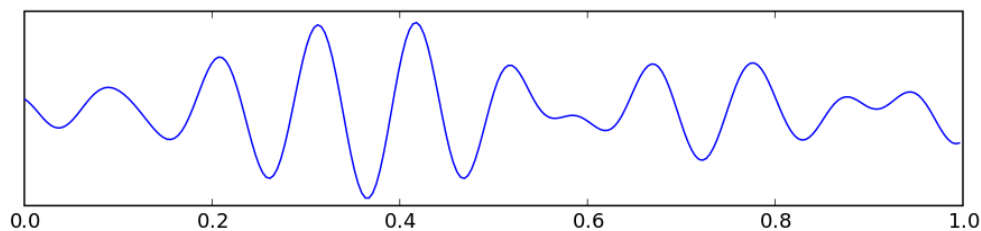
## **2. Moždani valovi**

Wise (2011, str. 18) navodi da „svako stanje koje doživljavamo obuhvaća simfoniju moždanih valova, a svaka frekvencija svira svoj karakterističan dio. Taj fino istkan, složeni međuodnos frekvencija moždanih valova određuje naše stanje svijesti. Iako malokad stvaramo samo jednu vrstu moždanih valova, svaka vrsta ima svoje značajke i karakteristike.“ Aktivnost moždanih valova predstavlja električnu aktivnost neurona, tj. fluktuaciju napona iz ionskog protoka unutar neurona, u mozgu (Desai, Tailor, Bhatt, 2015). Moždani valovi definirani su frekvencijom, amplitudom, faznim kutom (FAP) te trajanjem koje se mijenja s obzirom na senzorne podražaje u okolini (Sih i Tang, 2013). Ova električna aktivnost bilježi se elektroencefalogramom (EEG) te će EEG predstaviti ovu električnu aktivnost u obliku valova ili oscilacija. Te oscilacije reprezentiraju specifičnu aktivnost u mozgu. EEG zapisi započinju postavljanjem elektroda na vanjsku stranu lubanje. Taj uređaj potom mjeri naponske fluktuacije iz ionskih tokova neurona u mozgu, otkriva ih te predstavlja fluktuacije kao val ili oscilaciju te daje bilješke u kojim se regijama i koliko učestalo pojavljuje određena oscilacija (Desai, Tailor, Bhatt, 2015). Različiti obrasci moždanih valova variraju od jednog do drugog tipa. Pet je osnovnih vrsta moždanih valova koji se obično rangiraju od niske do visoke amplitude te od visoke do niske frekvencije. Oni su, tim redoslijedom, gamma, beta, alpha, theta i delta valovi (Sih i Tang, 2013). Gray (2005) navodi četiri osnovne vrste moždanih valova te objašnjava da se normalni raspon frekvencija moždanih valova u neuronima kore velikog mozga otprilike kreće između 0.5 Hz do 30 Hz, a zaključak izveden iz brojnih istraživanja podržava njegovu ideju da se svakodnevna stanja moždanih valova mogu podijeliti u alpha, beta, theta i delta frekvencije koje su povezane s različitim stanjima

budnosti i spavanja, time sugerirajući da su gamma moždani valovi još uvijek nedovoljno istraženi. No svaki od tih pet moždanih valova ima svoje prednosti koje su vezane uz funkciju koju imaju u određenom stanju svijesti. Također, moždani valovi imaju sposobnost izmjene svojih oscilacijskih rangova tj. prebacivanja s jedne vrste valova na drugu. Na primjer, u theta i delta stanju nećemo biti svjesni svih dostupnih informacija osim ako se te informacije ne prenesu kroz podsvjesno stanje preko alpha moždanih valova. Dakle alpha moždani valovi prenose informacije iz dijelova svijesti zastupljenih dubljim, theta i delta moždanim valovima. Alpha valovi dodaju slike i određene vizualne aspekte informacijama koje prenose kako bi aktivirali svjesne beta valove mozga. Na taj način, informacije iz nesvjesnih theta i delta kanala, moždani valovi prenose kroz alpha u beta raspon da bi se poruka razumjela. S tim u vezi, jedna se vrsta valova može aktivirati dok se druga vrsta može deaktivirati.

U novije vrijeme, sve se više počinju istraživati i gamma moždani valovi koji predstavljaju frekvenciju iznad 40 Hz te se o njima, donedavno, puno manje pisalo. Moždani valovi prirodno se pojavljuju u aktivnom stanju i stanju mirovanja, međutim, vanjski utjecaji također mogu izazvati različite moždane valove.

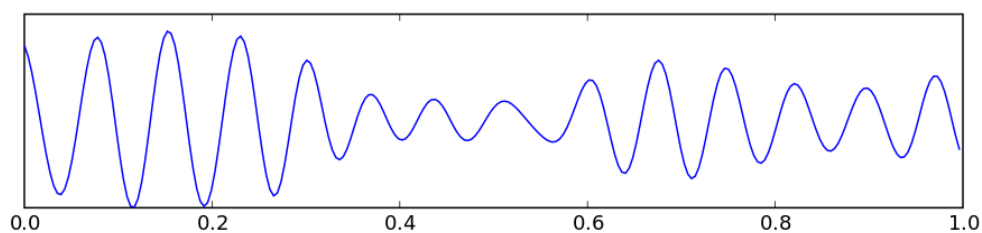
## 2.1. Alpha valovi



Slika 1. Alpha val

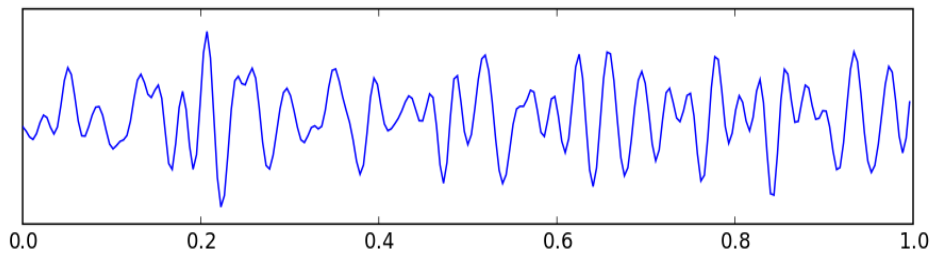
Prvu uočenu moždanu aktivnost koju je Hans Berger vidio putem EEG-a nazvao je "alpha val". To je bio "stražnji osnovni ritam" (eng. posterior basic rhythm), također nazvan "stražnji dominantni ritam" ili "stražnji alpha ritam", vidljiv u stražnjim područjima glave, s obje strane, s većom amplitudom na dominantnoj strani (Brainwave Entrainment Beginning Guide, 2012). Alpha valovi su neuralne oscilacije na frekvenciji od 8 do 13 Hz koje se detektiraju unutar korteksa u zatiljnom režnju i talamičkoj regiji. Alpha valovi obično imaju

velike amplitude i pojavljuju se tijekom umjerene razine aktivnosti mozga. Naime, pojavljuju se dok je pojedinac privremeno neaktivan, ali i dalje oprezan (Desai i sur., 2015). O alpha stanju mnogo se govorilo potkraj šezdesetih i tijekom sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća, kada se to stanje smatralo najvažnijim (Wise, 2011). Nije uobičajeno da se značajna količina ove vrste moždanih valova javlja tijekom spavanja ili u pospanom stanju. Funkcionalno, alpha valovi inhibiraju neka područja unutar korteksa i igraju vitalnu ulogu u umrežavanju neurona. Povezani su s fiziološkim stanjem i ponašanjem osobe te sa smanjenim stupnjem boli i nelagode (Palva S. i Palva M. prema Desai i sur., 2015). Također se pokazalo da je alpha frekvencija povezana s kognitivnom izvedbom, uključujući brzinu kojom se informacije vraćaju iz sjećanja te je pronađena visoka korelacija između brzine i točnosti dosjećanja i alpha moždanih valova (Desai i sur., 2015.). Ove frekvencije također mogu pozitivno utjecati na prepoznavanje riječi kod starijih odraslih osoba, utječu na poboljšanje radne memorije (Klimesch, Schimke i Pfurtscheller, 1992) te ih povežujemo s kognitivnim kapacitetom osobe i s povećanom percepcijom mirnoće (Desai i sur., 2015). Neki autori naglašavaju ulogu alpha moždanih valova u stanjima opuštenosti te ih povezuju s početnom meditacijom. Karakterizira ih interno usmjerena nelinearna mentalna aktivnost, stanje relaksacije, razmišljanje i sanjarenje (Vukić, 2014). Najvažnije i neizostavno svojstvo alpha stanja jest činjenica da ono čini most ili sponu između svjesnog i podsvjesnog uma. Omogućuje svjesnost o onome što se događa u najdubljim stanjima snova i meditacije. Bez alpha valova, po buđenju se ne bismo sjećali svojih snova i ne bismo bili u dodiru sa svojim dubokim, unutarnjim meditacijskim svijetom (Wise, 2011). Uz osnovnu alpha aktivnost postoje i druge alpha oscilacije kao što je „MU ritam“ (Slika 2) tj. alpha aktivnost u kontralateralnim senzornim i motoričkim kortikalnim područjima koji nastaje kada su ruke i šake u stanju mirovanja te "treći ritam" tj. alpha aktivnost u temporalnom i frontalnom području glave (Niedermeyer, 1997; Feshchenko, Reinsel, Veselis, 2001).



Slika 2. MU ritam

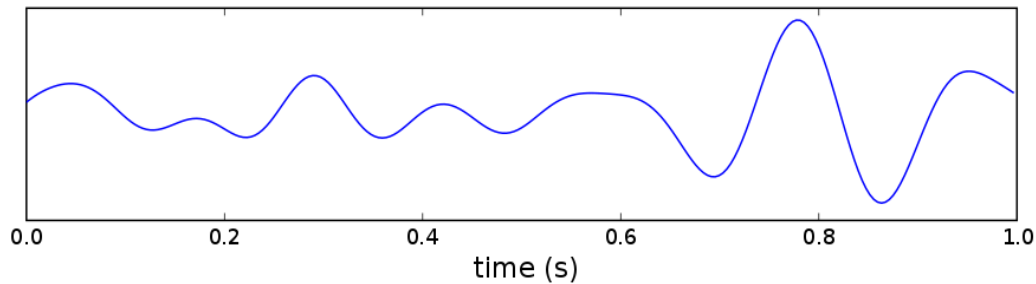
## 2.2. Beta valovi



Slika 3. Beta val

Za razliku od alpha valova, beta valovi, na frekvenciji od 12 do 38 Hz, javljaju se tijekom budnog stanja svijesti. Beta stanje mozga javlja se pri izvođenju nekog zadatka tj. kroz aktivnu koncentraciju. Beta valovi su također prisutni u motoričkom korteksu tijekom izotoničnih kontrakcija i sporih pokreta (Desai, i sur., 2015). Beta valovi su povezani s opreznim stanjem, eksterno usmjerenom linearnom mentalnom aktivnosti mišljenja ili budnom svijesti. Stanje karakterizira fokus i usmjerena pozornost (Vukić, 2014). Iako su beta valovi vrlo važna sastavnica našeg stanja svijesti, neki ljudi uglavnom žive samo u tim bržim frekvencijama, bez potpore nižih frekvencija. Takav život može biti ispunjen tjeskobom, opterećen raspršenim, neusredotočenim misaonim procesom koji pojedincu otežava otkrivanje ili pristup potencijalima koje pružaju ostale vrste valova (Wise, 2011). Iako ih se najčešće povezuje s misaonim procesima te stanjem koje ne karakterizira opuštenost, u dosadašnjim istraživanjima pokazano je kako prisutnost beta moždanih valova korelira s akademskim uspjehom, odnosno većim prosjekom ocjena kod studenata te je povezano s boljim matematičkim sposobnostima kod osobe (Fernandez, Harmony, Rodrigues, Bernal, Silva, Reyes, i sur. prema Desai i sur., 2015). Ovi nalazi mogu ukazivati na povezanost između beta moždanih valova i povećanja kognitivnih sposobnosti. Osim s kognitivnim sposobnostima, beta valovi također utječu na raspoloženje i emocije. Na primjer, transkranijalna magnetska stimulacija beta valovima pokazala je značajno smanjenje emocionalnosti, iscrpljenosti i stanja anksioznosti. Druga studija izvijestila je o smanjenom osjećaju umora nakon sedam tjedana stimulacije beta valovima (Desai i sur. 2015).

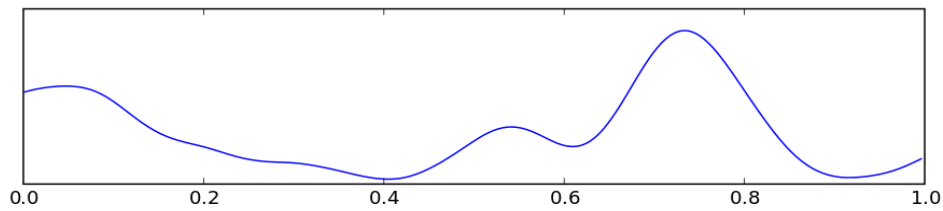
### 2.3. Theta



Slika 4. Theta val

Theta valovi frekvencije su od 4 do 7 Hz. Također su poznati kao theta ritam koji se pojavljuje jednom, kada izvedba nekog zadatka postane samostalna i automatska radnja (Desai i sur., 2015) tj. kada koncentracija nije potrebna da bi se zadatak izvršio. U suštini, theta stanje uspostavlja se kada je zadatak odrađen rutinski. Theta moždane valove emitira podsvjesni um. Podsvijest sadrži naše dugoročno pamćenje, a ujedno je i spremište kreativnog nadahnuća, potisnute kreativnosti i potisnutog psihološkog sadržaja (Wise, 2011). Prisutni su u snu, točnije u REM (brzi pokreti očiju) fazi sna. Theta valovi mogu se pojaviti u kortikalnim i hipokampalnim područjima, a njihova uloga vezana je uz područje u kojem ih detektiramo. Kada su prisutni, theta valovi, slično alpha valovima, utječu na smanjenje anksioznosti. Theta valovi mogu igrati ulogu u funkcioniranju kratkotrajnog pamćenja o čemu govore istraživanja koja izvještavaju o istaknutoj theta aktivnosti pronađenoj u hipokampusu, sugerirajući da theta valovi mogu utjecati na proces izgradnje sjećanja (Desai i sur., 2015). Theta valovi omogućuju nam doživljaj duboke meditacije u meditacijskom obrascu moždanih valova. Ključ dubine i blaženstva, koje ljudi traže u meditaciji, nalazimo u theta valovima. U theta stanju uspostavljamo najsnažniju duhovnu povezanost. U tom stanju može biti zatvoreno i nedostupno (ako ne posjedujemo odgovarajuću kombinaciju drugih frekvencija za pristup) sve s čime nismo u dodiru i što je na određeni način zakopano duboko u našoj psihi - pozitivno ili negativno (Wise, 2011).

