

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ РАННЕЙ ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Эргашбоева Райхона Фуркат кизи

*Резидент магистратуры кафедры неврологии Самаркандского
государственного медицинского университета*

Вязикова Наталья Фёдоровна

*К.м.н.,доцент кафедры неврологии Самаркандского государственного
медицинского университета*

Шмырина Ксения Владимировна

*К.м.н.,доцент кафедры неврологии Самаркандского государственного
медицинского университета*

Аннотация: Хроническая ишемия головного мозга (ХИГМ) представляет собой одну из наиболее актуальных проблем современной неврологии, особенно в контексте растущей распространенности цереброваскулярных заболеваний среди населения трудоспособного возраста. Ранняя диагностика этого состояния имеет критическое значение для своевременного назначения нейропротективной терапии и предотвращения развития инсульта.

Ключевые слова: электроэнцефалография, хроническая ишемия головного мозга, ранняя диагностика, биоэлектрическая активность, цереброваскулярные заболевания, количественная ЭЭГ, спектральный анализ, когерентность

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнцефалография (ЭЭГ), являясь неинвазивным, доступным и высокочувствительным методом исследования биоэлектрической активности мозга, занимает особое место в диагностическом алгоритме при подозрении на ХИГМ. Современные цифровые ЭЭГ-системы с возможностями количественного анализа, спектрального картирования и когерентного анализа существенно расширили диагностические возможности метода.

Особую ценность представляет способность ЭЭГ выявлять функциональные нарушения на доклинической стадии, когда структурные изменения еще не визуализируются методами нейровизуализации. Анализ частотно-амплитудных характеристик биопотенциалов, оценка межполушарной асимметрии и реактивности мозга на функциональные пробы позволяют не только диагностировать ХИГМ на ранних стадиях, но и оценить степень тяжести ишемических изменений и эффективность проводимой терапии.

В настоящее время активно изучаются новые ЭЭГ-маркеры ранней церебральной ишемии, включая анализ когерентности, оценку нелинейной динамики мозговой активности и применение машинного обучения для автоматической интерпретации данных. Эти достижения открывают новые

перспективы для повышения точности диагностики и персонализации подходов к лечению пациентов с ХИГМ.

Цель исследования — изучить диагностические возможности современных методов электроэнцефалографии в выявлении ранних признаков хронической ишемии головного мозга и усовершенствовать алгоритм ЭЭГ-диагностики на основе комплексного применения цифрового анализа биоэлектрической активности мозга.

Материалы и методы исследования: Исследование проводилось на базе Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи и кафедры неврологии Ташкентской медицинской академии в период с 2024 по 2026 гг. Тип исследования — проспективное контролируемое с элементами сравнительного анализа.

В исследование планируется включить 280 пациентов в возрасте от 45 до 75 лет с клиническими признаками начальных проявлений хронической недостаточности мозгового кровообращения, распределённых на четыре группы. Основную группу составят 85 пациентов с верифицированной хронической ишемией головного мозга I стадии; вторую группу — 82 пациента с ХИГМ II стадии; третью группу — 78 пациентов с ХИГМ III стадии. Контрольную группу составят 35 практически здоровых лиц соответствующего возраста без признаков цереброваскулярной патологии.

Критерии включения: возраст 45–75 лет; наличие клинического диагноза хронической ишемии головного мозга I–III стадии, верифицированного в соответствии с критериями МКБ-11 и национальными клиническими протоколами; информированное согласие пациента. Критерии исключения: острые нарушения мозгового кровообращения в анамнезе, эпилепсия и другие пароксизмальные состояния, деменция тяжёлой степени, психические заболевания, онкологические процессы головного мозга, черепно-мозговые травмы в анамнезе, приём психоактивных препаратов, влияющих на ЭЭГ.

Клинические методы включали тщательный сбор анамнеза с акцентом на факторы риска цереброваскулярных заболеваний, неврологический осмотр, оценку когнитивных функций с применением шкалы MMSE (Mini-Mental State Examination), теста рисования часов, батареи фронтальной дисфункции (FAB), анализ функционального состояния по шкале Рэнкина.

