

## ТОПОГРАФИЈА И АСИМЕТРИЈА ВИЗУЕЛНЕ РЕАКТИВНОСТИ СПЕКТРАЛНЕ СНАГЕ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМА КОД ЗДРАВЕ ДЕЦЕ

Душан РИСТАНОВИЋ<sup>1</sup>, Жарко МАРТИНОВИЋ<sup>2</sup>, Весна ЈОВАНОВИЋ-ЧУПИЋ<sup>3</sup>

1. Институт за биофизику Медицинског факултета, Београд; 2. Одсек за епилепсије и клиничку неурофизиологију Института за ментално здравље, Београд; 3. Завод за болести зависности, Београд.

**КРАТАК САДРЖАЈ:** Да би се квантификовала реактивност електроенцефалограма (*EEG*) на отварање очију, испитивана је топографска расподела апсолутне снаге спектра *EEG*, на узорку од 72 здрава детета, старости између 7 и 15 година. Записи су узимани с 14 стандардних места на поглавини испитаника под условом да су му очи најпре биле затворене, а потом отворене. Показано је да је тотална снага и снага у опсегу алфа-таласа *EEG*, снимљеног при затвореним очима, била у свим одводима значајно већа од снаге добијене при отвореним очима. Снага *EEG* у опсегу тета-таласа, снимљеног при затвореним очима, значајно је већа (изузев за фронталну област) од снаге добијене при отвореним очима. Промене снаге у опсегу таласа делта и бета биле су у неким одводима значајно веће при снимању *EEG* са затвореним очима. У предњој области поглавине није запажена визуелна блокада у опсегу таласа бета-два. У опсегу активности алфа и тоталне снаге отварање очију значајно је променило величине индекса асиметрије. Асиметрија снаге између хемисфера мозга запажена је углавном у префронталној и латерофронталној области. Резултати указују на чињеницу да је визуелна блокада *EEG* последица вишег степена десинхронизације електроенцефалографске активности у стању када су очи испитаника отворене.

**Кључне речи:** визуелна реактивност, топографија *EEG*, спектрална анализа, асиметрија *EEG*, здрава деца. (СРП АРХ ЦЕЛОК ЛЕК).

Добро је познато да отварање очију изазива супресију (блокаду) активности алфа у мозгу. Овај важан знак нормалне електроенцефалографске реактивности представља једну од општих неурофизиолошких одлика мозга, јер не зависи од старости испитаника [1]. Мада бројне конвенционе електроенцефалографске студије код здравих особа разних година живота, као што су деца [2], деца и адолесценти [3, 4] и одрасле особе [5], указују на знатну интериндивидуалну варијабилност резултата, константност блокаде активности алфа остаје и даље најпоузданије мерило нормалности електроенцефалограма (*EEG*) код човека [6].

Будући да сама нормална блокада алфа-активности при отварању очију испитаника изазива веома мале промене амплитуда у запису електроенцефалограма, ову реактивност често је тешко посматрати и анализирати традиционалним визуелним поступком. То је данас лако изводљиво коришћењем квантитативне (спектралне) анализе електроенцефалограма. Један од основних циљева ове анализе, бар када је реч о здравим испитаницима, јесте да се квантификује реактивност електроенцефалограма на визуелне и друге дражи. Опште је утврђено да при отварању очију активности алфа, праћена путем електроенцефалограма, практично престаје у свим подручјима мозга [7-11]. Отварање очију блокира снагу бета и тета у највећем броју деривација [10, 11].

Највећи број истраживања, у којима је коришћена квантитативна снага *EEG* као истраживачки метод, био је посвећен матурацији електроенцефалограма [1, 11-17]. Посебна пажња била је посвећена проучавању реактивности *EEG* на визуелне и друге стимулу-

се [1, 13-17]. Утицај старења на спектралну снагу при отварању и затварању очију постао је разумљив тек из резултата квантитативних студија *EEG* [1, 13-16].

Па и поред тога, у свим горе посматраним неурофизиолошким студијама код здраве деце разматрана је реактивност на отварање очију концизно, непотпуно и узгредно [2, 13-15]. Осим тога, само неколико чланака односи се на проучавање одговора на отварање очију коришћењем квантитативне анализе електроенцефалограма [11]. С друге стране, закључци изведени из података добијених на одраслим особама, па и адолесцентима, често нису примењиви на истраживањима код деце [12]. У тим случајевима показано је да при отварању очију само снага активности алфа значајно опада [18] и да се активност тета смањује у групи здраве деце [13]. Нису нађене значајне промене апсолутне снаге у домену бета електроенцефалограма, док промене у снази делта утврђене су недавно [17].

Асиметрија резултата спектралних параметара, измерених у симетричним тачкама на поглавини изнад леве и десне хемисфере мозга, није детаљно истражена. Резултати до којих се дошло често су били неконзистентни и противречни [11-13, 19]. Асиметрија визуелне реактивности, процењена путем апсолутне снаге *EEG*, до сада није истраживана код деце.

