

Гамма-ритм у больных с ишемическим инсультом

Л. Б. Новикова¹

К. М. Шарапова² ✉

¹ Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия, nevrolIDPO@bashgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8469-1635>

² Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия, sharapovakarina.2020@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8552-6233>

Резюме

Введение. Гамма-ритм играет важную роль в обеспечении когнитивных процессов. Исследования подтверждают связь гамма-активности с процессами зрительного и слухового восприятия, восприятия времени, внимания, сознания и обработки семантической информации, внутренней речи, памяти.

Цель работы. Оценить гамма-активность у больных с полушарным ишемическим инсультом в острейшем и остром периодах в сопоставлении с когнитивными и тревожно-депрессивными нарушениями.

Материалы и методы. Проводилось исследование 32 больных с полушарным ишемическим инсультом. Всем пациентам осуществлялись комплексное клиничко-неврологическое, лабораторно-инструментальное и нейрофизиологическое исследования. Анализировали электроэнцефалограмму визуально и методом математического анализа. Методом математического анализа оценивали средние величины спектра мощности гамма-ритма в диапазоне 30–45, 50–70 и 80–100 Гц по всем отведениям и пиковую частоту гамма-ритма фоновой электроэнцефалограммы. Использовались шкалы NIHSS, Рэнкина, Ривермид, Монреальская шкала оценки когнитивных функций, Госпитальная шкала тревоги и депрессии, шкалы реактивной и личностной тревожности Спилбергера – Ханина, шкалы депрессии Бэка.

Результаты. Математический анализ биоэлектрической активности головного мозга больных с полушарным ишемическим инсультом показал отклонения в показателях гамма-ритма в диапазоне 30–100 Гц по сравнению с контрольной группой. Установлены статистически значимые корреляции между когнитивными, тревожно-депрессивными нарушениями и индексом гамма-ритма в лобных и центрально-височных областях в частотном диапазоне 30–100 Гц.

Заключение. Математический анализ биоэлектрической активности головного мозга наряду с клиническим и нейропсихологическим исследованиями рекомендуется использовать для диагностики и выявления когнитивных нарушений, тревожно-депрессивных расстройств у больных с полушарным ишемическим инсультом уже в острейший и острый периоды, что особенно важно для назначения адекватной, патогенетически обоснованной терапии и определения прогноза заболевания.

Ключевые слова: ишемический инсульт, когнитивные и тревожно-депрессивные расстройства, гамма-ритм, математический анализ биоэлектрической активности мозга

Для цитирования: Новикова Л. Б., Шарапова К. М. Гамма-ритм у больных с ишемическим инсультом. Лечащий Врач. 2024; 11 (27): 96–102. <https://doi.org/10.51793/OS.2024.27.11.015>

Конфликт интересов. Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Gamma rhythm in patients with ischemic stroke

Lilia B. Novikova¹

Karina M. Sharapova² ✉

¹ Bashkir state medical University, Ufa, Russia, nevrolIDPO@bashgmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8469-1635>

² Bashkir state medical University, Ufa, Russia, sharapovakarina.2020@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8552-6233>

Abstract

Background. Gamma rhythm plays an important role in enabling cognitive processes. Studies confirm the association of gamma activity with visual and auditory perception, time perception, attention, consciousness and processing of semantic information, inner speech, and memory.

Objective. The purpose of the study is to evaluate gamma activity in patients with hemispheric ischemic stroke in the acute and acute periods in comparison with cognitive and anxiety-depressive disorders.

Materials and methods. A study was carried out on 32 patients with hemispheric ischemic stroke. All patients underwent comprehensive clinical-neurological, laboratory-instrumental and neurophysiological studies. The EEG was analyzed visually and using mathemati-

cal analysis. Using the method of mathematical analysis, we assessed the average values of the gamma rhythm power spectrum in the range of 30-45, 50-70 and 80-100 Hz in all leads and the peak frequency of the γ rhythm of the background EEG. The NIHSS, Rankin, Rivermead, Montreal Cognitive Assessment Scale, Hospital Anxiety and Depression Scale, Spielberger – Hanin Reactive and Personal Anxiety Scales, and Beck Depression Scales were used.

Results. Mathematical analysis of bioelectrical activity of the brain of patients with hemispheric ischemic stroke showed deviations in the gamma rhythm in the range of 30-100 Hz, compared with the control group. Statistically significant correlations were established between cognitive, anxiety-depressive disorders and the gamma rhythm index in the frontal and central-temporal regions in the frequency range of 30-100 Hz.

Conclusion. Mathematical analysis of the bioelectrical activity of the brain, along with clinical and neuropsychological studies, is recommended to be used for the diagnosis and identification of cognitive and anxiety-depressive disorders in patients with hemispheric ischemic stroke already in the acute and acute periods, which is especially important for prescribing adequate, pathogenetically based therapy and determining the prognosis of the disease.

