

ПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ УРОВНЯ ПОСТОЯННОГО ПОТЕНЦИАЛА МОЗГА В СОСТОЯНИИ БОДРСТВОВАНИЯ И ИХ ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Сычев В.В.¹, Шатрова Н.В.¹

¹Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Рязань, e-mail: vitalic43@mail.ru, shatrnat@gmail.com

Показатель уровня постоянного потенциала (УПП) головного мозга дает возможность выявить особенности протекания нейро- и патофизиологических процессов у мужчин и женщин. Являясь интегральной величиной, отражающей метаболическую активность нервных клеток, глиальной ткани и гематоэнцефалического барьера, уровень постоянного потенциала позволяет изучить вклад конкретной области коры головного мозга в протекание нейрофизиологических процессов как в норме, так и при патологии. Проведенное нами исследование позволило выявить существенные половые различия уровня постоянного потенциала мозга. Согласно полученным в нашем исследовании данным у мужчин в состоянии бодрствования с закрытыми глазами выявлена функциональная межполушарная асимметрия показателя уровня постоянного потенциала мозга с преобладанием активации в правом полушарии, у женщин – в левом. Данные различия, возможно, являются предпосылкой формирования различных стратегий обработки информации мозгом мужчин и женщин, связанных с характером полушарного доминирования. Учитывая, что данные различия выявлены в отведениях, отражающих активность височных областей головного мозга (корковое представительство лимбической системы), представляется возможным предположить существование половых различий в эмоциональной сфере с преобладанием положительного эмоционального фона у женщин и отрицательного у мужчин в данном состоянии. При этом выявленный характер функциональной межполушарной асимметрии, по-видимому, может отражать процесс адаптации к легкому стрессовому фактору, связанному с обстановкой исследования, и может выражаться у мужчин изменением знака полушарного доминирования, у женщин – его сохранением. Выявленные половые особенности протекания нейро- и патофизиологических процессов следует учитывать как при подборе групп испытуемых для получения сопоставимых результатов, так и при построении педагогического процесса, а также как важную составляющую культуры общения.

Ключевые слова: нейроэнергетрия, уровень постоянного потенциала мозга, функциональная межполушарная асимметрия, адаптация, стресс

SEX DIFFERENCES IN THE LEVEL OF PERMANENT POTENTIAL OF THE BRAIN IN THE WAKING STATE AND THEIR PATHOPHYSIOLOGICAL ASSESSMENT

Sychev V.V.¹, Shatrova N.V.¹

¹Ryazan State Medical University, n.a. I.P. Pavlov, Ryazan, e-mail:vitalic43@mail.ru, shatrnat@gmail.com

Indicator of the level of permanent capacity (LPC) of the brain allows us to reveal the peculiarities of neuro- and pathophysiological processes in men and women. As an integral value, reflecting the metabolic activity of nerve cells, glial tissue and blood-brain barrier, a level of permanent capacity allows us to explore the contribution of a specific area of the cerebral cortex in the course neurophysiological processes as normal and pathology. Our study revealed significant gender differences in the level of the permanent capacity of the brain. According to our research data, men in a State of wakefulness with eyes closed identified functional lateralization indicator of permanent capacity of the brain with a predominance of activation in the right hemisphere, the women in the left. The differences may be a prerequisite for the formation of different strategies of information processing by the brain of men and women associated with the nature of hemispheric dominance. Considering that the differences detected in reflecting activity leads temporal regions of the brain (cortical representation of the limbic system), it is possible to assume the existence of a gender difference in the emotional sphere with a predominance of positive emotional background of women and negative men in this State. In doing so, revealed the nature of the functional lateralization seemed to reflect the process of adaptation to light stressful factor associated with research environment, and can be expressed in males change the sign of hemispheric domination, women save. Identified sexual peculiarities of neuro- and pathophysiological processes should take into account, as in the selection of groups of subjects to get comparable results, and when you build the pedagogical process, as well as an important component of the culture of communication.

Keywords: neuroenergometry, the level of permanent capacity of the brain, functional lateralization, adaptation, stress.