Главни циљ ових истраживања био је да се изврши детаљна анализа топографске расподеле и асиметрије електроенцефалографске активности изнад хемисфера мозга, када су очи затворене па се затим отворе (тј. пре визуелне блокаде и после ње). Овај рад представља део наше опсежне студије која је имала за циљ да се измере величине спектралних параметара

Табела 1. Топографска дистрибуција логаритамски ( $\ln$ ) трансформисане апсолутне снаге и индекса асиметрије у делта и тета фреквентном опасегу, за два бихевиорална стања: затворене очи (ECL) и отворене очи (EOP)

Table 1. Topographic distributions of  $\ln$ -transformed absolute power and index of asymmetry in delta and theta frequency bands, for two behavioral states: eyes closed (ECL) and eyes open (EOP)

Положај електрода Location	Стање State	Делта Delta			Тета Theta		
		Лево Left	Десно Right	Индекс Index	Лево Left	Десно Right	Индекс Index
Fp1 - Fp2	ECL	3.45±0.50	3.89±0.50*	1.55±0.16**	3.18±0.66	3.43±0.66*	1.28±0.24
	EOP	3.29±0.89	3.52±0.82	1.26±0.27	2.98±0.80	3.22±0.78	1.27±0.38
F3 - F4	ECL	3.19±0.52	3.20±0.59	1.01±0.18	3.40±0.62	3.39±0.73	1.01±0.34
	EOP	3.05±0.89	3.09±0.80	1.01±0.36	3.02±0.83	3.14±0.86	1.08±0.33
C3 - C4	ECL	2.80±0.63	2.83±0.60	1.03±0.35	3.25±0.76	3.29±0.54	1.04±0.20
	EOP	2.81±0.87	2.73±0.80	1.08±0.57	2.91±0.92	2.93±0.88	1.02±0.48
O1 - O2	ECL	3.50±0.59	3.35±0.67	1.18±0.17*	3.51±0.84	3.49±0.84	1.02±0.18
	EOP	3.12±0.43	3.19±0.87	1.07±0.34	3.01±0.92	3.08±0.96	1.07±0.72
F7 - F8	ECL	2.80±0.63	2.99±0.50*	1.18±0.24	3.15±0.69	2.95±0.70	1.11±0.29
	EOP	3.06±0.80	2.94±0.83	1.13±0.40	2.83±0.78	2.60±0.92	1.26±0.90
T3 - T4	ECL	3.02±0.52	2.82±0.61*	1.22±0.35	3.23±0.70	3.14±0.74	1.09±0.26
	EOP	2.90±0.85	2.82±0.88	1.09±0.52	2.95±0.89	2.83±0.88	1.13±0.53
T5 - T6	ECL	3.10±0.54	3.28±0.54*	1.19±0.22*	3.45±0.94	3.65±0.78	1.22±0.22**
	EOP	2.93±0.83	2.99±0.90	1.06±0.41	3.06±0.51	3.09±0.91	1.03±0.26
Mean	ECL	3.18±0.24	3.05±0.50	1.15±0.17	3.31±0.14	3.34±0.24	1.11±0.10
	EOP	3.03±0.16	3.04±0.26	1.10±0.08	2.96±0.15	2.98±0.21	1.12±0.10

Свака вредност представља аритметичку средину ± стандардна девијација. При поређењу снага између хомологних места двеју хемисфера ознаке статистичке значајности \* $p < 0,05$  и \*\* $p < 0,01$  стављене су уз вредности добијених са десне хемисфере. У случају значајности индекса асиметрије ове ознаке стављене су уз вредности које су добијене када су очи биле затворене.

Each value is the mean ± standard deviation. When comparing the powers between homologous sites of two hemispheres, significant marks \* $p < 0,05$  and \*\* $p < 0,01$  are put on the line with values acquired from the right hemisphere. In the case of significance of asymmetry index, these marks are put on the column with values acquired when eyes were closed.

ра нормалног електроенцефалограма код деце основношколског узраста [20-23].

### МЕТОД РАДА

Испитивана је група од 72 здрава детета (волонтера) основношколског узраста (између 7 и 15 година). Аритметичка средина и стандардна девијација износили су  $11,8 \pm 2,2$  године. Испитаници су задовољавали основна мерила нормалности [12].

Сваки испитаник седео је на столицу с наслонем у уземљеној антисонорној соби. Пре снимања речено му је да избегава покрете телом и очима, а када су му очи отворене, да се уздржи од трептања. Снимање електроенцефалографске активности ради избора узорака за квантитативну анализу извршено је најмање 4-6 пута, у трајању од по један минут. У првој половини сваког таквог периода испитаник је држао очи затвореним, а затим их је отварао. У фази када су му очи биле отворене, испитаник је гледао у малу тачку у центру екрана рачунара. У случају изражених артефаката у запису, поступак је понављан. Репродуктивност електроенцефалограма проверена је понављањем читавог поступка после завршеног снимања. Код 39 случајно одабраних испитаника поступак је понављан 30 минута касније.

