

ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЧАСТОТНО - ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ПРОБЫ ПО ДАНЫМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭЭГ

В.В. Ендолов, В.В. Сычев, В.Н Сычев

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина

Спектральный анализ ЭЭГ на основе быстрого преобразования Фурье позволяет выявить существенные половые особенности функциональной организации головного мозга при формировании нового паттерна дыхания, задаваемого словесной инструкцией.

Согласно ряду авторов [4,5,10,18] гипервентиляция приводит к церебральной гипоксии, развивающейся вследствие рефлекторного спазма артериол, и, соответственно, уменьшению мозгового кровотока в ответ на снижение содержания углекислого газа в крови. Определенное значение имеет эффект Бора, приводящий к тканевой гипоксии.

Гипоксия приводит к деполяризации клеточных мембран нейронов (приближению трансмембранного потенциала к пороговой величине), повышению их возбудимости и общему деполяризационному сдвигу в коре головного мозга [8,11,12].

Вышеперечисленные изменения гомеостаза мозга формируются на основе словесной команды или инструкции и в определенной степени отражают взаимодействие второй и первой сигнальных систем.

Целью работы является уточнение половых особенностей функциональной организации биоэлектрической активности головного мозга в процессе формирования нового паттерна дыхания на основе словесной инструкции по данным спектрального анализа электроэнцефалограммы при проведении гипервентиляции в течение одной минуты.

Материалы и методы

Было обследовано 59 женщин и 69 мужчин. Средний возраст мужчин составил $32,29 \pm 1,66$ лет, женщин – $36,63 \pm 1,53$ лет. Статистических различий по возрасту нет ($p > 0,05$). Согласно ряду авторов [8,11,12,16], характер ЭЭГ достаточно индивидуален и устойчив в течение жизни и подвержен изменениям только в старческом возрасте в сторону замедления основных ритмов. Спектральный анализ ЭЭГ на основе быстрого преобразования Фурье проводили на 16 – ти канальном электроэнцефалографе "Нейрокартограф" фирмы "Медицина. Биология. Нейрофизиология" (г. Москва). Длительность эпохи (отрезок ЭЭГ подвергавшийся в дальнейшем спектральному анализу) составлял 5,1 сек (стандартно заданная изготовителем продолжительность эпохи), частота опроса (дискредитации) составляла 1024 Гц. Наложение мостиковых электродов

осуществляли по международной системе "10 - 20" (Jasper – 1957 г.). Для уменьшения влияния окулограммы на результаты исследования из расчетов были исключены отведения Fp1 и Fp2. Изучали среднеарифметическую спектра частот (САЧ) ЭЭГ в диапазоне от 3,5 до 30 Гц, что дополнительно снижало влияние окулограммы и поляризационных токов на искажение частотного спектра ЭЭГ. САЧ ЭЭГ отражает средний энергетический вклад определенной области головного мозга в выполнении той или иной высшей психической функции. Изучение САЧ ЭЭГ показало ее высокую информативность в диагностике, в том числе, ранних функциональных стадий различных заболеваний и синдромов [24,25].

Гипервентиляционную пробу (в течение 1 минуты) осуществляли в стандартных условиях ее проведения, естественно, эпоху для спектрального анализа ЭЭГ выбирали в конце пробы. Определяли частоту дыхания, парциальное напряжение углекислого газа в альвеолярном воздухе и инспираторно – экспираторную разницу по кислороду до и после гипервентиляционной пробы на безинерционном газоанализаторе фирмы Datex (Финляндия).