## 2.4. Delta

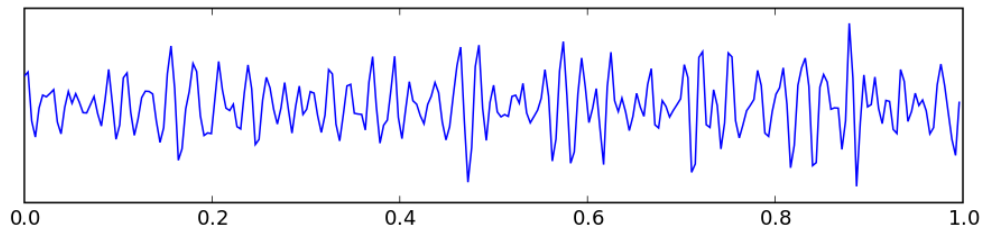


Slika 5. Delta val

Delta valovi odgovaraju frekvenciji od 0,5 - 4,0 Hz, koja odražava sporo, sinkronizirano, oscilirajuće neokortikalno djelovanje (Lanquart, Nardone, Hubain, m Loas i Linkowski, 2018). Delta moždani valovi najniže su frekvencije od svih valova te su povezani s nedostatkom budne svijesti i nesvjesnim dijelom našeg uma. Delta valovi nikada ne padaju do nule jer bi to značilo moždanu smrt. Kada usnemo, naši moždani valovi prelaze u delta stanje te se druge vrste moždanih valova inhibiraju kada delta stanje nastupi (Sih i Tang, 2013). Te tvrdnje potvrđuje Anna Wise (2011, str. 20) u svojoj knjizi gdje delta valove opisuje kao valove „najniže i najsporije frekvencije, to jest nesvjestan um. Delta je prisutna i kad se sve druge frekvencije isključe u snu, pružajući nam dubok, okrepljujući odmor. Delta valovi djeluju kao svojevrsan radar ili nesvjesni uređaj za skeniranje koji je u temelju naše intuicije, empatije i instinktivnog postupanja. Pružaju i onaj istinski osjećaj unutarnje spoznaje koji omogućuje duboke razine psihičke svjesnosti.“ Delta valovi pojavljuju se u dubokim razdobljima spavanja bez snova, kad se odvija fizičko obnavljanje, a počinju ispod 4 Hz (Padmanabhan, Hildreth i Laws, 2005; Ulam, 1991; Cole, 2012 prema Vukić, 2014). Kada krenemo tonuti u san, mozak počinje emitirati najprije alpha valove, zatim theta i, kad zaspimo, delta valove. Određene frekvencije u delta rasponu okidaju lučenje hormona rasta koji je posebno važan za regeneraciju organizma i proces iscjeljenja. Zbog toga je duboki okrepljujući san toliko važan za proces izlječenja. U budnom stanju mogu se zapaziti kod djece s teškoćama učenja te kod odraslih s ozljedama mozga. Također, delta valovi nazvani su »orijentacijskim odgovorom« jer nas orijentiraju u vremenu i prostoru. Ako se koriste kao rani sustav upozoravanja na prisutnost opasnosti, posrijedi su vrlo iskonski i animalistički moždani valovi. Ovi nam valovi omogućuju primiti informacije koje nisu dostupne na svjesnoj razini. Također, delta valovi mogu služiti i stanju hiperbudnosti. Wise (2011, str. 20) daje primjer pretjeranog opreza koji može biti neizostavno oruđe za zlostavljano dijete koje aktivira svoj radar kako bi ustanovilo

hoće li se mama vratiti kući i je li tata dovoljno gnjevan da ga udari. „Teškoće se pojavljuju kad to dijete odraste s pretjeranim delta valovima koji neprestano »očitavaju« emocionalno okruženje i nastoje ga držati pod nadzorom u pogrešno usmjerenom nastojanju opstanka.“

## 2.5. Gamma



Slika 6. Gamma val

Gamma moždani valovi javljaju se na frekvenciji od 40 do 100 Hz (Francois, Vialatte, Bakardjian, Prasad, Cichocki, 2009). Kako izvještavaju Buzsáki i Wang (2012), Jasper & Andrews (1938) prvi su put upotrijebili pojam gamma valova kako bi opisali manje amplitude beta valova od 35 do 45 Hz. Ostali sinonimi povezani s ovim moždanim obrascem su moždane oscilacije od 40 Hz koje se još nazivaju *kognitivni ritam*, pojam uveden od strane Das i Gastaut (1955). Gamma moždane oscilacije postale su popularne 1980-ih, uglavnom kroz radove Waltera Freemana (Buzsáki i Wang, 2012). Danas moždanu aktivnost od 30-90 Hz poznajemo u terminu gamma moždanih valova te oscilacije iznad ove frekvencije kao Epsilon (Freeman, 2007 prema Buzsáki i Wang, 2012). Smatra se da su ovi moždani valovi prisutni tijekom svjesne, namjerne pozornosti. Gamma moždani valovi povezani su s formacijom ideja, procesiranjem memorije i jezika te raznim tipovima učenja. Najbrži moždani valovi, gamma valovi su sposobni povezati informacije iz svih dijelova mozga što dokazuju dosadašnja istraživanja koja su promatrala tijek gamma moždanih valova koji polaze od talamusa te se kreću anteriorno dok stimuliraju i sinkroniziraju neuralnu aktivnost (Desai, i sur., 2015) te se vraćaju nazad 40 puta u sekundi. Gamma moždani valovi, na frekvenciji od 40 Hz, uključeni su u uspostavljanje neuronskih sklopova. Predstavljaju povezivanje neurona sa različitim zadacima u svrhu provođenja određene kognitivne ili motoričke funkcije. Uočeno je da odsutnost gamma moždanih valova, najčešće kao rezultat ozljede talamusa, utječe na formiranje budne svijesti te se u njihovoj odsutnosti pojedinac spušta u duboku komu (Desai, i sur., 2015)



### **3. Razvoj i uloga moždanih valova u fenomenu plastičnosti**

O činjenici da je period ranog razvoja najosjetljivije razdoblje djetetova života pisalo je mnogo autora i istraživalo mnogo znanstvenika. Ta činjenica više nije toliko nepoznata, a njezinu važnost ističe sve veći broj istraživanja na tu temu. Ono što razdoblje najranijeg razvoja čini toliko važnim jest plastičnost mozga, „fenomen“ koji čini temelj Edukacijsko – rehabilitacijske struke u radu s djecom s teškoćama. Kako navode Čizmić i Rogulj (2018, str. 116) „prije nekoliko desetljeća smatralo se da se živčani razvoj ne mijenja budući da je razvoj živčanih stanica zadan genetski, a vanjski utjecaji vrlo malo utječu na stvaranje sinapsa. To bi značilo da veze među neuronima živčanoga sustava ostaju stabilne kad se jednom uspostave. Međutim, na temelju istraživanja s područja neurobiologije potvrđeno je da različiti poticaji mijenjaju strukturu mozga i utječu na način na koji ljudi razmišljaju te da se te promjene odvijaju tijekom cijelog života. Mozak se, dakle, stalno reorganizira tijekom djetinjstva i u odrasloj dobi, a taj fenomen se naziva neuroplastičnost.“ Razvoj mozga popraćen je različitim obrascima moždane aktivnosti. Prisutnost i dominantnost specifičnih moždanih valova povezana je s važnim funkcijama mozga. Liu, Bartsch, Lin, Mantegna, i Ivanov (2015, str. 1) izvještavaju o njihovoj analizi koja „ukazuje na to da se plastičnost pojavljuje u specifičnim frekvencijskim mrežama koje predstavljaju interakciju između specifičnih područja mozga posredovanih određenim frekvencijama“ te navode kako „uloga neuralne plastičnosti, na različitim razinama, važna je u stvaranju različitih obrazaca moždane aktivnosti. Način na koji različite moždane oscilacije međusobno komuniciraju u svrhu generiranja različitih fizioloških stanja i funkcija i dalje ostaje nedovoljno istražen“, no njihova povezanost s neuralnom plastičnošću neodvojiva je činjenica. Rezultati studije koju su proveli Liu i sur. (2015) pokazuju da se interakcija moždanih valova unutar korteksa razvija s prijelazom iz jednog fiziološkog stanja u drugo slijedeći točno određeni obrazac reorganizacije. Ta činjenica ukazuje na novi aspekt neuralne plastičnosti koji se odražava u koordiniranoj aktivaciji različitih moždanih valova na različitim područjima mozga. Assenza i Di Lazzaro (2015) u svom istraživanju neuralne plastičnosti izvještavaju o visokoj korelaciji između fenomena plastičnosti i delta moždane aktivnosti. No autori napominju da je nekoliko studija izvijestilo o promjenama u alpha i beta moždanoj aktivnosti vezanoj uz učenje i fenomen plastičnosti, no učinci su manji i manje konzistentni od onih koji te promjene povezuju s delta moždanim valovima, ali je bitno naglasiti da fenomen plastičnosti može očitovati i druge

promjene osim onih u delta moždanoj aktivnosti. Ipak, autori predlažu da ti podaci vezani uz delta moždanu aktivnost imaju veliki potencijal koji treba detaljnije istražiti kako bi se potvrdila njegova uključenost u procese vezane uz neuralnu plastičnost.

Razumijevajući različite obrasce moždane aktivnosti tijekom ranog razvoja života pojedinca, možemo bolje utjecati na to kako djeca uče, doživljavaju i djeluju (Dispenza, 2008). Razvoj mozga, dakle, prate određeni obrasci moždane aktivnosti. Znanje o tome kako se oni pojavljuju i u kojem razdoblju djetetovog razvoja, može nam pomoći da u odrasloj dobi lakše utječemo na željene promjene u organizmu.

Novorođenčad provodi velik dio vremena u stanju delta moždanih valova. Tijekom prvih 12 godina, djeca postupno prijeđu u stanje theta valova, a zatim u stanje alpha valova, prije nego što prijeđu u stanje beta moždanih valova u kojem će provesti veći dio ostatka svojeg života. Theta i alpha valovi izrazito su sugestibilna stanja moždanih valova. Mala djeca još nisu razvila analitički um koji uređuje ili unosi smisao u ono što im se događa pa se sve informacije koje upiju svojim iskustvima izravno kodiraju u njihov podsvjesni um. Zbog svoje povećane sugestibilnosti, čim se osjete emocionalno promijenjenima uslijed nekog iskustva, obrate pozornost na onoga tko ili na ono što je promjenu uzrokovalo i tako se kondicioniraju na stvaranje asocijativnog pamćenja povezujući uzrok s emocijom samog iskustva. Ako se radi o roditelju, dijete će se tijekom vremena vezati za tog roditelja i mislit će da su emocije koje osjeća na temelju tog iskustva normalne, budući da još nema sposobnost analizirati situaciju. Na takav način iskustva iz ranog djetinjstva postaju podsvjesna stanja postojanja (Dispenza, 2014).

Kako je prije navedeno, u razdoblju od rođenja pa do kraja druge godine, ljudski mozak funkcionira prvenstveno u najnižoj frekvenciji moždane aktivnosti, što bi značilo da frekvencijski raspon u tom razdoblju iznosi od 0,5 do 4 Hz, a poznat je još pod nazivom Delta valovi. Ta činjenica objašnjava zašto novorođeno dijete obično ne može ostati budno više od nekoliko minuta u tom razdoblju života. To stanje takozvanog transa u kojem boravi novorođenčad sugerira kako novorođena djeca ima vrlo malo analitičkih sposobnosti. Informacije iz vanjskog svijeta ulaze u um i mozak novorođenčeta bez ikakve analize, prosudbe, uređivanja ili kritičkog razmišljanja. Zapravo, sve osjetilne informacije koje dijete u tom razdoblju procesuiraju izravno se kodiraju u njegov podsvjesni um (Dispenza, 2008).

Od druge godine pa sve do pete ili šeste godine života, na EEG-u, dijete pokazuje nešto više frekvencijske obrasce. Valove koje tada možemo detektirati nazivamo Theta moždanim

valovima i oni iznose između 4 do 8 Hz. Theta valovi najčešće se opisuju slično stanju sumraka u kojem se možemo naći napola budni i na pola u snu. Ovo stanje očitije je kod odraslih kada je svjesni um budan dok tijelo lagano upada u san. Ovo se stanje također opisuje kao hipnotičko u kojem postoji pristup podsvjesnom umu. U theta moždanom stanju podložniji smo promjenama jer je granica između svjesnog i podsvjesnog uma veoma tanka (Dispenza, 2008)

Zbog raznih istraživanja moždanih valova sada znamo da smo, kada smo rođeni, u potpunosti podsvjesni um. Djeca tijekom razvoja uče iz pozitivnih i negativnih identifikacija i udruženja koja stvaraju navike i ponašanja. Tako Dispenza (2008) navodi primjer pozitivne identifikacije kada je dijete gladno ili mu je nelagodno i ono plače. Kada dijete pokušava komunicirati kako bi privuklo majčinu pažnju, i kada mu roditelj pruža svoju pažnju hranjenjem ili presvlačenjem, novorođenče razvija važnu vezu i sliku o vanjskome svijetu. Potrebno je samo nekoliko ponavljanja takvog iskustva prije nego što dijete nauči da će, ukoliko zaplače, biti nahranjeno ili će mu postati udobnije.

Također, Dispenza (2008) daje primjer negativne identifikacije te je opisuje na sljedeći način. Kada dvogodišnje dijete stavi prst na vrući štednjak ono vrlo brzo nauči identificirati objekt koji vidi, štednjak, s boli koju je osjetilo. U ovim primjerima možemo reći da su osjetilni podražaji iz vanjskog svijeta proizveli kemijsku promjenu u tijelu. U trenutku kada malo dijete u razvoju obrati pažnju na sve ono što se nalazi u okruženju koje je stvorilo promjenu unutar organizma, bilo da je to užitak ili bol, taj proces postaje događaj sam po sebi koji kreira sjećanje. Ova vrsta asocijativne memorije zahtijeva vrlo malo svjesne svijesti i najviše se kreira u razdoblju theta moždanih valova.

Negdje između, u dobi od pet do osam godina, naši moždani valovi počinju oscilirati na nešto većoj frekvenciji, a takve valove nazivamo alpha moždanim valovima. Kada je u alpha stanju, naš mozak je u laganom meditativnom stanju. Alpha moždani valovi pojavljuju se kada zatvorimo oči i uklonimo sve osjetilne informacije iz okoline. U takvom stanju ljudi imaju tendenciju stišati misli te se misaoni procesi svode na minimum tj. malo se informacija, u tom trenutku, integrira iz vanjskog okruženja. Opustimo se. U tom razdoblju razvoja djeteta nastaje analitički um. Dijete se genetski mijenja, ali će na njega utjecati i sva dosadašnja iskustva iz okoline koje je doživio. Oboje će utjecati na rastući živčani sustav. Kao rezultat ove vrste aktivnosti mozga, djeca počinju tumačiti i izvlačiti zaključke o zakonima vanjskog života. Kako se analitički um formira u ovom razdoblju, djeluje kao prepreka odvajanju svjesnog od podsvjesnog uma (Dispenza, 2008).

Većina psiholoških tekstova govori nam da podsvjesni um čini oko 90 posto onoga što jesmo. Stoga, po tim navodima, možemo reći da svjesni um čini deset posto ukupnog uma. Dok je podsvjesni um sastavljen od pozitivnih i negativnih reakcija na prepoznate značajke iz okoline, te asocijacija koje stvaraju navike i ponašanja, svjesni um prvenstveno se sastoji od logike i misaonih operacija koje doprinose našoj volji. Upravo u tom periodu razvoja većinu vremena funkcioniramo i razmišljamo s racionalnog stajališta te većinom koristimo naše svjesne sposobnosti odlučivanja. Tada počinjemo oblikovati ego. Kao rezultat takvog funkcioniranja stvaraju se uzorci beta valova na EEG-u (Dispenza, 2008).

Djeca, dakle, imaju sposobnost apsorbirati vitalne informacije izravno u svoju podsvijest i to zbog načina na koji se njihov mozak razvija. Tijekom prvih nekoliko godina života djeca su veoma prilagodljiva te im to omogućuje da organiziraju svoja kulturalna uvjerenja i društvena ponašanja unutar svog živčanog sustava.

