

УДК: 612.821 612.8:616.8

## ОТРАЖЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ПЕРЕЖИВАНИЙ В ХАРАКТЕРИСТИКАХ ТЕКУЩЕЙ ЭЭГ

*Черный С.В., Коваленко А.А.*

Внутренние переживания тесно связаны с эмоциональной сферой человека, которая является неотъемлемой частью системы взаимодействия человека с окружающим миром. Именно эмоции детерминируют деятельность, когнитивную сферу и другие аспекты психической жизни человека, поэтому их изучение является важным для развития фундаментальных знаний о человеке. Очевидно, что большинство эмоциональных переживаний в общем можно разделить на положительные и отрицательные, однако, [1] возможно выделение до 10 базовых классификаций эмоций. Считается [2], что решающее значение в возникновении субъективных переживаний имеет циклическое движение процесса возбуждения, что создает феномен внутреннего видения, составляющего суть сознания. В этих процессах значительную роль играют вербальные отделы коры [3]. Следовательно, существуют различия в физиологических процессах, обеспечивающих протекание разных по знаку эмоций.

В формировании эмоций участвует множество структур мозга, из которых можно особо выделить миндалину, гипоталамус, базальные ганглии, собственно кору головного мозга. В процессе эмоциональных реакций происходит дифференциальная активация этих структур, что, возможно, приводит к специфическому изменению картины текущей ЭЭГ [4]. В основе этого механизма лежит кольцевое движение нервных импульсов с локализацией в проекционных зонах коры, в зависимости от сенсорной модальности эмоционального стимула. Вначале возбуждение поступает от проекционной к ассоциативной коре. Например, для зрительных стимулов - это отделы височной коры, играющей важную роль в опознании стимулов, а для проприоцептивных раздражителей - вторичные и третичные зоны соматосенсорной коры. Затем нервные импульсы поступают к структурам лимбико-гиппокампального комплекса и подкорковым центрам эмоций и мотиваций. До этой стадии поступательное движение возбуждения от рецептивных зон к исполнительным центрам представляет собой рефлекторную дугу. Однако процесс включает в себя еще одно важное звено, превращающее дугу в кольцо, а именно возврат возбуждения в кору, затрагивая ее проекционные отделы, по системе диффузных проекций. Это звено представляет собой обратную связь от исполнительных к афферентным центрам. Благодаря возврату возбуждения нервные импульсы, приходящие из мотивационных центров, накладываются на нейронах проекционной коры на следы сенсорного возбуждения. На этом этапе или несколько раньше в процесс включается и лобная

кора, что проявлялось в синхронизации рисунка ЭЭГ-потенциалов на ранних этапах после подачи стимула. Данная модель, вероятно, может считаться принципиальной, так как концептуальные исследования, проведенные на ее основе с использованием сенсорных стимулов различной модальности, дали принципиально схожие результаты [5,6]

ЭЭГ включает в себя несколько частотных ритмических компонентов, которые можно выделить с помощью соответствующих приемов анализа. Так, тета-ритм складывается из ритмических медленных колебаний частотой 4-8 Гц. У человека выраженность тета-ритма зависит от возраста, фона основной активности, степени умственного напряжения и пр. В клинике наблюдения колебаний 4-7 Гц подтвердили, что упорядоченный тета-ритм чаще всего возникает при эмоциональных состояниях отрицательного характера [7]. Альфа-ритм состоит из волн частотой 8-14 Гц, является своеобразной характеристикой определённого функционального состояния коры больших полушарий. Он характерен для ЭЭГ взрослого здорового человека в состоянии спокойного бодрствования при закрытых глазах. В ЭЭГ покоя выделяют по крайней мере три ритмических субкомпонента альфа-диапазона, каждому из которых соответствует определенное положение спектрального пика на оси частот, свои особенности топографического распределения мощности и специфическая реактивность к сенсорным стимулам [8]. Бета-ритм состоит из быстрых волн частотой 14-30 Гц и соотносится с активным состоянием ретикулярной формации ствола мозга. В диапазоне бета-ритма выделяют частотные субкомпоненты бета-1 (14-25 Гц) и бета-2 (25-30 Гц).