Анализ результатов проводили методом описательной статистики Mikrosoft Excel Хр с расчетом средней арифметической и стандартного отклонения. Значимость различий в группах оценивали по t критерию Стьюдента. Различия считались достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1

Данные спектрального анализа биоэлектрической активности головного мозга женщин и мужчин при проведении одноступенчатой гипервентиляционной пробы

Отведения ЭЭГ	Женщины		Мужчины		Достоверность различий P =
	Среднее арифметическое	Стандартное отклонение	Среднее арифметическое	Стандартное отклонение	
F3	10,724	1,592	9,854	1,247	0,00013
F4	10,744	1,496	10,042	1,302	0,00016
C3	10,947	1,477	10,060	1,230	<<0,0001
C4	10,890	1,496	10,126	1,204	0,0004
P3	11,100	1,570	10,237	1,179	<<0,0001
P4	11,100	1,595	10,264	1,135	0,00014
O1	11,090	1,530	10,371	1,158	0,00082
O2	11,052	1,467	10,276	1,106	0,00017
F7	10,970	1,767	10,182	1,449	0,00203
F8	10,953	1,441	10,191	1,277	0,00061
T3	11,094	1,739	10,290	1,386	0,0012
T4	11,081	1,604	10,544	1,435	0,0249
T5	11,131	1,627	10,277	1,352	0,00033

T6	10,982	1,517	10,470	1,439	0,0279
Весь мозг	10,989		10,227		<< 0,0001
Пр.полуш	10,969		10,273		<< 0,0001
Лев. Полуш.	11,008		10,182		<<0,0001
1 блок	11,057		10,373		<<0,0001
2 блок	11,101		10,251		<<0,0001
3 блок	10,734		9,948		<<0,0001

* Пояснения к таблице см. в разделе «Результаты и их обсуждение».

Таблица 2.

Динамика изменений некоторых показателей паттерна дыхания (в том числе газового состава выдыхаемого воздуха) в процессе проведения пробы гипервентиляции в течение одной минуты

Показатели паттерна дыхания	Женщины			Мужчины			Женщины, мужчины P(T≤t) двухстороннее	
	Исходное знач.(M , σ)	В конце пробы(M , σ)	P(T≤t)	Исходное знач.(M , σ)	В конце пробы (M , σ)	P(T≤t)	Исходное значение	В конце пробы
Частота дыхания	16,333 σ	21,167σ	< 0,01	16,833 σ	20,250 σ	> 0,05	> 0,05	> 0,05
РА CO2	39,250 σ	26,416σ	<<0,0001	38,583 σ	28,416 σ	<<0,0001	> 0,05	> 0,05
O I – E	4,758σ	2,675 σ	<<0,0001	4,725σ	2,525σ	<<0,0001	> 0.05	> 0,05

Исследование газового состава выдыхаемого воздуха было проведено у 12 женщин и 12 мужчин (см. табл. № 2). Различия по возрасту были не достоверны ($p > 0,05$). Отмечалось достоверное снижение ($P < 0,0001$) парциального напряжения углекислого газа в альвеолярном воздухе и инспираторно – экспираторной разницы по кислороду в конце одномоментной гипервентиляции. У женщин данное состояние достигалось за счет увеличения частоты дыхания ($P < 0,01$), в отличие от мужчин ($P > 0,05$).

Глобальная (всего мозга - таб. № 1), полушарная и среднеарифметическая спектра частот ЭЭГ (САСЧ ЭЭГ) всех трех блоков структурно – функциональной модели интегративной работы головного мозга (СФМИРГМ) (по Лурия А.Р.) женщин достоверно превышала аналогичные показатели у мужчин ($p << 0,0001$). Это относится и к зональным особенностям, где САСЧ ЭЭГ женщин достоверно превышала аналогичный показатель мужчин в лобной, височной, теменной и затылочной областях ($p < 0,05$; $p < 0,0001$) обоих полушарий головного мозга. Как у женщин, так и у мужчин не было выявлено межполушарных различий САСЧ ЭЭГ ($p > 0,05$) при проведении гипервентиляции.

