

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ

Ермакович М. А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Самуйлов И.В. – ст. преподаватель кафедры ЭТТ

Аннотация. В работе проведен анализ частотно-пространственных характеристик биоэлектрической активности головного мозга на основе метода электроэнцефалографии (ЭЭГ). Рассмотрены основные ритмы (альфа, бета, тета, дельта), их функциональное значение и топографическое распределение. Исследованы современные подходы к мониторингу когнитивных функций и нейровизуализации. Обоснована важность анализа пространственной асимметрии и частотных паттернов для оценки функционального состояния центральной нервной системы.

Ключевые слова: биоэлектрическая активность, головной мозг, электроэнцефалография (ЭЭГ), частотные ритмы, пространственное распределение, нейровизуализация

Введение. Изучение биоэлектрической активности мозга является фундаментальной задачей современной нейрофизиологии и биомедицинской инженерии. Электроэнцефалография (ЭЭГ) остается одним из наиболее доступных и информативных методов исследования динамики нейронных процессов в реальном времени. Широкое применение микропроцессорной техники и алгоритмов цифровой обработки сигналов позволяет проводить глубокий анализ частотно-пространственного распределения потенциалов, что крайне важно для диагностики патологий, оценки когнитивной нагрузки и разработки интерфейсов «мозг-компьютер». Актуальность данной работы обусловлена необходимостью систематизации подходов к интерпретации ритмической активности мозга в зависимости от локализации электродов и функционального состояния субъекта.[1]

Основная часть. Изучение биоэлектрической активности мозга базируется на анализе суммарных потенциалов, возникающих в результате синаптической передачи сигналов между пирамидными нейронами коры. Основным методом регистрации данных процессов является электроэнцефалография (ЭЭГ). В состоянии спокойного бодрствования доминирующим компонентом спектра выступает альфа-ритм (8–13 Гц), тогда как бета-активность (13–30 Гц) ассоциируется с когнитивным напряжением и процессами активного внимания. Для коррекции функционального состояния и управления нейронной динамикой применяется транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС). Современные исследования подтверждают, что высокочастотное воздействие (10–12 Гц) способно модулировать мощность ритмов и снижать уровень психоэмоционального напряжения.[2]

Экспериментальное исследование проводилось на базе 16-канального цифрового электроэнцефалографа «Мицар-ЭЭГ-10/70-201». Регистрация сигналов осуществлялась по международной системе «10-20» с контролем импеданса на уровне ≤ 5 кОм. Протокол включал фоновую запись (открытые/закрытые глаза), выполнение когнитивной задачи (ментальная арифметика) и последующее воздействие ТМС частотой 12 Гц в течение 1 минуты с помощью аппарата «Нейро-МС-Д».[3]

Математическая обработка данных выполнялась в среде *MATLAB* методом Уэлча. В качестве ключевого параметра анализа использовалась медианная частота (*MF*), характеризующая частотный центр тяжести спектра мощности. Расчет производился для альфа- и бета-диапазонов на 40-секундных эпохах записи. Результаты анализа показали, что воздействие 12 Гц ТМС вызывает специфические частотно-пространственные перестройки. В состоянии с открытыми глазами наблюдалось повышение медианной частоты бета-ритма ($\Delta = +0,25$ Гц), преимущественно в правых лобно-центральных отделах (*F4*, *C4*, *P4*), что интерпретируется как усиление коркового тонуса и готовности к деятельности.

Наиболее значимые изменения зафиксированы в состоянии с закрытыми глазами: произошло статистически достоверное снижение медианной частоты бета-диапазона в

среднем на $0,84 \pm 0,21$ Гц ($p < 0,001$) по всем отведениям с акцентом в лобных зонах (Fz , Cz , $F3$, $F4$). При этом параметры альфа-ритма оставались относительно стабильными ($\Delta = -0,12$ Гц). Подобная динамика отражает переход центральной нервной системы к состоянию глубокой релаксации и эффективного торможения под влиянием внешней стимуляции.[2]

Анализ показал, что после ТМС-воздействия также снижается выраженность десинхронизации ритмов при когнитивной нагрузке, что свидетельствует об оптимизации энергетических ресурсов мозга и повышении стрессоустойчивости. Таким образом, параметр медианной частоты бета-ритма в состоянии покоя с закрытыми глазами является высокочувствительным объективным маркером для оценки эффективности нейромодуляции и оперативной коррекции стресс-ассоциированных состояний у студентов.

Заключение. В ходе научно-исследовательской работы изучены частотно-пространственные характеристики биоэлектрической активности мозга студентов при воздействии транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) частотой 12 Гц. Разработанный протокол регистрации ЭЭГ с использованием системы «Мицар-ЭЭГ-10/70-201» и расчет медианной частоты спектра позволили объективно оценить динамику функционального состояния ЦНС. Установлено, что однократное воздействие ТМС вызывает статистически значимое снижение медианной частоты бета-ритма в состоянии покоя с закрытыми глазами (в среднем на 0,84 Гц), что свидетельствует об усилении процессов внутреннего торможения и нормализации психоэмоционального состояния.

Практическая значимость исследования заключается в подтверждении эффективности коротких протоколов альфа-диапазонной ТМС как метода оперативной коррекции стресс-ассоциированных состояний. Выявленные изменения медианной частоты бета-диапазона могут служить надежным диагностическим маркером для оценки функциональных резервов коры и уровня стрессоустойчивости. Полученные результаты создают методическую базу для внедрения подобных технологий в систему психофизиологической поддержки студентов в периоды повышенных учебных нагрузок.

Список литературы

1. *Neuroimaging of performance monitoring* / M. Ullsperger [u òp.] // *NeuroImage*. – 2014. – Vol. 102, P. 2. – P. 358–369.
2. *Bazanov, O. M. Interpreting EEG alpha activity* / O. M. Bazanova, D. Vernon // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. – 2014. – Vol. 44. – P. 94–110.
3. *Мицар-ЭЭГ-10/70-201 Ambimed* [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ambimed.ru/product/elektroentsefalograf-mitsar-eeg-10-70-201/?srsltid=AfmBOorA0Ng3V4Zx1XBxXaFJDV6Ru4CXwCM_z5WSt-0hvoReDSvypNMZ4. Дата доступа: 26.02.2026

UDC 616-71:612.82

ASSESSMENT OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM STATE BASED ON SPATIAL-FREQUENCY ANALYSIS OF THE ELECTROENCEPHALOGRAM

Yermakovich M. A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Samuilov I.V. – Senior Lecturer at the Department of ETT

Annotation. The paper analyzes the frequency-spatial characteristics of the brain's bioelectrical activity based on the electroencephalography (EEG) method. It considers the main rhythms (alpha, beta, theta, delta), their functional significance, and topographical distribution. Modern approaches to monitoring cognitive functions and neuroimaging are investigated. The importance of analyzing spatial asymmetry and frequency patterns for assessing the functional state of the central nervous system is substantiated.

Keywords: bioelectrical activity, brain, electroencephalography (EEG), frequency rhythms, spatial distribution, neuroimaging