Електроде (Ag-AgCl) прилепљене су за поглавину испитаника и распоређене у сагласности с Интернационалним системом "10-20". За сваки канал 16-каналног електроенцефалографа временска константа била је 0,3 s, а филтар за горњу фреквенцију био је постављен на 35 Hz да би се елиминисало додатно дејство активности мишића [9, 24]. Импеданција

електрода била је испод 3  $\kappa\Omega$ . Активност мозга снимана је монополарно, са следећих 14 локација: F8, T4, T6, Fp2, F4, C4, O2, Fp1, F3, C3, O1, F7, T3 и T5. Референтну электроду представљао је систем повезаних ушки. Електрода за уземљење била је постављена у префронтални положај (Fpz).

За сваког испитаника и сваки положај електроде одабран је једноминутни запис EEG без артефаката и у њему издвојено 12 сукцесивних епоха, од којих је свака трајала по две секунде. Сигнали EEG, регистровани путем одабраних 14 канала електроенцефалографа, конвертовани су помоћу дванаестобитног аналогно-дигиталног претварача. Фреквенција узорковања ("семпловања") овог претварача била је 256 Hz, што значи да је изабрани део аналогног сигнала, који је трајао једну секунду, претворен у 256 бројки (тј. бројних величина амплитуда EEG). Овакви нивози бројки били су под-

вргнути "брзој Фуријевој трансформацији" [25] и даље обрађивани помоћу РС-рачунара. За сваку епоху добијени су параметри њеног фреквентног спектра, тј. амплитуде (потенцијали) EEG и одговарајуће фреквенције њихових синусних компоненти. Подешено је да целобројне фреквенције буду у распону од 1 до 30 Hz. Нађене су средње величине амплитуда

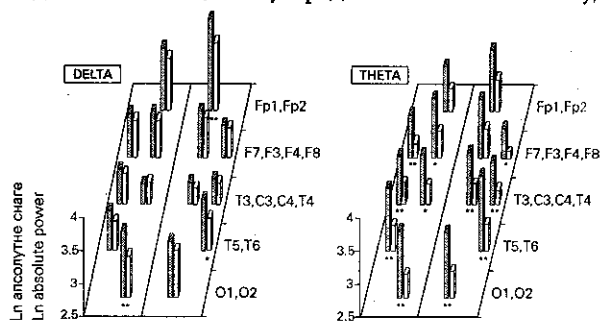


СХЕМА 1. Схематски приказ дистрибуције логаритамски трансформисане снаге активности делта (лево) и тета (десно) према поглавини испитаника. Ознаке локација 14 електрода исписане су крај десне ивице схеме. Тамни стубићи представљају снаге EEG када су очи испитаника биле затворене, а светли стубићи, када су очи испитаника биле отворене. Звездиче испод парова стубића односе се на ниво значајности разлика између величина ових снага (\* значи  $p < 0,05$ , а \*\* значи  $p < 0,01$ ).

FIGURE 1. Diagrammatic presentation of distribution of  $\ln$ -transformed delta (left) and theta absolute powers (right) over 14 derivations (marked alongside). Dark bars are the power content of EEG leads under the eyes closed, and light bars are those under the eyes open. Asterisks under bars refer to levels of significance for differences between the values of power under the ECL and EOP condition in corresponding derivations (\* means  $p < 0,05$  and \*\* means  $p < 0,01$ ).

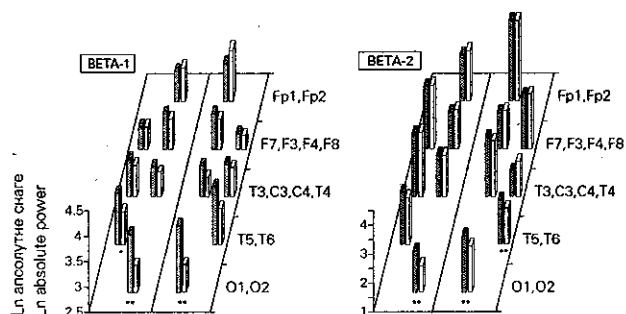


СХЕМА 2. Схематски приказ дистрибуције логаритамски трансформисане снаге активности бета-један (лево) и бета-два (десно) према поглавини испитаника. Остатак објашњења као на схеми 1.

FIGURE 2. Diagrammatic presentation of distribution of *ln*-transformed beta 1 (left) and beta 2 absolute powers (right) over 14 derivations (marked alongside). Rest of explanation as in Fig. 1.

