

ИССЛЕДОВАНИЯ И КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МОЗГА У БОЛЬНЫХ С ПОЛУШАРНЫМ ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ В СОПОСТАВЛЕНИИ С КОГНИТИВНЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Новикова Л.Б., Шарапова К.М., Дмитриева О.Э.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», 450008, Уфа, Россия

Резюме. Математический анализ электроэнцефалографии (ЭЭГ) дает информацию о функциональном состоянии головного мозга, расширяет понимание механизмов взаимодействия различных областей мозга, увеличивает возможности диагностики и позволяет выдвинуть новые задачи в области изучения деятельности мозга.

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

Материал и методы. В исследование были включены 32 больных с полушарным ишемическим инсультом. Всем пациентам осуществлялись комплексное клинико-неврологическое, инструментальные и лабораторные исследования. Регистрация ЭЭГ проводилась в 1-е и 21-е сутки заболевания продолжительностью 20 минут. Методом математического анализа оценивали спектры мощности и пиковую частоту гамма-ритма фоновой ЭЭГ.

Результаты. Установлено, что когнитивные и тревожно-депрессивные расстройства выявляются уже в острейшем и остром периодах ишемического инсульта. При математическом анализе ЭЭГ у больных с полушарным ишемическим инсультом отмечаются статистически значимые корреляции между индексом гамма-ритма и когнитивными, тревожно-депрессивными расстройствами во фронтальных, центрально-височных областях.

Заключение. В комплекс обследования больных с полушарным ишемическим инсультом целесообразно включать, помимо клинического и нейropsychологического исследования, математический анализ ЭЭГ.

Ключевые слова: ишемический инсульт; математический анализ электроэнцефалограммы; гамма-активность; когнитивные функции; тревожно-депрессивные нарушения.

Для цитирования: 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. DOI 10.30629/2658-7947-2020-25-6-12-18

Для корреспонденции: Шарапова К.М., e-mail: sharapovakarina.2020@gmail.com

Информация об авторах

Новикова Л.Б., <https://orcid.org/0000-0001-8469-1635>; e-mail: novicova@inbox.ru

Шарапова К.М., <https://orcid.org/0000-0002-8552-6233>; e-mail: sharapovakarina.2020@gmail.com

Дмитриева О.Э., <https://orcid.org/0000-0002-7787-000X>; e-mail: dmitri.ufa@yandex.ru

HIGH-FREQUENCY ELECTRICAL ACTIVITY OF THE BRAIN IN PATIENTS WITH HEMISPHERIC ISCHEMIC STROKE IN COMBINATION WITH COGNITIVE FUNCTIONS

Novikova L.B., Sharapova K.M., Dmitrieva O.E.

Bashkir State Medical University, 450008, Ufa, Russia

Abstract. The mathematical analysis of electroencephalography (EEG) provides information about the functional state of the brain, expands the understanding of the mechanisms of interaction between different areas of the brain, increases the possibilities of diagnostics and allows to put forward new tasks in the field of studying brain activity.

Aim. To assess changes in the gamma-rhythm in patients with hemispheric ischemic stroke in the most acute and acute periods in comparison with cognitive and anxiety-depressive disorders.

Material and methods. The study included 32 patients with hemispheric ischemic stroke. All patients underwent complex clinical, neurological, instrumental and laboratory studies. The study and recording of the EEG was carried out on the 1st and 21st days of the disease, lasting 20 minutes. The method of mathematical analysis was used to estimate the power spectra and the peak frequency of the gamma — rhythm of the background EEG.

Results. As a result of the study, it was found that cognitive and anxiety-depressive disorders are detected already in the most acute and acute periods of ischemic stroke. In the mathematical analysis of the EEG statistically significant correlations between the gamma — rhythm index and cognitive, anxiety-depressive disorders in the frontal, central temporal areas are noted.