Keywords: ischemic stroke, cognitive and anxiety-depressive disorders, gamma rhythm, mathematical analysis of bioelectrical activity of the brain

For citation: Novikova L. B., Sharapova K. M. Gamma rhythm in patients with ischemic stroke. *Lechaschi Vrach.* 2024; 11 (27): 96-102. (In Russ.) <https://10.51793/OS.2024.27.11.015>

Conflict of interests. Not declared.

В последние годы исследователи уделяют большое внимание изучению высокочастотной активности – гамма-ритму. Гамма-активность включает в себя следующие поддиапазоны: 30-100 Гц – гамма-диапазон, регистрируемый на электроэнцефалограмме (ЭЭГ); 80-250 Гц – осцилляции; 250-600 Гц – быстрые осцилляции. В настоящее время данная классификация расширена за счет добавления сверхчастотных осцилляций (более 1000 Гц) [1-4].

В норме амплитуда гамма-активности не превышает 5-10 мкВ и обратно пропорциональна частоте. Если амплитуда гамма-ритма свыше 15 мкВ, то ЭЭГ рассматривается как патологическая. Имеются сведения о том, что основную роль в электрогенезе гамма-активности частотой от 30 до 80 Гц играют постсинаптические потенциалы, а колебания более высокой частоты являются отражением суммарной синхронизированной импульсной активности нейронов.

Гамма-ритм, играющий важную роль в обеспечении когнитивных процессов, регистрируется во многих областях мозга: в обонятельной, зрительной, слуховой, соматосенсорной, моторной, энторинальной коре, а также в гиппокампе, миндалине, стриатуме, мозжечке, неокортексе и таламусе [4-6]. Есть работы, подтверждающие связь гамма-активности с процессами зрительного и слухового восприятия, восприятия времени, внимания, сознания и обработки семантической информации, внутренней речи, памяти [1, 2, 4, 7, 8].

Ключевую роль в генерации гамма-осцилляций играет циклическое торможение, опосредуемое рецепторами гамма-аминомасляной кислоты. Амплитуда и частота гамма-ритма зависят от состояния человека и вида выполняемой когнитивной задачи [4, 9, 10]. Чем сложнее когнитивная деятельность, тем большее количество нейронных сетей активировано, что находит отражение в увеличении количества источников гамма-ритма в объеме целого мозга [2, 4, 12]. Высокочастотные осцилляции обеспечивают синхронизацию активности локальных нейронных сетей, которые обрабатывают, передают, хранят и получают информацию в гиппокампе и коре головного мозга. Поскольку частотные параметры гамма-ритма близки к нейронной активности, полагают, что он отражает активность нейронных сетей.

Предполагают, что на частоте гамма-ритма происходит синхронизация активности и функциональное объединение пространственно удаленных популяций нейронов при осуществлении сознательной деятельности. Все это позволяет думать, что гамма-ритм может играть очень важную роль и в процессах восприятия времени [2, 4].

Имеются также данные, свидетельствующие о том, что фазовые взаимодействия между ритмами, фиксируемыми с помощью ЭЭГ, могут обеспечивать функциональное объединение нейронов, а также кодирование, сжатие и координацию нейронных сообщений в мозге [2, 4]. Это позволяет думать, что по характеру корреляций интеллекта с гамма-активностью мозга и фазовыми взаимодействиями между ритмами ЭЭГ можно судить о его участии в указанных информационных процессах.

Анализ литературы показал, что исследования проводили на здоровых испытуемых при шизофрении. Несомненный интерес представляют изменения высокочастотной электрической активности мозга у больных с полушарным ишемическим инсультом (ПИИ) по данным количественного спектрального анализа ЭЭГ, однако сведения по данному вопросу в доступной нам литературе отсутствуют, что и явилось основанием для выполнения данной работы.

Целью данного исследования было оценить гамма-активность больных с ПИИ в острейшем и остром периодах в сопоставлении с когнитивными нарушениями (КН) и тревожно-депрессивными расстройствами (ТДР).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено исследование 32 больных с ПИИ, средний возраст которых составил $62,31 \pm 2,05$ года. По половому признаку было 20 (62,5%) мужчин и 12 (37,5%) женщин. Всем пациентам осуществлялись комплексное клиничко-неврологическое, инструментальные и лабораторные исследования. Диагноз ИИ был верифицирован при неврологическом и нейровизуализационном исследованиях. Подтип ИИ определялся согласно критериям TOAST. В основном ИИ был представлен криптогенным и лакунарным подтипами (53% и 19% соответственно).

Нейрофизиологическое исследование включало многоканальную регистрацию фоновой ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования при открытых и закрытых глазах с функциональными пробами. Регистрацию ЭЭГ осуществляли с симметричных областей обоих полушарий в затемненном помещении на 21-канальном безбумажном электроэнцефалографе фирмы Nicolet с локализацией электродов, установленных по международной схеме «10-20» с референтным ушным электродом, продолжительностью 20 минут в 1-е и 21-е сутки заболевания.