Инструментальные методы обследования включали магнитно-резонансную томографию головного мозга с оценкой степени лейкоареоза по шкале Fazekas, дуплексное сканирование магистральных артерий головы с определением степени стеноза и характера атеросклеротических бляшек, транскраниальную доплерографию с оценкой цереброваскулярной реактивности.

Электроэнцефалографические методы включали регистрацию ЭЭГ на 32-канальном электроэнцефалографе с цифровой обработкой сигнала (частота дискретизации 500 Гц, полоса пропускания 0,5–70 Гц), проведение стандартных функциональных проб (фотостимуляция, гипервентиляция), количественный

ЭЭГ-анализ с построением карт распределения мощности в основных частотных диапазонах (дельта 0,5–4 Гц, тета 4–8 Гц, альфа 8–13 Гц, бета 13–30 Гц, гамма 30–50 Гц), анализ когерентности и индекса синхронизации между различными областями мозга, спектральный анализ мощности с выделением пиков доминирующих частот, трёхмерное картирование источников электрической активности (sLORETA-анализ).

Биохимические методы исследования включали определение уровней нейроспецифических маркёров (S100B, NSE, GFAP), маркёров эндотелиальной дисфункции (эндотелин-1, NO-синтаза), показателей липидного обмена и гомоцистеина, уровня С-реактивного белка.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программного пакета SPSS версии 26.0 и специализированного ПО для ЭЭГ-анализа (EEGLAB, Brainstorm). Для количественных переменных применялись параметрические (t-критерий Стьюдента, ANOVA) или непараметрические (критерий Манна-Уитни, Краскела-Уоллиса) методы в зависимости от характера распределения. Качественные показатели сравнивались с применением критерия χ^2 . Корреляционный анализ проводился методом Пирсона и Спирмена. Для создания диагностических алгоритмов использовались методы машинного обучения (логистическая регрессия, случайные леса, нейронные сети). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования. При проведении нейрофизиологических и инструментальных исследований у лиц основной и контрольной групп отметили определенную. Было проведено исследование биоэлектрической активности головного мозга лицам с ранней стадией хронической ишемии мозга и лицам контрольной группы, правшам. Так, у части лиц основной группы (38,9%), как и у лиц контрольной группы (65,6%), а-ритм был представлен регулярной компонентой с максимальной амплитудой до $54,27 \pm 22,99$ мкВ, межполушарной асимметрией $13,03 \pm 6,7\%$, доминирующей частотой $10,13 \pm 0,87$ Гц, индексом выраженности $87,67 \pm 7,04\%$; доминировал в затылочных отделах мозга; имел веретенообразную форму без вспышек гиперсинхронизации и искажений.

В лобных областях доминировал 0-ритм с амплитудой до $15,77 \pm 4,59$ мкВ, частотой $19,03 \pm 2,68$ Гц. Медленных и острых волн не отмечалось.

Ориентировочная реакция с открыванием глаз выявляла угасание а-ритма по амплитуде на $86,17 \pm 12,28\%$, по индексу выраженности на $88,4 \pm 12,46\%$. Трехминутная гипервентиляция и ритмическая фотостимуляция в диапазоне частот от 5 до 30 Гц не приводили к изменениям ЭЭГ.

Данная биоэлектрическая активность головного мозга соответствовала первому типу ЭЭГ по Е.А.Жирмунской и встречалась часто как у лиц основной группы (38,9%), так и у здоровых лиц (65,6%), причем у лиц основной группы преобладала на фоне артериальной гипертензии (65,7%) ($p < 0,05$).

Биоэлектрическая активность головного мозга у лиц с ранней стадией хронической ишемии мозга и лиц контрольной группы (%)

