

**РИТМЫ ЭЭГ И ИХ ОСОБЕННОСТИ У ЛИЦ С РАЗНЫМИ
ПРОФИЛЯМИ МОТОРНОГО ДОМИНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ
ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ**

Моренова Ксения Александровна, аспирант кафедры физиологии человека и животных Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева;

Научный руководитель: Ведясова Ольга Александровна, профессор кафедры физиологии человека и животных Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва.

В работе рассматриваются современные достижения метода электроэнцефалографии в изучении функциональной межполушарной асимметрии мозга. Обобщены данные об особенностях спектральной мощности и амплитуды ритмов ЭЭГ у правшей и левшей, позволяющие говорить о наличии у них статических и динамических различий в работе правого и левого больших полушарий.

Ключевые слова: ритмы ЭЭГ, межполушарная асимметрия, правши, левши.

**EEG RHYTHMS AND THEIR SPECTRAL CHARACTERISTICS IN
PERSONS WITH DIFFERENT MOTOR DOMINATION PROFILES
UNDER MOTOR ACTIVITY**

Morenova Ksenia Aleksandrovna, graduate student of Department of Human and Animal Physiology of Samara National Research University;

Academic adviser: Vedyasova Olga Aleksandrovna, professor of Department of Human and Animal Physiology of Samara National Research University.

The paper discusses the current achievements of the electroencephalography method in the study of functional interhemispheric asymmetry of the brain. Data on the features of the spectral power and amplitude of rhythms in right-handers and

left-handers are generalized, which allows us to speak about the presence of static and dynamic differences in the work of the right and left hemispheres of brain.

Key words: rhythms of EEG, hemispheric asymmetry, right-handed, left-handed.

Анализ амплитуды и спектральной мощности ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) является наиболее доступным и информативным способом изучения нейрофизиологических и биохимических процессов, обеспечивающих функционирование мозга в процессе жизнедеятельности организма [4, 6, 9]. Одной из важных индивидуальных особенностей человека, которая влияет на регуляцию всех физиологических систем, в том числе и на специфику нейронных процессов, является тип функциональной межполушарной асимметрии (ФМА). Самым очевидным ее проявлением считается профиль моторного доминирования, который наиболее точно можно определить с помощью тестов [2, 5].

Актуальность исследований в данной области заключается в возможности использования получаемых результатов для расширения представлений о межполушарной двигательной асимметрии, для улучшения методов нейрореабилитации, а также для создания систем биоуправления и интерфейсов мозг-компьютер [11]. Следует отметить также важность усовершенствования знаний об особенностях электрической активности головного мозга у лиц с равными профилями моторного доминирования при различных видах когнитивной и двигательной активности.

При оценке амплитудно-частотных характеристик волн альфа-диапазона, как основного ритма, характерного для любого практически здорового человека, было выявлено, что у правшей, находящихся в состоянии покоя с закрытыми глазами, внутриполушарная согласованность альфа-ритма имеет более высокие значения в левом полушарии, а у левшей в правом. В центрально-лобных отделах правого полушария значения согласованности ритмов являются высокими как у правшей, так и у левшей. Максимальные межполушарные различия проявляются между ними в

организации корковых связей, а корково-подкорковые взаимодействия демонстрируют признаки сходства [4].

Специфика организации высокочастотных ритмов у правшей и левшей заметно проявляется при физических нагрузках, к которым можно отнести выполнение двигательных актов, главным образом ведущей рукой. У левополушарных лиц в таком случае наблюдается точечное когерентности альфа- и бета-ритмов в правой и левой центральных областях коры больших полушарий (зона корковой проекции двигательного анализатора) и ее диффузное уменьшение в других отделах коры. При этом движение ведущей рукой может вызывать повышение спектральной мощности (СМ) гамма-волн, с наибольшей выраженностью в париетальных и окципитальных зонах левой гемисферы. Аналогичное этому, воображение движений рукой вызывает дополнительную активацию фронтальных и темпоральных областей, а также сопровождается большим усилением мощности гамма-ритма [6]. Левши, в таких же условиях, проявляют синфазное изменение когерентности всех ритмов ЭЭГ по всей поверхности правого и левого полушарий. Данные особенности отражают формирование локальных систем, участвующих в регуляции двигательной активности у левополушарных лиц, и диффузных систем – у правополушарных [4].

С точки зрения зависимости ритмов ЭЭГ при реальных и мысленных движениях от ФМА особый интерес вызывают фронтальные зоны коры, где в нашем исследовании, проведенном на правшах и левшах, изменения альфа-ритма были сильнее, чем в других областях. Важно отметить, что у правшей и левшей в отведениях F_7-F_8 в покое наблюдалась межполушарная асимметрия СМ альфа-волн, которая у первых сохранялась при воображении движения ведущей ногой, а у вторых при мысленных и реальных движениях обеих ног.

Различная динамика ритмов ЭЭГ у правшей и левшей, а именно разнонаправленное изменение согласованности колебаний быстрых и медленных волн при смене функциональных состояний у правшей и

однонаправленное, синфазное у левшей, скорее всего отражает различную специализацию регуляторных систем мозга в формировании ФМА. Так, у правшей левополушарная асимметрия в состоянии покоя обуславливается в основном альфа-волнами и обеспечивается за счет интракортикального взаимодействия. Правополушарная асимметрия, которая наблюдается при засыпании, когда согласованность тета- и дельта-диапазонов увеличивается, свидетельствует о существовании функционально значимых связей правого полушария с диэнцефальными и лимбическими структурами, включая гиппокамп [1]. Поддержание левополушарной асимметрии у правшей происходит также при участии бета-волн, что подразумевает наличие функциональных связей левой гемисферы со стволовыми структурами [5].