#### **4. Važnost nižih frekvencija**

Iako će u ovom radu biti naglasak na theta moždanim valovima, prije nego detaljno objasnimo njihovu važnost, potrebno je obrazložiti zašto su uopće valovi niže frekvencije bitni. S obzirom da razvoj moždanih oscilacija kreće od onih najnižih frekvencija, koje nam omogućuju rast i regeneraciju pa sve do onih koje nam omogućuju analitički razmišljati i djelovati, tj viših frekvencija, logično je zaključiti da, ukoliko želimo iz osobe izvući najveći potencijal mogući, njezin mozak moramo dovesti u stanje u kojem se on ponašao najplastičnije. Plastičnost središnjeg živčanog sustava omogućuje da u najranijem periodu, ranim stimulacijama, potaknemo mozak na reorganizaciju, gdje funkciju oštećenog dijela preuzimaju zdravi dijelovi mozga (Bošnjak – Nađ i sur. 2005 prema Ljutić, T., Joković Oreb, I. i Nikolić, B. 2012). S obzirom da je neuralna plastičnost usko povezana s moždanim oscilacijama, dovodeći mozak u stanje nižih frekvencija moždanih valova, onih koje su najviše prevladavale u ranoj dječjoj dobi, možemo utjecati na njegovu sposobnost reorganizacije. Osim što prate rani razvoj, spori moždani valovi, u koje ubrajamo alpha, theta i delta valove, dokazano utječu na proizvodnju točno određenih neurotransmitera i hormona (Patterson i Capel 1983, prema Kennerly, 1994). „Na primjer, signal od 10 Hertz pojačava proizvodnju i brzinu prometa serotonina“ izvještava Kennerly (1994, str. 5). Također, hormoni i neuropeptidi povezani s nižim frekvencijama moždanih valova, utječu na pamćenje, kreativnost i sposobnosti učenja te kako navodi Vukić (2014, str. 8) „katekolamini,

acetilkolin i vazopresin su samo primjer blagotvornih hormona i neuropeptida koji se proizvode pri sporijim frekvencijama moždanih valova. Više istraživanja je pokazalo da kada pojedinci uzimaju dodatke koji potiču proizvodnju acetilkolina u mozgu, postaju bolji u učenju i imaju poboljšano pamćenje, a pojedinci koji imaju niže razine acetilkolina obično imaju poteškoća sa zadacima koji uključuju učenje i pamćenje, kao i oboljeli od Alzheimerove bolesti, koji obično imaju vrlo niske razine acetilkolina“. Možemo reći da su neuroni gotovo "aktivirani" za proizvodnju određenih neurokemijskih tvari kad su u interakciji s određenim frekvencijama moždanih valova. Takvo stajalište implicira mogućnost mijenjanja mozgovne neurokemije, a time i njegovo funkcioniranje - putem izmjena frekvencija moždanih valova (Vukić, 2014).

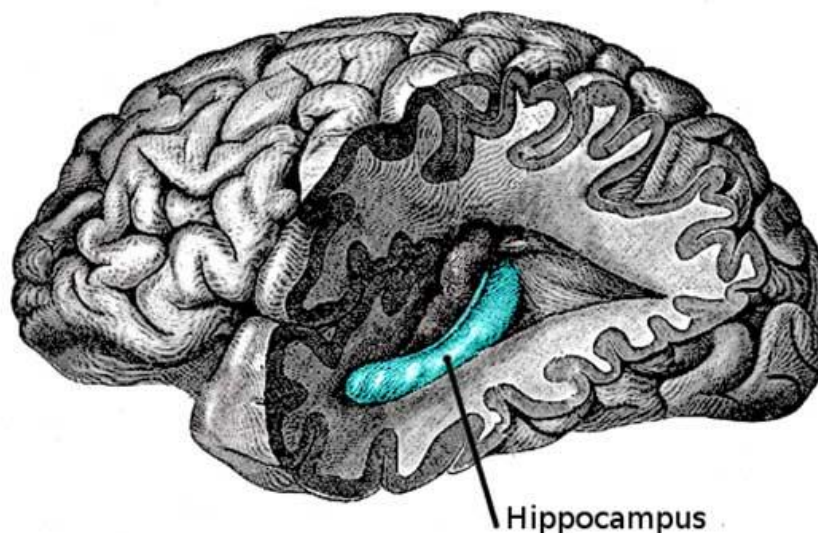
## 5. Theta moždani valovi

Theta moždani valovi mogu se definirati kao neuralni oscilatorni ritam koji se može vidjeti na elektroencefalogramu (EEG), zabilježen invazivnim ili neinvazivnim metodama, tj. elektrodama koje su ugrađene unutar lubanje ili onima koje su pričvršćene na površini lubanje. U dosadašnjem pregledu literature nailazimo na dvije vrste theta moždanih oscilacija. Onaj najčešće opisan i istraživan theta moždani val naziva se još "hipokampalni theta ritam" i to jest moždana oscilacija koja se pojavljuje u hipokampusu i drugim strukturama mozga u različitim vrstama sisavaca, uključujući glodavce, zečeve, pse, mačke, šišmiše. Takav theta ritam povezuje se s pamćenjem i spacijalnom organizacijom i orijentacijom. S druge strane postoji onaj manje istraživan theta ritam, no ne i manje bitan, a radi se o "kortikalnoj theta oscilaciji" koja se detektira na području cijelog korteksa. Kortikalni theta moždani valovi drugačiji su fenomen, bez izravne povezanosti s onim, najčešće spominjanim, hipokampalnim theta valovima. U dosadašnjim istraživanjima ova vrsta theta ritma odnosila se na frekvencije u rasponu od 4 do 7 Hz, za razliku od one hipokampalne thete koja mjeri iznad 10 Hz. Kortikalni theta moždani valovi često su tema promatranja kod male djece. Kod starije djece i odraslih ove theta moždane oscilacije najčešće se pojavljuju tijekom meditativnih, pospanih ili hipnotičkih stanja te u REM fazi sna. Dakle, pojam *theta ritam* povezuje se za dva različita fenomena, "hipokampalni theta ritam" i "kortikalni theta ritam". Oboje se odnosi na oscilirajući EEG obrazac točno određene frekvencije, ali oni u globalu imaju malo zajedničkog izvan samog naziva „*theta*“ (Brainwave Entrainment Beginning Guide, 2012).

U najstarijoj EEG literaturi koja datira iz 1920-ih godina korištena su grčka slova kao što su alpha, beta, theta i gama za klasificiranje EEG valova koji padaju u specifične frekvencijske raspone, s time da "theta" općenito znači raspon od oko 4-7 Hz. U 1930-ima i 1950-ima pronađen je vrlo jak oscilacijski uzorak u hipokampusu mačaka i zečeva (Green & Arduini, 1954 prema Brainwave Entrainment Beginning Guide, 2012 ). Kod tih vrsta hipokampalne oscilacije su uglavnom pale na frekvencijski raspon od 4 do 6 Hz pa su se nazivali "theta" oscilacijama. Kasnije su kod štakora zabilježene hipokampalne oscilacije istog tipa, međutim, učestalost hipokampalnih oscilacija štakora prosječno je iznosila oko 8 Hz i rijetko je padala ispod 6 Hz. Stoga frekvencije hipokampusa kod štakora ne bi trebale, strogo govoreći, biti nazvane theta ritmom. Međutim, izraz "theta" već je postao toliko snažno povezan s hipokampalnim oscilacijama da se i dalje koristi čak i u istraživanjima štakora. Tijekom godina ova je asocijacija bila jača od izvorne povezanosti s određenim frekvencijskim područjem, no izvorno značenje takvog raspona još uvijek traje (Brainwave Entrainment Beginning Guide, 2012).

## **5.1. Hipokampalna theta moždana aktivnost**

### **5.1.1. Uloga hipokampusa**



Slika 7. Hipokampus

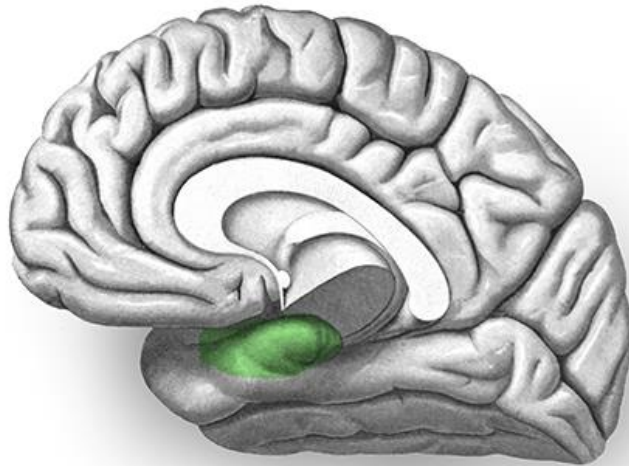
Prvi opis hipokampusa dao je Arantius 1587. godine kada je strukturu izbočenu u donji dio sljepoočnog roga lateralnih moždanih komora usporedio sa morskim konjićem (hippocampus). Danas pod hipokampusom podrazumijevamo cijelu bilateralnu strukturu medijalnog dijela sljepoočnog režnja sisavaca koja izgleda kao brežuljak što se izbočuje u donji rog lateralne komore. Vjeruje se da tijekom učenja i pamćenja dolazi do trajnih promjena sinaptičkih odnosa između neurona hipokampusa, bilo zbog strukturnih prilagodbi bilo zbog promjene unutarstaničnih biokemijskih procesa što potom promijeni način sinaptičke komunikacije neurona (Stemperger, 2014). Gray (2005) u svome radu izvještava o neurotehnološkim istraživanjima kojima je ustanovljeno da Theta valovi omogućuju učinkovitiju obradu informacija te učinkovitije pohranjivanje i dozivanje iz pamćenja koje danas povezujemo sa upravo ovom strukturom.

Ključni pomak u razumijevanju uloge hipokampusa u procesima pamćenja donio je slučaj pacijenta H.M., 27 godina starog mehaničara, kojemu je u cilju otklanjanja neukrotive epilepsije, William Scoville u rujnu 1953. godine odstranio obostrano dvije trećine prednjeg dijela hipokampusa, veći dio parahipokampalnog girusa, prednji dio sljepoočne moždane kore, unkus i amigdal. Nakon operacije, koja je doduše uglavnom ukinula epileptičke napadaje, Scoville je opisao H.M.-a kao čovjeka koji se ne može sjetiti prostorija u kojima je živio, imena svojih prijatelja, trenutnog datuma niti godine, hrane koju je pojeo prilikom zadnjeg obroka pa čak niti puta do nužnika. Također zanimljiva je činjenica da se samo u hipokampusu i u nekim dijelovima subventrikularne zone, tijekom cijelog života stvaraju novi neuroni. Otkriće „stanica mjesta“ (eng. place cells) 1970. godine dovelo je do teorije koja govori da hipokampus djeluje kao kognitivna mapa prostora, odnosno služi kao sustav za prostornu orijentaciju i memoriju. Mnogi neuroni u hipokampusu štakora i miša odašilju mnogo akcijskih potencijala kada životinja prolazi kroz određeni dio poznate okoline (Stemperger, 2014).

Kako prenose Buzsáki i Moser (2013) teorije o funkcijama hipokampalnog sustava temelje se uglavnom na dva osnovna otkrića: amnestičkim posljedicama koje slijede nakon uklanjanja hipokampusa i pripadajućih struktura u poznatom pacijentu H.M. i činjenici da je aktivnost hipokampalnih neurona povezana s prostornim položajem kod štakora. Buzsáki i Moser (2013) u svome radu predlažu da se mehanizmi pamćenja i planiranja razvijaju iz mehanizama prostorne navigacije u fizičkom svijetu i pretpostavljaju da se neuronski algoritmi vezani uz orijentaciju, kako stvarnom tako i u mentalnom prostoru, u osnovi isti. Scoville i Milner (1957) navode kako su dijelovi mozga zaduženi za navigaciju u prostoru,

hipokampus i entorinalni korteks, također zaduženi i za procese vezane uz deklarativno pamćenje. Jasna paralela između orijentacijskih sposobnosti i semantičkog pamćenja, s jedne strane te percepcija prijeđenog puta i epizodičkog pamćenja s druge strane, povećava mogućnost da iste neuronske mreže i algoritmi podržavaju kako mentalne tako i fizičke aspekte kretanja, tj. putovanja kroz prostor. Međutim, ova pretpostavljena evolucijska veza ne znači da prostorna memorija "uključuje" sve informacije iz naše memorije tj. sadrži sva naša sjećanja ili da sva naša sjećanja trebaju imati prostornu komponentu (Buzsáki i Moser 2013). Također, Judaš i Kostović (1997) prenose kako svi su svi dosadašnji pokusi jasno pokazali da hipokampus i okolni peririnalni, entorinalni i parahipokampalni korteks imaju ključnu ulogu u pamćenju i učenju. Pritom njihova uloga nije tek prijenos informacija iz ostatka moždane kore u hipokampus, nego ta područja sadrže i neuronske krugove važne za pamćenje. Drugim riječima, da bi došlo do upamćivanja nečeg novog, nije uvijek nužno da informacije prođu kroz hipokampus – bar dio procesa upamćivanja odvija se u peririnalnom i entorinalnom korteksu. Stuart Zola-Morgan i Larry Squire 1986. godine opisali su bolesnika R.B., koji je dobio izraženi i dugotrajni poremećaj pamćenja (amneziju) nakon globalne ishemije mozga. Pacijent je kasnije umro, a obdukcija je pokazala da su moždana oštećenja pogodila jedino polje CA1 u oba hipokampus. To je jedan od rijetkih izravnih dokaza u ljudi da već mala ozljeda hipokampus može uzrokovati amneziju i da hipokampus ima posebno važnu ulogu u procesima učenja i pamćenja. I neki noviji radovi, uz primjenu MRI metode, pokazali su da je hipokampus smanjen u bolesnika s ograničenim poremećajima pamćenja. S druge strane, PET studije u zdravih dobrovoljaca pokazale su da tijekom rješavanja psiholoških testova pamćenja (dopuniti ostatak riječi ako su napisana prva tri slova, prisjetiti se riječi s nedavno čitanog popisa ako su pokazana prva tri slova te riječi i sl.) do najvećeg porasta metabolizma (aktivacije) dolazi upravo u području hipokampus i parahipokampalne vijuge. Pritom je značajno da nema porasta metabolizma u amigdalama. Odgovarajući pokusi su potom obavljani na majmunima i dobiveni su slični rezultati.





Slika 8. Entorinalni korteks. Nalazi se u medijalnom dijelu temporalnog režnja te služi kao mjesto gdje pristižu informacije iz vidnih, slušnih i somatosenzoričkih (osjetnih) područja koje zatim pročišćuje i šalje u hipokampus, odgovoran za stvaranje sjećanja iz tih informacija.