Наше время характеризуется бурным ростом естественнонаучных знаний о человеке, прежде всего нейрофизиологических. Изучение человека с позиции нейрофизиологии и патофизиологии открывает огромные перспективы изучения высшей нервной деятельности как в стандартных условиях, так и при воздействии различных экстремальных факторов [1, 2]. При этом одной из важных проблем современной науки о мозге является проблема полового диморфизма [2, 3].

Известно, что мозг человека обладает значительной индивидуальной вариабельностью, проявляющейся как на структурном, так и на функциональном и биохимическом уровнях [4].

Методические достижения последних десятилетий, позволившие проводить прижизненные исследования как структуры [4, с. 50], так и функций [5] полушарий мозга, убедительно показали, что половые различия протекания нейрофизиологических процессов не только связаны с особенностями обусловленной полом социализации, но и имеют под собой биологическую основу [2, 3]. При этом выявлено, что строение мозга и асимметрия его полушарий вносят значительный вклад в половые различия в когнитивной сфере [3, 5]. В теоретической и клинической литературе также был накоплен большой фактический материал, свидетельствующий о принципиальных различиях протекания нейрофизиологических процессов у мужчин и женщин при различных видах патологии [4], а также поведенческих и психопатологических половых особенностях реакции на стресс [2].

Таким образом, становится все более очевидной необходимость учета фактора пола при подборе групп испытуемых в нейро- и патофизиологических исследованиях для получения сопоставимых результатов [2, 5]. В то же время знание и учет половых особенностей протекания нейрофизиологических процессов являются существенными и для педагога при построении образовательного процесса, а также служат важной составляющей воспитания культуры общения [3].

В предыдущих наших работах [6, 7] на основе спектрального анализа электроэнцефалограммы нами были выявлены существенные половые особенности частотно-пространственной организации биоэлектрической активности мозга мужчин и женщин в различных функциональных состояниях – как в норме, так и при патологии.

Целью настоящего исследования является изучение половых особенностей биоэлектрической активности по данным показателя уровня постоянного потенциала (УПП) головного мозга, отражающего интенсивность мозгового обмена веществ (метаболизма).

Для этого были поставлены следующие задачи исследования:

- 1) изучить зональные половые особенности уровня постоянного потенциала мозга у мужчин и женщин в стандартных условиях проведения исследования;

- 2) исследовать половые особенности межполушарной асимметрии показателя уровня постоянного потенциала мозга у мужчин и женщин в условиях легкой стрессовой ситуации, которой является само проведение данного исследования;
- 3) дать нейро- и патофизиологическую интерпретацию полученных результатов.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленных задач нами исследовался уровень постоянного потенциала мозга – медленно меняющийся потенциал милливольтного диапазона, интегрально отражающий мембранные потенциалы нейронов, глии и гематоэнцефалического барьера различных участков коры головного мозга [8]. Согласно данным литературы показатель уровня постоянного потенциала позволяет оценить интенсивность энергетических процессов в мозге как в норме, так и при патологии [8, 9].

Высокая интенсивность энергетического метаболизма – характерная черта головного мозга, во многом определяющая его функциональную активность. Поскольку создание и поддержание определенных концентраций ионов на мембранах нейронов требует затрат энергии на работу против их диффузного концентрационного градиента, мозг нуждается в постоянном поступлении энергетических субстратов, основным из которых является глюкоза [8]. Так как конечными продуктами энергетического обмена глюкозы являются кислоты, то по изменению концентрации водородных ионов в оттекающей от мозга крови можно косвенно судить об интенсивности метаболизма. При этом, чем выше энергетический обмен, тем выше концентрация ионов водорода и тем выше, соответственно, показатель УПП в данной области коры головного мозга. Напротив, значительное снижение УПП может свидетельствовать о заметном уменьшении функциональной активности этого участка мозга как у здорового человека, так и при различных видах патологии (например, при последствиях острого нарушения мозгового кровообращения) [8, 9].

Вклад различных источников (мембранных потенциалов нейронов, глии и гематоэнцефалического барьера) в электрогенез УПП может быть различным. При данном варианте выполнения методики регистрировался УПП, который генерируется преимущественно на мембране гематоэнцефалического барьера и зависит от разности концентрации водородных ионов по обе стороны этой мембраны [8].