В анализ данных ЭЭГ не включались участки артефактов. При обработке ЭЭГ использовали программы картирования спектральной мощности биопотенциалов (метод быстрого преобразования Фурье). Анализировали ЭЭГ визуально и методом математического анализа. С помощью последнего оценивали средние величины спектра мощности гамма-ритма в диапазоне 30-45, 50-70 и 80-100 Гц по всем отведениям и пиковую частоту гамма-ритма фоновой ЭЭГ. Данные биоэлектрической активности у пациентов с ПИИ сравнивали с данными ЭЭГ 20 здоровых испытуемых контрольной группы, сопоставимых с пациентами по возрасту и полу.

Критериями исключения являлись: тяжелый инсульт с изменением сознания, инсульт после тромболитической терапии, наличие психического, нейродегенеративного, демиелинизирующего заболевания, черепно-мозговой травмы, онкологии. Все обследованные дали информированное согласие на участие в исследовании.

Для оценки степени выраженности неврологического дефицита, повседневной активности и независимости, жизнедеятельности и мобильности больного использовались шкалы NIHSS, Рэнкина и Ривермид.

Состояние когнитивной и эмоциональной сферы больных проводилось с применением Монреальской шкалы оценки когнитивных функций (Montreal Cognitive Assessment – MoCA), шкалы реактивной и личностной тревожности Спилбергера – Ханина, шкалы депрессии Бэка. Были тщательно проанализированы амбулаторные карты больных для уточнения преморбидного анамнеза. В медицинской документации не было указаний на наличие изменений в когнитивной и эмоциональной сферах у обследованных пациентов.

Статистическая обработка осуществлялась с использованием программного обеспечения Excel Work sheet из пакета Microsoft Office – 2013. Вычислялись непараметрические показатели. За достоверные принимались различия на уровне значимости 95% при $p < 0,05$. Проводился корреляционный анализ полученных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У большинства больных имелась соматическая патология: артериальная гипертензия – у 25 (78,1%), ишемическая болезнь сердца – у 18 (56,2%), сахарный диабет – у 8 (25%), фибрилляция предсердий – у 4 (12,5%), метаболический синдром – у 2 (6,2%).

Больные с ИИ в правом полушарии составили 16 (50%), у 16 (50%) очаг ишемии установлен в левом полушарии. По данным ультразвукового дуплексного сканирования у 19 (59,4%) больных обнаружен стенозирующий атеросклероз магистральных артерий головы, у 7 (21,9%) – нестенозирующий атеросклероз, у 4 (12,5%) – стеноз более 50%, у 2 (6,2%) – окклюзия. Неврологический дефицит по шкале NIHSS у больных в среднем составил $7,1 \pm 0,48$ балла, то есть инсульт средней степени тяжести. При поступлении средний балл индекса мобильности Ривермид составил $5,4 \pm 0,6$, по шкале Рэнкина – $2,0 \pm 0,3$. В неврологическом статусе больных преобладали двигательные нарушения в виде парезов различной степени выраженности 20 (62,5%) и расстройства речи 14 (43%). Нарушение чувствительности были у 9 (30%) больных.

КН по шкале MoCA были выявлены у 26 (81%) больных в остром периоде. Средний балл при госпитализации по шкале MoCA – $19,8 \pm 0,6$ балла. 4 больных затруднялись при выполнении теста и шкал. Депрессивные нарушения выявлены у 15 (53%) больных, из которых тяжелая депрессия обнаружена у одного; средняя оценка по шкале Бэка при госпитализации – $19,1 \pm 1,8$ балла. Исследование тревожности по тесту Спилбергера – Ханина показало, что в остром периоде ИИ отмечался высокий уровень личностной тревоги (ЛТ) у 10 (36%) больных и низкий уровень ситуационной тревоги (СТ) у 13 (46,4%) больных. Средний балл ЛТ при госпитализации – $39,2 \pm 2,3$ балла, СТ – $32,7 \pm 2,7$ балла.

Математический анализ ЭЭГ у больных с ПИИ показал изменения спектров мощности и частотных характеристик

Таблица 1. **Мощность гамма-ритма на частоте 30–45 Гц у больных с ПИИ в зависимости от локализации очага [таблица составлена авторами]** / Gamma-rhythm power at the frequency of 30-45 Hz in patients with hemispheric ischemic stroke depending on the localisation of the foci [table compiled by the authors]

Отведения, в зависимости от стороны поражения	ППИ, абсолютная мощность, мкВ	ЛПИ, абсолютная мощность, мкВ	Контрольная группа, абсолютная мощность, мкВ
Fp1/Fp2	$0,09 \pm 0,01^*/0,08 \pm 0,01^*$	$0,08 \pm 0,01^*/0,08 \pm 0,01^*$	$0,06 \pm 0,01/0,06 \pm 0,01$
F3/F4	$0,06 \pm 0,01/0,06 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01^*/0,07 \pm 0,01^*$	$0,05 \pm 0,01/0,05 \pm 0,01$
C3/C4	$0,07 \pm 0,01^*/0,05 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01/0,07 \pm 0,01^*$	$0,05 \pm 0,01/0,05 \pm 0,01$
P3/P4	$0,05 \pm 0,01/0,05 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01/0,06 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01/0,05 \pm 0,01$
O1/O2	$0,05 \pm 0,01/0,06 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01/0,07 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,01/0,07 \pm 0,02$
F7/F8	$0,06 \pm 0,01/0,07 \pm 0,01^*$	$0,08 \pm 0,01^*/0,07 \pm 0,01^*$	$0,05 \pm 0,01/0,04 \pm 0,01$
T3/T4	$0,04 \pm 0,01/0,05 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01/0,07 \pm 0,01^*$	$0,05 \pm 0,01/0,04 \pm 0,01$
T5/T6	$0,05 \pm 0,01/0,05 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01^*/0,06 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01/0,05 \pm 0,01$