компоненти за свих 12 епоха и за сваки положај електроде. Према устаљеној пракси, за сваку компоненту разложеног сигнала, квадрати амплитуда дефинисали су апсолутне (спектралне) снаге активности. Затим су у фреквентном опсегу од 1 до 30 Hz дефинисани фреквентни опсежи на класичан начин: делта (од 1 Hz закључно с 3 Hz), тета (4-7 Hz), алфа (8-12 Hz), бета-један (13-22 Hz) и бета-два (23-30 Hz). Апсолутна снага сваког оваквог опсега дефинисана је као збир снага свих компоненти, чије су фреквенције лежале у таквом опсегу. Подаци о апсолутној снази, нађени за сваког испитаника, биле су усредњене за све епохе. Тако су добијене средње апсолутне снаге за сваки опсег фреквенције и сваки положај електроде. Тотална снага представљала је збир апсолутних снага за свих шест опсега.

Највећи број оваквих мера амплитуда није увек нормално (гаусовски) распоређен [26]. Да би се обезбедила нормална расподела података, снаге у овим опсезима логаритмоване су за основу *e* [27]. Тако су добијени природни логаритми бројних података о апсолутним снагама. За овакве величине највећи број расподела има особине нормалности [11, 16, 26].

Индекс асиметрије садржи две величине параметра које су регистроване у два симетричним одводима EEG у односу на уздужну осу главе. Ми смо дефинисали овај параметар као однос између величине апсолутне снаге, регистроване с деривације изнад уоченог места једне хемисфере, и величине истог параметра регистроване с деривације изнад симетричног места друге хемисфере. Сваки количник рачунат је помоћу нелога-ритмованих величина снага, уз подешавање да бројитељ у количнику буде увек већи од име-

нитеља. Зато су све величине овог индекса биле веће од један.

Логаритамски трансформисане величине апсолутне снаге тестиране су помоћу статистичког *t*-теста (*Spss ms*) ради утврђивања значајности разлика између аритметичких средина ових параметара добијених при затвореним и отвореним очима испитаника.

РЕЗУЛТАТИ

Анализа добијених података који се односе на "споре опсеге" (делта и тета) показује да отварање очију блокира логаритамски трансформисане апсолутне снаге активности делта у свим деривацијама изузев у једној (C3), али да су смањења снаге била статистички значајна само у три случаја (Схема 1, лево). При затвореним очима, снага тета била је најизраженија у постериорним деривацијама (Схема 1, десно). Отварање очију изазива значајно опадање снаге у највећем броју деривација.

За области "споре" фреквенције, топографска расподела трансформисане апсолутне снаге изнад симетричних места двеју хемисфера приказана је квантитативно, за оба бихевиорна стања (очи затворене и очи отворене), у табели 1. Види се да је у оба ова стања расподела снаге између хемисфера прилично униформна. Заиста, број деривација с већом снагом изнад леве хемисфере сличан је броју таквих деривација изнад десне хемисфере. Зато нема значајних разлика између укупне снаге изнад леве и десне хемисфере. Ако су очи затворене, разлике између снага изнад парова симетричних деривација значајне су само у четири случаја (префронтално и теморална подручја) за опсег делта, и само у једном случају за опсег тета. У овој студији промене величина индекса асиметрије за симетричне парове деривација, када су очи биле затворене па затим отворене, претежно нису статистички значајне (Табела 1).

Табела 2. Топографска дистрибуција логаритамски (*ln*) трансформисане апсолутне снаге и индекса асиметрије у бета -1 и бета -2 фреквентном опсегу, за два бихевиорална стања: затворене очи (ECL) и отворене очи (EOP)

Table 2. Topographic distributions of *ln*-transformed absolute power and index of asymmetry in beta 1 and beta 2 frequency bands for two behavioral states: eyes closed (ECL) and eyes open (EOP)