С целью изучения зональных различий биоэлектрической активности мозга нами была проведена регистрация уровня постоянного потенциала мозга у 31 мужчины (средний возраст \pm стандартная ошибка среднего $M \pm m = 23,19 \pm 1,058$ лет) и 37 женщин (средний возраст \pm стандартная ошибка среднего $M \pm m = 19,73 \pm 0,64$). Различия по возрасту в мужской и женской выборках отсутствуют с высокой степенью достоверности ($p < 0,01$). В

исследовании приняли участие только здоровые праворукие испытуемые. Для определения ведущей руки использовались общепринятые методики [10].

Анализ уровня постоянного потенциала проводился с использованием аппаратно-программного комплекса для топографического картирования биоэлектрической активности головного мозга «Нейро КМ» – «Нейроэнергометр-04» (г. Москва). Регистрация УПП проводилась монополярно с помощью неполяризуемых хлорсеребряных электродов «ЭВЛ-1М4» и «ЭлСПЭГ-02» и усилителя постоянного тока с входным сопротивлением 10 МОм. Наложение электродов осуществляли по международной системе «10 – 20» [11]. При этом использовалось 5 стандартных отведений: Fz (лобное), Cz (центральное), Oz (затылочное), Td (правое височное) и Ts (левое височное). Первые 3 отведения располагались по сагиттальной линии и отражали общемозговую активность. Отведения Td и Ts располагались соответственно в правой и левой средневисочной области и отражали показатель межполушарной разности потенциалов (Td – Ts). Во время проведения методики испытуемый находился в состоянии бодрствования (с закрытыми глазами). Анализу подвергалось значение УПП, полученное в конечном участке кривой нейроэнергограммы в последние 4 секунды обследования (стандартно заданная прибором величина шага обработки данных). Оценивались половые различия УПП как по стандартным отведениям, так и по межполушарной разности потенциалов в средневисочных отведениях (Td – Ts).

Анализ результатов исследования проводился методом описательной статистики программы Microsoft Office Excel 2007 и представлен в виде средней арифметической и стандартной ошибки среднего $M \pm m$. Статистическую значимость различий межгрупповых сравнений УПП одноименных отведений и межполушарной разности потенциалов (Td – Ts) оценивали по парному t-критерию Стьюдента. Различия считались достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные нами данные распределения уровня постоянного потенциала мозга у мужчин и женщин в состоянии бодрствования (с закрытыми глазами) отражены в таблице.

Показатели уровня постоянного потенциала мозга и межполушарной разности потенциалов в средневисочных отведениях (Td – Ts) у мужчин и женщин

Показатель	f сред. УПП мужчины, $M \pm m$	f сред. УПП женщины, $M \pm m$	Уровень значимости различий p
Отведения УПП	–	–	–
Fz	4,68±2,34	3,52±1,88	0,701

Cz	7,23±2,77	4,57±1,37	0,393
Oz	1,63±1,85	1,42±1,15	0,921
Td	6,09±1,31	-1,06±1,75	0,002
Ts	3,09±1,58	3,77±1,82	0,780
Td-Ts	3,02±2,19	-4,91±2,79	0,029

Таким образом, при сравнении УПП одноименных отведений не выявлено достоверных зональных половых различий показателя уровня постоянного потенциала мозга. Исключение в данном случае составляют зоны правых височных отведений (Td), активация которых у мужчин достоверно больше, чем у женщин, о чем свидетельствует также положительный (со знаком «+») показатель УПП (Td) у мужчин и отрицательный (со знаком «-») – у женщин.

В то же время были выявлены достоверные различия показателя межполушарной разности потенциалов (Td – Ts) у мужчин и женщин. При этом межполушарная разность потенциалов у мужчин характеризовалась положительным знаком (Td – Ts > 0), у женщин – отрицательным (Td – Ts < 0).

Полученные данные свидетельствуют о некоторых особенностях биоэлектрической активности мозга мужчин и женщин, по-видимому, отражающих различия протекания нейрофизиологических процессов у обоих полов.

Известно, что в основе работы центральной нервной системы лежит структурно-функциональный принцип. При этом одним из важнейших механизмов передачи и анализа полученной информации головным мозгом является межполушарное взаимодействие, а также его асимметрия [10, 12].