Conclusion. The complex of examination of patients should include, in addition to clinical and neuropsychological research, mathematical analysis of EEG data.

Key words: ischemic stroke; mathematical analysis of electroencephalography; gamma-activity; cognitive functions; anxiety-depressive disorders.

For citation: Novikova L.B., Sharapova K.M., Dmitrieva O.E. High-frequency electrical activity of the brain in patients with hemispheric ischemic stroke in combination with cognitive functions. *Russian Neurological Journal (Rossijskij Nevrologicheskij Zhurnal)*. 2020;25(6):12–18. DOI 10.30629/2658-7947-2020-25-6-12-18

For correspondence: Sharapova K.M., e-mail: sharapovakarina.2020@gmail.com

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Information about authors

Novikova L.B., <https://orcid.org/0000-0001-8469-1635>; e-mail: novikova@inbox.ru

Sharapova K.M., <https://orcid.org/0000-0002-8552-6233>; e-mail: sharapovakarina.2020@gmail.com

Dmitrieva O.E., <https://orcid.org/0000-0002-7787-000X>; e-mail: dmitri.ufa@yandex.ru

Received 26.08.20

Accepted 17.09.20

В последние годы исследователи уделяют большое внимание изучению гамма-активности в электроэнцефалограмме (ЭЭГ). Синонимы гамма-активности — высокочастотная активность, гамма-осцилляции, гамма-ритм. Гамма-активность включает в себя следующие поддиапазоны: (30–100 Гц) — гамма-диапазон, регистрируемый на ЭЭГ; (80–250 Гц) — осцилляции; (250–600 Гц) — быстрые осцилляции [1]. В настоящее время данная классификация расширена за счет добавления сверхчастотных осцилляций (более 1000 Гц) [2–4].

В норме амплитуда гамма-ритма не выше 5–10 мкВ и обратно пропорциональна его частоте. Если амплитуда гамма-ритма свыше 15 мкВ, то ЭЭГ рассматривается как патологическая. Имеются данные о том, что основную роль в электрогенезе гамма-ритма частотой от 30 до 80 Гц играют постсинаптические потенциалы, а колебания более высокой частоты являются отражением суммарной синхронизированной импульсной активности нейронов [3].

Гамма-активность регистрируется во многих областях мозга: в обонятельной, зрительной, слуховой, соматосенсорной, моторной, энторинальной коре, а также в гиппокампе, миндалине, стриатуме, мозжечке, неокортексе и таламусе. Она играет важную роль в обеспечении когнитивных процессов [5–11]. Есть работы, подтверждающие связь гамма-ритма с процессами зрительного и слухового гнозиса, восприятия времени, внимания, сознания и обработки семантической информации, внутренней речи, памяти [1, 3, 12–18].

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 [1]. Чем сложнее когнитивная деятельность, тем большее количество нейронных сетей активировано, что находит отражение в увеличении количества источников гамма-ритма в объеме целого мозга [19]. Высокочастотные осцилляции обеспечивают синхронизацию активности локальных нейронных сетей, которые обрабатывают, передают, хранят информацию в гиппокампе и коре головного мозга. Поскольку частотные параметры гамма-ритма близки к нейронной активности, полагают, что он отражает

активность нейронных сетей. Предполагается, что на частоте гамма-ритма происходит синхронизация активности и функциональное объединение пространственно удаленных популяций нейронов при осуществлении сознательной деятельности [20, 21].

Высокая информативность и объективность тематического анализа ЭЭГ для оценки функционального состояния головного мозга у больных с различными формами нарушений мозгового кровообращения была показана в ряде исследований [2, 12, 22–27].

Несомненный интерес представляют изменения гамма-ритма у больных с полушарным ишемическим инсультом. Однако сведения по данному вопросу в доступной нам литературе отсутствуют, что и явилось основанием выполнения данной работы.

Цель исследования — оценить изменения гамма-ритма у больных с полушарным ишемическим инсультом (ИИ) в острейшем и остром периодах в сопоставлении с когнитивными и тревожно-депрессивными нарушениями.