### **5.1.2. Oscilatorna aktivnost hipokampusa**

Prevladavajuća frekvencijska aktivnost hipokampusa najčešće se veže za dvije glavne ideje: pamćenje i voljne motoričke odgovore. Obje ideje svoje uporište pronalaze u brojnim istraživanjima, a neki od tih istraživanja datiraju još iz 50tih godina prošlog stoljeća. Zbog gustoće svojih neuronskih slojeva, hipokampus generira neke od najvećih EEG signala svake strukture mozga. U nekim situacijama, električnom aktivnosti dominiraju valovi od 4 do 10 Hz, nerijetko nastavljajući više od nekoliko sekunda. Ovaj EEG uzorak poznat je kao hipokampalni theta ritam (Brainwave Entrainment Beginning Guide, 2012). U literaturi ga još nazivaju *Rhythmic Slow Activity (RSA)* iliti spora ritmička aktivnost, za razliku od *Large Irregular Activity (LIA)* odnosno povećanoj nepravilnoj aktivnosti koja obično dominira hipokampalnim EEG obrascima kada theta aktivnost nije prisutna. U istraživanjima sa štakorima, o kojima izvještava Vanderwolf (1969), hipokampalna theta aktivnost povezana je s kretanjem i motoričkim odgovorima. Vanderwolf (1969) navodi kako je theta aktivnost vidljiva pretežito kroz dva različita stanja: u prvom se javlja kada životinja trči, hoda ili je na neki drugi način u aktivnoj interakciji s okolinom dok je drugo stanje pasivnije te uključuje REM fazu spavanja. Postoji niz hipoteza koje naglašavaju povezanost hipokampalne thete i motoričkog kretanja. Najutjecajnija od svih hipoteza je ona upravo spomenutog autora

Vanderwolfa o povezanosti theta valova s dobrovoljnim pokretima. Vanderwolf (1969) izvještava da theta valovi u hipokampusu i diencephalonu (međumozgu) predstavljaju električnu aktivnost u prednjem dijelu mozga koja organizira ili inicira dobrovoljne, motoričke radnje, no da nisu potvrđene prijašnje ideje da su takvi valovi posebno povezani s generaliziranim uzbuđenjem, usmjeravajućim odgovorima, učenjem i pažnjom. Takvu ideju podržali su mnogi autori čije hipoteze Buzsáki (2005) iznosi u svome radu: „Opća spremnost, priprema za prilagodbu odgovora na biološki značajne podražaje”(Klemm, 1972), „ponašanje operanta”(Lopes da Silva i Kamp, 1969), „pokretanje sekelta”(Black et al., 1970; McFarland i sur., 1975), „kupanje”(Whishaw i Vanderwolf, 1971), „aktiviranje središnjih neuronskih struktura koje programiraju ili generiraju pokret”(Nadel et al., 1975) (Buno i Velluti, 1977; Semba i Komisaruk, 1978), „inhibicijska reakcija”(Douglas, 1969; Altman i sur., 1973; Sainsbury, 1998), i „perzistentnost odgovora”(Glazer, 1974a, b)“ daljnji su primjeri gledanja da theta oscilacije vrše neku vrstu kontrole nad motoričkim radnjama. No ubrzo se ovim teorijama priključuje uloga volje u procesu generiranja theta moždanih oscilacija. Sugeriranje takve ideje automatski povezuje theta moždane valove s ponašanjem te na taj način theta moždanim oscilacijama, unutar hipokampusa, daje novu ulogu i važnost. O toj činjenici govore Dennett (1987) prema Buzsáki (2005) i u svom radu objašnjavaju kako „obrada informacija koje pristižu u mozak iz okolišta zahtijeva „pažnju”, kao i namjerno kretanje. Uvođenjem pojma „voljno kretanje”, istraživanja theta moždanih oscilacija nenamjerno su ušla na teritorij „intencionalnosti”, područje koje se odnosi na temelj svih subjektivnih mentalnih aktivnosti.“ Dakle, neizbježno je zaključiti da će „volja” igrati ključnu ulogu u generaciji hipokampalne theta aktivnosti s čijom idejom ulazimo na područje bihevioralnosti. Vanderwolf (1969) je tvrdio da se prisustvo theta valova u hipokampusu može predvidjeti na temelju onoga što životinja radi, a ne zbog čega to radi. Aktivni pokreti kao što su trčanje, skakanje ili njuškanje pouzdano se povezuju s theta hipokampalnim valovima dok se manje aktivna stanja poput hranjenja ili timarenja povezuju sa LIA valovima, odnosno sa povećanom nepravilnom aktivnosti. Kasnija istraživanja pokazala su da se theta hipokampalni valovi često pojavljuju nekoliko stotina milisekundi prije samog pokreta i da je ta aktivnost povezana s namjerom da se pokrene, a ne s povratnom spregom koju proizvodi pokret (Whishaw & Vanderwolf, 1973 prema Brainwave Entrainment Beginning Guide, 2012). Kod manje razvijenih sisavaca, hipokampalne theta oscilacije pokazale su pouzdanu korelaciju s određenim bihevioralnim aspektima, koja su nastala kao temeljna elektrofiziološka značajka REM faze sna i specifičnih ponašanja tijekom stanja budnosti (Winson, 1972 prema Cantero, Atienza, Stickgold, Kahana, Madsen and Kocsis, 2003). Buzsáki (2005) zaključuje kako su

eksperimenti s pojedinačnim stanicama i skupinama stanica pokazali su da su theta oscilacije neophodne za povezivanje događaja i mjesta u vremenu. Tako je utvrđeno da su theta oscilacije bitan „vremenski organizator“, komponenta koja povezuje sinaptičke snage s promjenama u vanjskom svijetu. Theta je privremeni kanal orijentacije u neuronskom prostoru za vrijeme epizodičkog pamćenja i prostora za vrijeme samopokretanja. S obzirom na osnovnu fiziološku ulogu koju ima unutar hipokampusa, ne čudi zašto je povezana s toliko različitim, otvorenim i prikrivanim ponašanjima.

### 5.1.3. Pamćenje i theta aktivnost

Pamćenje najbolje možemo opisati kao sposobnost zadržavanja i korištenja informacija. Judaš i Kostović (1997) proces upamćivanja uspoređuju s divovskom operacijom skladištenja te navode slijedeće: Informacija se unosi u skladište pamćenja, odlaže na odgovarajuću «policu», a potom prema potrebi ponovo pronalazi u skladištu i iznosi iz njega, da bi poslužila tekućoj uporabi. Ukratko, proces dugoročnog pamćenja odvija se kroz tri stadija: 1. Upamćivanje: unošenje u skladište, tj. stjecanje, oblikovanje, kodiranje engrama (engram = memorijski zapis). Stručno se to kaže akvizicija. 2. Pamćenje: čuvanje u skladištu, tj. održavanje engrama. Stručno se to kaže retencija. 3. Prisjećanje: ponovno iznošenje iz mračnog skladišta na svjetlo svijesti, tj. aktivacija ili dekodiranje engrama. Stručno se to kaže priziv. No, kad je ranije upamćena informacija (npr. lice poznanika) izravno pred nama, onda nećemo kazati da se poznanikovog lica prisjećamo, nego da ga prepoznamo. Dakle, poznanikovo lice možemo prizvati u sjećanje kad on nije tu ili ga možemo prepoznati kad pokuca na vrata.

Judaš i Kostović (1997) prenose kako su autori Atkinson i Shiffrin (1968) pamćenje podijelili na tri glavna sustava: *osjetno pamćenje*, *kratkoročno pamćenje* i *dugoročno pamćenje*. Prema tom shvaćanju, osjetilne informacije iz okoline prvo prispjevaju u odgovarajuća skladišta osjetnog pamćenja (vidnog – ikoničkog, slušnog – eho-pamćenja, te dodirnog – haptičkog pamćenja). Kapacitet osjetnih skladišta je ograničen i ona primljenu informaciju zadržavaju tek nekoliko trenutaka, tj zadržavaju primljene informacije 1 do 4 sekunde (dovoljnih da se na nju izravno reagira ili da se uoči njezino moguće značenje i važnost). Potom se ta informacija ili gubi ili se (ako je vrijedna upamćivanja) na neki način prenosi u kratkoročno pamćenje. I to pamćenje ima ograničeni kapacitet (obično zadržava informacije

tek nekoliko sekundi ili nekoliko minuta), omogućuje privremeno zadržavanje primljene informacije ponavljanjem, dok je potrebna za kratkoročno djelovanje, a potom se informacija ili opet gubi ili se prenosi u dugoročno skladište i tamo pretvara u trajni memorijski zapis iliti *engram*. Ukratko, kratkoročno pamćenje ima vrlo ograničen kapacitet i u njemu se informacija nakratko održava stalnim ponavljanjem, a dugoročno pamćenje ima golem kapacitet i sadrži trajne memorijske zapise (npr. ispitno gradivo). Bitna pretpostavka tog modela je da informacije u dugoročno pamćenje prelaze tek nakon određenog broja ponavljanja u kratkoročnom pamćenju. Drugim riječima, kratkoročno pamćenje je prijeko potrebna postaja između osjetnog i dugoročnog pamćenja. Kratkoročno pamćenje još se naziva radno pamćenje, a u svijesti zadržava novopristigle informacije (poglavito verbalne ili vidne) za tekuću uporabu. Pritom je to skladište pamćenja vrlo ograničenog kapaciteta (najviše 5 do 9 pojedinačnih podataka), a kad novi podaci pristižu u skladište, stari se izbacuju iz njega (ako prije toga nisu prebačeni u dugoročno pamćenje). Što se duže pojedinačna informacija zadrži u kratkoročnom pamćenju (što je više puta ponovimo u sebi), to je veća vjerojatnost da će biti pohranjena u dugoročno pamćenje. Drugim riječima, vrijeme što ga određena informacija provede u kratkoročnom skladištu može se produljiti postupkom ponavljanja. No, ako zbog nečega dođe do interferencije (netko nas omete u nijemom ponavljanju telefonskog broja), informacija se gubi. Trajno pamćenje možemo zamisliti kao skup niza pojedinačnih engrama, a kapacitet tog pamćenja (bar teorijski) je neograničen. Svaki engram povezan je s različitim drugim elementima što ih možemo opaziti ili u okolini ili što su trenutačno smješteni u robovskim sustavima ponavljanja (sl. 43-2). Svaki element, što je povezan uz engrame, naziva se slikovito naznaka, natuknica. Kad pozornost usmjerimo na neku takvu naznaku, bilo u okolini, bilo u sustavu ponavljanja, dolazi do aktivacije pridruženih (asociranih) engrama u trajnom pamćenju. Drugim riječima, pristup engramima našeg trajnog pamćenja moguć nam je u mjeri u kojoj su dotični engrami aktivirani. Aktivirani engrami tako zapravo privremeno postaju dio kratkotrajnog pamćenja što služi ispunjenju neke trenutne zadaće ili funkcije.

Noviji pokusi na majmunima i klinički sindrom amnezije su nam pokazali da je te složene oblike učenja i pamćenja pogodno podijeliti u dvije temeljne skupine: *eksplicitno* (deklarativno) i *implicitno* (proceduralno) pamćenje. Ta se podjela u funkcionalnom pogledu temelji na razlikama u načinu pohrane i kasnijeg prisjećanja naučenog, a u strukturnom pogledu na činjenici da obostrane ozljede medijalnog dijela temporalnog režnja (hipokampus i okolne strukture) i nekih dijelova diencefalona uzrokuju teške poremećaje eksplicitnog, ali ne

i implicitnog pamćenja. Eksplicitno pamćenje stječemo svjesnim naporom, a tako se i prisjećamo onog što smo procesom eksplicitnog učenja upamtili. Stoga takvo znanje možemo iskazati (deklarirati – otuda naziv deklarativno pamćenje, jer stečeno znanje možemo iskazati riječju, pismom ili nekim drugim simboličkim sredstvom). Onaj dio eksplicitnog pamćenja, u kojem su pohranjena životopisna zbivanja i uz njih vezane uspomene, nazvan je pamćenjem epizoda (epizodno pamćenje). No, velik dio eksplicitnog pamćenja tiče se pojmova, simbola, značenja – to je značenjsko (semantičko) pamćenje, što ga neki psiholozi slikovito nazivaju mentalnim leksikonom. Tako smo upamtili značenje pojedinih riječi, stručne nazive i pojmove, kemijske formule itd. S druge strane, mnogo toga smo postupno naučili i upamtili, a da zapravo ne znamo kako je do toga došlo. Trebale su godine da naučimo jesti žlicom i vilicom, zavezati vezice na obući, voziti bicikl, plivati. Ponavljanjem niza više ili manje uspješnih pokušaja (metodom pokušaja i pogreške) postupno smo stekli niz navika i ovladali nizom umijeća, što sad imaju podsvjesna i automatska obilježja, a ne znamo kazati kada i kako smo ih točno stekli. No naša djela i postupci jasno pokazuju da tim znanjima i umijećima vrlo uspješno (ponekad zadivljujuće uspješno) vladamo. Podsvjesno (implicitno) smo naučili postupak (proceduru). Stoga psiholozi tu vrstu pamćenja nazvaše implicitnim (proceduralnim) pamćenjem (Judaš i Kostović, 1997).

Kao što je već spomenuto, Whishaw & Vanderwolf (1973) izvjestili su o istraživanju u kojem je pokazano kako se theta hipokampalni valovi često pojavljuju nekoliko stotina milisekundi prije samog pokreta i da je ta aktivnost povezana s namjerom da se pokrene, a ne s povratnom spregom koju proizvodi pokret. Time možemo pretpostaviti da pri izvršavanju pokreta mozak koristi već pohranjene informacije o motoričkim radnjama, koje isto tako, mogu biti dio memorije "smještene" unutar hipokampusa. To dovodi do pitanja, ako je kod osobe narušena normalna hipokampalna theta aktivnost, hoće li to rezultirati deficitom u motoričkoj izvedbi. Definiranjem pamćenja i pripadajućih vrsta, osim što odvajamo njihove funkcije, vežemo ih za različita područja središnjeg živčanog sustava. Drugim riječima, pojedine vrste pamćenja povezane su s funkcijom različitih moždanih područja. Tako npr. eksplicitno pamćenje ponajviše ovisi o funkciji različitih područja kore velikoga mozga i hipokampusa, a implicitno pamćenje o funkciji maloga mozga i bazalnih ganglija. Pamćenje omogućuju funkcionalne i strukturalne promjene u sklopovima živčanih stanica u tim strukturama. To je upravo razlog zbog koje osobe oboljele od Alzheimerove bolesti neće imati oštećenu motoričku izvedbu, iako će se njihov hipokampalni metabolizam promijeniti.