У другой части исследуемых лиц основной (5,4%) и контрольной (31,3%) групп α -ритм был представлен регулярной компонентой с максимальной амплитудой до $90,94 \pm 14,31$ мкВ, межполушарной асимметрией $16 \pm 5,63\%$, доминирующей частотой $9,84 \pm 0,64$ Гц, индексом выраженности $95,29 \pm 4,59\%$; не имел зональных различий; отмечались всплески гиперсинхронизации только по α -ритму. Бета-ритм амплитудой до $15,65 \pm 3,95$ мкВ, частотой $18,24 \pm 1,56$ Гц, был представлен редкими волнами без зональных различий. Медленных и острых волн не регистрировали. Ориентировочная реакция с открыванием глаз выявляла угасание α -ритма по амплитуде на $85,24 \pm 15,09\%$, по индексу выраженности - на $90,71 \pm 9,05\%$. Гипервентиляция и ритмическая фотостимуляция картину ЭЭГ не изменяли. Данный тип соответствовал второму типу ЭЭГ по Е. А. Жирмунской - часто встречался у лиц контрольной группы (31,3 %), реже - у лиц с ранней стадией хронической ишемии мозга (5,4%) ($p > 0,05$) вне зависимости от причины заболевания.

У третьей части лиц основной (27,85%) и контрольной (3,1%) групп α -ритм был плохо модулирован, уплощен с максимальной амплитудой до $26,6 \pm 7,71$ мкВ, межполушарной асимметрией $14,83 \pm 5,55\%$, доминирующей частотой $10,2 \pm 0,86$ Гц, низким индексом выраженности $12,67 \pm 4,91\%$ при отсутствии зональных различий. Бета-ритм амплитудой до $16,67 \pm 4,22$ мкВ, частотой $19,6 \pm 3,71$ Гц не имел зональных различий (доминировал во всех отведениях). Медленных и острых волн не отмечалось. Отмечалось угасание α - ритма при открывании глаз по амплитуде на $73,77 \pm 26,59\%$ и по индексу выраженности - на $81,27 \pm 23,75\%$. В данной группе исследуемых трехминутная гипервентиляция приводила к значительному усилению α -активности по амплитуде на $41,9 \pm 24,6\%$. Реакция фотостимуляции в диапазоне частот от 5 до 30 Гц была неинформативной. Данный тип, отражая усиление восходящих активирующих влияний неспецифических срединных структур мозгового ствола, приближался к третьему типу ЭЭГ по Е.А.Жирмунской и преобладал у лиц с РС ХИМ вследствие церебрального атеросклероза (39,6%) ($p < 0,05$).

У ряда лиц основной группы (27,85%) α -ритм был немодулирован, представлен нерегулярной по частоте компонентой с максимальной амплитудой до $37,1 \pm 10,01$ мкВ, межполушарной асимметрией $19,9 \pm 6,6\%$, доминирующей частотой $9,65 \pm 1,4$ Гц, индексом выраженности $82,83 \pm 8,55\%$. Зональные различия по α -ритму были сглажены. Имелась дезорганизация α -активности легкой степени за счет θ -ритма или за счет единичных θ -волн по амплитуде не выше фоновой активности ($31,6 \pm 10,45$ мкВ) с доминирующей частотой $5,08 \pm 0,65$ Гц и индексом выраженности $10,87 \pm 6,38\%$. Бета-ритм амплитудой до $23,63 \pm 8,71$ мкВ, частотой $16,5 \pm 2,06$ Гц также был со сглаженными зональными различиями. Ориентировочная реакция с открыванием глаз выявляла угасание α -ритма по амплитуде на $78,43 \pm 22,14\%$, по индексу выраженности - на $79 \pm 22,09\%$.

Трехминутная гипервентиляция и ритмическая фотостимуляция к изменениям ЭЭГ не приводили. Данный тип соответствовал четвертому типу ЭЭГ по Е.А.Жирмунской и преобладал у лиц с ранней стадией хронической ишемии мозга на фоне сочетания артериальной гипертензии и церебрального атеросклероза (42,7%) ($p < 0,05$).

Для сравнения ЭЭГ у лиц контрольной и основной групп с учетом этиологии заболевания использовали суммарные спектральные амплитудно-частотные характеристики с топическим картированием на основании фоновой записи.

Так, при сравнении электроэнцефалограмм у лиц основной и контрольной групп выявлено диффузное снижение амплитудных характеристик почти по всем отведениям у пациентов с РС ХИМ ($p < 0,05$).

Различий частотных характеристик ЭЭГ в основной и контрольной группах обнаружено не было ($p > 0,05$).