Имеется множество данных об исследованиях связи ритмов энцефалограммы с положительными и отрицательными эмоциями, однако результаты подобных исследований зачастую противоречивы. В связи с этим целью настоящей работы являлось выявление различий в характеристиках текущей ЭЭГ-активности при мысленном воспроизведении вербальных стимулов, имеющих позитивную и негативную валентность.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 12 человек в возрасте 17 – 25 лет (6 женщин и 6 мужчин, все правши). В состоянии бодрствования при закрытых глазах регистрировали ЭЭГ монополярно, в отведениях С3 и С4 по системе «10-20», индифферентным электродом служили объединённые датчики над сосцевидными отростками черепа (рис. 1).

Внутренние переживания формировались путём предъявления слов, имеющих субъективно позитивную и негативную направленность. Перед каждым эмоционально значимым стимулом давался эмоционально нейтральный стимул. После записи фоновых показателей испытуемому давали инструкцию мысленно воспроизвести ситуацию, характеризующую предъявленный вербальный стимул. Для оценки текущего состояния предъявлялся эмоционально нейтральный стимул.

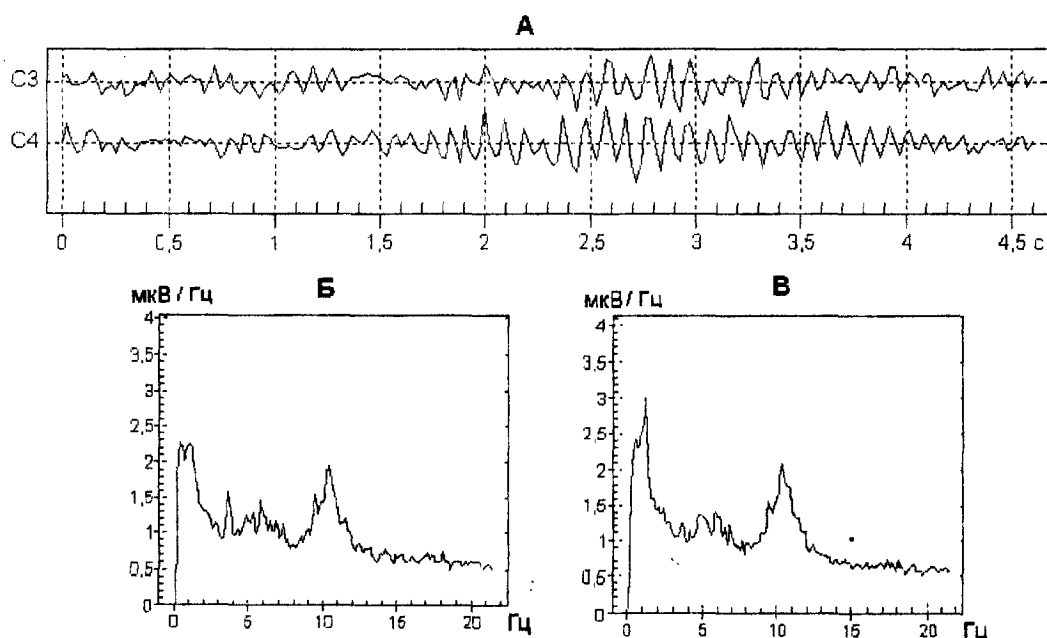


Рис. 1. Вид текущей ЭЭГ и ее спектра, построенного с помощью Фурье – анализа.  
 А - Общий вид текущей ЭЭГ, Б – спектр ЭЭГ левого полушария, отведенный в точке С3 по системе «10-20», В - спектр ЭЭГ правого полушария, отведенный в точке С4 по системе «10-20»

Для анализа использовались тета,- альфа,- бета-1 - и бета-2 - ритмы энцефалограммы. Дельта-ритм был исключён из рассмотрения из-за большого количества артефактов. Отведения С3 и С4 были выбраны по той причине, что в этих отведениях регистрируются все три поддиапазона альфа-ритма.