O povezanosti theta valova i pamćenja govori dobro utvrđeni podatak da lezije medijalnog septuma, središnjeg čvora theta sustava, uzrokuju ozbiljne smetnje pamćenja (Andersen, Morris, Amaral, Bliss i O'Keefe, 2006 prema Vukić, 2014.) Također postoje istraživanja koja potvrđuju kako se s povećanjem theta moždanih valova poboljšava i sposobnost za prisjećanje i pohranjivanje u dugotrajno pamćenje (Binaural beats, 2008). Theta aktivnost također se očituje za vrijeme kratkih zadataka vezanih uz pamćenje (Vertes, 2005). Neke Studije sugeriraju da odražavaju "on-line" stanje hipokampusa; jedan od spremnosti za obradu dolaznih signala (Buzsáki, 2002). Također, theta oscilacije su povezane s različitim voljnim ponašanjima (istraživanje, prostorna orijentacija, itd.) i stanjima opreza kod štakora (Vanderwolf, 1969), što pretpostavlja činjenicu da theta ritam može odražavati integraciju senzorskih podataka s motoričkim kretanjem ( Bland & Oddie, 2001 prema Brainwave Entrainment Beginning Guide, 2012). Veliki broj dokaza ukazuje da je theta ritam vjerojatno uključen u prostorno učenje i orijentaciju (Buzsáki, 2005). Pickenhain i Klingberg (1967) prema Buzsáki (2005) sugeriraju da se theta moždane oscilacije mogu upotrijebiti za "usporedbu senzornog djelovanja s prethodno pohranjenim informacijama". Kako izvještava Vukić (2014, str. 9) „znanstvenici su otkrili da, kako bi se oblikovala sjećanja, mozak mora proći kroz dugoročnu potencijaciju (DP) koja uključuje električne i kemijske promjene u neuronima koji su povezani s pamćenjem. Bez DP-a, pristigle informacije se neće pohraniti, već će se brzo i potpuno zaboraviti. Ono što je ovdje bitno je da je za DP ključan moždani obrazac theta valova. Prema Lynchu i Baudryju (1984) to je prirodni ritam hipokampusa, dijela mozga koji je temeljan za formiranje i pohranu novih sjećanja te za dosjećanje starih sjećanja“. Da theta aktivnost utječe na pamćenje izvještavaju i Pevzner, Izadi, Lee, Shahlaie and Gurkoff (2016) u svome radu gdje iznose kako stimulacija septohipokampalnog kruga nižim, theta frekvencijama ima utjecaj na poboljšano prostorno učenje nakon traumatske ozljede mozga. Još jedan primjer povezanosti hipokampalnih theta valova s pamćenjem navode Buzsáki i Moser (2013) koji spominju kako je pokazana visoka korelacija između theta oscilacija i sposobnosti pamćenja, kako god štakora tako i kod ljudi. U istom su radu autori izvjestili kako theta oscilacijski mehanizmi mogu pomoći povezati događaje koji su odvojeni dužim vremenskim razmacima. Na primjer, za vrijeme orijentacije neuralni mehanizmi štakora, povezani s trenutnom lokacijom, povremeno se zamjenjuju potpuno drugačijim sklopovima u jednom theta ciklusu (Harris, Csicsvari, Hirase, Dragoi, Buzsáki (2003) prema Buzsáki i Moser (2013), kao da je štakor "mentalno skočio" na drugu lokaciju. Također je pronađeno da su theta valovi u hipokampusu glodavaca za vrijeme učenja i dosjećanja povećani te se vjeruje da su od vitalnog značaja za indukciju dugoročne potencijacije (DP),

kao i da su uključeni u mehanizme učenja i pamćenja. Na temelju podataka elektrofizioloških istraživanja koji pokazuju da i sinaptička plastičnost i jačina podražaja u hipokampalnoj regiji sustavno variraju s trenutnim theta oscilacijama (Hyman i sur., 2003; Brankack i sur., 1993), predložena je ideja da je funkcionalni cilj theta ritma odvojiti razdoblje kodiranja trenutnih senzornih podražaja i dohvaćanja informacija iz epizodičkog pamćenja kako bi se izbjegla smetnja koja bi se dogodila ako su kodiranje i dosjećanje istovremeno (Brainwave Entrainment Beginning Guide, 2012). Theta valovi, kako je već spomenuto, utječu i na proizvodnju određenih neurotransmitera, hormona i neuropeptida. Vukić (2014) izvještava kako su dijelovi mozga uključeni u proizvodnju endorfina povezani s pamćenjem i učenjem. To objašnjava zašto su pamćenje i mogućnost učenja povećani svaki put kad postoji povećana proizvodnja endorfina u mozgu, a koja je povezana upravo s prevladavajućim theta moždanim valovima. Ti se valovi također povezuju s proizvodnjom vazopresina - neuropeptida koji poboljšava sposobnost učenja i sposobnost pamćenja. Theta valovi također imaju sposobnost proizvodnje katekolamina koji pomažu u procesu učenja i pamćenja. Budući da su kortikalni theta moždani valovi povezani s relaksacijom, te frekvencije naš organizam dovode u stanje relaksacije te dolazi do smanjenja krvnog tlaka i otkucaja srca. To povećava ukupnu razinu kisika u mozgu i maksimizira protok krvi u korteksu što potiče raspon pažnje i razinu budnosti. Povećana pozornost i budnost čini pamćenje i učenje novih podataka mnogo lakšim (Binaural beats, 2008 prema Vukić 2014). S povećanjem theta moždanih valova povećava se sposobnost mozga da pohrani informacije u dugoročno pamćenje te ih potom, u bilo kojem trenutku, ponovo upotrijebi tj. da ih se dosjeti. Standardna moždana aktivnost hipokampusa, dijela mozga koji je uključen u procesiranje memorije i pohranjivanje informacija u okvirima je theta moždanih obrazaca, tj. theta moždani valovi uobičajeni su ritam koji prolazi kroz ovo područje. Kada kod pojedinca nastupi stres ili osjećaj anksioznosti, beta moždani valovi počinju prevladavati unutar moždanih struktura kojima to nije standardna frekvencija, prekidajući normalan tijek theta moždanih valova unutar hipokampusa. To je jedan od razloga zbog kojeg ljudi u stresnim situacijama imaju slabiju sposobnost dosjećanja informacija (Binaural beats, 2008). Pregledom literature možemo zaključiti da theta moždani valovi igraju vitalnu ulogu u procesima pohranjivanja i dosjećanja informacija što sugerira da se stimulacijom istih moždanih struktura, zasluženih za pamćenje, može utjecati na proces pohrane i obrade podataka .

## 5.2. Kortikalna theta aktivnost

Kod životinja moždana aktivnost bilježi se invazivnim metodama tj. uporabom elektroda ugrađenih u mozak, a većina istraživanja theta oscilacija nad životinjama uključivala je elektrode ugrađene unutar lubanje, u hipokampus. Kod ljudi, budući da invazivne metode nisu etički dopuštene, osim u nekim slučajevima kod neuroloških bolesnika, daleko je najveći broj istraživanja moždane aktivnosti izvršen koristeći elektrode postavljene na površinu lubanje. Signali koje očitavaju elektrode smještene na površini lubanje relativno su slabi i difuzni, a detektirani signal sadrži informacije prikupljene iz gotovo cijelog moždanog korteksa dok se tom metodom ne mogu prikupiti moždane oscilacije hipokampusa koji je premalen i smješten preduboko da bih generirao prepoznatljive frekvencijske obrasce. Snimke kortikalne moždane aktivnosti čovjeka pokazuju jasan theta moždani obrazac u nekim situacijama, ali zbog određenih tehničkih poteškoća bilo je teško utvrditi imaju li ti signali bilo kakav odnos s hipokampalnim theta valovima zabilježenim u drugim vrstama. Za razliku od studija izvršenih nad štakorima, gdje se duža razdoblja theta oscilacija može lako opaziti upotrebom elektroda ugrađenih na različitim mjestima unutar korteksa, theta aktivnost je teško odrediti kod čovjeka, čak i kada su dostupne intrakortikalne elektrode. Green i Arduini (1954) prema Brainwave Entrainment Beginning Guide (2012) izvještavaju u svojoj pionirskoj studiji theta moždanih valova o kratkim periodima nepravilnih theta oscilacija u majmuna. Ostali istraživači izvijestili su o sličnim rezultatima, iako su Stewart i Fox (1991) opisali jasan 7-9 Hz theta ritam, u hipokampusu majmuna i vjeverica anestetiziranih uretanom, nalik tipu theta valova uočenim kod uretanski anestetiziranih štakora. Većina dostupnih informacija o ljudskoj hipokampalnoj theta aktivnosti dolazi iz nekoliko malih studija provedenih sa sudionicima koji boluju od epileptičnih napadaja, s intrakranijalno ugrađenim elektrodama koje su se koristile kao dio liječenja. U najvećim i najsustavnijim istraživanjima, Cantero et al. (2003) utvrdili su da se oscilacije u frekvencijskom području od 4-7 Hz mogu zabilježiti u hipokampusu i neokorteksu iako neki autori naglašavaju kako su ove dvije theta aktivnosti zapravo nepovezane. Na primjer, primjećeno je da se hipokampalne oscilacije povezane s REM fazom sna te s prijelazom iz sna u buđenje i obrnuto pojavljuju u veoma kratkim epizodama, obično manjima od sekunde. Također su uočene oscilacije kortikalne theta aktivnosti tijekom prijelaza iz stanja sna u budnost te tijekom početne faze budnosti; međutim autori nisu uspjeli pronaći nikakvu povezanost između hipokampalnih i kortikalnih theta valova i zaključili da se ta dva procesa vjerojatno kontroliraju neovisnim mehanizmima (Brainwave Entrainment Beginning Guide, 2012). Kada se govori o opuštajućim i



relaksirajućim efektima theta moždanih valova, misli se na theta aktivnost zabilježenu unutar korteksa. Na primjer, prisutnost theta moždanih valova unutar korteksa povećava ukupnu razinu relaksacije povećavajući proizvodnju serotonina u mozgu. Serotonin je iznimno blagotvoran neurotransmitter povezan s mentalnom i fizičkom relaksacijom. Uz to, theta valovi dovode i do proizvodnje endorfina koji rezultiraju osjećajem ugone. Upravo zato, neurofeedback, meditacija ili čak yoga dovode do osjećaja opuštenosti i mira, budući da sve navedene vježbe, iako postoje u različitom obliku, usporavaju moždane valove (Binaural beats, 2008 prema Vukić 2014).

## **6. Negativne strane povećane theta moždane aktivnosti**

Iako postoje mnogi benefiti povećanja theta moždanih valova unutar korteksa, također postoje negativni aspekti prevelike količine istih. Bitno je naglasiti da velika količina theta valova, koje možemo inducirati različitim tehnikama, nije pogodna u svim situacijama i kod svih ljudi. Frekventivni raspon theta valova prirodno se pojavljuje u određenim stanjima svijesti kada nam služi za prirodno održavanje organizma, tj. kada se pojavljuje kao regularan proces koji se odvija u svima nama. Njegova pojavnost u stanjima budnosti, ili točnije za vrijeme obavljanja zadataka koji zahtijevaju sposobnost koncentracije, može imati negativan utjecaj na naše funkcioniranje. Također, namjerno induciranje sa sobom nosi nešto drugačiju konotaciju samih valova te u takvim situacijama važno je biti veoma pažljiv.

### **6.1. ADHD**

Mnogo je studija utvrdilo da djeca s ADHD-om, usporedno s oba spola i različitim kronološkom dobi, imaju zabilježenu veću aktivnost theta moždanih valova (Barry et al., 2003; Barry et al., 2009 prema Lee, Eun-Jeong, Jung, Chul-Ho 2016). Theta moždani valni raspon posebno je povezan s nedostatkom koncentracije i povećanom distraktibilnosti. U većini slučajeva, theta moždani valovi povezani su s mentalnom zbunjenošću, dnevnim maštanjem i sanjarenjem i „slučajnim razmišljanjem“. Dakle, ako se osoba teško koncentrira, ima puno plutajućih misli i teško joj je fokusirati se na jedan zadatak, povećanje theta valova za tu osobu nije dobra ideja. Budući da je nedostatak svjesne, fokusirane misli povezan s povećanim theta moždanim valovima, ne iznenađuje da se impulzivnost ubraja u jedno od ponašanja povezanih s theta moždanim rasponom. Kao simptom koji je često povezan s

ADD-om, logično je da povećanje ukupne količine theta moždanih valova korelira s višim razinama impulzivnog ponašanja. Postupna promjena moždane aktivnosti razlog je zbog kojeg djeca s ADHD-om simptome poput poremećaja pažnje i distraktibilnosti proživljavaju zajedno sa simptomima hiperaktivnosti i impulzivnosti, što je posljedica promjene frekvencijskog sadržaja moždane aktivnosti zabilježene na EEG -u s kao viša razina theta i delta moždanih obrazaca i smanjenih alpha i beta obrazaca moždane aktivnosti (Yaghoobi Karimu, Azadi i Keshavarzi, 2018). U takvim slučajevima, budući da mozak funkcionira na sporijim frekventnim obrascima, središnji živčani sustav koristi manje ukupne energije. Sva energija nastala u tijelu treba se nekako upotrijebiti. Previše theta moždane aktivnosti omogućuj našem mozgu i središnjem živčanom sustavu da funkcionira s manje energije. Budući da mozak i CNS koriste manje ukupne energije, višak energije se izražava u pojedincu kroz hiperaktivno ponašanje (Binaural beats, 2018).

## **7. Theta moždani valovi unutar koncepta art/ekspresivnih terapija i sofrologije**

Kako navode Prstačić i sur. (2004) „trauma, bolest, razvojni poremećaj... prouzrokuju u pojedinca različite emocionalne reakcije i brojna pitanja. I dok tzv. znanstveni pristup često ignorira ono što nije u mogućnosti analizirati - tragičnost, simboliku, zadovoljstvo postojanja, moralna kriteriologija i filozofija potiču nova pitanja i pristupe u ovom širokom egzistencijalnom prostoru - prihvaćanja i odbijanja, davanja i primanja, ljubavi i mržnje, zavisti i doživljaja vlastite tjelesnosti, vjere i egzistencijalnih vrednota (dobro i zlo, lijepo i neugledno, bolest i zdravlje...), približavajući tako i brojne aspekte humanističkih, biomedicinskih i drugih znanosti kao i umjetnosti, u pokušaju razumijevanja egzistencije čovjeka.“

Sofrologija (grč. sos - sklad, ravnoteža; phren – duh, svijest, razum; logos – znanost, poučavanje) nastala je 60-tih godina prošlog stoljeća, a kreirao ju je španjolski neurokirurg i neuropsihijatar Alfonso Caycedo. Integrirajući postavke fenomenološke škole Edmunda Husserla i istočnjačkih tradicija joga i zen-budizma, Caycedo je osmislio pristup koji osobi prilazi multidimenzionalno, imajući u cilju sklad više aspekata ljudske egzistencije (Miholić, Prstačić, Nikolić, 2013). Glavni cilj sofrološke metode je uspostavljanje stanja smirenosti, harmonije i koncentracije uma (sophrosynen) tj. uspostavljena stanja fizičkog i duševnog zadovoljstva, otkrivanja i podržavanja razvojnog potencijala života. Ona je istodobno i

filozofija i znanost i terapija (Prstačić, 2003 prema Miholić i sur., 2013). Gubel (1967) izvještava o nastanku sofrologije te obrazlaže zaključak da su nekoliko psiho-bioloških manifestacija, koje nisu bile ujedinjene unutar istog koncepta, u suštini bile jednake unatoč njihovim različitim pojavama i razvoju. Pri tome, Gubel sjedinjuje hipnozu, određene manifestacije joge te takozvano stanje spiritizma u transu. Također se osvrće na stanje „sumraka“, koje se povezuje s povećanom razinom theta aktivnosti, na vjerske ekstaze koje se mogu vidjeti u istočnjačkim i zapadnim religijama i u primitivnim obožavanjima i raznim drugim manifestacijama koje mogu biti „samo-izazvano iskustvo u stanjima duboke opuštenosti i relaksacije kao naprimjer, Shultzovom autogenom treningu“ (Gubel, 1967, str. 249). Isto tako, autor smatra da na terapijskom stolcu psihoanalitičara, korisnik može, bilo kroz tišinu ili slobodne asocijacije, doživjeti neke pojave koje se ne odnose na uobičajeno stanje svijesti.

Takvo iskustvo koje spominje Gubel može se doživjeti koristeći više medija - od glazbe do crteža te na taj način, ova relativno nova filozofija, može zaviriti unutar koncepta kreativnih psihoterapija. Tako možemo ujediniti art/ekspresivne terapije sa sofrologijom. Sanskrtski ritam, grčki ari-thmos/arhron, latinski ritus/artus svojim značenjima ispunjavaju veliku riječ naše kulture Art - Umjetnost (facon d'etre) koja sadrži osnovne ideje ljudske aktivnosti prema nekom redu. Suština svake pojave u svijesti pojedinca ima estetski karakter, a estetska spoznaja je rezultat metafizičke intuicije koja to biće prožima. Na načelima estetskog reda, ritma, harmonije, konflikta i dominacije i načela "dobrog nastanka", kako to misle Chrichley i Henson (1982), umjetnost glazbe, pjesništva, umjetnost tijela/ples, drama, slikarstvo... oslobađa pojedinca od jednodimenzionalnog pristupa u proučavanju fenomena te otkriva znanstvenoj spoznaji nove mogućnosti u istraživanju (Prstačić i sur., 2004). Prstačić (1996), kako izvještavaju Miholić i sur. (2013) definira kreativnu terapiju kao „kompleksnu suportivnu metodu usmjerenu na dinamičke fenomene samoregulacije; samoobnavljanja i samonadmašivanja (sposobnost da se stvaralački, kreativno, nadmaše fizičke i mentalne granice u biološkom, psihičkom, socijalnom i duhovnom aspektu života)“. U okviru kreativne terapije i art/ekspresivnih psihoterapija mogu biti korištene različite umjetničke tehnike i mediji (klinička hipnoza, vođena imaginacija, vježbe disanja i relaksacija, biblioterapija - dramatisacija, igranje uloga, lutka, pokret i ples, glazba u terapiji) (Miholić i sur., 2013)

U svim njezinim dijelovima, sofrologija kao i art/ekspresivne metode, djeluju na organizam prvenstveno omogućujući osjećaj relaksacije, oslobađanja i samospoznaje. Ono što je specifično za ovaj pristup jest da svojim metodama i tehnikama utječe na povećanje theta

moždanih valova unutar korteksa pojedinca. Poznajući utjecaj ovog moždanog obrasca na organizam, možemo dobiti bolji uvid u neurološko djelovanje ovih tehnika te njihovu važnost promotriti iz nešto drugačijeg kuta. Slijedi pregled nekih tehnika, metoda i medija koje se mogu koristiti unutar art /ekspresivnih terapija i sofrologije te za koje je znanstveno potvrđeno da povećavaju razinu theta moždanih valova. No prije nego ih se definira, vrlo je važno obrazložiti neke od pojava za koje vežemo povećane kortikalne theta valove, a bitni su unutar koncepta sofrologije i art/ekspresivnih terapija, kao što su npr. opuštanje, prorada emocija, nošenje sa stresom te aspekt sugestibilnosti koji je veoma bitan u terapijskom radu. Također, bitno je naglasiti da kada se govori o različitim aktivnostima, metodama i tehnikama koje povećavaju razinu theta moždane aktivnosti, misli se na kortikalnu aktivnost izmjerenu neinvazivnim metodama.

