

EEG KORELATI IZMENJENIH STANJA SVESTI U TRANSCENDENTALNOJ MEDITACIJI

Milorad Tomašević¹, Dejan Raković², Emil Jovanov^{2,3}, Vlada Radivojević⁴ i Marko Car⁴

¹ Institut za nuklearne nauke "Vinča", Vinča

² Elektrotehnički fakultet, Beogradu

³ Institut "Mihajlo Pupin", Beograd

⁴ Institut za mentalno zdravlje, Beograd

Rezime. EEG-signalni su mereni na grupi od 12 ispitanika, pre i za vreme transcendentalne meditacije. Statistička analiza primenjena je radi utvrđivanja postojanja moguće razlike ukupnih snaga u teta- (4-8 Hz) i alfa-opsegu (8-13 Hz) između snimljenih signala. Mada je broj ispitanika relativno mali, moguće je izvesti zaključke o postojanju određenih promena, prvenstveno na nižim frekvencama.

UVOD

Tehnika transcendentalne meditacije (TM) se zasniva na mentalnom ponavljanju "mante" (pri tome su važni samo njeni zvučni efekti, a ne i značenje) koju učitelj TM individualno saopštava svakom budućem praktikantu prilikom uvođenja u tehniku. Primenjuje se dva puta dnevno u trajanju 15-20 minuta, udobno sedeći zatvorenih očiju, obično pre doručka i pre večere. Njeni ciljevi su: smanjivanje stresa, anksioznosti i depresije i povećavanje sposobnosti učenja i pamćenja, energije, unutrašnjeg mira, samopoštovanja, zdravlja, sreće i međuljudskih odnosa [1].

Prvo proučavanje TM sproveo je od 1968. do 1970. godine američki fiziolog Valas na Kalifornijskom univerzitetu. Njegova teza - "Fiziološki efekti transcendentalne meditacije: predlog četvrtog glavnog stanja svesti" [2], donela mu je titulu doktora nauka i bila objavljena u časopisu *Science*. On je dokazao postojanje razlike između pojedinih stanja svesti (dubokog sna, REM-faze, hipnoze i tzv. "transcendentalnog" stanja) [3]. Naime, u transcendentalnom stanju ređi su spori delta-talasi, a dominantna je alfa-aktivnost na nižim frekvencama (8-9 Hz) od uobičajenih, naročito u centralnom i frontalnom regionu. Kako je publikovano u radu [4], povremeno se javljaju i teta-talasi (5-7 puta u minutu) takođe u frontalnom regionu. U Tabeli 1 dati su Valasovi zaključci o obliku EEG-signala u različitim stanjima svesti, bazirani na istraživanju Klejtmena [5].

Tabela 1. EEG-korelati nekih stanja svesti prema R. K. Valasu i N. Klejtmenu

BUDNOST	SPOROTALASNO SPAVANJE (faze 1-4)	SANJANJE (faza 1 i REM-faza)	"TRANSCENDENTALNO" STANJE
Slaba alfa-aktivnost (9-11 Hz), koja raste se zatvaranjem očiju. Može nestati u trenucima napetosti ili rešavanja misaonih problema. Umor i pospanost karakteriše pad njenog intenziteta i izjednačavanje sa rastućim intenzitetom sporih talasa (2-7 Hz).	Alfa-talasi postepeno iščekavaju (1. faza). Povećanje aktivnosti u opsegu 14-15 Hz (20-40 mV) - tzv. "vretena" i od 2 do 7 Hz (2. faza). Zatim se javljaju "K-kompleksi" (3. faza). Kada epoha sadrži više od 50% talasa čija je frekvencija manja od 2 Hz, njihova amplituda je veća od 75 mV I tada govorimo o dubokom snu (4. faza).	REM-fazu prate talasi niske amplitude (25-50 mV) i promenljive frekvence. Ona je slična fazi 1 spavanja, osim što nema oštrih talasa u temenom regionu. Testerasti talasi u frontalnom regionu, kao i u temenom regionu su često, ali ne i uvek u vezi sa ulaskom u REM-fazu. Alfa aktivnost (9-11 Hz) je izraženija nego u fazi 1, a frekvencija je za 1-2 Hz manja nego u budnom stanju. Nema karakterističnih "vretena" i K-kompleksa (prvi REM-period sadrži "vretena").	Povećanje alfa-aktivnosti (obično 8-9 Hz) u centralnom i frontalnom regionu. Ponekad se javlja i ritmička teta-aktivnost (5-7 Hz) u frontalnom regionu.