Примечание. * $p < 0,05$ в сравнении с контрольной группой. ППИ – правополушарный ишемический инсульт; ЛПИ – левополушарный ишемический инсульт.

Таблица 2. **Мощность гамма-ритма на частоте 30-45 Гц у больных с ПИИ в острейший и острый периоды в зависимости от локализации очага [таблица составлена авторами]** / Gamma-rhythm power at the frequency of 30-45 Hz in patients with hemispheric ischemic stroke in the acute and acute periods depending on the localisation of the foci [table compiled by the authors]

Отведения, в зависимости от стороны поражения	ППИ, абсолютная мощность, мкВ (1-е сутки)	ППИ, абсолютная мощность, мкВ (21-е сутки)	ЛПИ, абсолютная мощность, мкВ (1-е сутки)	ЛПИ, абсолютная мощность, мкВ (21-е сутки)
Fp1/Fp2	0,09 ± 0,01/0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01*/0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01/0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01/0,07 ± 0,01
F3/F4	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,08 ± 0,01*	0,07 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01/0,07 ± 0,01
C3/C4	0,07 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,01/0,07 ± 0,01*	0,06 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01
P3/P4	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,07 ± 0,01*	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,06 ± 0,01
O1/O2	0,05 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01*/0,08 ± 0,01*	0,06 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,06 ± 0,01
F7/F8	0,06 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01/0,04 ± 0,01*	0,08 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,01/0,06 ± 0,01
T3/T4	0,04 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01*/0,07 ± 0,01*	0,04 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,06 ± 0,01
T5/T6	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01*/0,07 ± 0,01*	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,06 ± 0,01

Примечание. * $p < 0,05$ в сравнении с острейшим периодом.

Таблица 3. **Мощность гамма-ритма на частоте 50-70 Гц у больных с ПИИ в зависимости от локализации очага [таблица составлена авторами]** / Gamma rhythm power at the frequency of 50-70 Hz in patients with hemispheric ischemic stroke depending on the localisation of the foci [table compiled by the authors]

Отведения, в зависимости от стороны поражения	ППИ, абсолютная мощность, мкВ	ЛПИ, абсолютная мощность, мкВ	Контрольная группа, абсолютная мощность, мкВ
Fp1/Fp2	0,05 ± 0,01*/0,05 ± 0,01*	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01/0,08 ± 0,01
F3/F4	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01
C3/C4	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01
P3/P4	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01*	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01*	0,06 ± 0,01/0,07 ± 0,01
O1/O2	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01
F7/F8	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01
T3/T4	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,06 ± 0,01
T5/T6	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01

Примечание. * $p < 0,05$ в сравнении с контрольной группой. Таким образом, при анализе мощности гамма-ритма получено достоверное его снижение в лобных отведениях при ППИ и в P4-отведении при ЛПИ в сравнении с контрольной группой ($p < 0,05$).

Таблица 4. **Мощность гамма-ритма на частоте 50-70 Гц у больных с ПИИ в острейший и острый периоды в зависимости от локализации очага [таблица составлена авторами]** / Gamma-rhythm power at the frequency of 50-70 Hz in patients with hemispheric ischemic stroke in the acute and acute periods depending on the localisation of the foci [table compiled by the authors]

Отведения, в зависимости от стороны поражения	ППИ, абсолютная мощность, мкВ (1-е сутки)	ППИ, абсолютная мощность, мкВ (21-е сутки)	ЛПИ, абсолютная мощность, мкВ (1-е сутки)	ЛПИ, абсолютная мощность, мкВ (21-е сутки)
Fp1/Fp2	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,09 ± 0,02*/0,08 ± 0,01*	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,09 ± 0,02*/0,06 ± 0,01
F3/F4	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,07 ± 0,01*/0,08 ± 0,01*	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01
C3/C4	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,07 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01
P3/P4	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,07 ± 0,01*/0,06 ± 0,01*	0,07 ± 0,01*/0,06 ± 0,01*	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01
O1/O2	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,02*/0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01/0,05 ± 0,01
F7/F8	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01
T3/T4	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,09 ± 0,02*/0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01
T5/T6	0,01 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01*/0,08 ± 0,02*	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,03*/0,04 ± 0,01

Примечание. * $p < 0,05$ в сравнении с острейшим периодом.