Материал и методы. Проведено исследование 32 больных с полушарным ИИ в бассейне средней мозговой артерии. Средний возраст больных составил $62,31 \pm 2,05$ года, среди них было 20 (62,5%) мужчин и 12 (37,5%) женщин. Всем пациентам проводилось комплексное клиничко-неврологическое, инструментальное и лабораторное обследование. Диагноз ИИ был верифицирован при неврологическом и нейровизуализационном (КТ или МРТ) исследованиях. Подтип ИИ определялся согласно критериям TOAST. В основном ИИ был представлен криптогенным и лакунарным подтипами — 53% и 19% соответственно. Регистрация ЭЭГ проводилась на 21-канальном электроэнцефалографе фирмы «Nicolet» с локализацией электродов, установленных по международной схеме «10–20», с референтным ушным электродом продолжительностью 20 мин в 1-е и 21-е сутки заболевания. Сопротивление электродов не более 5 кОм. Эпоха анализов 10 с, скорость записи 30 мм/с, фильтр высоких частот 70 Гц, фильтр низких частот 1,6 Гц, постоянная времени 0,3 с, усиление 70 мкВ/мм. С целью избавления от артефактов миограммы ЭЭГ во время исследования следовали за записью ЭЭГ, если появлялись артефакты миограммы, то эти участки ЭЭГ в анализ не вклю-

чали. Регистрировали фоновую ЭЭГ в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами, при проведении стандартных функциональных проб (открытие-закрывание глаз, ритмическая фотостимуляция 4–30 Гц, гипervентиляция 3 мин). При обработке ЭЭГ использовали программы картирования спектральной мощности биоэлектрических потенциалов (применяли метод быстрого преобразования Фурье). Свободные от артефактов произвольно взятые 10-секундные эпохи ЭЭГ в монополярном монтаже суммировали до 1 мин, анализировали визуально и с помощью математического анализа.

Методом математического анализа оценивали средние величины спектра мощности гамма-ритма в диапазоне 30–45 Гц по всем отведениям в пораженном и неповрежденном полушариях, оценивали пиковую частоту гамма-ритма фоновой ЭЭГ в центральных и височных отведениях, как наиболее по-

раженных зонах. Диапазон гамма-ритма 30–45 Гц выбрали произвольно, так как в данном диапазоне мощности гамма-ритма оказалась более выражена у пациентов с полушарным ишемическим инсультом в сравнении с диапазоном более 50 Гц. У здоровых испытуемых мощность гамма-ритма была выражена и на частотах более 50 Гц. Данные биоэлектрической активности у пациентов с полушарным ИИ сравнивали с данными ЭЭГ здоровых 20 испытуемых контрольной группы, сопоставимых с пациентами по возрасту и полу.

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

Состояние когнитивной и эмоциональной сферы больных проводилось с применением Монреаль-