Математическую обработку результатов проводили в соответствии с общепринятыми правилами вариационной статистики. Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе эксперимента было обнаружено достоверное снижение нормированной мощности альфа-ритма в правом полушарии при мысленном воспроизведении ситуации в ответ на стимул положительной валентности ( $p = 0,04$ ) (таблица 1). В литературе показана депрессия альфа-ритма при эмоциональных переживаниях [9] как в обоих полушариях, так и при левополушарной активации в случае эмоционально положительных переживаний [10]. Также показана активация правого полушария при успешном решении различных когнитивных задач [11]. Однако эти мнения неоднозначны. Так, говорится о связи как отрицательных эмоций, так и эмоциональных проявлений в общем с активностью правого полушария, однако этот феномен связывают либо с дифференцированным участием обоих полушарий в эмоциональных процессах, либо с лучшей

представленностью контроля за выражением эмоций и соответствующим поведением со стороны правого полушария [12].

При воспроизведении ситуации после предъявления эмоционально негативного стимула наблюдалось достоверное увеличение бета1- ритма как в правом ( $p=0,03$ ), так и в левом полушариях ( $p = 0.02$ ) (таблица 2). Данная активность характеризует, как правило, направленное внимание, однако высокочастотные составляющие этих ритмов связаны с негативным эмоциональным состоянием, тревожностью, психовегетативными синдромами, особенно при повышении их спектральной мощности в правом полушарии [13, 14]. Кроме того, есть данные, говорящие о связи бета-ритма с силой эмоционального переживания [15].

Есть мнение, что бета-ритм связан с тормозной ГАМК-эргической системой и усиливается при активации бензодиазепиновых рецепторов [16], однако, возможно, данная картина связана с тем, что, как правило, доминирующий в рисунке текущей ЭЭГ альфа-ритм отражает активность больших нейронных цепей, а при активации бензодиазепиновых рецепторов происходит реакция десинхронизации с активацией более коротких нейронных цепей, что в рисунке текущей ЭЭГ отражается в виде усиления мощности бета-ритма.

Таблица 1.

Сравнение изменения мощности (мкВ<sup>2</sup>/Гц) ритмов ЭЭГ при предъявлении вербальных стимулов позитивной валентности (приведены значения средних величин и их стандартных ошибок)

	Нейтральный стимул	Позитивный стимул
Тета-ритм правое полушарие	1,269 ± 0,129	1,255 ± 0,117
Тета-ритм левое полушарие	1,135 ± 0,150	1,122 ± 0,141
Альфа-ритм левое полушарие	1,304 ± 0,202	1,296 ± 0,197
Альфа-ритм правое полушарие	1,204 ± 0,195	1,142 ± 0,207*
Бета1-ритм левое полушарие	0,380 ± 0,037	0,384 ± 0,039
Бета1-ритм правое полушарие	0,343 ± 0,046	0,384 ± 0,039
Бета2-ритм левое полушарие	0,409 ± 0,033	0,395 ± 0,028
Бета2-ритм правое полушарие	0,341 ± 0,042	0,352 ± 0,043

Примечание: \* – достоверность отличий между показателями,  $p < 0,05$

Таблица 2.

Сравнение изменения мощности (мкВ<sup>2</sup>/Гц) ритмов ЭЭГ при предъявлении вербальных стимулов негативной валентности (приведены значения средних величин и их стандартных ошибок)

	Нейтральный стимул	Негативный стимул
Тета-ритм правое полушарие	1,268 ± 0,118	1,264 ± 0,112
Тета-ритм правое полушарие	1,171 ± 0,150	1,173 ± 0,149
Альфа-ритм левое полушарие	1,196 ± 0,176	1,200 ± 0,183
Альфа-ритм правое полушарие	1,094 ± 0,195	1,102 ± 0,198
Бета1-ритм левое полушарие	0,366 ± 0,037	0,379 ± 0,040*
Бета1-ритм правое полушарие	0,331 ± 0,046	0,342 ± 0,049*
Бета2-ритм левое полушарие	0,300 ± 0,029	0,375 ± 0,035
Бета2-ритм правое полушарие	0,325 ± 0,043	0,316 ± 0,045