гамма-ритма. В острейший и острый периоды ПИИ среднее значение пиковой частоты гамма-ритма на частотах 30-45, 50-70 и 80-100 Гц в центрально-височной области не изменилось по сравнению с контрольной группой.

Мощность гамма-ритма на частотах 30-45, 50-70 и 80-100 Гц у больных с ПИИ в острейший и острый периоды в зависимости от локализации очага показана в табл. 1-6.

Таблица 5. **Мощность гамма-ритма на частоте 80–100 Гц у больных с ПИИ в зависимости от локализации очага [таблица составлена авторами] / Gamma rhythm power at 80-100 Hz in patients with hemispheric ischemic stroke depending on the localisation of the foci [table compiled by the authors]**

Отведения, в зависимости от стороны поражения	ППИ, абсолютная мощность, мкВ	ЛПИ, абсолютная мощность, мкВ	Контрольная группа, абсолютная мощность, мкВ
Fp1/Fp2	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,05 ± 0,0
F3/F4	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01
C3/C4	0,06 ± 0,01*/0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01/0,05 ± 0,01
P3/P4	0,06 ± 0,01*/0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01/0,05 ± 0,01
O1/O2	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01
F7/F8	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,05 ± 0,01
T3/T4	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01*	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01*	0,05 ± 0,01/0,03 ± 0,01
T5/T6	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01

Примечание. * $p < 0,05$ в сравнении с контрольной группой.

Таблица 6. **Мощность гамма-ритма на частоте 80–100 Гц у больных с ПИИ в острейший и острый периоды в зависимости от локализации очага [таблица составлена авторами] / Gamma-rhythm power at the frequency of 80-100 Hz in patients with hemispheric ischemic stroke in the acute and acute periods depending on the localisation of the foci [table compiled by the authors]**

Отведения, в зависимости от стороны поражения	ППИ, абсолютная мощность, мкВ (1-е сутки)	ППИ, абсолютная мощность, мкВ (21-е сутки)	ЛПИ, абсолютная мощность, мкВ (1-е сутки)	ЛПИ, абсолютная мощность, мкВ (21-е сутки)
Fp1/Fp2	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01
F3/F4	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01
C3/C4	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,03 ± 0,01
P3/P4	0,06 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,03 ± 0,01
O1/O2	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01
F7/F8	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01/0,04 ± 0,01
T3/T4	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,05 ± 0,01
T5/T6	0,05 ± 0,01/0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01/0,07 ± 0,01	0,04 ± 0,01/0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01/0,04 ± 0,01

Примечание. * $p < 0,05$ в сравнении с острейшим периодом.

Как видно из приведенных данных (табл. 1 и 2), при ППИ было выявлено достоверное повышение мощности гамма-ритма в переднецентральных и нижнелобных отведениях, а при ЛПИ в лобных и центрально-височных отведениях в сравнении с контрольной группой ($p < 0,05$, $p < 0,05$). Согласно табл. 3 при ППИ отмечалось достоверное повышение мощности гамма-ритма в лобно-центрально-височных отведениях в острый период в сравнении с острейшим периодом ($p < 0,05$). При ЛПИ мощность гамма-ритма практически не изменилась в сравнении с острейшим периодом.

Согласно табл. 4 отмечалось достоверное повышение мощности гамма-ритма в лобно-височных отведениях как при ППИ, так и при ЛПИ в острый период по сравнению с острейшим периодом ($p < 0,05$).

Как видно из приведенной табл. 5, при ППИ отмечается достоверное повышение мощности гамма-ритма в центрально-височных отведениях и в височных отведениях при ЛПИ по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$).

Как следует из табл. 6, мощность гамма-ритма при ППИ и ЛПИ практически не изменилась по сравнению с острейшим периодом ($p < 0,05$).

Нами было проведено сопоставление данных нейропсихологического исследования с результатами математического анализа ЭЭГ. При проведении корреляционного анализа

между мощностью гамма-ритма и КН, ТДР во фронтальных, центрально-височных областях при ЛПИ и ППИ в частотном диапазоне 30-100 Гц получены следующие результаты.

При ППИ корреляционный анализ выявил отрицательную умеренную и сильную взаимосвязь между мощностью гамма-ритма и шкалой МоСА в отведениях Fp2, F4, C4, O1, F8, T3, T5 ($r = -0,78$, $r = -0,84$, $r = -0,78$, $r = -0,66$, $r = -0,69$, $r = -0,48$; $r = -0,81$); зрительно-пространственными, регуляторными функциями в отведениях Fp2, F4, C4, O2, F8, T4, T6 ($r = -0,18$; $r = -0,29$; $r = -0,56$; $r = -0,67$; $r = -0,31$; $r = -0,63$; $r = -0,45$); речевыми функциями в отведениях Fp2, F4, C4, O2, F8, T4, T6 ($r = -0,58$; $r = -0,52$; $r = -0,31$; $r = -0,26$; $r = -0,44$; $r = -0,26$; $r = -0,22$); вниманием в отведениях Fp2, F4, C4, O2, F8, T4, T6 ($r = -0,46$; $r = -0,49$; $r = -0,38$; $r = -0,45$; $r = -0,41$; $r = -0,47$; $r = -0,52$); абстрактным мышлением в отведениях Fp2, F4, C4, O2, F8, T4, T6 ($r = -0,82$; $r = -0,50$; $r = -0,62$; $r = -0,60$; $r = -0,44$; $r = -0,32$; $r = -0,61$); памятью в отведениях Fp2, F4, C4, O2, F8, T4, T6 ($r = -0,74$; $r = -0,71$; $r = -0,73$; $r = -0,95$; $r = -0,66$; $r = -0,58$; $r = -0,90$); ориентацией во времени и пространстве в отведениях Fp2, F4, C4, O2, F8, T4, T6 ($r = -0,67$; $r = -0,66$; $r = -0,38$; $r = -0,58$; $r = -0,54$; $r = -0,47$; $r = -0,50$).

