

В.В. Ендолов, В.В. Сычёв

ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА МУЖЧИН И ЖЕНЩИН ПРИ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ФОТОСТИМУЛЯЦИИ

Спектральный анализ электроэнцефалограммы на основе быстрого преобразования Фурье позволяет выявить половые особенности функциональной организации биоэлектрической активности головного мозга в ответ на внезапно предъявляемый внешний стимул – фотостимуляцию с частотой 4 Гц.

электроэнцефалография, быстрое преобразование Фурье, среднеарифметическая спектра частот, фотостимуляция, корковые межнейронные связи.

Л.И. Леушиной и А.А. Невской¹ выявлена функциональная дихотомия мозга на предъявление конкретных и абстрактных зрительных образов. Целью нашей работы явилось установление на основе спектрального анализа электроэнцефалограммы наличия половых особенностей функциональной организации головного мозга на внезапное предъявление адекватного искусственного внешнего стимула – непрерывную низкочастотную (4 Гц) фотостимуляцию.

Материал и методы. Многоканальное электроэнцефалографическое (ЭЭГ) обследование было проведено 44 мужчин (средний возраст $M \pm m$ ²¹¹ 33,45±2,25 года) и 30 женщин (средний возраст $M \pm m$ 38,63±2,09 года). Различия по возрасту были недостоверны ($p^{**} > 0,05$). Регистрацию ЭЭГ проводили на 16-канальном электроэнцефалографе фирмы МБН (Москва). Наложение электродов осуществляли по международной системе «10–20»²¹². Продолжительность пробы фотостимуляции составляла 15 секунд. Для сохранения относительной стационарности процесса, характеризующегося линейной зависимостью его параметров²¹³, анализировали участок ЭЭГ продолжительностью 5,1 секунды в ходе проведения фотостимуляции с частотой 4 Гц. Частота дискретизации составляла 1024 Гц. На основе быстрого преобразования Фурье проводился спектральный анализ ЭЭГ с последующим автоматическим расчетом взвешенной среднеарифметиче-

²¹¹ Леушина Л.И., Невская А.А. Различия полушарий в обработке зрительной информации и опознании зрительных образов // Функциональная межполушарная асимметрия : хрестоматия / сост. В.Ф. Фокин. М. : Научный мир, 2004. С. 293–315.

* M – средняя арифметическая; m_n – стандартная ошибка среднего.

** p – достоверность различий.

²¹² Jasper H.H. The ten twenty electrode system of International Federation // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1958. Vol. 10. P. 371–375.

²¹³ Думенко В.Н. Высокочастотные компоненты ЭЭГ и инструментальное обучение. М. : Наука, 2006. 151 с.

ской спектра частот (ВСАСЧ) ЭЭГ в диапазоне от 3,5 до 30 Гц. Исключение из расчетов отведений Fp1 и Fp2, наряду с ограничением нижней полосы фильтра 3,5 Гц, уменьшало влияние окулограммы на расчеты. Фотостимулятор располагался в 30 см от закрытых глаз испытуемого. Полученные данные обрабатывались методом описательной статистики Microsoft Office Excel 2003.

Результаты. Глобальная (всех отведений) ВСАСЧ ЭЭГ мозга и его полушарий у женщин превышала аналогичные показатели у мужчин ($p = 0,001$, $P < 0,05$).

При сравнении одноименных структурно-функциональных блоков²¹⁴ и зон коры головного мозга женщин и мужчин достоверных различий ВСАСЧ ЭЭГ выявлено не было ($p > 0,05$) в отличие от «фоновой» ЭЭГ²¹⁵. При оценке зональных (лоб, центр, темя, затылок, передняя височная, средняя височная и задняя височная области) корковых межнейронных взаимоотношений выявлены существенные половые особенности. Функциональная организация коры головного мозга мужчин характеризовалась полной эквипотенциальностью, то есть не отмечалось достоверных различий ВСАСЧ ЭЭГ между всеми отведениями ЭЭГ ($p > 0,05$). Характер корковых межнейронных взаимоотношений у женщин имел более сложную форму вследствие наличия или отсутствия связи между определенными областями коры головного мозга. Так, в левом полушарии отмечались достоверные различия ВСАСЧ ЭЭГ между лобным и средним височным, лобным и затылочным отведениями ЭЭГ ($p < 0,05$), в правом полушарии – между лобным и средним височным ($p < 0,05$) отведениями ЭЭГ. Кроме того, следует выделить наличие корковых межнейронных связей у женщин в правом полушарии между передним лобным и затылочными, теменными, центральными, передними и задними височными отведениями. Достоверного различия САСЧ ЭЭГ этих областей головного мозга не отмечалось ($p > 0,05$). Не отмечалось достоверных различий ВСАСЧ ЭЭГ между полушариями и одноименными отделами коры головного мозга внутри каждой из групп обследуемых ($p > 0,05$).