Положај електрода Location	Стање State	Бета-1 Beta 1			Бета-2 Beta 2		
		Лево Left	Десно Right	Индекс Index	Лево Left	Десно Right	Индекс Index
Fp1 - Fp2	ECL	3.09±0.70	3.55±0.59**	1.58±0.31*	2.60±1.02	3.76±0.68**	3.19±2.07
	EOP	3.18±0.94	3.55±0.94**	1.45±0.38	2.75±1.21	3.77±0.94**	2.64±2.04
F3 - F4	ECL	3.20±0.70	3.20±0.86	1.00±0.30	2.26±0.87	2.25±0.98	1.01±2.40
	EOP	3.12±0.92	3.10±0.94	1.00±0.35	2.42±1.02	2.31±0.94	1.12±1.32
C3 - C4	ECL	3.09±0.87	3.12±0.74	1.03±0.39	2.43±0.87	3.03±0.40**	1.82±1.40
	EOP	2.96±0.98	2.88±0.91	1.08±0.51	2.43±0.94	2.91±0.71**	1.85±1.57
O1 - O2	ECL	3.64±0.76	3.81±0.71	1.19±0.15**	2.42±1.00	2.94±0.65**	1.68±1.07
	EOP	3.02±0.92	3.02±0.91	1.00±0.38	1.90±1.07	2.58±0.84**	1.97±1.61
F7 - F8	ECL	2.94±0.69	2.81±0.77	1.14±0.44	3.15±0.38	2.82±0.57**	1.39±0.45
	EOP	2.94±0.85	2.76±0.86	1.16±0.61	3.20±0.78	2.88±0.75**	1.98±0.73
T3 - T4	ECL	3.24±0.63	3.14±0.68	1.11±0.24	3.18±0.48	1.89±1.14**	3.63±1.28
	EOP	3.11±1.03	3.07±0.94	1.04±0.41	3.23±0.94	2.22±1.20**	2.75±1.98
T5 - T6	ECL	3.51±0.68	3.64±0.55	1.14±0.15	2.79±0.80	2.53±0.79**	1.30±0.86
	EOP	3.15±0.95	3.20±0.86	1.05±0.33	2.63±0.95	2.23±1.02**	1.41±1.23
Mean	ECL	3.24±0.25	3.32±0.35	1.17±0.19	3.69±0.36	2.75±0.61	2.00±1.00
	EOP	3.07±0.10	3.08±0.25	1.11±0.16	2.67±0.47	2.76±0.55	1.93±0.60

Објашњење као у Табели 1  
Explanation as in Table 1

“Брзи опсези” (бета-један и бета-два) показују да је активност бета-један, под условом да су очи затворене, максимална у постериорној области (Схема 2, лево). Отварање очију блокира активност претежно у постериорним областима. Бета-два је једини опсег у коме при отварању очију настаје пораст снаге у антериорним областима (Схема 2, десно). Табела 2 показује да су разлике између снага мерених са симетричних деривација у опсегу бета-два најчешће статистички високо сигнификантне. Истовремено, разлике између *средњих* снага, узетих с деривација изнад леве и десне хемисфере, ипак нису значајне. Отварање очију не утиче на величину индекса асиметрије. У табели 2 види се да промене индекса нису статистички значајне.

У поређењу с осталим опсезима, снаге активности алфа и тоталне активности испољавају највеће амплитуде у свим деривацијама (Схема 3). Сви испита-

ници демонстрирали су високу реактивност при отварању очију: у свакој деривацији констатоване су статистички значајне разлике за снагу алфа између два бихевиорна стања. То је разлог зашто у схеми 3 сигнификантност разлика између снага мерених за два стања нису назначене звездицама. Пошто је тотална снага претежно условљена алфа-снагом, топографска расподела тоталне снаге слична је расподели снаге алфа (Схема 3).

У табели 3 види се да отварање очију значајно мења индекс асиметрије у оба случаја (снаге алфа и тоталне снаге). То чак вреди и за њихове средње снаге.

ДИСКУСИЈА

Наша испитивања потврђују неке налазе који су већ уочени код нормалне деце. Добро је познато да кад субјект отвори очи, супресије активности алфа настају независно од старости испитаника [1, 13, 17, 18]. Ми смо такође потврдили запажање да је најпотпунија супресија алфа-активности локализована у окципиталној области [1, 13]. Према нашим истраживањима, смањења снаге алфа статистички су значајна у свим коришћеним деривацијама (Схема 3, лево). Слични резултати запажени су код нормалних адолесцената и одраслих особа [7, 10].

После отварања очију, смањења апсолутне снаге утврђена су у опсезима делта, тета и алфа, али нису запажене у опсегу бета [17]. Ми смо анализовали те промене у свим деривацијама и показали да у опсегу тета снага значајно опада, али такве промене у опсегу делта нису статистички значајне (Схема 1). Што се тиче “брзих опсега” (бета-један и бета-два), ми смо показали да те промене нису статистички значајне за највећи број деривација, изузев за деривације у постериорној области (Схема 2).

Асиметрија између хемисфера може да се процењује помоћу индекса асиметрије. Он се обично израчунавао помоћу обрасца  $100 \cdot (r - l) / (r + l)$ , где је  $r$  величина параметра оцењеног с једног места десне хемисфере, док је  $l$  величина истога параметра оцењеног са симетричног места изнад леве хемисфере. Сматра се да је ова дефиниција боља од некада коришћене  $r - l$ , јер израчунате величине овог индекса боље одговарају законима нормалне расподеле [15]. С друге стране, познато је да је релативна грешка разлике између сличних бројних вредности по правилу велика, тако да је број значајних цифара резултата често веома мали [28]. У нашој студији показало се да величине индекса асиметрије, израчунате помоћу претходног обрасца који садржи  $r - l$  у бројитељу, уопште нема значајних бројки (јер су величине за  $r$  и  $l$  веома блиске), због чега су апсо-