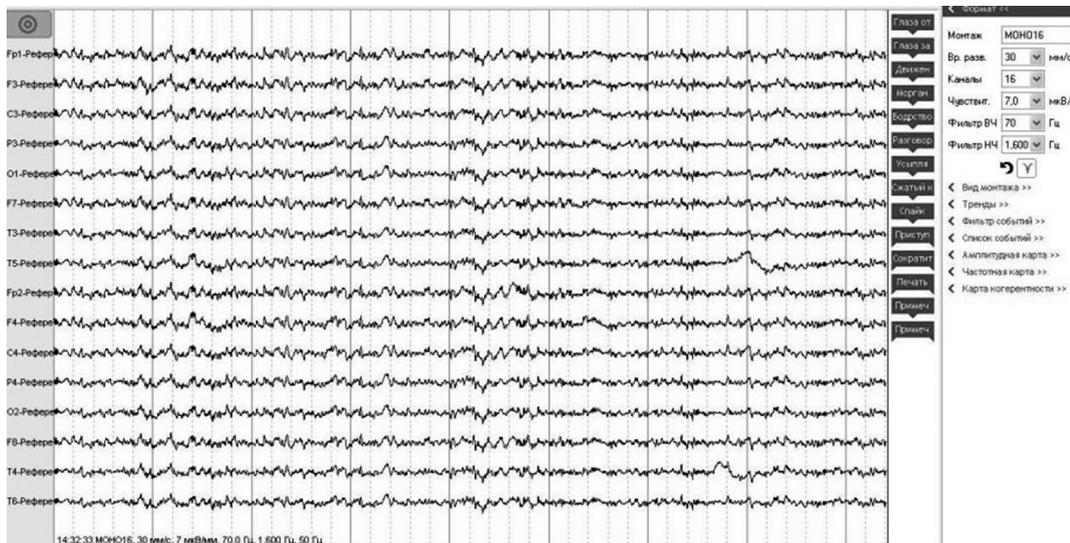


Рис. 1. Электроэнцефалограмма больного с полушарным ишемическим инсультом
Fig. 1. Electroencephalogram (EEG) of a patient with hemispheric ischemic stroke

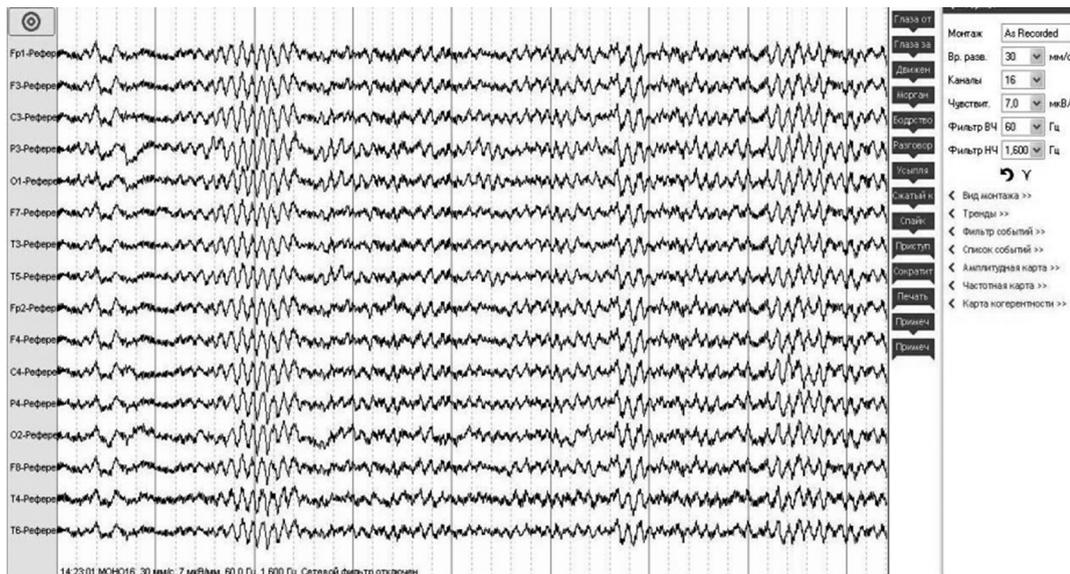


Рис. 2. Электроэнцефалограмма здорового испытуемого
Fig. 2. Electroencephalogram (EEG) of a healthy control subject

Таблица 1

Пиковая частота гамма-ритма у больных с полушарным ишемическим инсультом в острейшем и остром периоде

Среднее значение пиковой частоты гамма-ритма в центрально-височных отведениях — С3/С4, Т3/Т4 Гц	ПИИ (n = 32)	Контрольная группа, (n = 20)
Острейший период (1-й день)	36,01 ± 0,41*	37,40 ± 0,58
Острый период (21-й день)	35,26 ± 0,58*	37,40 ± 0,58

Примечание: ПИИ — показатели больных с полушарным ишемическим инсультом; **p* < 0,05.