У женщин не было выявлено различий САСЧ ЭЭГ между одноименными ЭЭГ отведениями каждого из полушарий мозга, как и у мужчин ($p > 0,05$). У женщин не выявлено наличия внутримушарной асимметрии биоэлектрической активности головного мозга (внутри каждого из полушарий), т.е. САСЧ ЭЭГ

различных областей коры головного мозга не имела достоверных отличий ($p > 0,05$). Кортиковые межнейрональные взаимоотношения у мужчин носили более сложный характер, что отражалось в наличии внутрислоушарной асимметрии. Так в левом полушарии САСЧ ЭЭГ височных (Т3,Т5), теменного и затылочного отведений (Р3,01) превышала данный показатель лобного отведения (F3) ($P < 0,05$). Внутрислоушарная асимметрия в правом полушарии отражалась в превышении САСЧ ЭЭГ средневисочного отведения (Т4) над лобным (F4) ($P < 0,05$). В тоже время (в правом полушарии) имелась корковая межнейрональная связь между лобным (F4), теменным (Р4), затылочным (О2) и задневисочным (Т6) отведениями ($P > 0,05$).

Полученные нами данные говорят о большей функциональной активности нейронов коры головного мозга (КГМ) женщин (всего мозга, его полушарий, всех трех блоков структурно – функциональной модели интегративной работы головного мозга по Лурия А. Р. и всех зон КГМ), при проведении гипервентиляционной пробы. Нами показано, что одноминутная гипервентиляция приводит к гипокапнии и гипоксии в том числе тканевой (на что косвенно указывает достоверное снижение инспираторно – экспираторной разницы по кислороду как проявление эффекта Бора).

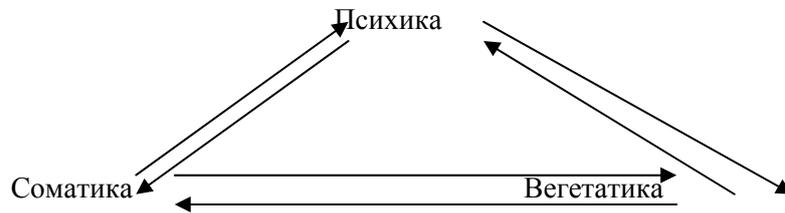
Гипокапнически – гипоксические влияния приводят к общему деполаризационному сдвигу в КГМ, что подтверждает литературные данные [8,11,12] с той лишь разницей, что данные изменения имеют половые особенности и более выражены у женщин. Действительно, (см. таб. №1), функциональная активность нейронов коры головного мозга женщин выше, чем у мужчин. Это справедливо относительно всего мозга, его полушарий, трех блоков структурно – функциональной модели интегративной работы головного мозга (СФМИРГМ) [13,29] и всех зон КГМ.

Уровень функциональной активности КГМ обеспечивает первый блок СФМИРГМ [14,29] и связан с определенным балансом активизирующих (лимбико – кортикальных и ретикуло – кортикальных) и тормозящих или сомногенных (таламо – кортикальных, ретикуло – кортикальных) систем головного мозга.

Следовательно, половой особенностью головного мозга женщин является большой дисбаланс этих структур в ответ на гипокапнически - гипоксическую нагрузку, приводящий к усилению активизирующих влияний. Причем у женщин, учитывая полученные нами данные о характере частотно – пространственной организации биоэлектрической активности головного мозга (ЧПОБЭАГМ), заинтересованы в данном процессе преимущественно нижние уровни активизирующих систем, вызывающие глобальное повышение функциональной активности головного мозга. У мужчин – верхние отделы, в том числе лимбическая система – вегетативный мозг по Вейну А.М.[10], включая ее корковое представительство, вызывающие избирательную активацию определенных областей КГМ [13,29].

Автоматизм дыхания обусловлен зарождением импульсов в стволе головного мозга. Когда дыхание регулируется сознательно, КГМ, подчиняет себе эти центры автоматизма [4,18,27]. Изменения паттерна дыхания запускают сложнейшую цепь изменений гомеостаза практически всех систем организма (ЦНС, включая вегетативную нервную систему, мышечную, кардиореспираторную и т.д. вплоть до мочевыделительной системы, участвующей в определенной степени в поддержании рН крови а, следовательно, диссоциации оксигемоглобина).