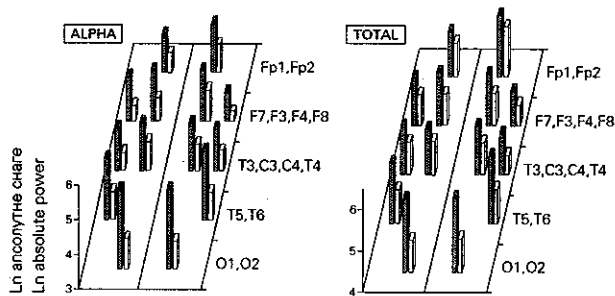


СХЕМА 3. Схематски приказ дистрибуције логаритамски трансформисане снаге активности алфа (лево) и тоталне активности (десно) према поглавину испитаника. Остатак објашњења као на схеми 1.

FIGURE 3. Diagrammatic presentation of distribution of ln-transformed alpha absolute power (left) and total power (right) over 14 derivations (marked alongside). Rest of explanation as in Fig. 1.

Табела 3. Топографска дистрибуција логаритамски (ln) трансформисане апсолутне снаге и индекса асиметрије у алфа фреквентном опсегу и тоталне снаге, за два бихевиорална стања: затворене очи (ECL) и отворене очи (EOP)

Table 3. Topographic distributions of ln-transformed absolute power and index of asymmetry in alpha frequency band and total power for two behavioral states: eyes closed (ECL) and eyes open (EOP)

Положај електрода Location	Стање State	Алфа Alpha			Тотал Total		
		Лево Left	Десно Right	Индекс Index	Лево Left	Десно Right	Индекс Index
Fp1 - Fp2	ECL	4.08±0.66	4.40±0.74**	1.34±0.09**	5.09±0.52	5.50±0.54**	1.51±0.03**
	EOP	3.52±0.89	3.78±0.94	1.30±0.22	4.81±1.10	5.19±1.13	1.46±0.07
F3 - F4	ECL	4.45±0.69	4.45±0.77	1.00±0.05**	5.22±0.55	5.29±0.84	1.07±0.02**
	EOP	3.61±0.94	3.89±0.97	1.32±0.21	4.73±1.08	4.75±1.19	1.02±0.06
C3 - C4	ECL	4.35±0.75	4.35±0.49	1.00±0.05**	5.09±0.67	5.16±0.53	1.07±0.02**
	EOP	3.82±1.14	3.74±1.17	1.08±0.19	4.70±1.17	4.74±1.09	1.04±0.06
O1 - O2	ECL	5.28±0.86	5.28±0.82	1.00±0.02**	5.76±0.75	5.78±0.88	1.02±0.01**
	EOP	3.86±1.07	3.79±1.09	1.073±0.17	4.72±1.15	4.81±1.14	1.09±0.05
F7 - F8	ECL	4.28±0.74	3.82±0.62**	1.58±0.12**	5.10±0.52	4.83±0.59**	1.38±0.03**
	EOP	3.43±0.41	3.22±0.86	1.23±0.37	4.72±1.04	4.50±1.03	1.25±0.07
T3 - T4	ECL	4.19±0.65	4.17±0.64	1.02±0.07	5.14±0.50	4.48±0.58	1.17±0.03**
	EOP	3.50±0.93	3.53±0.92	1.03±0.20	4.75±1.12	4.69±1.09	1.15±0.07
T5 - T6	ECL	4.75±0.81	4.97±0.72	1.25±0.04**	5.45±0.89	5.62±0.58	1.19±0.03**
	EOP	3.79±1.02	3.83±0.89	1.07±0.15	4.85±1.13	4.83±1.11	1.03±0.06
Mean	ECL	4.48±0.41	4.35±0.57	1.17±0.23*	5.29±0.24	5.23±0.45	1.20±0.18**
	EOP	3.65±0.17	3.68±0.24	1.16±0.12	4.75±0.06	4.79±0.21	1.15±0.16

Објашњење као у Табели 1.  
Explanation as in Table 1.

лутне грешке оваквог индекса обично веће од саме измерене величине. Ми смо зато дефинисали индекс асиметрије као количник два параметра ( $\tau$ , две снаге), чиме смо избегли ове тешкоће, тим пре што се тако елиминише могући утицај евентуалне леворукости испитаника [12]. На сличан начин дефинисали су и користили овај индекс још неки аутори [12, 19].