Примечание: \* – достоверность отличий между показателями,  $p < 0,05$

Многочисленными исследованиями показано, что негативные эмоции вызывают активацию тета-ритма [17,18], однако данного феномена мы не обнаружили. Это, возможно, связано с тем, что в рисунке регистрируемой нами ЭЭГ тета-ритм был фазическим, а не тоническим, а именно тонический тета-ритм характеризует негативное психоэмоциональное состояние [19]. Кроме того, тета-ритм усиливается при переживаниях объективно значимых, а в нашем эксперименте ставилась задача формирования переживаний в воображаемых ситуациях. Однако необходимо указать, что в ходе осознания стимулов, имеющих эмоциональную окраску, ведущую роль играют процессы, связанные как с частым тета-ритмом [20, 21], так и с высокочастотными компонентами ЭЭГ в спектре 40 Гц [22]. Ряд авторов считают, что ритм ЭЭГ в 40 Гц при его диффузном распространении по коре создает условия для объединения нейросетей в единую систему, что обеспечивает интеграцию отдельных признаков стимула в единый образ [23, 24]

Кроме того, известно, что деятельность каждого полушария сопряжена с определенной гаммой эмоциональных состояний [25, 26]. Как известно, правое полушарие всегда первым обрабатывает поступающую информацию; кроме того, именно правое полушарие даёт первичную, «эмоциональную» оценку сигнала, тогда как левое полушарие даёт когнитивную оценку лишь после поступления

информации из правого полушария [27, 14]. Можно предположить, что за таким «расхождением» эмоций кроется следующая закономерность — более тесная связь абстрактного мышления с положительным эмоциональным тонусом и образного мышления — с отрицательным эмоциональным тонусом. Можно сказать, что в данном случае отрицательные эмоции тяготеют к оперированию конкретными образами, в то время как положительные эмоции способствуют переходу к абстрактным, обобщенным моделям [28].

Достоверное снижение альфа-ритма в правом полушарии говорит о том, что эмоционально позитивные стимулы воспринимаются экспрессивно (ярко, выразительно), в то время, как увеличение бета-1-активности, связанной с направленным вниманием и когнитивной деятельностью, свидетельствует о том, что эмоционально негативные стимулы переживаются более детально, конкретно, с опорой на когнитивную сферу человека.

### ВЫВОДЫ

1. Существуют частотные различия между ЭЭГ-реакциями на эмоциональные слова разной валентности.
2. Вербальные стимулы эмоционально негативной валентности вызывают большую степень активации, нежели стимулы, имеющие эмоционально положительную валентность.