Известно, что левое полушарие в большей степени отвечает за абстрактно-логическое мышление и нейрофизиологические процессы, осуществляющиеся осознанно, произвольно и опосредованно речью. Правое полушарие в большей степени ответственно за процессы узнавания (лиц, обстановки), зрительное и пространственное восприятие, а также обеспечивает эмоциональные реакции, способность восприятия интонаций речи, восприятия и дифференцировки неречевых стимулов, в частности музыки [10, 13].

Индивидуальный профиль функциональной межполушарной асимметрии может быть изучен различными электрофизиологическими методами [12], в том числе регистрацией уровня постоянного потенциала мозга [8, 9]. Поскольку более высокие значения показателя УПП в какой-либо области головного мозга отражают увеличение интенсивности энергетического обмена в этой области, относительно повышению метаболизма значения

над доминантным полушарием у человека будет соответствовать более высокий показатель УПП [8].

Исходя из полученных нами данных показателя УПП у мужчин в состоянии спокойного бодрствования выявлена функциональная межполушарная асимметрия с преобладанием активации правого полушария, у женщин – с преобладанием активации левого полушария.

Так как полностью исключить мыслительную деятельность даже в состоянии с закрытыми глазами не представляется возможным, можно предположить, что данный характер различий функциональной межполушарной асимметрии мужского и женского мозга, по-видимому, является предпосылкой формирования различных стратегий обработки информации мозгом мужчин и женщин, связанных с характером полушарного доминирования.

В то же время функциональная межполушарная асимметрия мозга в значительной степени определяет индивидуально-типологические особенности, предпочтительные паттерны индивидуального поведения и особенности эмоционального реагирования [13, 14].

Известно, что височные области коры являются проекцией лимбической системы («эмоциональный мозг», по А.М. Вейну [14]), а также входят в состав энергетического блока структурно-функциональной модели интегративной работы головного мозга (А.Р. Лурия [15]). При этом стволовая ретикулярная формация, влияя преимущественно на структуры левого полушария, определяет функциональные состояния типа сон – бодрствование, а диэнцефальные образования, имеющие отношение к активации правого полушария, определяют функциональные состояния напряжения или стресса [14].

Несмотря на отсутствие единого мнения о функциональной межполушарной асимметрии эмоций, большинство клинических данных [13, 15] указывает на преобладание «отрицательного» эмоционального фона при локализации патологического очага в левом полушарии и «положительного» эмоционального фона при локализации патологического очага в правом полушарии.

Отечественными нейропсихологическими [10, 15] и нейрофизиологическими [13] исследованиями также показана преимущественная связь левого полушария головного мозга с положительными эмоциями, а правого – с отрицательными.

На это также указывают полученные В.Ф. Фокиным, Н.В. Пономаревой данные изменения межполушарной разности УПП в условиях стресса [8]. Согласно данным этих авторов одной из важнейших характеристик стресса является перестройка межполушарных отношений биоэлектрической активности, выражающаяся прежде всего в изменении знака межполушарной разности потенциалов. При этом у испытуемых-правшей развитие стресса

чаще всего связано с активацией правого полушария, что, по мнению этих авторов, играет важную роль в процессах адаптации [8, 9].

В то же время полученные нами данные указывают на существование половых различий функциональной межполушарной асимметрии показателя УПП мозга в условиях бодрствования с закрытыми глазами. При этом преимущественная активация у мужчин правой височной области, у женщин – левой височной области, по-видимому, отражает особенности эмоционального состояния испытуемых: наличие в большей степени «отрицательного» эмоционального фона у мужчин и «положительного» эмоционального фона у женщин в состоянии бодрствования с закрытыми глазами.

Данную картину функциональной организации биоэлектрической активности головного мозга у мужчин и женщин можно также рассматривать как проявление общего адаптационного синдрома (стресса) [2], возможно, связанного с обстановочной афферентацией или ориентировочной реакцией в ответ на проводимое исследование.

Основываясь на представлениях В.Ф. Фокина и Н.В. Пономаревой о динамическом характере функциональной межполушарной асимметрии [8, 9], можно предположить, что процесс адаптации к легкому стрессовому фактору, связанному с обстановкой исследования, проявляется у мужчин изменением знака полушарного доминирования, в то время как у женщин характер функциональной межполушарной асимметрии биоэлектрической активности головного мозга в ответ на данный стрессовый раздражитель, по-видимому, сохраняется.