Према правилу, амплитуде електроенцефалограма нешто су веће у деривацијама изнад субдоминантне хемисфере [12, 13], мада има и супротних мишљења [9, 14, 29]. Ми смо показали да темпорална активност у положајима електрода  $F7$  и  $F8$ , као и у  $T3$  и  $T4$ , испољавају "алтернативну латерализацију напома" (Табеле 1-3): у свим опсезима фреквенција записи с деривација на левој страни показују веће (понекад чак и статистички значајно веће) снаге од симетричних места с десне стране (Табеле 1-3). Тај закључак је у сагласности с резултатима других аутора [11, 29] који су испитивали одрасле особе. С друге стране, ми смо показали да префронталне снаге, добијене на основу резултата с локација  $Fp2$ , дају сигнификантно веће резултате у поређењу с подацима снимљених у положају  $Fp1$ , и то за сва подручја фреквенције (Табеле 1-3). Када се прати развој  $EEG$  код деце основношколског узраста, обе хемисфере понашају се на сличан начин [14]. Антеропостериорна дистрибуција снага у опсезима значајно се мења са старашћу, али то не важи за дистрибуцију између десне и леве хемисфере [15].

Треба такође приметити да отварање очију не мења страну деривација на којима је снага већа. Ако се те величине, посматране када су очи испитаника затворене, пореде с величинама када су очи отворене, у највећем броју случајева не запажају се статистички значајне промене.

Наши налази су повезани за развојне факторе мозга. У нашем ранијем раду [20] асиметрија снаге у антеротемпоралним регионима расла је када су се резултати, добијени на млађим испитаницима (7-9 година), поредили с резултатима на старијој популацији деце.

### ЗАКЉУЧАК

Наша истраживања потврђују изванредан број чињеница које су запазили други аутори код нормалне деце. Ипак, мало публикованих података о топографији реактивности  $EEG$  на визуелну блокаду код здраве деце чини скоро немогућим поређење приказаних резултата с резултатима других истраживача. Нема никакве сумње да је матурација  $EEG$  визуелне блокаде са старашћу повезана с високим степеном десинхронизације  $EEG$  код испитаника старости између 10 и 15 година у односу на млађе испитанике (7 до 9 година). Ипак, за сада није могуће да се извуче дефинитивни закључак о механизмима који леже у основи визуелне блокаде, јер природа генерисања активности  $EEG$  још увек није довољно јасна [30]. Даље студије које би укључиле више испитаника биле би неопходне како би се утврдиле могуће генетске разлике у визуелној реактивности за ове старосне групе. Такође је неопходна студија матурационих промена

у визуелној блокади изван старости овде посматраних испитаника. Лонгитудинална студија била би, такође, корисна како би се умањила ограничења анализе узрокована интериндивидуалним варијацијама.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Karhu J, Könönen M, Herrgard E, Partanen J. Spectra and reactivity of EEG in visual sensory-motor and auditory areas on children. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1996;99:300-1.
2. Hudspeth WJ, Pribram KH. Psychophysiological indices of cerebral maturation. *Int J Psychophysiol* 1992;12:19-29.
3. Novikova LA. Age features in the electrical activity of the brain as seen in children and juveniles. Pavlov J Higher Nerv Activ 1961;11:61-71.
4. Petersén I, Sellén U, Eeg-Olofsson O. The evolution of the EEG in normal children and adolescents from 1 to 21 years. In: Rémond A, Lairy GC. (eds). *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol. 6B. Elsevier, Amsterdam 1975;31-68.
5. Markand ON. Alpha rhythms. *J Clin Neurophysiol* 1990;7:163-89.
6. Hess R. *EEG Handbook*, 2<sup>nd</sup> edn. Sandoz, Zürich 1969.
7. Wieneke GH, Deinema EHA, Spoelstra P. Normality spectral data on the alpha rhythm in male adults. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1980;49:635-45.
8. Duffy FH, Albert MS, Mcanulty G, Garvey AJ. Age-related differences in brain electrical activity of healthy subjects. *Ann Neurol* 1984;16:430-8.
9. Samson-Dollfus D, Tsouria Z, Bertoldi I, Dreano E, Doris JY. EEG modifications during visual and motor reactions observed by beta, alpha and theta quantification and topographic mapping. In: Duffy FH (ed). *Topographic Mapping of Brain Electrical Activity*. Butterworth, Boston 1986;169-73.
10. Volavka J, Matoušek M, Roubíček J. Mental arithmetic and eye opening. An EEG frequency analysis and GSR study. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1967;22:174-6.
11. Könönen M, Partanen JV. Blocking of EEG alpha activity during visual performance in healthy adults. A quantitative study. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1993;87:164-6.
12. Matoušek M, Petersén I. Frequency analysis of the EEG in normal children and adolescents. In: Kellaway P, Petersén I (eds). *Automation of Clinical Electroencephalography*. Raven Press, New York 1973;75-102.
13. Samson-Dollfus D, Goldberg P. Electroencephalographic quantification by time domain analysis in normal 7-15-year-old children. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1979;46:147-54.
14. Gasser T, Verleger R, Bächer P, Sroka L. Development of the EEG of school-age children and adolescents. I. Analysis of band power. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988a;69:91-9.
15. Gasser T, Jennen-Steinmetz C, Sroka L, Verleger R, Möcks J. Development of the EEG of school-age children and adolescents. II. Topography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988b;69:100-9.
16. Harmony T, Marosi e Díaz de León AE., Becker J, Fernández T. Effect of sex, psychosocial disadvantages and biologic risk factors on EEG maturation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1990;75:482-91.
17. Somsen RJ, van't Klooster BJ, van der Molen MW, van Leeuwen HM, Licht R. Growth spurts in brain maturation during middle childhood as indexed by EEG power spectra. *Biol Psychol* 1997;44:187-209.
18. Chavance M, Samson-Dollfus D. Analyse spectrale de l'enfant normal entre 6 et 16 ans: Choice et validation des paramètres les plus informatives. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1978;45:767-76.
19. Nuwer MR. Quantitative EEG: I. Techniques and problems of frequency analysis and topographic mapping. *J Clin Neurophysiol* 1988;5:1-43.
20. Martinović Ž, Jovanović V, Ristanović D. Computerized EEG topography of normal preadolescent twins. Correlating similarity of background activity with genetic relatedness. *Brain Topogr* 1997;9:303-11.
21. Martinović Ž, Jovanović V, Ristanović D. EEG power spectra of normal preadolescent twins. Gender differences of quantitative EEG maturation. *Neurophysiol Clin* 1998;28:231-48.
22. Ristanović D, Martinović Ž, Jovanović V. Topography of visual EEG reactivity in school-age children. *Brain & Development* 1999;21:236-43.
23. Ristanović D, Martinović Ž, Jovanović-Čupić V. Kvantitativna analiza elektroencefalograma zdrave dece osnovnoškolskog uzrasta. *Srp Arh Celok Lek* 2000;128:1-9.
24. Van Baal GC, De Geus EJ, Boomsma DI. Genetic architecture of EEG power spectra in early life. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1996;98:502-14.
25. Cooley WJ, Tukey JW. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Maths Comput* 1965;19:297-301.
26. Pollock VE, Schneider LS, Lyness SA. Reliability of topographic quantitative EEG amplitude in healthy late-middle-aged and elderly subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991;79:20-6.
27. Pivik RT, Broughton RJ, Coppola R, Davidson RJ, Fox N, Nuwer MR. Guidelines for the recording and quantitative analysis of electroencephalographic activity in research contexts. *Psychophysiology* 1993;30:547-58.