Таблица

Данные спектрального анализа биоэлектрической активности
головного мозга женщин и мужчин
при проведении низкочастотной фотостимуляции (4 Гц)

Отведения ЭЭГ	Женщины ($M \pm m$)	Мужчины ($M \pm m$)	Достоверность различий (p)
------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------------

²¹⁴ Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. 4-е изд. М. : Академия, 2006. 384 с. ; Хомская Е.Д. Нейропсихология. 4-е изд. СПб. : Питер, 2007. 496 с.

²¹⁵ Ендолов В.В., Сычёв В.В., Сычёв В.Н. О некоторых психофизиологических гендерных особенностях, выявляемых спектральным анализом электроэнцефалограммы, и их интерпретация в соответствии со структурно-функциональной моделью интегративной деятельности мозга и методом цветковых выборов // Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина. 2007. № 1/14. С. 119–123.

F3-AA	10,780 ± 0,209	10,516 ± 0,234	>0,05
F4-AA	10,782 ± 0,168	10,582 ± 0,234	> 0,05
C3-AA	10,931 ± 0,219	10,685 ± 0,240	> 0,05
C4-AA	10,848 ± 0,190	10,641 ± 0,2 19	> 0,05
P3-AA	11,125 ± 0,212	10,823 ± 0,229	> 0,05
P4-AA	11,111 ± 0,192	10,840 ± 0,228	> 0,05
O1-AA	11,364 ± 0,189	11,015 ± 0,202	> 0,05
O2-AA	11,186 ± 0,182	10,923 ± 0,237	> 0,05
F7-AA	11,256 ± 0,288	10,785 ± 0,248	>0,05
F8-AA	11,302 ± 0,235	10,803 ± 0,239	> 0,05
T3-AA	11,399 ± 0,229	11,244 ± 0,308	> 0,05
T4-AA	11,399 ± 0,242	11,203 ± 0,279	> 0,05
T5-AA	11,286 ± 0,220	11,066 ± 0,292	> 0,05
T6-AA	11,358 ± 0,251	10,984 ± 0,257	> 0,05
Весь мозг	11,152 ± 0,058	10,861 ± 0,066	= 0,001
Правое полушарие	11,141 ± 0,080	10,845 ± 0,091	< 0,02
Левое полушарие	11,163 ± 0,085	10,878 ± 0,095	< 0,03
1 блок	11,322 ± 0,166	10,995 ± 0,193	> 0,05
2 блок	11,118 ± 0,142	10,831 ± 0,161	> 0,05
3 блок	10,781 ± 0,133	10,549 ± 0,165	> 0,05

Обсуждение результатов. Большой экспериментальный материал, полученный рядом авторов в традиционной полосе изучаемых частот ЭЭГ (1–30 Гц), свидетельствует, что параметр пространственной синхронизации эффективно отражает формирование линейных процессов при реализации различных форм поведения²¹⁶. Взвешенный среднеарифметический спектр частот ЭЭГ отражает средний энергетический вклад данной области головного мозга в его функциональную организацию при реализации высших психических функций (включая реализацию различных форм поведения), сохранении гомеостаза или поддержании патологического процесса²¹⁷. В этом плане можно говорить о наличии «пространственной энергетической синхронизации» (одинаковом энергетическом уровне или состоянии больших групп нейронов определенных областей коры головного мозга) как электрофизиологическом эквиваленте, отражающем вышеперечисленные процессы в головном мозге. Как видим, функциональная

²¹⁶ Думенко, В.Н. Высокочастотные компоненты ЭЭГ и инструментальное обучение ; Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней. М. : Медицина, 1991. 640 с. ; Иваницкий А.М. Фокусы взаимодействия, синтез информации и психическая деятельность // Журнал высшей нервной деятельности. 1993. Т. 43. Вып. 2 С. 219–227 ; Ливанов М.Н. Пространственно-временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга. М. : Наука, 1989. 384 с. ; Свидерская Н.Е. Осознанная и неосознаваемая информация в когнитивной деятельности человека // Журнал высшей нервной деятельности человека. 1993. Т. 43. Вып. 2. С. 271–276.