У левшей, в свою очередь, выявляются признаки связанности правого полушария с диэнцефальными и лимбическими структурами, однако леворуким свойственна меньшая специфичность полушарий и сформированность этих связей со стволовыми структурами. Разное направление изменений высоко- и низкочастотных ритмов ЭЭГ у правшей отражает конкурентные отношения между полушариями, корковыми и подкорковыми структурами, которые действуют по принципу отрицательной обратной связи. При этом у левшей обращает внимание синфазный характер изменений ритмов ЭЭГ, что свидетельствует об активном формировании межполушарных взаимосвязей, а также создании корково-подкорковых отношений по принципу положительной обратной связи [4, 5].

В наших работах [3, 8] были изучены особенности ритмов ЭЭГ у правшей и левшей при воображении и реальном выполнении движений ногами. Так, было выявлено [8], что у правшей мысленные движения ведущей и неведущей ногой сопровождалась депрессией α - и β_1 -ритмов во фронтальных и центральных отведениях, тогда как у левшей амплитуда α -ритма менялась преимущественно в центральных, а β_1 -ритма – во фронтальных отведениях. То есть, можно полагать, что динамическая кортикальная нейронная сеть, обеспечивающая мысленные двигательные

манипуляции [10], у правшей кооперирована с моторными и сенсомоторными зонами теснее, чем у левшей. Кроме того, большей асимметрией отличались изменения высокочастотных ритмов ЭЭГ в правом и левом полушариях правшей. При воображении движения правой и левой ногой у них в центральных областях коры больших полушарий наблюдалось смещение изменений α -ритма в левое полушарие. У левшей изменения α - и β_1 -ритмов в право- и левосторонних отведениях отличались одинаковой выраженностью, что говорит о развитых взаимодействиях между полушариями [7], меньшей их специализации и большей степени синхронизации активности симметричных корковых зон [5] у лиц с доминированием правой гемисферы. В качестве отличительной особенности ЭЭГ у левшей при мысленных движениях ног также следует отметить стабильность амплитуды тета-ритма, генератором которого является диффузная тета-система, входящая в морфофункциональный субстрат эмоций [9]. Сохранность тета-волн у правополушарных испытуемых предполагает сопровождение их воображаемых движений более выраженным эмоциональным компонентом и более мощной активацией корковых и подкорковых лимбических структур, чем у левополушарных лиц.

Таким образом, рассмотренные в работе результаты исследований показывают, что у индивидов с разным профилем моторного доминирования регуляция двигательного поведения осуществляется при разной степени вовлечения внутри- и межполушарных нейронных сетей. Для правшей характерен более лабильный характер изменения мозговой активности в ответ на реально выполняемые и мысленные двигательные задачи, что позволяет им быстрее и легче адаптироваться к изменяющимся условиям. У левшей воображение и выполнение двигательных актов вызывает более выраженные и стабильные изменения СМ ритмов ЭЭГ, по большей части во фронтальных и центральных областях мозга. Это отражает большую тревожность и меньшие адаптационные возможности данной группы лиц. В целом, следует отметить, что вопрос организации функциональной

межполушарной асимметрии находится в состоянии активного изучения и вызывает большой интерес специалистов разных областей.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-29-14073).

ЛИТЕРАТУРА

1. Болдырева Г.Н. Электрическая активность мозга человека при поражении диэнцефальных структур. М.: Наука, 2000. 184 с.
2. Брагина Н.Н., Доброхотова Т. А. Функциональные асимметрии человека. 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: Медицина. 1988. 240 с.
3. Ведясова О.А., Моренова К.А. Особенности электроэнцефалограммы у студентов-левшей при воображении и выполнении движений ногами // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. 2018. Т. 26, № 3. С. 360–368.
4. Жаворонкова Л.А. Особенности межполушарной асимметрии электроэнцефалограммы правшей и левшей как отражение взаимодействия коры и регуляторных систем мозга // Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия. М.: Научный мир, 2004. С. 287–292.
5. Жаворонкова Л.А. Правши-левши: межполушарная асимметрия электрической активности мозга человека. М.: Наука, 2006. 222 с.
6. Кирой В.Н., Владимирский Б.М., Асланян Е.В. и др. Электрографические корреляты реальных и мысленных движений: спектральный анализ // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2010. Т. 60, № 5. С. 525–533.
7. Лукоянов М.В., Крылов В.Н. Когерентность ЭЭГ при пассивном восприятии линий с различным углом наклона у левшей и правшей // Вестник Нижегородского университета имени Н.И. Лобачевского. 2012. Т. 5. С. 135–139.
8. Моренова К.А., Ведясова О.А. Изменение паттерна электроэнцефалограммы у правшей и левшей при воображении движений

спектральной мощности // Ульяновский медико-биологический журнал. 2019. № 1. С. 85–92.

9. Demiralp T., Basar-Eroglu C. Theta rhythmicities following expected visual and auditory targets // *Int. J. Psychophysiol.* 1992. Vol. 13. P. 147–160.

10. Sasaoka T., Mizuhara H., Inui T.J. Dynamic parieto-premotor network for mental image transformation revealed by simultaneous EEG and fMRI measurement // *Cogn. Neurosci.* 2014. V. 26, № 2. P. 232.

11. Tariq M., Trivailo P.M., Simic M. Mu-beta event-related (de)synchronization and EEG classification of left-right foot dorsiflexion kinaesthetic motor imagery for BCI // *PLoS One.* 2020. V. 15, № 3. P. e0230184.