### **Stres i anksioznost**

Smanjena razina stresa i anksioznosti jedna je od mnogih stvari koje se povezuju s povećanom razinom theta moždanih valova. Nisu svi ljudi s povećanim količinama theta valova opušteni, ali theta moždani obrazac povezan je s nižim razinama anksioznosti, stresa i neuroze. Povećanje ukupne razine theta moždanih valova pomoći će usporiti brze misli i djelovati će opuštajuće na tijelo, čineći da se osjećamo ugodnije u njemu. Takvo opušteno stanje organizma može utjecati na cijeli imunološki sustav. Činjenica je da su theta moždani valovi povezani s vitalnošću i osjećajem relaksacije. Dobro je poznato da stres i osjećaj anksioznosti mogu naštetiti imunološkom sustavu otpuštanjem štetnih kemikalija kao što su adrenalin (epinefrin) i određenih hormona poput kortizola, povezanog s oslobađanjem adrenalina. Kada unutar korteksa prevladavaju theta moždani valovi oslobađaju se kemikalije i neurotransmiteri koji održavaju naš imunološki sustav. Vježbe disanja i relaksacije u kontekstu sofrološke metode koriste se na početku primjene komplementarnog terapijskog programa u cilju smanjenja, primjerice, anksioznosti i poticanja disperzije pažnje s neugodnog podražaja (Polkki, 2008; Huth, 2004; Rossman, 2004 prema Miholić i sur., 2013). Ovisno o tehnici, povećanje ovog moždanog vala neće uvijek biti u jednakim razmjerima. Tako ćemo, na primjer, vježbama disanja i relaksacije povećati razinu theta moždanih valova koja se prirodno javlja u trenucima kada nam je tijelo relaksirano, no njezina razina neće biti jednaka onoj koju ćemo postići meditirajući kroz duže vrijeme ili koristeći neku od tehnika za izravnu manipulaciju moždanim valovima, poput binauralnog ritma ili neurofeedbacka.

## **Prorada emocionalnog iskustva**

Theta valovi najčešće se povezuju sa stanjima duboke opuštenosti koja je i sama jedan od prvih ciljeva komplementarnih, art/ekspresivnih terapija. Theta valovi donose osjećaj duboke relaksacije koji mogu doživjetiiskusni meditari i djeca kojima je to prirodna frekvencijska aktivnost mozga. Kada bi smo se pokušali sjetiti našeg djetinjstva mogli bismo se vratiti u ono bezbrižno stanje uma koje nam je omogućilo da se osjećamo emocionalno povezani s drugima na drugačiji način nego to većinu vremena činimo u odrasloj dobi. To nas dovodi do činjenice o kojoj autori danas sve više govore, a odnosi se na theta frekvencijski raspon koji povezuju sa snažnim i dubokim emocionalnim iskustvima. Neki autori navode da s povećanjem theta moždanih valova dolazi i do povećanja intenziteta naših emocija. Zbog analitičke uloge koju imaju beta moždani valovi, oni mogu blokirati naše emocije ili nam ne dopustiti da ih u potpunosti doživimo. Poznato je kako su neke osobe sklonije emocionalnijim, a neke racionalnijim reakcijama. Bez obzira radilo se o odgoju ili karakteru osobe, nedvojbeno je da određene ponašajne i psihološke reakcije prate određene moždane frekvencije. Tako možemo pretpostaviti da suzdržanije ili emocionalno hladnije osobe mogu imati korist od povećanja theta moždane aktivnosti unutar korteksa. Jer osim dokazanih kemijskih posljedica koje one imaju na našu biologiju, psihološko i emocionalno stanje osobe također, na taj način, može „profitirati“. Kako se theta moždani valovi povećavaju tehnikama opuštanja, koristeći takve tehnike možemo bolje razumjeti, proraditi i prihvatiti naše emocije. Zato je ovaj frekvencijski raspon unutar korteksa toliko bitan za terapijski rad. U trenutku kada, bilo kojom od tehnika dovedemo korisnika u relaksirano stanje, puno ćemo lakše pristupiti njegovom nesvjesnom sadržaju ili sadržaju prema kojem on sam nesvjesno osjeća otpor. Nadalje, možemo pretpostaviti da će tada korisnik biti puno spremniji za bilo koji oblik terapije i prorade spomenutog sadržaja i puno otvoreniji za primanje novog, a to nas dovodi do još jedne funkcije koju povezuje s theta moždanim valovima, a to je – sugestibilnost.

## **Intuitivnost, sugestibilnost i hipnoza**

Theta valovi također se povezuju sa instinktivnim porivima. Kada ljudi osjete snažan instinkt koji im pomaže da donesu „dobru“ odluku u tom trenutku vjerojatno nalaze u povećanoj razini theta moždane aktivnosti. Ako se veći dio vremena nalazimo u oscilacijama beta moždanih valova, naša prirodna intuitivnost postaje ozbiljno oštećena. Kada se povećaju theta moždani valovi u korteksu, povećava se i intuicija, kao i naša sposobnost prepoznavanja takvih osjećaja u našem tijelu. To se nadovezuje na ulogu theta moždanih valova koju neki autori povezuju s podsvijesti, a o toj se temi puno pisalo i istraživalo unutar područja

hipnoterapije. Iako u takvoj priči sve započinje alpha moždanim valovima koji služe kao svojevrsni most između svjesnih misli i podsvijesti, theta moždani valovi omogućuju da se duboko povežemo s našim podsvjesnim umom. Podsvjesni um ili desna hemisfera našeg mozga postaju aktivni kada se valovi nižih frekvencija, poput alpha i theta valova, induciraju u našem korteksu. Hipnoza je dugo vremena bila predmetom rasprave između dominantno "naivnog" pogleda tj. onih koji tvrde da je hipnoza izmijenjeno stanje svijesti i onog skeptičnog pogleda tj. onih koji sumnjaju u postojanje hipnotičkog stanja zbog manjka objektivnih pokazatelja hipnotičkih učinaka u budnom, svjesnom stanju (Barber, 1969 prema De Benedittis, 2015). No zahvaljujući provedenim istraživanjima na području neuroznanosti te doprinosu elektrofizioloških pretraga i neuroradioloških metoda oslikavanja središnjeg živčanog sustava (CT, MRI, PET) sve se više kristalizira naše shvaćanje hipnotičkih stanja. Na području hipnoterapije provedeno je pregršt istraživanja moždanih oscilacija povezanih s mogućnošću programiranja podsvjesnog uma. Neki rezultati ukazuju na mogućnost da s postizanjem nižih frekvencije moždanih valova i korištenjem afirmacija pojedinac može promijeniti neke od najdubljih nesvjesnih uvjerenja ili emocionalnih blokada. Za vrijeme visoke razine theta moždanih valova mozak je iznimno otvoren za prijedloge i nove ideje. Hipnotička stanja i hipnotičke reakcije često su povezane s povećanjem aktivnosti theta i gama moždanih valova tj. više razine theta moždane aktivnosti povezuju se s većom dubinom hipnotičkog stanja. (Ray, 1997, Williams i Gruzelier, 2001; Jensen i sur., 2015 prema De Benedittis, 2015). Velika količina theta moždane aktivnosti povezana je sa stanjem duboke hipnoze, a theta aktivnost raste sa sve dubljim stanjem hipnoze. Ova je tvrdnja opservirana i sažeta od strane brojnih autora (Crawford i Gruzelier, 1992; Ray, 1997; Crawford, 2001 prema De Benedittis, 2015). Nedavni nalazi daju preliminarne dokaze o varijablama koje ostaju održive kao čimbenici koji bi mogli olakšati hipnotičke odgovore, a jednu od njih čini povećana razina theta moždanih obrazaca (Jensen et al., 2015). Povećana theta moždana aktivnost nalazi u različitim kortikalnim područjima, ali je u prednjem frontalnom području primijećena njezina najveća zastupljenost (De Benedittis, 2015). Upravo spomenute tvrdnje o povezanosti theta moždanih valova sa hipnozom sugeriraju kako je stanje povećanih theta moždanih valova povezano sa povećanom sugestibilnosti. To je veoma korisna informacija u terapijskom procesu u kojem terapeut radi bilo koju od tehnika (Yoga, meditacija, tehnike disanja, Mindfulness i slično) za koju je dokazano da dovodi do povećanja Theta moždanih valova unutar korteksa. Ukoliko je tvrdnja da se theta moždani valovi povezuju sa stanjem sugestibilnosti točna, to otvara maleni prozor za pozitivan utjecaj na stav korisnika u terapiji

tj. period nakon prakticanja određene tehnike važno je iskoristiti za pozitivne afirmacije, vizualizacije i navođenje korisnika na pozitivne misli.

### **Kreativnost**

Također, visoke razine theta moždane aktivnosti često se pronalaze u kreativnim pojedincima. Mnogi talentirani glazbenici, izumitelji i umjetnici imaju izuzetno veću prosječnu razinu theta moždanih valova. Prema Sternberg (1998), Hudspith (1985) je mjerio moždanu aktivnost prednjeg i stražnjeg dijela mozga kod deset više i deset manje kreativnih pojedinaca. Mjerila se objektivna moždana aktivnost koja prevladava za vrijeme budnog stanja pojedinca u mirovanju, verbalno udruživanje (prisjećanje riječi povezane s druge dvije različite riječi) te se mjerila aktivnost za vrijeme zadataka sa slikama gdje su ispitanici morali zamisliti kako bi neki objekt izgledao ukoliko bi se presložio. Istraživanja nisu pronašla specifične razlike u moždanoj aktivnosti tijekom mjerenja objektivne aktivnosti za vrijeme stanja mirovanja. Međutim, tijekom oba od postavljenih zadataka, pojedinci procijenjeni kao kreativniji pokazali su veću razinu frontalne theta aktivnosti. Tijekom izvođenja zadataka sa slikama pronađena je i veća aktivnost alpha moždanih valova. Takvi nalazi sugeriraju da povećanjem theta moždanih valova možemo potaknuti i otvoriti kreativni kanal korisnika u terapijskom procesu, koji ponekad čini skup informacija o njegovim podsvjesnim mehanizmima ili mu jednostavno može pomoći da kroz kreativan rad proradi sve ono što svjesno korisnik nije u mogućnosti primijetiti. Unutar koncepta kreativnosti možemo spomenuti neke načine za izražavanje iste, kroz različite medije unutar art/ekspresivnih psihoterapija te se osvrnuti na njihovu važnost. Tako na primjer, kako izvještavaju Miholić i sur. (2013, str. 117) „crtež u sebi sadrži konkretne i projektivne elemente koji se mogu analizirati i na taj se način može zaključivati o nekoj neurološkoj maturaciji i motorom statusu kao i o strukturi unutarnjeg emocionalnog aspekta osobe, konflikata i transformacijskih mogućnosti umanjujući ulogu verbalne eksploracije problema koja je, naročito kod djece, nepotpuna ili onemogućena“ (Nainis i sur., 2006; Council, 2003; Prstačić, 1990), a samo sudjelovanje u kreaciji rada te tumačenje ili razgovor o gotovom djelu korisniku može donijeti osjećaj oslobađanja ili prorade nekog, svjesno nedostupnog sadržaja.

### **Duhovnost**

Mnogi smatraju da theta moždani valovi predstavljaju most između fizičkog i duhovnog tijela. Theta moždani valovi nerijetko se povezuju s duhovnošću i dubokom duhovnom vezom čija se važnost naglašava unutar sofroloških metoda. Prema nekim autorima, theta moždani

obrazac povezan je s pojačanom duhovnom svijesti i dubokim uvidima. Mnoga duhovna iskustva i fenomeni najčešće su proživljeni u stanju povećane količine theta moždanih valova. Na primjer, povećanje razine alpha moždanih valova, bez povećanja theta valova, omogućit će nam da se osjećamo opušteno, više svjesno, ali nećemo imati pristup povećanom emocionalnom intenzitetu, kreativnim uvidima ili osjećaju duhovne veze kojoj se može pristupiti samo putem theta valova (Binaural betas, 2008). O duhovnosti i theta moždanim valovima također izvještava Wise (2011, str.19) koja govori o theta moždanim valovima kao o stanju u kojem uspostavljamo najsnažniju duhovnu povezanost. „U procesu upravljanja umom, theta valovi su iznimno važni. Theta je »vrhunac« u »vrhunskom iskustvu«. Kad su druge sastavnice prisutne, theta vam omogućuje »aha!« doživljaj. Ako želite iscijeliti svoje tijelo ili svoj um, theta je mjesto s kojega iscjeljivanje najlakše ulazi u vaš život te duboko prodire i djeluje“. Zašto je to uopće važno? Jedna od inteligencija o kojoj izvještava Dupuy (2013), u okvirima sofrološkog rada, jest razumijevanje transcendentalne svijesti tj. mogućnosti na nadiđemo obična, svakodnevna stanja i suočimo se sa beskrajnom ljepotom života u jednostavnom krajoliku, osmjehu te postanemo ispunjeni čudom u pogledu i gesti punoj humanosti, čudom umjetničkog djela ili misterioznom prostranstvu zvjezdanog neba. Takvo stanje svijesti povezuje se s povećanom theta aktivnošću, a autor govori o transcendenciji kao jednoj od mogućih područje kontemplativne ili meditativne prakse, dok sofrologija, kombinirajući koncentraciju i otvorenu svijest, potiče ovu dimenziju postojanja. Na primjer, kod osoba s malignim oboljenjem, koje se pitanja smrti spontano javljaju, ova vrsta inteligencije može pomoći da pobude energiju svijesti o smrti kao dijelu životnog procesa. Uz duhovnost također možemo povezati i ono što Dupuy (2013) smatra intuitivnom inteligencijom. Kako sam autor objašnjava, ona proizlazi iz kreativne vitalnosti te uz pomoć ove vrste inteligencije možemo pronaći način za prihvaćanje i razumijevanje onoga što nam se događa u životu. „Svi imamo iskustvo inteligencije kao kretanja kreativne svijesti, bez intervencije promišljanja, o mnogim informacijama koje registriraju naša osjetila. Ona potiče naš misaoni proces i otvara nove perspektive u skladu s životnom Silom. Dostizanje do fenomen otkrivanja ili iznenadnog uvida („prosvjetljenja“), koji se uvijek događa u trenutku „plutanja“ svijesti“ (Dupuy,2013) koju Dispenza (2014) povezuje s theta moždanim valovima. Kroz tehnike sanjarenja (daydreaming) i slobodnih asocijacija uspostavlja se ovakvo stanje svijesti i dolazi se do poveznica o smislu našeg iskustva, a koje su najčešće izražene kroz simbolički jezik (riječ ili slika) i popraćene značajnim porastom vitalnosti (energija stvaranja može biti ponekad preplavljujuća) (Dupuy, 2013).