### Список литературы

1. Изард К. Эмоции человека – М., 1980, – С. 42-45.
2. Сергин В.Я. Сознание как система внутреннего видения // Журн. высш. нерв. деят. – 1994. – Т.44, № 4-5. – С. 627-639.
3. Salmelin R., Hari R., Lounasmaa O.V. and Sams M. Dynamics of brain activation during picture naming // Nature. – 1994. – V.368, № 6470. – P. 463-465.
4. Симонов П.В. Функциональная асимметрия фронтального неокортекса и эмоций // Докл. Академии наук. – 1994. – Т. 338, № 5. – С. 698-699.
5. Иваницкий А.М., Матвеева Л.В. Взаимоотношения между параметрами вызванного потенциала и структурой сенсорно-перцептивного процесса // Физиология человека. – 1976. – Т. 2. – С. 386-399.
6. Иваницкий А.М., Стрелец В.Б. Вызванный потенциал и психофизические характеристики восприятия // Журн. высш. нервн. деят. – 1976. – Т. 24, № 4. – С. 793-800.
7. Гусельников В.И. Электрофизиология головного мозга. (Курс лекций). – М.: Изд-во «Высшая школа», 1976. – 423 с.
8. Фарбер Д.А., Вильдавский В.Ю. Гетерогенность и возрастная динамика альфа - ритма электроэнцефалограммы // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, №5. – С. 5-12.
9. Davidson R.J., Schaffer C.E., Soron C. Effects of lateralized presentation of faces on self-reports of emotion and EEG asymmetry in depressed and non-depressed subjects // Psychophysiol. – 1986. – V. 22, №3. – P. 353-364.
10. Collet L., Duclaux R. Hemispheric lateralization of emotions: Absence of electrophysiological arguments // Physiol.Snd Behav. – 1987. – V. 40. – P. 2
11. Eerle J.B. Task difficultly and EEG alpha asymmetry: an amplitude and frequency analysis // Neurophysiology. – 1988. – №2. – P. 96-112
12. Яковенко И.А. Межполушарная асимметрия пространственной организации корковых потенциалов человека при восприятии эмоциональных и индифферентных изображений // Журнал ВНД. – 1989. – Т. 39, № 2. – С. 221-227.
13. Деглин В. Л. Лекции по функциональной асимметрии мозга. – Киев, 1999. – 326 с.
14. Деглин В. Л., Николаенко Н. Н. О роли доминантного полушария в регуляции эмоционального состояния человека // Физиология человека. – 1975. – №1. – С. 418-426.

15. Русанов М.Н., Костюнина М.Б. Отражение в межполушарном распределении частотно-амплитудных параметров ЭЭГ силы эмоционального переживания, величины потребности и вероятности ее удовлетворения // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, №1. – С. 32-39.
16. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. – Таганрог: ТРТУ, 2000. – 640 с.
17. Абрамов Ю.Б. Стресс и его патогенетические механизмы //Материалы Всесоюзного симпозиума. Кишинев, 1973. – С. 46-47.
18. Yamaguchi Y., Kuwano S., Tshujimoto T. Properties of the frontal theta bursts appearing on mental work // Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol. – 1981. – V.52, №3. – P. 48.
19. Klimesh W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // Brain Research reviews. – 1999. – V. 29. – P. 169-195.
20. Gray J.A. The contents of consciousness: A neuropsychological conjecture // Behav. And Brain Sci. – 1995. – V.18 (4). – P. 659-722.
21. Симонов П.В. Память, эмоции и доминанта // Гагрские беседы. Нейрофизиологические основы памяти – Тбилиси: Мецниереба, 1979. – Т. 7. – С. 358-377.
22. Desmedt J., Tomberg C. Neurophysiology of preconscious and conscious mechanisms of the human brain // Abstracts of the Xth International Congress of Electromyography and Clinical Neurophysiology. – Kyoto, Japan, October 15-19, 1995. – P. 4.
23. Egnel A.K., Singer W. Temporal binding and the neuronal correlations of sensory awareness// Trends in cognitive sciences. -2001. – V.5, №1. – P. 16-26.
24. Llinas R., Ribary U., Joliton M., Wang X.J. Content and context in temporal thalamocortical binding // Temporal coding in the brain. Berlin-Heidelberg. Springer Verlag, 1994. – P. 251-271.
25. Потулова Л.А., Корниевский А.В. Влияние эмоционального напряжения на пространственно-временную организацию предстимульных потенциалов неокортекса человека-оператора при опознавании значимого светового стимула // Журнал ВНД. – 1986. – Т. 36, № 5. –С. 840.
26. Русалова М.Н. Отражение эмоционального напряжения в пространственной синхронизации биопотенциалов головного мозга человека // Журнал ВНД. – 1990. – Т. 40, № 2. – С. 254.
27. Балонов Л. Я., Деглин В. Л., Николаенко Н. Н. О роли доминантного и недоминантного полушарий мозга в регуляции эмоциональной экспрессии // В кн.: Нейропсихологические тексты // Под ред. Хомской Е. Д. – М.: МГУ, 1984. – С. 183 – 186.
28. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. – М.: Наука, 1981. –215 с.

*Поступила в редакцию 28.11.2005 г.*