Navedene fiziološke promene nisu karakteristične ni za jedno od ostalih stanja svesti. Jedino su Kasamacu i Hirai [6] izvesnu sličnost uočili kod zen-meditanata.

U novije vreme istraživanje izmenjenih stanja svesti ima svoj značaj u okviru globalnog problema - istraživanja i modelovanja same svesti [7-12].

METOD

Eksperiment je izveden sa grupom od 12 ispitanika. Ispitanici su sedeli. Snimanja su vršena osamnaestokanalnim EEG aparatom tipa *MEDELEC IA97*. Signal je uziman sa šesnaest *Ag/AgCl* elektroda čija je impedansa ispod 5 k Ω , raspoređenih prema "10-20" sistemu sa zajedničkom referencom. Filtar propusnik opsega bio je podešen na interval od 0,5 do 30 Hz. Dvanaestobitnu analogno-digitalnu konverzija je vršio *PC AT* računar sa *ADC* karticom *Data Translation 2801* i brzinom odabiranja od 128 Hz ($f_{max}=64$ Hz).

Plan eksperimenta je bio sledeći:

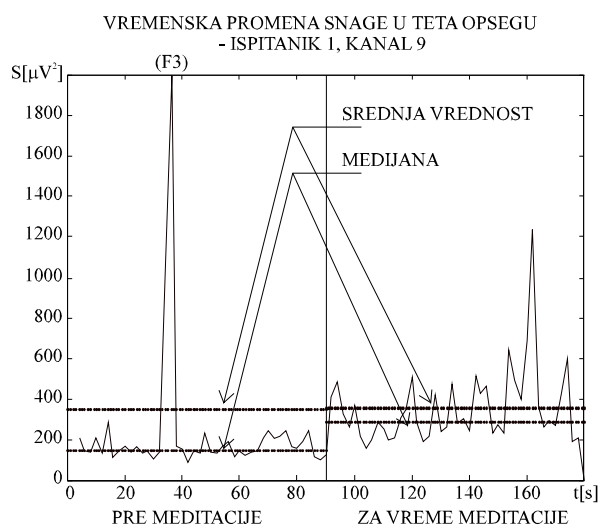
- opuštanje sa zatvorenim očima u trajanju od 5 min, sa snimanjem jedne sekvence u trajanju 1-3 min;

- skraćeni program meditacije u trajanju od 20 min, sa snimanjem jedne sekvence u trajanju 3-4 min, u slučajno odabranom trenutku, obično posle 10 min od početka meditacije.

Analiza ukupne snage u teta- i alfa-opsegu vršena je tako što su formirani spektralni nizovi svih snimaka korišćenjem Velčovog metoda procene spektralne gustine snage [13] za sekvence od 8 s (1024 tačke) i epohe od 4 s (512 tačaka) sa preklapanjem od 480 tačaka. Odbirci unutar epoha su, posle uklanjanja trenda, množeni Hemingovom prozorskom funkcijom. Procena spektralne gustine snage svake sekvence, sa frekventnom rezolucijom od 0.25 Hz, dobijena je usrednjavanjem po svih 16 epoha unutar sekvence. Ukupna snaga sekvence u odgovarajućem opsegu računata je kao površina ispod krive spektra, trapeznim metodom, u sledećim granicama:

- teta-opseg, od 4 do 8 Hz,
- niži alfa-opseg, od 8 do 9 Hz i
- alfa-opseg, od 8 do 13 Hz.

Posle formiranja vremenskih nizova snaga sekvenci unutar opsega, računata je medijana¹ snage svakog pojedinog kanala, za svakog ispitanika, pre i za vreme meditacije. Medijana je korišćena umesto srednje vrednosti kako bi se izbegao uticaj artefakata (v. Sl. 1). Testiranje hipoteze o promeni srednje vrednosti snage u odgovarajućem opsegu kod svakog ispitanika vršeno je *t*-testom na skupu medijana snage svih 16 kanala.