Table 1

The peak frequency of the gamma-rhythm in patients with hemispheric ischemic stroke in most acute and acute periods

The average value of the gamma rhythm peak frequency in the central temporal leads — С3/С4, Т3/Т4 Hz	Patients with hemispheric ischemic stroke/HIS (n = 32)	Control group, (n = 20)
Most acute period (the 1 st day)	36.01 ± 0.41*	37.40 ± 0.58
Acute period (the 21 st day)	35.26 ± 0.58*	37.40 ± 0.58

Note: indices for patients with hemispheric ischemic stroke HIS; **p* < 0.05.

ской шкалы оценки когнитивных функций (Montreal Cognitive Assessment — MoCA), шкалы реактивной и личностной тревожности Спилбергера–Ханина, шкалы депрессии Бэка. Были тщательно анализированы амбулаторные карты больных для уточнения преморбидного анамнеза. В медицинской документации не было указаний на наличие изменений в когнитивной и эмоциональной сферах у обследованных пациентов до настоящего заболевания.

Статистическая обработка осуществлялась с использованием программы Microsoft Excel 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. У большинства больных имелась соматическая патология: артериальная гипертензия — у 25 (78,1%) больных, ишемическая болезнь сердца — у 18 (56,2%), сахарный диабет — у 8 (25%), фибрилляция предсердий — у 4 (12,5%), метаболический синдром — у 2 (6,2%).

У одной половины больных ИИ был в правом полушарии, у второй — 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 ± 0,48 балла, то есть инсульт средней степени тяжести. При поступлении средний балл индекса мобильности Ривермид составил 5,4 ± 0,6, по шкале Рэнкина — 2,0 ± 0,3, по шкале Бартела — 69,1 ± 0,2. 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 (28,1%) больных.

Таблица 2

Мощность гамма-ритма у больных с полушарным ишемическим инсультом в острейшем периоде (1-е сутки) и в контрольной группе

Отведения, в зависимости от стороны поражения	Больные с ПИИ, абсолютная мощность, мкВ	Контрольная группа, абсолютная мощность, мкВ
Fp1	0,08 ± 0,01*	0,06 ± 0,01
Fp2	0,08 ± 0,01*	0,06 ± 0,01
F3	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
F4	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
C3	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
C4	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
P3	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
P4	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
O1	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
O2	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,02
F7	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
F8	0,07 ± 0,01**	0,04 ± 0,01
T3	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,01
T4	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01
T5	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01
T6	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01

Примечание: ПИИ — полушарный ишемический инсульт; **p* < 0,05; ***p* < 0,01.

Table 2

The power of the gamma-rhythm in patients with hemispheric ischemic stroke in the most acute period (the 1st day) and in the control group

Leads, depending on the side of the lesion	Patients with ischemic stroke/HIS, absolute power, μV	Control group, absolute power, μV
Fp1	0.08 ± 0.01*	0.06 ± 0.01
Fp2	0.08 ± 0.01*	0.06 ± 0.01
F3	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
F4	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
C3	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
C4	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01
P3	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01
P4	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01
O1	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01
O2	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.02
F7	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
F8	0.07 ± 0.01**	0.04 ± 0.01
T3	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.01
T4	0.05 ± 0.01	0.04 ± 0.01
T5	0.05 ± 0.01	0.04 ± 0.01
T6	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01

Note: HIS — hemispheric ischemic stroke; **p* < 0.05; ***p* < 0.01.