## **8. Tehnike koje povećavaju razinu theta moždanih valova**

Naš mozak prolazi prirodan ciklus izmjene svih moždanih obrazaca ovisno o stanju svijesti i stanju organizma generalno. Njegove dublje moždane strukture odašilju različite moždane valove, no kad određena moždana frekvencija prevlada unutar cijelog korteksa do te mjere da sinkronizira obje moždane polutke, poput učinka povećane theta frekvencije za vrijeme duboke meditacije (Dispenza, 2014) dolazi do namjerne manipulacije frekvencijskim obrascima unutar korteksa. Kada se spominju tehnike koje utječu na mijenjanje moždanih obrazaca najčešće se misli na upotrebu određene tehnologije te na alteraciju moždane aktivnosti na, rekla bih, umjetan način. Baš zbog prirodnog cikličkog procesa koji mozak prolazi, u mogućnosti smo dovesti se u bilo koje stanje svijesti bez utjecaja vanjskih podražaja. Naravno, upotrebom tehnologije ili bilo kakvog drugog medija, takav se proces može ubrzati te se mozak može lakše uvježbati za dolazak u željeno stanje. Odabir metode ne ovisi samo i preferencijama korisnika već o njegovoj bazičnoj moždanoj aktivnosti za vrijeme mirovanja. Također, pri odabiru tehnika vrlo je bitno uzeti u obzir zašto se povećava razina theta valova, na primjer, je li cilj samo opustiti korisnika ili utjecati na njegovu razinu sugestibilnosti. Bitno je naglasiti da, ako koristimo neku vrstu tehnologiju u radu s korisnicima, kod namjernog postizanja povećane razine bilo kojeg frekvencijskog raspona, valja biti oprezan. Slijedi pregled nekih od najčešće spominjanih metoda s kojima možemo povećati razinu theta moždanih valova.

### **8.1. Meditacija**

Meditacija je krovni pojam za niz heterogenih tehnika koje zahvaćaju nekoliko različitih neurokognitivnih procesa i tipično induciraju blagotvorne učinke na mozak i ponašanje (Boccia, Piccardi i Guariglia, 2015; Fox i sur., 2016; Nair, Sasidharan, John, Mehrotra, & Kutty, 2017 prema Jyothi i sur., 2018). U istraživanjima učinka meditacije, u kojima su uključene EEG i ERP te neuroradiološke metode oslikavanja središnjeg živčanog sustava, dokazano je sveukupno usporavanje moždane aktivnosti, a najosjetljivijima na meditativnu praksu pokazali su se alpha i theta moždani obrasci (Cahn & Polich 2013 prema Tomljenović, Begić i Maštrović, 2016). Elektroencefalografske (EEG) studije pokazale su značajno povećanje alpha i theta moždane aktivnosti tijekom meditacije (Chiesa i Serretti, 2010 prema De Benedittis, 2015), s istodobno općim usporavanjem procesa svijesti (De Benedittis, 2015).

Povećanje alpha i theta moždane aktivnosti povezuje se sa stanjem unutarnje mirnoće i stabilnosti (Siegel, 2007 prema De Benedittis, 2015). Druge EEG studije provedene nad praktikantima Mindfulness meditacije, koje istražuju neurofiziologiju koja stoji iza tehnika usredotočene svjesnosti, također su pokazale dosljedne promjene u theta i alpha moždanim obrascima (Cahn i Polich, 2006; Lomas, Ivtzan i Fu, 2015 prema Jyothi i sur. 2018). Neke studije sugeriraju da je promjena u theta moždanom obrascu povezana s učinkovitosti meditacije (Aftanas i Golocheikene, 2001), dok neke zaključuju da se takve promjene pojavljuju samo kod naprednih praktikanata (Kasamatsu i Hirai, 1966 prema Tomljenović i sur., 2016). Povećana koherentnost moždanih valova pronađena je u alpha-theta rasponu, kako unutar, tako i vanhemisferično tijekom meditacije (Cahn i Polich, 2013 prema Tomljenović i sur., 2016). Slični obrasci zabilježeni su kod praktikanata meditacije tijekom odmora i drugih kognitivnih zadataka (Tomljenović, Begić i Maštrović, 2016). Ovi rezultati potvrđuju prijašnje pretpostavke da je theta moždani obrazac najosjetljiviji na meditativnu praksu. Određene su studije utvrdile pojačavanje koherencije theta moždane aktivnosti u frontalnim središnjim regijama praktikanata meditacije (Aftanas i Golocheikene 2001, 2002, 2003 prema Tomljenović i sur., 2016). Kako prenosi De Benedittis (2015), takve nalaze potvrđuju Cahn i Polich (2006) objašnjavajući nalaze svojih studija u kojima zaključuju da su frontalni korteks i prednji cingularni girus na središnjoj površini frontalnog režnja, područja gdje se tijekom meditacije zabilježila najveća razina theta moždane aktivnosti. Takvi nalazi povezani su s ispoljavanjem pozitivnih emocija tijekom meditacije. Naime, neke su studije pokazale veću koherentnost tijekom iskustva pozitivnih emocija, nego negativnih (Aftanas i sur., 1998 prema Tomljenović i sur., 2016). Dispenza (2014, str. 249) također izvještava o sličnim učincima meditacije: „Osobe koje suiskusne u meditaciji također su prikazale povećanje omjera theta i alpha moždanih valova nižih frekvencija, što znači da mogu provesti popriličnu količinu vremena u izmijenjenom stanju. Od osobitog je značenja povećanje regulacije sporih valova. Dok su polaznici bili u stanju theta moždanih valova, imali su veću usklađenost od uobičajene, odnosno veću urednost moždanih valova između aktivnosti u prednjem dijelu mozga i u stražnjem dijelu mozga. Opazili smo da se lijevo prednje područje, koje se povezuje s pozitivnim emocijama, opetovano aktivira, što je u skladu s izazivanjem stanja meditativnog blaženstva. Drugim riječima, kada polaznici uđu u meditaciju, proizvode sporije, usklađenije moždane valove koji upućuju na to da se nalaze u stanju duboke opuštenosti i povišene svjesnosti. Pored toga, ujednačenje između prednjeg i stražnjeg dijela mozga, kao i između lijeve i desne strane mozga, upućuje na to da osjećaju veću sreću i ispunjenost.“

Iako su promjene theta moždane aktivnosti povezane uglavnom s iskusnim meditatorima, teško je ustvrditi kada osoba postaje iskusni praktikant meditacije (Tomljenović i sur., 2016). Neki su autori postavili teze različitog učinka meditacije na lijevoj i desnoj hemisferi (Pagano i Frumkin 1977, Delmonte 1984 prema Tomljenović i sur., 2016). Rezultati istraživanja kojeg su proveli Tomljenović i sur. (2016) sugeriraju da je lijeva polutka osjetljivija na meditativnu praksu. Aftanas i Golocheikine (2001) u svome radu u kojem su pratili i izvještavali o theta aktivnosti u toku meditacije te o njezinoj pojavnosti u različitim moždanim strukturama tijekom tromjesečnog praćenja korisnika koji su prakticirali transcendentalnu meditaciju, izvještavaju da je prakticiranje transcendentalne meditacije kroz tri mjeseca pokazalo promjenu u osnovnim obrascima moždanih valova sugerirajući kako je meditacija utjecala na tipičan EEG obrazac. Nalazi također ukazuju kako je lijeva hemisfera osjetljivija na meditativnu praksu te kako je većina promjena pronađena u aktivnosti theta moždanih valova koja se vidno povećala. Dobiveni rezultati sugeriraju da theta promjene nastupaju nakon tri mjeseca prakse, odražavajući neuroplastičnost povezanu s iskustvom i integraciju iskustva tijekom meditacije u svakodnevnim aktivnostima (Travis i sur., 2001 prema Tomljenović i sur., 2016). Nadalje, najdosljednija i najsnažnija neuralna abnormalnost koja se veže uz ADHD jest povećana snaga theta moždanih valova (Tye i sur., 2014 prema Tomljenović i sur., 2016). Jednom studijom, koja je ispitivala učinke transcendentalne meditacije na adolescente s ADHD-om, zabilježena je povećana frontalna, parietalna i anteriorposteriorna theta, alpha i beta koherencija nakon tri mjeseca prakse (Travis i sur., 2011 prema Tomljenović i sur., 2016). Autori su povezali takve rezultate s prethodnom studijom koja je utvrdila znatno poboljšanje koncentracije i emocionalne kontrole nakon tri mjeseca meditacije kod djece s ADHD-om (Grosswald i sur., 2008 prema Tomljenović i sur., 2016). S time možemo zaključiti kako meditacija može biti osobito korisna kod tretmana anksioznosti te kod ADHD-a. Pregledom literature i nalaza dosadašnjih studija možemo zaključiti kako je meditacija jedna od tehnika koja se može koristiti za induciranje povišene theta moždane aktivnosti. Iako meditacija sama po sebi broji mnoge pozitivne učinke na organizam pojedinca te je povećana razina theta moždane aktivnosti samo jedna od njih, dobro je znati koji se biološki i neurološki procesi odvijaju iza ove, danas sve više istražene tehnike. Poznajući ulogu i karakteristike theta valova, posljedice koje meditacija ima na organizam možemo bolje iskoristiti. Na primjer, kako izvještavaju Jyothi i sur. (2018), praktikanti meditacije, oni iskusniji jednako kao i osobe koje meditaciju ne prakticiraju dugo vremena, pokazali su povećan obrazac alpha – theta moždanih valova sat vremena nakon završetka meditacije, u stanju mirovanja. To potvrđuje tvrdnje koje povezuju meditaciju s neuroplastičnosti i daje nam prostor u

terapijskom radu, za bolje organiziranje vremena nakon prakticiranja same tehnike meditacije. Zahvaljujući sugestibilnosti koja se povezuje s theta moždanim valovima, vrijeme nakon prakticiranja meditacije dobro bi bilo iskoristiti za dublji psihoterapijski rad, pozitivnu vizualizaciju, vođenu imaginaciju ili samu tehniku koristiti kao uvod u terapijski proces.

## **8.2. Yoga**

Poput meditacije, Yoga je još jedna aktivnost koja djeluje opuštajuće i pruža mnoge dobrobiti organizmu izmjenom naših moždanih valova na one umirujuće alpha i teta frekvencijske obrasce. Postoji mnogo različitih vrsta yoge, a ako se ova tehnika prakticira ispravno, definitivno će usporiti moždane valove i omogućiti nam da doživimo osjećaj duboke relaksacije, povišenog stanja svijesti i uvida koje se povezuje s theta frekvencijskim rasponom (Binaural beats, 2008). Desai i sur. (2015) izvještavaju o provedenom istraživanju moždane aktivnosti za vrijeme različitih vrsta Yoge. Oni pronalaze povećanje theta aktivnosti tijekom Bramari Pranayama yogijske tehnike disanja. Slična je studija također pokazala značajno povećanu theta moždanu aktivnost u longitudinalnoj studiji koja se sastojala od 48 ispitanika podijeljenih u dvije skupine na temelju dvije vrste yogijskih tehnika: asan-pranayama i pranayama koje se sudionici prakticirali 4 dana tjedno kroz 6 mjeseci. Moždana aktivnost zabilježena je prije i poslije treninga kod obje skupine ispitanika. Obje skupine također su sudjelovale u vizualnim zadacima koji su uključivali mjerenje reakcije na vizualni podražaj, prije nakon samog provođenja tehnika yoge. Poboljšana učinkovitost u ovim vizualnim zadacima nakon treninga ukazuje na činjenicu da je povećanje theta valova imalo i funkcionalan rezultat. Desai i sur. (2015) u svome radu prikazuju studiju provedenu s ispitanicima koji prakticiraju Kriya Yogu te izvještavaju o povećanoj theta moždanoj aktivnosti koju ova tehnika inducira. Tijekom istraživanja mjerila se moždanu aktivnost u 11 instruktora Santhi Kriya yoge koji su imali najmanje jednu godinu dosljedne prakse, prije i poslije dvosatnog prakticiranja Kriya Yoge. Sat Kriya Yoge sastojao se od sporog i brzog disanja, nakon čega je slijedilo razdoblje meditacije i kontemplacije. Istraživanje je pokazalo povećanje alpha i theta valova za 40 posto, prvenstveno u parientalnoj regiji. To je značilo da je mozak bio duboko opušteni nakon yoge, a ispitanici su izvijestili o smanjenju osjećaju anksioznosti i boljoj kontroli nad vlastitim emocionalnim stanjem.

### 8.3. Glazba

Sama važnost glazbe u terapiji odavno je poznata. Tako na primjer, glazba u terapijskom procesu, kombinirana s relaksacijom i vođenom imaginacijom, predstavlja učinkoviti komplementarni pristup kod pedijatrijskih onkoloških pacijenata (Robb, 2008; Kemper i sur., 2008; Stouffer i sur., 2007; O' Callaghan i sur. 2007 prema Miholić i sur., 2013). Također, poznata je i činjenica kako glazba može utjecati na moduliranje moždanih valova. Ovisno o tome što želimo postići s klijentom, odabiremo ritam, melodiju ili žanr. Gotovo svi glazbeni žanrovi (osim klasične) imaju veliki utjecaj na desnu hemisferu mozga i povećavaju razinu theta moždane aktivnosti. Osjećaj povećane emocionalnosti koju glazba može probuditi u pojedincu veže se upravo za povećane theta moždane valove. Dok slušamo glazbu uživajući u njoj, naš mozak ima tendenciju prirodno povećavati razinu theta moždanih valova (Binaural beats, 2008). Promatrajući najraniju ulogu samog ritma u potpunosti je smisljeno da glazba ima veliki utjecaj na moduliranje moždanih valova u niže frekvencije koje nam potom daju osjećaj relaksacije i opuštenosti. Kroz povijest uloga bubnja promatrana je na različite načine, na primjer stanje transa je psihoakustički inducirano moduliranjem ritma. U raznim plemenima ponavljanje određenog ritma na bubnju ritmički je blizu nižih frekvencija delta i nižih theta valova (0,8-5,0 ciklusa u sekundi) (Mongush i Kenin-Lopsan, 1997 prema Miller, Miller, L., Turner, Evans, 2017) što neki smatraju razlogom za ulazak u promijenjeno stanje svijesti. Bitno je naglasiti kako je ovo široko područje u čiju dubinu u ovom pregledu nećemo ulaziti. Ne utječe svaka vrsta glazbe jednako na povećanje theta moždanih valova, no ukoliko se odlučimo za ovaj alat u radu, moguće ju je koristiti za povećanje relaksacije i ugođe, a time i theta moždanih valova. Djelovanjem glazbe, tonska napetost prelazi iz fizičke u psihičku i djeluje na visceralne funkcije, pobuđuju se osobita stanja svijesti i terapijska katarza (Prstačić, 1996 prema Miholić i sur., 2013).