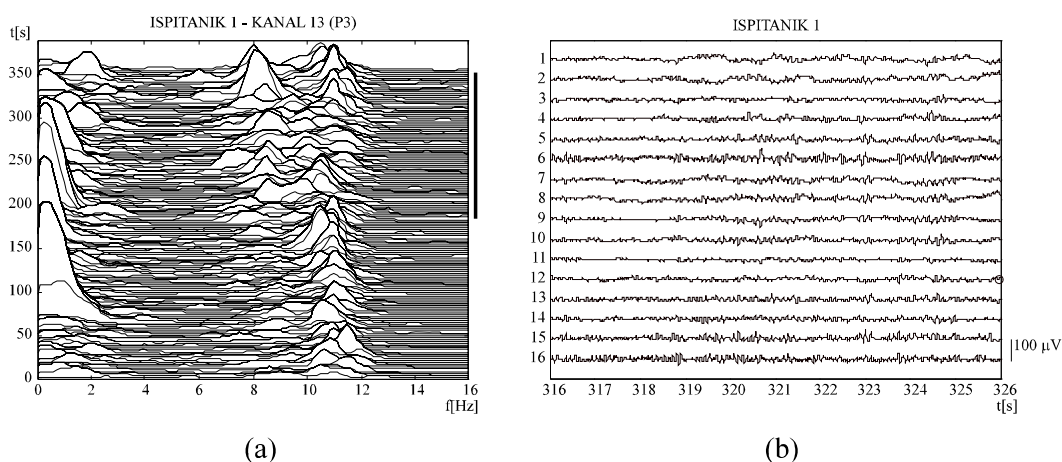
¹ Ako je niz statističkih podataka uređen po rastućim vrednostima: $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_N$, onda je medijana jednaka [14]:

$$\bar{M}_e = \begin{cases} \frac{x_{N/2} + x_{N/2+1}}{2}, & \text{za } N \text{ parno} \\ x_{(N+1)/2}, & \text{za } N \text{ neparno.} \end{cases}$$

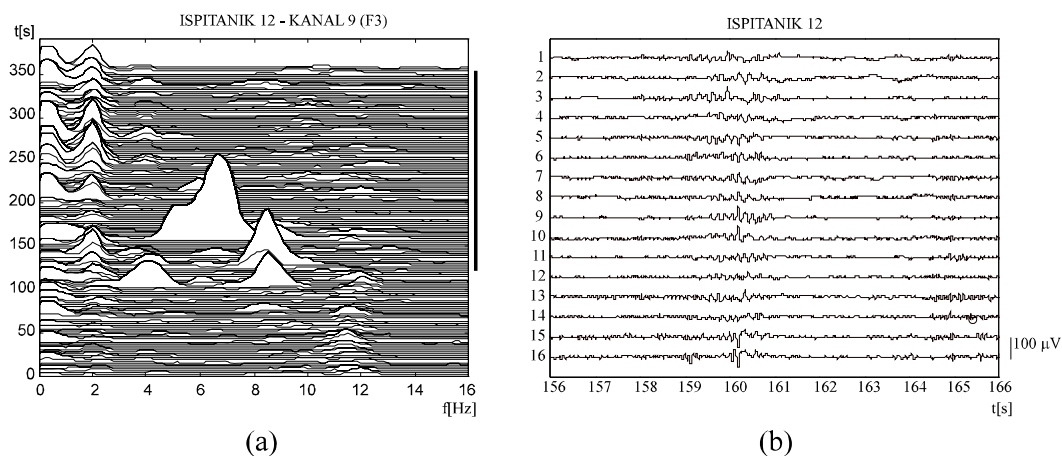
Slika 1. Primer koji pokazuje opravdanost primene medijane umesto srednje vrednosti, jer zbog artefakta u 40 sekundi, srednja vrednost se praktično ne menja, iako postoji očigledan porast snage za vreme meditacije.

REZULTATI

Na Sl. 2a i 3a prikazani su spektralni nizovi, kao primeri pojedinih zanimljivih promena do kojih je dolazilo za vreme meditacije, dok Sl. 2b i 3b daju segmente EEG-signala u kojima su navedene promene najizraženije.



Slika 2. (a) Spektralni niz EEG-signala ispitanika 1 u tački P3. Spektralni niz za vreme meditacije obeležen je vertikalnom linijom. Uočljivo je javljanje sporog alfa-ritma; (b) Segment EEG signala snimljenog za vreme meditacije na kome se može primetiti javljanje sporog alfa-ritma (8 Hz).