При ЛПИ была обнаружена отрицательная умеренная и сильная связь между мощностью гамма-ритма и шкалой МоСА в отведениях Fp1, F3, C3, F7, T3 ($r = -0,57$; $r = -0,74$;

$r = -0,74$; $r = -0,56$; $r = -0,70$); зрительно-пространственными, регуляторными функциями в отведениях Fp1, F3, C3, F7, T3, T5 ($r = -0,34$; $r = -0,24$; $r = -0,29$; $r = -0,35$; $r = -0,35$; $r = -0,19$); речевыми функциями в отведениях Fp1, F3, C3, O1, F7, T3, T5 ($r = -0,27$; $r = -0,21$; $r = -0,35$; $r = -0,69$; $r = -0,29$; $r = -0,25$; $r = -0,49$); вниманием в отведениях Fp1, F3, C3, O1, F7, T3, T5 ($r = -0,82$; $r = -0,74$; $r = -0,75$; $r = -0,93$; $r = -0,67$; $r = -0,85$; $r = -0,83$); абстрактным мышлением в отведениях Fp1, F3, C3, O1, F7, T3 ($r = -0,70$; $r = -0,58$; $r = -0,54$; $r = -0,78$; $r = -0,47$; $r = -0,56$); памятью в отведениях Fp1, F3, C3, F7, T3, T5 ($r = -0,92$; $r = -0,79$; $r = -0,71$; $r = -0,85$; $r = -0,70$; $r = -0,53$); ориентацией во времени и пространстве в отведениях Fp1, F3, C3, F7, T3 ($r = -0,56$; $r = -0,67$; $r = -0,73$; $r = -0,50$; $r = -0,80$).

При ППИ была установлена отрицательная умеренная и сильная взаимосвязь между мощностью гамма-ритма и тревогой в отведениях Fp2, C4, O2, F8, T4 ($r = -0,96$; $r = -0,93$; $r = -0,67$; $r = -0,32$; $r = -0,84$; $r = -0,34$; $r = -0,68$); депрессией в отведениях Fp2, C4, O2, F8, T4 ($r = -0,88$; $r = -0,74$; $r = -0,49$; $r = -0,32$; $r = -0,67$; $r = -0,29$; $r = -0,50$).

При ЛПИ выявлена корреляционная отрицательная умеренная связь между мощностью гамма-ритма и тревогой в отведениях Fp1, F3, C3, O1, F7, T3, T5 ($r = -0,28$; $r = -0,34$; $r = -0,50$; $r = -0,57$; $r = -0,46$; $r = -0,51$; $r = -0,42$); депрессией в отведениях Fp1, F3, C3, O1, F7, T3 ($r = -0,76$; $r = -0,54$; $r = -0,55$; $r = -0,29$; $r = -0,66$; $r = -0,60$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования у большинства больных были выявлены КН и ТДР уже в острейшем и остром периодах инсульта. КН и ТДР являются неблагоприятным прогностическим фактором в отношении восстановления неврологического дефицита в целом и негативно влияют на эффективность мероприятий по вторичной профилактике, что в конечном итоге снижает качество жизни больных [4, 13-20].

Математический анализ биоэлектрической активности мозга больных с ППИ показал отклонения в показателях гамма-ритма в диапазоне 30-100 Гц по сравнению с контрольной группой. Нами было установлено повышение мощности гамма-ритма при ППИ в острейшем и остром периодах по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$) преимущественно в лобных и центрально-височных областях, играющих существенную роль в интеллектуально-мнестической деятельности. Как известно, мощность повышается за счет повышения амплитуды гамма-ритма, что расценивается как патология. Возможно, повышение гамма-активности происходит вследствие ирритации коры за счет формирования очага ишемии, нарушения межполушарных связей, в частности, между височными и лобными отделами коры, нарушения функции стволово-таламо-кортикальной модулирующей системы мозга [4]. Также у больных с ППИ отмечены статистически значимые корреляции между КН, ТДР и индексом гамма-ритма в лобных и центрально-височных областях в частотном диапазоне 30-100 Гц ($p < 0,05$).