Когнитивные нарушения (КН) по шкале MoCA были выявлены у 26 (81%) больных в острейшем периоде. Средний балл при госпитализации по шкале MoCA — 19,8 ± 0,6 балла. 4 больных затруднялись при выполнении теста и шкал. Депрессивные нарушения выявлены у 15 (53%) больных, из которых тяжелая депрессия обнаружена у 1 больного; средний балл по шкале Бэка при госпитализации — 19,1 ± 1,8 балла. Исследование тревожности по тесту Спилбергера–Хани-

Таблица 3

Мощность гамма-ритма у больных с полушарным ишемическим инсультом в остром периоде (21-е сутки) и в контрольной группе

Отведения, в зависимости от стороны поражения	Больные с ПИИ, абсолютная мощность, мкВ	Контрольная группа, абсолютная мощность, мкВ
Fp1	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Fp2	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01
F3	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
F4	0,07 ± 0,01*	0,05 ± 0,01
C3	0,07 ± 0,01*	0,05 ± 0,01
C4	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
P3	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
P4	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
O1	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
O2	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,02
F7	0,07 ± 0,01*	0,05 ± 0,01
F8	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01
T3	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
T4	0,06 ± 0,01*	0,04 ± 0,01
T5	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01
T6	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01

Примечание: ПИИ — полушарный ишемический инсульт; сравнение с контрольной группой; * $p < 0,05$.

Table 3

The power of the gamma-rhythm in patients with hemispheric ischemic stroke in the acute period (the 21st day) and in the control group

Leads, depending on the side of the lesion	Patients with ischemic stroke/HIS, absolute power, μV	Control group, absolute power, μV
Fp1	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01
Fp2	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01
F3	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
F4	0.07 ± 0.01*	0.05 ± 0.01
C3	0.07 ± 0.01*	0.05 ± 0.01
C4	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
P3	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01
P4	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
O1	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
O2	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.02
F7	0.07 ± 0.01*	0.05 ± 0.01
F8	0.05 ± 0.01	0.04 ± 0.01
T3	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01
T4	0.06 ± 0.01*	0.04 ± 0.01
T5	0.05 ± 0.01	0.04 ± 0.01
T6	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01

Note: HIS — hemispheric ischemic stroke; as compared to the control group; * $p < 0.05$.

на показало, что в острейшем 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 в острейшем периоде ИИ показал изменения амплитудно-частотных характеристик гамма-ритма.

ЭЭГ больного с полушарным ИИ и здорового испытуемого представлены на рис. 1, 2.

Таблица 4

Мощность гамма-ритма у больных с полушарным ишемическим инсультом в острейшем и остром периодах

Отведения, в зависимости от стороны поражения	ПИИ Острейший период (1-е сутки)	ПИИ Острый период (21-е сутки)
Fp1	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01*
Fp2	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01
F3	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01
F4	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01
C3	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01
C4	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
P3	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
P4	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
O1	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
O2	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01
F7	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,01
F8	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01*
T3	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01*
T4	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
T5	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
T6	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01

Примечание: ПИИ — полушарный ишемический инсульт; сравнение с контрольной группой; * $p < 0,05$.

Table 4

The power of the gamma-rhythm in patients with hemispheric ischemic stroke in the most acute and acute periods

Leads, depending on the side of the lesion	HIS Most acute period (the 1 st day)	HIS Acute period (the 21 st day)
Fp1	0.08 ± 0.01	0.06 ± 0.01*
Fp2	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01
F3	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01
F4	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01
C3	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01
C4	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01
P3	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01
P4	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01
O1	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01
O2	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01
F7	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01
F8	0.07 ± 0.01	0.05 ± 0.01*
T3	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.01*
T4	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01
T5	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01
T6	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01

Note: HIS — hemispheric ischemic stroke; as compared to the control group; * $p < 0.05$.

Среднее значение пиковой частоты гамма-ритма у больных с полушарным ИИ в острейшем и остром периодах приведено в табл. 1.

Мощность гамма-ритма у больных с ИИ в острейшем и остром периодах и группе контроля представлена в табл. 2, 3, 4.