### 8.4. Binauralni ritam

Binauralni val odnosi se na auditivne odgovore moždanog debla (Padmanabhan, Hildreth i Laws, 2005 prema Vukić, 2014) koje možemo opisati kao "*auditivnu iluziju*" koja se percipira kada se dva zvučna signala različitih frekvencija istovremeno emitiraju na oba uha, rezultirajući percipiranim tonom frekvencije koja je jednaka razlici dvaju zasebnih tonova (Oster, 1973 prema Seifi Alaa, Ahmadi-Pajouh i Nasrabadi, 2018). Efekt binauralnog vala

otkrio je 1839. Heinrich Wilhelm Dove, a on nastaje u superiornim olivarnim jezgrama svake moždane hemisfere - maloj masi sive tvari u ventralnom dijelu retikularne formacije koja je odgovorna za kontralateralnu integraciju u slušnom sustavu ( Wahbeh, Calabrese i Zwickey, 2007 prema Vukić 2014). Kad su predstavljeni signali dviju različitih frekvencija, jedan na svako uho, mozak prepoznaje fazne razlike između tih signala. Pod prirodnim okolnostima, otkrivena razlika u fazi pružit će informacije o smjeru. No, mozak procesira ovu neprirodnu informaciju drugačije kad se te razlike u fazi čuju putem stereo slušalica ili zvučnika. Tada se odvija percepcijska integracija dvaju signala, proizvodeći osjećaj treće frekvencije (Binaural beats, 2008). Kad se frekvencije percipiraju izravno sa stereo slušalica, slušatelj percipira razliku između dvije frekvencije kao još jedan „ritam“. Dakle, binauralni ritam, odnosno val, ne čuje se u uobičajenom smislu te riječi (ljudski raspon sluha je od 20-20,000 Hz), već se percipira kao auditivni ritam. Percipirani binauralni val razlika je između dvije eksterno predstavljene frekvencije. To znači da ako je ton od 320 Hz prezentiran jednom uhu, a ton od 332 Hz drugom, binauralni val će biti percipiran na frekvenciji od 12 Hz. Moždane hemisfere će tada početi rezonirati i postati „istrenirane“ na tu frekvenciju ( Cole, 2012).

U svom najjednostavnijem obliku, binauralni val sastoji se od dva čista tona različite visine prezentirana na svako uho. Sintetiziranje dva tona u jedan perceptivni ton proizvodi fenomen poznat kao "hemisferna sinkronizacija" gdje se električna aktivnost dvije moždane hemisfere ujedinjava u jedan sinkroni obrazac s ukupnom frekvencijom koja je na frekvenciji razlika između dva izvorna tona. Ako razlika između dva tona odgovara određenom stanju moždanih valova, kao što je 4-8 Hz (Theta), tada će ukupna aktivnost mozga imati tendenciju da se podudara s tom frekvencijom i na taj način će „ući“ u to određeno stanje moždanih valova (u ovom slučaju u theta). Ova tendencija kortikalnih potencijala za uvježbavanje ili rezoniranje prema frekvenciji vanjskog podražaja naziva se još i *proizlazeći frekvencijski odgovor* (eng. frequency-following response), a naziva se tako jer se period odgovora poklapa s temeljnom frekvencijom podražaja (Smith, Marsh i Brown, 1975). To implicira i da se binauralni ritam teoretski može koristiti kako bi se uvježbali specifični neuronski ritmovi kroz proizlazeći frekvencijski odgovor (PFR) (Vukić, 2014). Promjene u aktivnosti moždanih valova koje se događaju za vrijeme percipiranja binauralnog vala ne javljaju se samo u području mozga koje je odgovorno za sluh, ili samo u jednoj ili drugoj hemisferi, već je uključen cijeli mozak, s tim da oblici valova obje hemisfere postaju jednaki u frekvenciji, amplitudi, fazi i koherentnosti, što zapravo predstavlja opis prethodno spominjane hemisferne sinkronizacije (Gray, 2005). Stoga, gledajući na binauralni ritam iz druge perspektive, može ga se definirati kao specifičnu

audio tehniku uvježbavanja (treninga) za mijenjanje moždanih valova, što je i potvrđeno istraživanjima koja su utvrdila učinkovitost binauralnog valaa u treningu moždanih valova (Vukić, 2014). O dobrobitima korištenja binauralnog vala izvještavaju Seifi Alaa i sur. (2018) koji spominju učinke poput onih vezanih uz verbalnu memoriju (Fernández, Maestu, Campo, Hornero, Escudero i Poch, 2008), opuštenost (McConnell, Froeliger, Garland, i Ives, 2014), dvostruke kognitivne zadatke (Hommel, Sellaro, Fischer, Borg, Colzato, 2016), radnu memoriju (Psychol, 2016) te smanjenje boli i anksioznosti. Seifi Alaa, i sur. (2018) u svojoj su studiji ispitivali učinak binauralnog ritma frekvencije 7 Hz na promjenu moždane aktivnosti unutar korteksa. Istraživanjem je pokazano da tijekom prve 3 minute korištenja binauralnog ritma nije došlo do značajnijih promjena unutar korteksa. No dulje izlaganje mozga istom ritmu (6 min) uzrokovalo je efektivne promjene relativne moždane aktivnosti temporalnog i parientalnog režnja u usporedbi s kontrolnom skupinom. Također se pokazalo da je potrebno najmanje 9 minuta stimuliranja mozga binauralnim valom kako bi došlo do sinkronizacije cijele neuralne mreže mozga.

Ono što je zajedničko svim upravo spomenutim tehnikama jest da ih, osim što povećavaju razinu theta moždane aktivnosti, možemo koristiti kao alat unutar sofroloških postupaka u radu s ljudima.

## 9. Zaključak

Postoje dvije vrste theta moždanih valova koje unutar našeg organizma imaju različite uloge. Ona poznatija, hipokampalna theta aktivnost, odnosi se na oscilacije koje prelaze 7 Hz te se najčešće povezuju s pamćenjem i REM fazom sna. Neki je autori povezuju s motoričkim radnjama u samoj namjeri da se pokrenemo. Također, njezina uloga se naglašava u procesu orijentacije i obrade senzornih podataka. Druga vrsta theta aktivnosti veže se za područje korteksa te njezina pojavnost u većim količinama označava sinkronizaciju aktivnosti moždanih polutki, duboko i relaksirano stanje organizma. Ona se pojavljuje u rasponu od 4 do 7 Hz te označava stanje koje se pokušava postići kod korisnika različitim terapijskim procesima. Znanje o moždanoj aktivnosti koja se javlja za vrijeme provođenja neke od tehnika daje nam informacije o biološkim i neurološkim mehanizmima koji se odvijaju u organizmu. Znajući da svaki od frekvencijskih raspona nosi sa sobom određeno djelovanje na ljudski organizam te koristeći tehnike za povećanje razine određenog raspona, djelujemo na čovjekovu biologiju jednostavnim načinima, kao što su: promjena disanja, smirivanje uma, glazbom ili nekim drugim medijem. Isto tako, takvo stanje ne treba nam biti cilj s kojim ćemo završiti proces terapije. Ono se može koristiti kao uvod u terapijski proces ili kao način na koji započinjemo upoznavanje korisnika. Sugestibilnost koju vežemo s theta moždanim valovima možemo iskoristi za implementiranje novih pozitivnih stavova i uvjerenja. Takva činjenica sugerira da se, nakon korištenja tehnike koja povećava razinu theta valova, koriste metode koje će takvo stanje korisnika iskoristiti za bolju proradu njegovih podsvjesnih sadržaja i povećanje pozitivnih osjećaja. Drugim riječima, poznavajući neurološke posljedice koje imaju određene tehnike, možemo drugačije koncipirati terapijski proces te redosljed korištenih tehnika s ciljem da se u potpunosti iskoristi sav raspoloživi kapacitet osobe.



## 10. Literatura

1. Assenza G., Di Lazzaro V. (2015): A useful electroencephalography (EEG) marker of brain plasticity: delta waves. *Neural Regen Res*, 10, 8,1216-7.
2. Assenza, G., Pellegrino, G., Tombini, M., Di Pino G., Di Lazzaro, V. (2015): Wakefulness delta waves increase after cortical plasticity induction. *Clinical Neurophysiology* 126, 6, 1221-1227.
3. Aftanas L. i Golocheikine, S.A. (2001): Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation. *Neuroscience Letters*, 310, 57-60.
4. Binaural beats (2008). Posjećeno 29.07.2018. na mrežnoj stranici: <http://www.bahaistudies.net/asma/binaural.pdf>
5. Brainwave Entrainment Beginning Guide. Binaural Beats and Isochronic Tones. Posjećeno 25.07.2018. na mrežnoj stranici: [https://the-eye.eu/public/concen.org/Subliminals%20Neurofeedback%20Binaural%20Beats%20Isochronic%20Tones%20%5Bpack%5D/ebooks/Brainwave%20Entrainment%20Beginning%20Guide\\_%20Binaural%20Beats%20and%20Isochronic%20Tones.pdf](https://the-eye.eu/public/concen.org/Subliminals%20Neurofeedback%20Binaural%20Beats%20Isochronic%20Tones%20%5Bpack%5D/ebooks/Brainwave%20Entrainment%20Beginning%20Guide_%20Binaural%20Beats%20and%20Isochronic%20Tones.pdf)
6. Buzsáki, G. (2002): Theta oscillations in the hippocampus. *Neuron*, 33, 3, 325-40.
7. Buzsáki, G. (2005): Theta rhythm of navigation: Link between path integration and landmark navigation, episodic and semantic memory. *Hippocampus*, 15, 827-840.
8. Buzsáki, G. Wang, X. J. (2012). Mechanisms of gamma oscillations. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 203-25.
9. Cantero, J.L., Atienza, M., Stickgold, R., Kahana, M. J., Madsen, J.R., Kocsis B. (2003): Sleep-dependent theta oscillations in the human hippocampus and neocortex. *Journal of Neuroscience*, 23, 34, 10897-10903.
10. Čizmić, I., Rogulj, J. (2018): Plastičnost mozga i kritična razdoblja- implikacije za učenje stranog jezika. *Zbornik radova Veleučilišta u Šibeniku*, (1-2/2018), 115-126. Sveučilišni odjel za stručne studije Sveučilišta u Splitu, Split, Hrvatska.
11. Desai, R., Tailor, A., Bhatt, T. (2015): Effects of yoga on brain waves and structural activation. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 21, 2 112-118.

12. Dispenza, J. (2008): The Waves of the Future. Encephalon, LLC. Posjećeno 29.07.2018. na mrežnoj stranici:  
[http://www.drjoedispenza.com/?page\\_id=the\\_waves\\_of\\_future](http://www.drjoedispenza.com/?page_id=the_waves_of_future)
13. Dispenza, J. (2014): Placebo ste Vi. Zagreb: Planetopija
14. Dupuy M. (2013): Dynamic sophrology: the resources of human consciousness. Znanstvena knjiga Umjetnost i znanost u razvoju životnog potencijala/Art and Science in life potential development (ur. Miroslav Prstačić), HUPO, ERF, SofArtCro, Zagreb.
15. Gray, T. (2005): The use of sound for control, healing and empowerment. Neobjavljeni diplomski rad. Oakland: Mills College.
16. Green, J. D., Arduini A. (1954): Hippocampal electrical activity in arousal. Journal of neurophysiology, 17,6, 533-57.
17. Gubel, I. (1967): Sophrology. American journal of clinical hypnosis, 9, 4, 247-51.
18. Jensen, M., Adachi, T., Tomè-Pires C., Lee, J., Jamil Osman, W., Mirò, J. (2015): Mechanisms of hypnosis. Toward a Development of a Biopsychosocial Model. International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis. 63, 1, 34-75.
19. Judaš M, Kostović I (2001): Temelji neuroznanosti, 1. online izdanje. MF Zagreb – HIIM. Posjećeno 29.07.2018 na mrežnoj stranici: <http://www.hiim.hr>
20. Kakumanu, R. J., Nair, A.K., Venugopal, R., Sasidharan, A., Ghosh, P.K., John, J. P., Mehrotra, S., Panth, R., Kutty, B.M. (2018): Dissociating meditation proficiency and experience dependent EEG changes during traditional Vipassana meditation practice. Biological Psychology, 135, 65-75.
21. Karimu, R.Y., Azadi, S., Keshavarzib P. (2018): The ADHD effect on the actions obtained from the EEG signals. Biocybernetics and Biomedical Engineering, 38, 2, 425-437.
22. Kennerly, R. C. (1994): Empirical Investigation into the effect of beta frequency binauralbeat audio signals on four measures of human memory. Pilot studija. Odjel za Psihologiju, West Georgia College, Carrolton, Georgia.
23. Klimesch, W., Schimke H., Pfurtscheller, G. (1993): Alpha frequency, cognitive load and memory performance. Brain Topography, 5, 3, 241-51.

24. Lee, E. J., Jung, C. H. (2016): Additive effects of neurofeedback on the treatment of ADHD: A randomized controlled study. *Asian Journal of Psychiatry*, 25, 16-21.
25. Liu, K. K. L., Bartsch, R. P., Lin, A., Mantegna, R. N., Ivanov, P. C. (2015): Plasticity of brain wave network interactions and evolution across physiologic states. *Frontiers in Neural Circuits*, 9, 62.
26. Ljutić, T., Joković Oreb, I. i Nikolić, B. (2012): Učinak ranog integracijskog programa na motorički razvoj djeteta s neurorazvojnim rizikom. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 48, 2, 55-65.
27. Miholić, D., Prstačić, M. i Nikolić, B. (2013). Art/ekspresivne terapije i sofrologija u analizi mehanizama suočavanja u djeteta s malignim oboljenjem. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 49, 73-84.
28. Pevzner A., Izadi A., Lee D. J., Shahlaie, K. Gurkoff, G.G. (2016): Making Waves in the Brain: What Are Oscillations, and Why Modulating Them Makes Sense for Brain Injury. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10,30.
29. Prstačić, M., Nikolić, B. i Hojanić, R. (2004). Motorički poremećaji, kronične bolesti, art terapije i sofrologija. *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 40, 1, 91-104.
30. Scoville, W.B., Milner, B. (1957): Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *The Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 20, 11–21.
31. Seifi Alaa, T., Ahmadi-Pajouh, M. A., Nasrabadi, A.M. (2018): Cumulative effects of theta binaural beats on brain power and functional connectivity. *Biomedical Signal Processing and Control*, 42, 242-252.
32. Sih, G.C., Tang, K.K. (2013): On–off switching of theta–delta brain waves related to falling asleep and awakening. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 63–64,1-17.
33. Stemberger, K. (2014): Hipokampus i učenje. *Gyrus*, 2, 55-59.
34. Sternberg, R. (1998). *Handbook of Creativity*. Cambridge: Cambridge University Press.

35. Tomljenović, H., Begić, D., Maštrović, Z. (2016): Changes in trait brainwave power and coherence, state and trait anxiety after three-month transcendental meditation (TM) practice. *Psychiatria Danubina*, 28,1, 0-72.
36. Turner, R. P., Evans, J.R. (2017): Rhythmic Stimulation Procedures in Neuromodulation. U: Miller, E., Miller, L. (ur.) *The Use of Music for Neuromodulation* (str.159-192). Elsevier Inc.
37. Vanderwolf, C.H. (1969): Hippocampal electrical activity and voluntary movement in the rat. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 26, 4, 407 – 418.
38. Vialatte, F.B., Dauwels, J., Maurice, M., Musha, T., Cichocki, A. (2011): Improving the Specificity of EEG for Diagnosing Alzheimer's Disease. *International Journal of Alzheimer's Disease*, 2011, 259069.
39. Vukić, M. (2014): Ispitivanje učinka percipiranog Theta binauralnog ritma na pamćenje te subjektivnu opuštenost i koncentraciju. Završni rad. Odjel za psihologiju Sveučilišta u Zadru.
40. Wise, A. (2011): Buđenje uma. Kako nam beta, alpha, theta i delta moždani valovi mogu pomoći da iskoristimo sve svoje potencijale. Zagreb: V.B.Z