## TOPOGRAPHY AND ASYMMETRY OF VISUAL EEG REACTIVITY IN HEALTHY SCHOOL-AGE CHILDREN

D. RISTANOVITSH<sup>1</sup>, Z. MARTINOVITSH<sup>2</sup>, V. JOVANOVIŠH-CHUPITSH<sup>3</sup>

1. Department of Biophysics, School of Medicine, Belgrade, 2. Department of Epileptology and Clinical Neurophysiology, Institute of Mental Health, Belgrade; 3. Centre for Prevention and Treatment of Drug Addiction, Belgrade

In order to quantify the visual reactivity of EEG to opening the eyes, the topography of EEG power spectra in a sample of 72 healthy subjects aged from 7-15 years, was studied. The EEGs were recorded at 14 scalp sites under eyes closed (ECL) and eyes open (EOP). It has been established that the absolute powers in total and in alpha band were significantly higher in all derivations under ECL as compared with EOP condition. Except for the frontal derivations, absolute power in theta band under ECL condition was significantly higher than that under EOP condition. Changes in delta and beta powers were seldom significant. In beta 2 band no EEG blocking was noticed in anterior area. Opening the eyes significantly influenced the values of asymmetry index in alpha band and total power. In all frequency bands and under both conditions, the differences of powers between the hemispheres were found mainly in the prefrontal and laterofrontal

areas. The results showed that the visual blocking of EEG was mostly due to a higher degree of EEG desynchronization after opening the eyes.

*Key words:* Visual reactivity, brain topography, spectral analysis, EEG asymmetry, healthy children. (SRP ARH CELOK LEK).

DUŠAN RISTANOVIĆ  
Institut za biofiziku  
Medicinski fakultet  
11 000 Beograd, Višegradska 26/2  
Tel.: 011/361-57-67  
Mail: dusan@ristanovic.com

28. Matthis P, Scheffner D, Benninger CH, Lipinski CH, Stolzis L. Changes in the background activity of the electroencephalogram according to age. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1980;49:626-35.  
29. Daly FH, Pedley TA. *Current Practice in Clinical Electroencephalography*. Raven Press, New York 1990.

30. Van Baal GC, De Geus EJ, Boomsma DI. Genetic architecture of EEG power spectra in early life. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1996;98:502-14.

*Рукопис је достављен уреднишћу 3. X 2000. године*