²¹⁷ Сычёв В.Н., Гармаш О.Б., Сычёва Л.П. Уточнение патогенеза бронхиальной астмы на основе изучения особенностей пространственной организации электрической активности головного мозга // Российский медико-биологический вестник. 1999. М. ; Рязань. № 1–2. С. 115–119 ; Соколов А.В., Сычёв В.Н. Использование автоматизированной электроэнцефалографии в диагностике нарушений регуляции дыхания // Сб. науч. тр. / РГМУ. Рязань, 1996. С. 169–172.

организация головного мозга мужчин существенно отличается от таковой у женщин при внезапном предъявлении зрительного стимула в виде непрерывной фотостимуляции с частотой 4 Гц. Большие группы нейронов различных областей коры головного мозга мужчин находятся в одинаковом энергетическом состоянии, то есть имеется глобальная энергетическая синхронизация за счет активизирующих влияний со стороны структур, входящих в первый блок структурно-функциональной модели интегративной работы головного мозга²¹⁸. Данная функциональная организация головного мозга характерна для ориентировочной реакции²¹⁹, возникающей в ответ на внезапный внешний стимул (в нашем случае – низкочастотную фотостимуляцию).

У женщин имеется избирательная активация определенных областей коры головного мозга на внешний стимул за счет вовлечения в процесс более высоких отделов активизирующих систем (ретикулярной формации, лимбической системы и ее коркового представительства), входящих в первый (энергетический) блок структурно-функциональной модели интегративной работы головного мозга²²⁰. Данная функциональная организация головного мозга более характерна для оборонительной реакции на внешний стимул, в том числе проявляющаяся у человека только внутренне в виде испуга, страха²²¹. Вероятно, это связано с тем, что нейроны головного мозга женщин находятся в более чувствительном к внешним воздействиям состоянии, как и при регистрации «фоновой» ЭЭГ²²². Однако вследствие активизирующих влияний со стороны структур, входящих в энергетический блок головного мозга мужчин, данная закономерность выявляется только при определении ВСАЧС ЭЭГ полушарий и всего мозга. Следующая особенность функциональной организации головного мозга женщин – неосознаваемое запоминание (усвоение) внешнего низкочастотного зрительного стимула, проявляющееся в виде формирования корковых межнейронных связей между определенными областями головного мозга, входящими во все три блока структурно-функциональной модели интегративной работы головного мозга (включая проекционные поля зрительного анализатора) только в правом полушарии. Отрицательные эмоции (страх, испуг), в виде которых может проявляться оборонительная реакция у человека²²³, связаны с работой правого полушария. Со-

²¹⁸ Лурия А.Р. Основы нейропсихологии ; Хомская, Е.Д. Нейропсихология.

²¹⁹ Данилова Н.Н., Крылова А.Л. Физиология высшей нервной деятельности. Ростов н/Д : Феникс, 2002. 480 с. ; Думенко В.Н. Высокочастотные компоненты ЭЭГ и инструментальное обучение ; Ливанов М.Н. Пространственно-временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга.

²²⁰ Лурия А.Р. Основы нейропсихологии ; Хомская Е.Д. Нейропсихология.

²²¹ Данилова Н.Н., Крылова А.Л. Физиология высшей нервной деятельности ; Думенко В.Н. Высокочастотные компоненты ЭЭГ и инструментальное обучение.

²²² Ендолов В.В., Сычёв В.В., Сычёв В.Н. О некоторых психофизиологических гендерных особенностях, выявляемых спектральным анализом электроэнцефалограммы, и их интерпретация в соответствии со структурно-функциональной моделью интегративной деятельности мозга и методом цветовых выборов.

²²³ Данилова Н.Н., Крылова А.Л. Физиология высшей нервной деятельности ; Симонов П.В. Высшая нервная деятельность человека. Мотивационно-эмоциональные аспекты. М. : Наука, 1975. 175 с.