Slika 3. (a) Spektralni niz EEG-signalu ispitanika 12 u tački F3. Spektralni niz za vreme meditacije obeležen je vertikalnom linijom. Uočljiva je delta-aktivnost (2 Hz) za vreme meditacije; **(b)** Segment EEG signala snimljenog za vreme meditacije na kome se može primetiti javljanje teta-talasa (6 Hz).

Količnici ukupnih snaga svih ispitanika u odgovarajućim opsezima (snaga u delta-opsegu nije računata zbog artefakata), pre i za vreme meditacije, kao i p -faktori dati su u Tabeli 2, dok su u Tabelama 3 i 4 data zbirna zapažanja o efektima prilikom primene tehnike TM.

Tabela 2. Odnosi srednjih snaga u karakterističnim opsezima za vreme i pre meditacije.

ISPITANIK	TETA-OPSEG (4-8 Hz)		NIŽI ALFA-OPSEG (8-10.5 Hz)		ALFA-OPSEG (8-13 Hz)	
	S_2/S_1	p^2	S_2/S_1	p	S_2/S_1	p
1	2.3	<0.0001	2.2	<0.0001	1.7	<0.0005
2		N. S.		N. S.	0.8	<0.001
3	0.9	<0.05	0.9	<0.05	0.9	<0.05
4	1.2	<0.05		N. S.		N. S.
5	1.6	<0.001	1.6	=0		N. S.
6	0.8	<0.05	0.5	<0.005	0.6	
7		N. S.	0.8	<0.005	0.6	<0.05
8	0.7	<0.005	0.8	<0.05		N. S.
9	1.2	<0.05		N. S.		N. S.
10		N. S.		N. S.	0.5	<0.01
11	1.2	<0.001	1.3	<0.001	1.5	<0.0005
12	1.2	<0.0005	0.8	<0.005	0.6	<0.0001

Tabela 3. Zbirni pregled promena snage

	PORAST SNAGE	BEZ PROMENE	PAD SNAGE
TETA-OPSEG	6	3	3

² Korišćen je t -test međusobno zavisnih promenljivih.

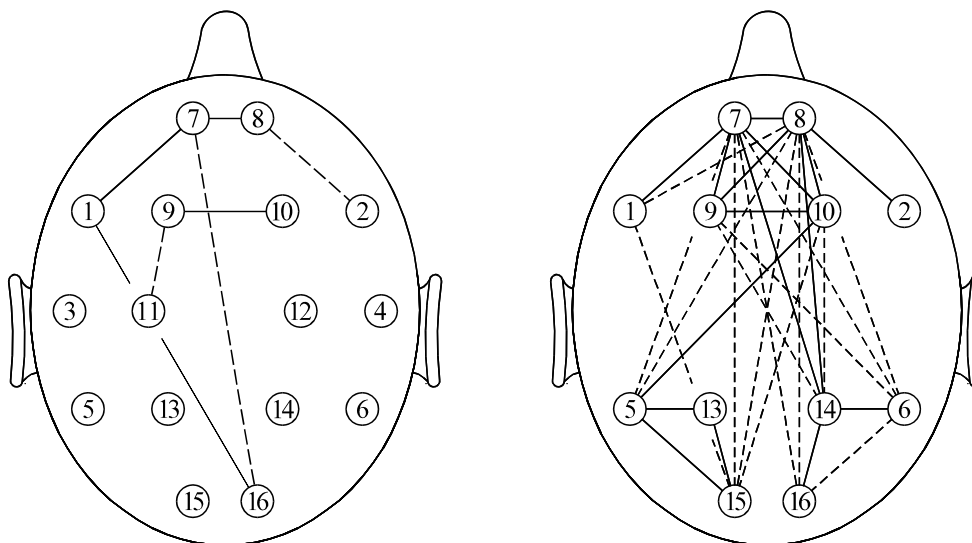
NIŽI ALFA-OPSEG	3	4	5
ALFA-OPSEG	2	4	6

Tabela 4. Zbirni pregled efekata specifičnih za tehniku TM

UKUPAN BROJ ISPITANIKA	12
BROJ ISPITANIKA KOJI POKAZUJU EFEKTE SPECIFIČNE ZA TEHNIKU TM	7
VRSTE PROMENA:	
1. Porast snage u celokupnom opsegu učestanosti, s tim što je najizraženiji u teta-opsegu:	1
2. Porast snage u celokupnom opsegu učestanosti, s tim što je najizraženiji u alfa-opsegu:	1
3. Porast snage u teta- i nižem alfa-opsegu:	1
4. Porast snage samo u teta-opsegu	2
4. Porast snage u teta-opsegu i pad u alfa-opsegu:	1
5. Ostalo (prestanak alfa-aktivnosti za vreme meditacije)	1