Вышеизложенное можно выразить следующей схемой (по Шостак В.И.) [30]



Согласно Ухтомскому А.А. [26], в основе взаимодействия нервных субстратов лежит уравнивание их лабильностей.

Данное положение было подтверждено, дополнено и развито на основе микроэлектродной техники и различных видов математической обработки ЭЭГ рядом авторов [1,2,9,11,12,13,24].

Нами было показано, что центральные механизмы процесса формирования нового паттерна дыхания (в нашем случае) отражаются в частотно - пространственной организации биоэлектрической активности головного мозга (далее - функциональной организации головного мозга), и характеризуются, в частности, зональными особенностями корковых межнейронных взаимоотношений определенных областей головного мозга преимущественно в одном или обоих полушариях.

Это согласуется с представлениями ряда авторов [1,2,13,19,20], в том числе и о том, что процессы в головном мозге носят опережающий характер, обеспечивая адаптацию организма в окружающей среде.

Действительно, учитывая полученные данные, у женщин функциональная организация биоэлектрической активности головного мозга в процессе формирования нового паттерна дыхания (на основе словесной инструкции) в отличие от фоновой [9], соответствует второй стадии формирования условного рефлекса – доминантной, стадии генерализованного возбуждения, ориентировочно – поисковой и т. д. У мужчин функциональная организация процессов головного мозга, в отличие от фоновой, более характерна для стадии специализации условного рефлекса - матрицы условного рефлекса по Бехтеревой Н.П. [2] или энграммы долгосрочной памяти по Варганяну Г.А. [6]. Это проявляется в формировании новых корковых межнейронных связей в правом полушарии с реципрокным торможением аналогичных связей в левом полушарии, то есть их некоторому ограничению в нем, что согласуется с данными и представлениями ряда авторов [7,19,20]. Согласно им синтез механизма доминанты и механизма формирования условного рефлекса обуславливает два фактора механизма поведения: его активный творчески - поисковый характер (доминанта) и полное соответствие объективной реальности (упроченный, тонко – специализированный условный рефлекс). Почему же стадия доминанты у женщин (в отличие от мужчин) не переходит в условный рефлекс при формировании нового паттерна дыхания?

Ответ на этот вопрос следует искать в половых особенностях способов обработки информации.

Характерный для женщин дискриминантный, классификационный способ обработки информации [3,6,7,21,28] дает грубую, обобщенную (выраженную коротким кодом, символом, словом, понятием), поверхностную (формальную) ее

интерпретацию. Эта левополушарная стратегия обработки информации, вероятно, не способна сформировать и зафиксировать в долговременной памяти (этот вид памяти является функцией преимущественно задних отделов правого полушария [3]) тонко специализированный условный рефлекс.

Мужчины же используют преимущественно структурный способ обработки информации – правополушарную стратегию. Это позволяет им (в том числе и на основе механизма запечатления) фиксировать в долговременной памяти тонкую, детализированную, пространственно и ситуационно – обусловленную, эмоционально - окрашенную картину окружающей действительности - гештальт [23,28,30].

Из изложенного выше следует, что процесс изменения старого и формирования и поддержания нового паттерна дыхания у женщин возможен преимущественно осознанно, то есть произвольно с привлечением такой высшей психической функции, как внимание (важнейший атрибут ориентировочно – поисковой поведенческой реакции, как проявления доминанты), что и подтверждается характером функциональной организации биоэлектрической активности головного мозга. В то время как в долговременной памяти мужчин могут сохраняться различные тонко – специализированные ситуационно и эмоционально обусловленные паттерны дыхания (условные рефлекс) и извлекаться из нее в виде гештальта на основе словесной инструкции. Это подтверждает тезис о том, что связь двух сигнальных систем, которая обозначается как «словесный раздражитель – непосредственная реакция» не только имеет самое широкое распространение [7,22,30], но и половые особенности в том плане, что у женщин она осуществляется преимущественно осознанно, а у мужчин преимущественно подсознательно (инсайт, рефлекс).