гласно П.В. Симонову²²⁴, эти так называемые базальные эмоции способствуют долговременному запоминанию события, стимула.

Выводы:

1. Выявлены половые особенности в функциональной организации головного мозга на внезапный внешний зрительный стимул в виде низкочастотной фотостимуляции.
2. Функциональная организация биоэлектрической активности головного мозга мужчин при проведении функциональной пробы низкочастотной фотостимуляции соответствует ориентировочной реакции, у женщин – оборонительной реакции.
3. Только у женщин отмечается неосознаваемое запоминание (усвоение) внешнего стимула – низкочастотной фотостимуляции.
4. Отрицательные эмоции, сопровождающие оборонительную реакцию у женщин на внезапный внешний стимул – низкочастотную фотостимуляцию, способствуют его более длительному запоминанию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилова, Н.Н. Физиология высшей нервной деятельности [Текст] / Н.Н. Данилова, А.Л. Крылова. – Ростов н/Д : Феникс, 2002. – 480 с.
2. Думенко, В.Н. Высокочастотные компоненты ЭЭГ и инструментальное обучение [Текст] / В.Н. Думенко. – М. : Наука, 2006. – 151 с.
3. Ендолов, В.В. О некоторых психофизиологических гендерных особенностях, выявляемых спектральным анализом электроэнцефалограммы, и их интерпретация в соответствии со структурно-функциональной моделью интегративной деятельности мозга и методом цветовых выборов [Текст] / В.В. Ендолов, В.В. Сычёв, В.Н. Сычёв // Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина. – 2007. – № 1/14. – С. 119–123.
4. Зенков, Л.Р. Функциональная диагностика нервных болезней [Текст] / Л.Р. Зенков, М.А. Ронкин. – М. : Медицина, 1991. – 640 с.
5. Иваницкий, А.М. Фокусы взаимодействия, синтез информации и психическая деятельность [Текст] / А.М. Иваницкий // Журнал высшей нервной деятельности. – 1993. – Т. 43. – Вып. 2 – С. 219–227.
6. Леушина, Л.И. Различия полушарий в обработке зрительной информации и опознании зрительных образов [Текст] / Л.И. Леушина, А.А. Невская // Функциональная межполушарная асимметрия : хрестоматия / сост. В.Ф. Фокин. – М. : Научный мир, 2004. – С. 293–315.
7. Ливанов, М.Н. Пространственно-временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга [Текст] / М.Н. Ливанов. – М. : Наука, 1989. – 384 с.;

²²⁴ Симонов П.В. Высшая нервная деятельность человека. Мотивационно-эмоциональные аспекты ; Он же. Функциональная асимметрия эмоций // Функциональная межполушарная асимметрия : хрестоматия / сост. В.Ф. Фокин. М. : Научный мир, 2004. С. 316–321.

8. Лурия, А.Р. Основы нейропсихологии [Текст] / А.Р. Лурия. – 4-е изд. – М. : Академия, 2006. – 384 с.
9. Свидерская, Н.Е. Осознанная и неосознаваемая информация в когнитивной деятельности человека [Текст] / Н.Е. Свидерская // Журнал высшей нервной деятельности человека. – 1993 – Т. 43. – Вып. 2. – С. 271–276.
10. Симонов, П.В. Высшая нервная деятельность человека. Мотивационно-эмоциональные аспекты [Текст] / П.В. Симонов. – М. : Наука, 1975. – 175 с.
11. Соколов, А.В. Использование автоматизированной электроэнцефалографии в диагностике нарушений регуляции дыхания [Текст] / А.В. Соколов, В.Н. Сычёв // Сб. науч. тр. / РГМУ. – Рязань, 1996. – С. 169–172.
12. Сычёв, В.Н. Уточнение патогенеза бронхиальной астмы на основе изучения особенностей пространственной организации электрической активности головного мозга [Текст] / В.Н. Сычёв, О.Б. Гармаш, Л.П. Сычёва // Российский медико-биологический вестник. – 1999. – М. ; Рязань. – № 1–2. – С. 115–119.
13. Хомская, Е.Д. Нейропсихология [Текст] / Е.Д. Хомская. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2007. – 496 с.
14. Jasper, H.H. The ten twenty electrode system of International Federation [Text] / H.H. Jasper // Electroencephalog. Clin. Neurophysiol. – 1958. – Vol. 10. – P. 371–375.