ZAKLJUČAK

Ovaj eksperiment je, slično nekim prethodnim [2,3,4,15,16], pokazao da se analizom odnosa snage EEG-signalu pre i za vreme meditacije mogu pronaći značajne promene snage u teta-oblasti kod oko 50% ispitanika. Treba imati na umu da je za početak snimanja EEG-signalu tokom meditacije odabran slučajni trenutak, što dobijenim rezultatima daje veću težinu. Zbog raznolikosti promena (značajne promene, bilo da se radi o porastu ili smanjivanju snage, javljaju se kod svih ispitanika, a kod njih 7 se javljaju promene specifične za tehniku TM) potreban je veći broj ispitanika (oko 30), kao i znatno duže snimanje, kako bi se, pod pretpostavkom da je relativni udeo tih promena isti, mogli izvući zaključci koji bi imali značajnu statističku težinu za celu grupu. Osim na navedeni način, eventualne promene je moguće naći i analizom spektralne koherencije svih parova kanala, ne odbacujući ni one najudaljenije, na šta ukazuju radovi [15,16] (v. Sl. 4), kao i proračunom dimenzije čudnog atraktora EEG-signalu, što će i biti predmet daljih istraživanja.



Slika 4. (preuzeto iz [16]) - Parovi kanala sa srednjom koherencijom većom od 80% (puna linija) i između 75% i 80% (isprekidana linija) u intervalu (8, 8.5 Hz) tokom odabranih 20 s. (levo: pre meditacije - desno: za vreme meditacije)

LITERATURA

- [1] F.Goldberg, *Transcendentalna meditacija - program za ispunjenje života* (Savez za transcendentalnu meditaciju Srbije, Beograd).
- [2] R.K.Wallace, *The Physiological Effects of Transcendental Meditation: A Proposed Fourth Major State of Consciousness*, Ph. D. Thesis (Dept. of Physiology, University of California, Los Angeles, USA, 1970).
- [3] R.K.Wallace, Physiological effects of Transcendental Meditation, *Science* 167 (1979), pp. 1751-1754.
- [4] R.K.Wallace, H.Benson, and A.F.Wilson, A wakeful hypometabolic physiologic state, *Am. J. Physiol.* 221 (1971), pp. 795-799.
- [5] N.Kleitmen, *PHS Publication* 1389 (1970), pp. 329-330.
- [6] A.Kasamatsu and T.Hirai, An electroencephalographic study on Zen meditation (Zazen), *Folio Psych. Neurol. Japon.* 20 (1966), pp. 315-316.
- [7] C.Tart, *Altered States of Consciousness* (Academic, New York, 1972).
- [8] G.C.Ray and A.Y.Kaplan, Higher states of Rajayoga and its possible correlation with process of evolution, *J. Inst. Eng. (India)*, ID 68 (1988), pp. 37-42.

- [9] D.Raković, Neural networks, brainwaves, and ionic structures: Acupuncture vs. altered states of consciousness, *Acup. & Electro-Therap. Res., Int. J.* 16 (1991), pp. 89-99.
- [10] E.Jovanov, D.Raković, V.Radivojević, D.Kušić, P.Šuković, and M.Car, Evaluation of state of consciousness using software support for monitoring spatio-temporal EEG changes, *Proc. ISCA Int. Conf. Comput. App. Eng. Med.*, 1995.
- [11] E.Jovanov, D.Raković, V.Radivojević, and D.Kušić, Band power envelope analysis - a new method in quantitative EEG, *Proc. IEEE/EMBS*, 1995.
- [12] D.Raković, *Osnovi biofizike* (Grosknjiga, Beograd, 1994).
- [13] M.Popović, *Digitalna obrada signala* (Nauka, Beograd, 1994).
- [14] S.Vukadinović, *Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike* (Privredni pregled, Beograd, 1990).
- [15] D.W.Orme-Johnson and J.T.Farrow, eds., *Scientific Research of the Transcendental Meditation Program*, coll. papers 1, (Maharishi European Research University Press, Seelisberg, Switzerland, 1977).
- [16] M.Tomašević, *EEG korelati izmenjenih stanja svesti u transcendentalnoj meditaciji*, Diplomski rad (Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1995).