Поскольку вышеперечисленные половые особенности функциональной организации головного мозга в процессе формирования нового паттерна дыхания, как и при регистрации «фоновой» ЭЭГ [9,17], осуществляются в альфа - диапазоне частот, то, вероятно, они носят генетически обусловленный характер.

Выводы

1. В физиологическом плане мозг женщин более чувствителен к гипоксически – гипоксической нагрузке.
2. Выявлен половой диморфизм, отражающийся в особенностях функциональной организации биоэлектрической активности головного мозга при проведении гипервентиляционной пробы, то есть при формировании нового паттерна дыхания на основе словесной инструкции.
3. Процесс формирования и поддержания нового паттерна дыхания у женщин протекает осознанно, произвольно. Данный процесс у мужчин носит подсознательный, рефлексорный, автоматический характер.
4. Связано это с различными способами обработки информации головным мозгом: дискриминантным или классификационным у женщин и структурным – у мужчин.
5. Структурный способ обработки информации способствует сохранению в долговременной памяти мужчин энграмм, гештальтов - тонко – специализированных, ситуационно – обусловленных условных рефлексов (паттернов дыхания).
6. У мужчин вербальная информация (инструкция) об изменении дыхания способствует извлечению из долговременной памяти конкретного, тонко –

специализированного паттерна дыхания (гештальта), у женщин – к рассудочной или осознанной деятельности головного мозга по формированию и поддержанию нового паттерна дыхания.

7. Вышеперечисленные половые особенности формирования нового паттерна дыхания, вероятно, носят генетический характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы / П. К. Анохин. - М.: Наука, 1980. - 196 с.
2. Бехтерева Н.П. Здоровый и больной мозг человека / Н. П. Бехтерева. - Л.: Наука. 1980. - 208 с.
3. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональная асимметрия человека / Н. Н. Брагина, Т. А. Доброхотова. - М.: Медицина, 1988. - 240 с.
4. Бреслав И.С. Паттерны дыхания / И. С. Бреслав. - Л.: Наука, 1984. - 207 с.
5. Бронхиальная астма / под ред. Чучалин А.Г. М.: Агар, 1997. - Т.2 – 400 с.
6. Вартанян Г.А. Механизмы памяти центральной нервной системы / Г. А. Вартанян. - Л.: Наука, 1988. - 181 с.
7. Данилова Н.Н., Крылова А.П. Физиология высшей нервной деятельности / Н. Н. Данилова, А. П. Крылова. - Ростов – на – Дону.: Феникс. 2002. - 480 с.
8. Егорова И.С. Электроэнцефалография / И. С. Егорова. - М.: Медицина, 1973. - 296 с.
9. Ендолов В.В., Сычев В.В., Сычев 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 / В. В. Ендолов, В. В. Сычев, В. Н. Сычев // Вестник РГУ им. С.А. Есенина. - 2007. - №1/14 - с. 119 – 123.
10. Заболевания вегетативной нервной системы. Руководство для врачей. / [Вейн А.М. и др.]; под ред. Вейна А.М. М.: Медицина, 1991. - 622 с.
11. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней / Л. Р. Зенков, М. А. Ронкин. - М.: Медицина, 1991. - 640 с.
12. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) / Л. Р. Зенков. - Таганрог.: Изд. ТРГТУ, 1996. - 358 с.
13. Ливанов М.Н. Пространственно – временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга / М. Н. Ливанов. - М.: Наука, 1989. - 400 с.
14. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. 4 – е изд. / А. Р. Лурия. – М.: Изд. центр «Академия». 2006. 384 с.
15. Иваницкий А.М. Фокусы взаимодействия, синтез информации и психическая деятельность / А. М. Иваницкий //Журнал высшей нервной деятельности. – 1993. - Т.43. вып. 2. - с. 219 – 227.
16. Иванов Л.Б. Прикладная компьютерная электроэнцефалография / Л. Б. Иванов. - М.: АОЗТ «Антидор», 2000. - 256 с.
17. Равич – Щербо И.В., Марютина Т.М., Григоренко Е.Л. Психогенетика / И. В. Равич – Щербо, Т. М. Марютина, Е. Л. Григоренко. – М.: Аспект – Пресс, 2002. – 447 с.
18. Руководство по клинической физиологии дыхания / Под ред. Шика Л.Л., Канаева Н.Н. - Л.: Медицина, 1980. - 376 с.