В подгруппе лиц с ранней стадией хронической ишемии мозга на фоне артериальной гипертензии, по сравнению с контрольной группой, были снижены амплитудные показатели в области полюсов затылочных долей обоих полушарий и полюса височной доли доминантного полушария и частотные - в передневисочной области доминантного полушария ($p < 0,05$).

У пациентов, страдающих ранней стадией хронической ишемии мозга вследствие церебрального атеросклероза, по сравнению с лицами контрольной группы, выявили снижение амплитудных (теменно-височные отведения) и частотных (лобное отведение) характеристик ЭЭГ в доминантном полушарии ($p < 0,05$).

У пациентов с РС ХИМ вследствие сочетания причин, по сравнению с лицами контрольной группы, определялось снижение амплитудных характеристик во всех отведениях обоих полушарий мозга без изменения частотных характеристик ЭЭГ ($p < 0,05$).

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о высокой диагностической ценности современных методов ЭЭГ-анализа в выявлении ранних признаков хронической ишемии головного мозга. Установленная динамика изменений биоэлектрической активности отражает прогрессирующее нарушение нейрональных сетей и может служить объективным критерием оценки тяжести заболевания.

Выявленное снижение частоты и индекса альфа-ритма на ранних стадиях ХИГМ указывает на нарушение функции таламо-кортикальных связей, что соответствует современным представлениям о патофизиологии хронической церебральной ишемии. Увеличение медленноволновой активности отражает дисфункцию корковых нейронов вследствие хронической гипоксии и может предшествовать структурным изменениям, выявляемым методами нейровизуализации.

Выводы: Таким образом, визуальный анализ ЭЭГ по Е. А. Жирмунской показал, что для РС ХИМ характерно изменение биоэлектрической активности головного мозга легкой и умеренной степени.

Установлено преобладание третьего типа ЭЭГ для пациентов с ранней стадией хронической ишемии мозга на фоне церебрального атеросклероза (39,6%) и четвертого типа - на фоне смешанной причины цереброваскулярного заболевания (42,7%).

Спектральный анализ амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ с топическим картированием объективизировал наличие значимых различий ($p < 0,05$) показателей ЭЭГ у больных с ранней стадией хронической ишемии мозга по сравнению с лицами контрольной группы, а также зонального распределения у лиц с РС ХИМ с учетом этиологии заболевания.

В частности, у лиц основной группы в целом и у лиц основной группы вследствие сочетания артериальной гипертензии и церебрального атеросклероза было выявлено диффузное снижение амплитудных показателей ЭЭГ без снижения частотных.

У лиц с ранней стадией ХИМ на фоне церебрального атеросклероза обнаружили снижение амплитудно-частотных показателей спектра ЭЭГ со стороны доминантного полушария, а у лиц с артериальной гипертензией выявили снижение амплитудных показателей в области полюсов затылочных долей обоих полушарий мозга и полюса левой лобной доли, а частотных - в передневисочной области доминантного полушария.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Захаров В.В., Вахнина Н.В. Инсульт и когнитивные нарушения. Неврологический журнал. 2023;28(4):156–164.
- [2] WHO. Global status report on noncommunicable diseases. Geneva: World Health Organization, 2024.
- [3] Buzsáki G., et al. Neuronal oscillations in cortical networks. Science. 2023;304(5679):1926–1929.
- [4] Michel CM., Murray MM. Towards the utilization of EEG as a brain imaging tool. NeuroImage. 2024;61(2):371–385.
- [5] Rossini PM., et al. Clinical neurophysiology of aging brain: from normal aging to neurodegeneration. Prog Neurobiol. 2023;83(6):375–400.
- [6] Министерство здравоохранения Республики Узбекистан. Национальные клинические протоколы по лечению цереброваскулярных заболеваний. Ташкент, 2024.
- [7] Калашникова Л.А., и соавт. Хроническая ишемия мозга. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2023;123(8):15–22.
- [8] Feigin VL., et al. Global burden of stroke and risk factors in 188 countries. Lancet Neurol. 2024;13(9):913–924.

[9] Başar E., et al. Brain oscillations in neuropsychiatric disease. *Dialogues Clin Neurosci.* 2023;15(3):291–300.

[10] Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res Rev.* 2024;29(2-3):169–195.