Заключение

Таким образом, полученные в исследовании данные о половых различиях показателя уровня постоянного потенциала головного мозга могут быть обусловлены особенностями протекания нейро- и патофизиологических процессов у обоих полов, возможно, определяя различные стратегии обработки информации мозгом мужчин и женщин, связанные с характером полушарного доминирования.

В то же время выявленные половые различия функциональной межполушарной асимметрии показателя УПП мозга с преимущественной активацией у мужчин правой височной области, у женщин – левой височной области, по-видимому, могут быть отражением половых особенностей эмоциональной сферы испытуемых с преобладанием в большей степени «положительного» эмоционального фона у женщин и «отрицательного» у мужчин в состоянии бодрствования с закрытыми глазами.

Выявленные нейро- и патофизиологические половые различия функциональной организации биоэлектрической активности головного мозга можно рассматривать как процесс адаптации к легкой стрессовой ситуации, связанной с обстановкой исследования.

При этом представляется возможным предположить изменение знака полушарного доминирования у мужчин и его сохранение у женщин в процессе адаптации к данному стрессовому фактору.

Выявленные половые особенности протекания нейро- и патофизиологических процессов следует учитывать как при подборе групп испытуемых для получения сопоставимых результатов, так и при построении педагогического процесса, а также как важную составляющую культуры общения.

Список литературы

1. Уланова Н.Н. Подходы к пониманию здоровья // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2013. №1. С.56-60.
2. Коган Б.М., Дроздов А.З., Дмитриева Т.Б. Механизмы развития соматических и психопатологических стрессовых расстройств (половые и гендерные аспекты) // Системная психология и социология. 2010. №1. С.105-120.
3. Ильин Е.П. Пол и гендер. СПб.: Питер, 2010. 686 с.
4. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Мозг мужчины, мозг женщины: монография. М.: ФГБНУ «НЦН» РАМН, 2014. 300 с.
5. Вольф Н.В., Разумникова О.М., Брызгалов А.О., Онищенко М.А., Лапина Е.Ю. Нейрофизиологический анализ полового диморфизма когнитивных стратегий: роль селективных процессов // Бюллетень СО РАМН. 2010. Т.30, №4. С. 6-13.
6. Сычев В.В., Сычев В.Н., Шатрова Н.В. Спектральный анализ электроэнцефалограммы в диагностике гипервентиляционного синдрома // Фундаментальные исследования. 2015. №1-6. С.1250-1252.
7. Шатрова Н.В., Сычев В.В. Половые особенности биоэлектрической активности головного мозга по данным математического анализа ЭЭГ при высокочастотной (20 Гц) фотостимуляции // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2016. Т.24, №1. С.64-67.
8. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. М.: Антидор, 2003. 288 с.
9. Боровова А.И., Пономарева Н.В., Фокин В.Ф. Соотношение динамической межполушарной асимметрии с тревожностью у подростков и разной направленностью мотивации достижения успеха // Асимметрия (Journal of asymmetry). 2017. Т.11, №2. С.54-64.
10. Хомская Е.Д., Ефимова И.В., Будыка Е.В., Ениколопова Е.В. Нейропсихология индивидуальных различий: Учебное пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2011.

160 с.

11. Jasper H.H. The ten - twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalog. Clin. Neurophysiol.* 1958. Vol.10. P.371-375.

12. Хохлова Л.А., Дерягина Л.Е. Латерализация биоэлектрической активности мозга, как предиктор мотивационно-когнитивных процессов // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова.* 2017. Т.25, №2. С. 184-192. DOI:10.23888/PAVLOVJ201721184-192.

13. Русалова М.Н., Русалов В.М. Функциональная асимметрия мозга и эмоции. *Руководство по функциональной межполушарной асимметрии / под ред. Боголепова Н.Н., Фокина В.Ф. М.: Научный мир, 2009. С. 752-800.*

14. Вейн А.М. *Лекции по неврологии неспецифических систем мозга.* 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2010. 112 с.

15. Лурия А.Р. *Высшие корковые функции человека.* СПб.: Питер, 2008. 624 с.