Математический анализ БЭА головного мозга наряду с клиническим и нейропсихологическим исследованиями рекомендуется использовать для диагностики и выявления КН и ТДР у больных с ППИ уже в острейшем и остром перио-

дах, что особенно важно для назначения адекватной патогенетически обоснованной терапии и определения прогноза заболевания. **ЛВ**

Вклад авторов:

Концепция статьи — Новикова Л. Б., Шарапова К. М.

Концепция и дизайн исследования — Новикова Л. Б., Шарапова К. М.

Сбор и обработка материала — Шарапова К. М.

Статистическая обработка — Шарапова К. М.

Написание текста — Шарапова К. М.

Редактирование — Новикова Л. Б., Шарапова К. М.

Утверждение окончательного варианта статьи — Новикова Л. Б., Шарапова К. М.

Contribution of authors:

Concept of the article — Novikova L. B., Sharapova K. M.

Study concept and design — Novikova L. B., Sharapova K. M.

Collection and processing of material — Sharapova K. M.

Statistical processing — Sharapova K. M.

Text development — Sharapova K. M.

Editing — Novikova L. B., Sharapova K. M.

Approval of the final version of the article — Novikova L. B., Sharapova K. M.

Литература/References

1. Бушов Ю. В. Роль фазовых взаимодействий между высоко- и низкочастотными ритмами ЭЭГ в когнитивных процессах и механизмах сознания. Сибирский психологический журнал. 2012; (45): 98-103.
Bushov Yu. V. The role of phase interactions between high and low frequency EEG rhythms in cognitive processes and mechanisms of consciousness. Sibirskii psihologicheskii zhurnal. 2012; (45): 98-103. (In Russ.)
2. Бушов Ю. В., Светлик М. В., Крутенкова Е. П. Корреляция интеллекта и точности восприятия времени с высокочастотной электрической активностью мозга. Вестник Томского государственного педагогического университета. 2009; 2 (80): 91-95.
Bushov Yu. B., Svetlik M. V., Krutenkova E. P. Correlation of intelligence and accuracy of time perception with high-frequency electrical activity of the brain. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2009; 2 (80): 91-95. (In Russ.)
3. Сорокина Н. Д., Перцов С. С., Селицкий Г. В. Высокочастотная биоэлектрическая активность головного мозга в диагностике эпилепсии. Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2018; 10 (3): 006-013. DOI: 10.17749/2077-8333.2018.10.3.006-013.
Sorokina N. D., Pertsov S. S., Selitsky G. V. High-frequency bioelectric activity of the brain in the diagnosis of epilepsy. Epilepsiya i paroksizmalnye sostoyaniya. 2018; 10 (3): 006-013. DOI: 10.17749/2077-8333.2018.10.3.006-013. (In Russ.)
4. Новикова Л. Б., Шарапова К. М., Дмитриева О. Э. Высокочастотная электрическая активность мозга у больных с полушарным ишемическим инсультом в сопоставлении с когнитивными функциями. Российский неврологический журнал. 2020; 25 (6): 12-18.
Novikova L. B., Sharapova K. M., Dmitrieva O. E. High-frequency electrical activity of the brain in patients with hemispheric ischemic stroke in comparison with cognitive functions. Rossiiskii nevrologicheskii zhurnal. 2020; 25 (6): 12-18. (In Russ.)