19. Русинов В.С. Доминанта. Электрофизиологические исследования / В. С. Русинов. - М.: Медицина. 1969. - 231 с.
20. Русинов В.С., Гриндель О.М. Отражение состояния и функций мозга человека в структуре межцентральных отношений по данным спектрально – корреляционного анализа ЭЭГ / В. С. Русинов, О. М. Гриндель // Успехи физиол. наук. – 1987. - Т.18 №3. - С. 39 – 57.
21. Свидерская Н.Е. Осознанная и неосознаваемая информация в когнитивной деятельности человека / Н. Е. Свидерская // Журнал высшей нервной деятельности человека. – 1993 - Т. 43 вып. 2. - С. 271 – 276.
22. Симонов П.В. Высшая нервная деятельность человека. Мотивационно – эмоциональные аспекты / П. В. Симонов. - М.: Наука, 1975. - 175 с.
23. Соколов Е.Н. Проблема гештальта в нейробиологии / Е. Н. Соколов // Журнал высшей нервной деятельности – 1996 - Т. 46. №2. - С. 229 – 240.
24. Сычев В.Н., Гармаш О.Б., Сычева Л.П. Уточнение патогенеза бронхиальной астмы на основе изучения особенностей пространственной организации электрической активности головного мозга / В. Н. Сычев, О. Б. Гармаш, Л. П. Сычева // Российский медико – биологический вестник. – 1999. - №1 – 2. - С. 115 – 119.
25. Сычев В.Н., Соколов А.В. Использование автоматизированной электроэнцефалографии в диагностике нарушений регуляции дыхания / В. Н. Сычев, А. В. Соколов // Сб. Науч. Тр. РГМУ. Рязань, 1996. - с.169 – 172.
26. Ухтомский А.А. Лабильность как условие срочности и координирования нервных актов / А. А. Ухтомский // Тр. физиол. ин-та. ЛГУ, 1936. - №17. с 3 – 9.
27. Уэст Дж. Физиология дыхания / Дж. Уэст. - М.: Наука, 1980. - 196 с.
28. Функциональная межполушарная асимметрия: Хрестоматия / Сост. д.б.н. Фокин В.Ф. - М.: Научный мир, 2004. - 728 с.
29. Хомская Е.Д. Нейропсихология. 4 – е изд. / Е. Д. Хомская. – СПб.: Питер, 2007. – 496 с.
30. Шостак В.И., Лытаев С.А. Физиология психической деятельности человека / В. И. Шостак, С. А. Лытаев. СПб.: Деан, 1999. - 128 с.

SEXUAL FEATURES OF THE FREQUENCY - SPATIAL ORGANIZATION OF BIOELECTRIC BRAIN ACTIVITY DURING THE HYPERVENTILATION TEST BASED ON SPECTRAL ANALYSIS OF ELECTROENCEPHALOGRAM.

V.V. Endolov, V.V. Sychev, B.H. Sychev

The spectral EEG – analysis on the base of Fourier – method is valuable to research sexual differences in functional organization of human brain in a time of creating a new breath – pattern by verbal instructions.