5. Popescu A. T., Popa D., Paré D. Coherent gamma oscillations couple the amygdala and striatum during learning. *Nature Neuroscience*. 2009; 12 (6): 801-807. DOI: 10.1038/nn.2305.
6. Popa D., Spolidoro M., Proville R. D., Guyon N., Belliveau L., Léna C. Functional role of the cerebellum in gamma-band synchronization of the sensory and motor cortices. *Journal of Neuroscience*. 2013; 33 (15): 6552-6556. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.5521-12.2013.
7. Кирой В. Н., Бахтин О. М., Миняева Н. Р., Лазуренко Д. М., Асланян Е. В., Кирой Р. И. Электрографические корреляты внутренней речи. *Журнал высшей нервной деятельности*. 2015; 65 (5): 616-625.
Kiroi V. N., Bakhtin O. M., Minyaeva N. R., Lazurenko D. M., Aslanyan E. V., Kiroi R. I. Electrographic correlates of inner speech. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatelnosti*. 2015; 65 (5): 616-625. (In Russ.)
8. Osipova D., Takashina A., Oostenveld R., et al. Theta and gamma oscillations predict encoding and retrieval of declarative memory. *Journal of Neuroscience*. 2006; 26 (28): 7523-7531. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1948-06.2006>.
9. Сорокина Н. Д., Селицкий Г. В. Основные подходы в электрофизиологической диагностике интегративной психической деятельности. *Функциональная диагностика*. 2011; 3: 46-48.
Sorokina N. D., Selitsky G. V. Basic approaches in electrophysiological diagnostics of integrative mental activity. *Funktionalnaya diagnostika*. 2011; 3: 46-48. (In Russ.)
10. Popescu A. T., Popa D., Paré D. Coherent gamma oscillations couple the amygdala and striatum during learning. *Nature Neurosci*. 2009; 6 (12): 801-807.
11. Данилова Н. Н., Ханкевич А. А. Гамма-ритм в условиях различения временных интервалов. *Вестник Московского Университета. Серия 14. Психология*. 2001; (1): 51-64.
Danilova N. N., Khankevich A. A. Gamma-rhythm in terms of distinguishing between time intervals. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Series 14. Psychology*. 2001; 1: 51-64. (In Russ.)
12. Данилова Н. Н. Роль высокочастотных ритмов электрической активности мозга в обеспечении психических процессов. *Психология. Журнал Высшей школы экономики*. 2006; 2 (3): 62-72.
Danilova N. N. The role of high-frequency rhythms of electrical activity of the brain in supporting mental processes. *Psychology. Zhurnal Vysshej shkoly ekonomiki*. 2006; 2 (3): 62-72. (In Russ.)
13. Новикова Л. Б., Шарاپова К. М., Дмитриева О. Э. Когнитивные и психоэмоциональные функции у пациентов с полушарным ишемическим инсультом в сопоставлении с математическим анализом биоэлектрической активности головного мозга. *Неврологический вестник*. 2019; LI (3): 43-50.
Novikova L. B., Sharapova K. M., Dmitrieva O. E. Cognitive and psychoemotional functions in patients with hemispheric ischemic stroke in comparison with a mathematical analysis of the bioelectrical activity of the brain. *Nevrologicheskii vestnik*. 2019; LI (3): 43-50. (In Russ.)
14. Новикова Л. Б., Шарاپова К. М., Дмитриева О. Э., Какаулина Л. Н. ЭЭГ-характеристика пациентов, перенесших полушарный ишемический инсульт. *Фарматека*. 2018; 5 (358): 54-58.
Novikova L. B., Sharapova K. M., Dmitrieva O. E., Kakaulina L. N. EEG characteristics of patients with hemispheric ischemic stroke. *Farmateka*. 2018; 5 (358): 54-58. (In Russ.)
15. Боголепова А. Н., Левин О. С. Когнитивная реабилитация пациентов с очаговым поражением головного мозга. *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2020; 4 (120): 115-122.
Bogolepova A. N., Levin O. S. Cognitive rehabilitation of patients with focal brain damage. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S. S. Korsakova*. 2020; 4 (120): 115-122. (In Russ.)
16. Боголепова А. Н. Умеренные когнитивные расстройства в клинической практике. *Терапия*. 2021; Т. 7, 5 (47): 141-148.
Bogolepova A. N. Moderate cognitive impairment in clinical practice. *Terapiya*. 2021; Т. 7, 5 (47): 141-148. (In Russ.)
17. Вахнина Н. В. Диагностика и лечение когнитивных нарушений после инсульта. *Эффективная фармакотерапия*. 2019; 34 (15): 10-18.
Vakhnina N. V. Diagnosis and treatment of cognitive impairment after stroke. *Effektivnaya farmakoterapiya*. 2019; 34 (15): 10-18. (In Russ.)
18. Вознесенская Т. Г. Депрессия при сосудистых заболеваниях головного мозга. *Медицинский совет*. 2012; 4: 12-16.
Voznesenskaya T. G. Depression in cerebrovascular diseases. *Meditinskii sovet*. 2012; 4: 12-16. (In Russ.)
19. Левин О. С., Боголепова А. Н. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации. *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2020; 11 (120): 99-107.
Levin O. S., Bogolepova A. N. Post-stroke motor and cognitive impairments: clinical features and modern approaches to rehabilitation. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S. S. Korsakova*. 2020; 11 (120): 99-107. (In Russ.)
20. Пирадов М. А., Максимова М. Ю., Танашиян М. М. Инсульт: пошаговая инструкция. *Рук-во для врачей. 2-е изд., перераб. и доп. ГЭОТАР-Медиа*, 2020. 288 с.
Piradov M. A., Maksimova M. Yu., Tanashyan M. M. Stroke: step-by-step instructions. *Guide for doctors 2nd ed., revised and expanded. GEOTAR-Media*, 2020. 288 p. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Новикова Лилия Бареевна, д.м.н., профессор, заведующая кафедрой неврологии и нейрореабилитации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет»; Россия, 450000, Уфа, ул. Ленина 3, nevrolIDPO@bashgmu.ru

Шарапова Карина Маратовна, к.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрореабилитации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет»; Россия, 450000, Уфа, ул. Ленина, 3, sharapovakarina.2020@gmail.com

Information about the authors:

Lilia B. Novikova, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Neurology and Neurorehabilitation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bashkir State Medical University; 3 Lenina Str., Ufa, 450000, Russia; nevrolIDPO@bashgmu.ru

Karina M. Sharapova, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Neurology and Neurorehabilitation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bashkir State Medical University; 3 Lenina Str., Ufa, 450000, Russia; sharapovakarina.2020@gmail.com

Поступила/Received 07.05.2024

Поступила после рецензирования/Revised 01.06.2024

Принята в печать/Accepted 03.06.2024