Как представлено в табл. 2, 3, в острейшем периоде при полушарном ишемическом инсульте было выявлено повышение мощности гамма-ритма в отведениях Fp1/Fp2, F8 в сравнении с контрольной группой. В остром периоде ПИИ также отмечалось

повышение мощности гамма-ритма в отведениях F4, C3, F7, T4 в сравнении с контрольной группой.

Как отражено в табл. 4, в остром периоде ИИ наблюдалось снижение мощности гамма-ритма в отведениях Fp1, F8, T3, в сравнении с острейшим периодом ($p < 0,05$).

Между значениями индекса гамма-ритма и когнитивными нарушениями обнаружены значимые корреляции при полушарном ИИ на частотном диапазоне 30–45 Гц. Пиковая частота гамма-ритма коррелировала со шкалой MoCA ($r = 0,45$); зрительно-пространственными, управляющими функциями ($r = 0,37$); речевыми функциями (назвать животное, повторение фраз) ($r = 0,26$); вниманием ($r = 0,46$); абстрактным мышлением ($r = 0,26$); памятью (отсроченное воспроизведение и кратковременная память) ($r = 0,57$); ориентацией во времени и пространстве ($r = 0,16$). Отмечалась взаимосвязь между мощностью гамма-ритма и шкалой MoCA в отведениях F4, C3/C4, F7/F8, T4, T6 ($r = -0,22$, $r = -0,21$, $r = -0,29$, $r = -0,21$, $r = -0,28$); зрительно-пространственными, регуляторными функциями в отведениях F3/F4, C3/C4, F7/F8, T4, T6 ($r = -0,30$, $r = -0,32$, $r = -0,34$, $r = -0,26$, $r = -0,33$); речевыми функциями (назвать животное, повторение фраз, беглость речи) в отведениях Fp1, F3, C3/C4, F8, T4, T5 ($r = -0,16$, $r = -0,15$, $r = -0,28$, $r = -0,24$, $r = -0,37$, $r = -0,21$); вниманием в отведениях Fp1, F3, C3, O1/O2, F7, T3, T5/T6 ($r = 0,31$, $r = 0,18$, $r = 0,16$, $r = 0,20$, $r = 0,26$, $r = 0,23$, $r = 0,21$); абстрактным мышлением в отведениях Fp2, F3/F4, C3/C4, F7/F8, T3/T4, T5/T6 ($r = -0,36$, $r = -0,20$, $r = -0,29$, $r = -0,34$, $r = -0,23$, $r = -0,29$); памятью (отсроченное воспроизведение и кратковременная память) в отведениях C3, F7, T6 ($r = -0,16$, $r = -0,24$; $r = -0,28$); ориентацией во времени и пространстве в отведениях C3/C4 ($r = -0,16$) ($p < 0,05$).

Обнаружена взаимосвязь между пиковой частотой гамма-ритма и СТ, ЛТ, депрессией ($r = -0,15$, $r = -0,21$, $r = -0,24$), связь между мощностью гамма-ритма и ситуативной тревожностью в отведениях F4, C3, O1/O2, F7/F8 ($r = -0,24$, $r = -0,15$, $r = -0,18$, $r = -0,23$), личностной тревожностью в отведениях F4, C3, F7/F8, T6 ($r = -0,24$, $r = -0,16$, $r = -0,28$, $r = -0,21$), депрессией в отведениях Fp1/Fp2, F3/F4, C3, O1, F7, T3/T4 ($r = -0,26$, $r = -0,19$, $r = -0,17$, $r = -0,24$, $r = -0,15$, $r = -0,27$) ($p < 0,05$).

Заключение. Математический анализ ЭЭГ больных с полушарным ишемическим инсультом показал отклонения в показателях высокочастотной активности мозга—гамма-ритма в диапазоне 30–45 Гц, в сравнении с контрольной группой. Нами установлено повышение мощности гамма-ритма при полушарном ИИ в острейшем и остром периодах в сравнении 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 раздражения коры за счет формиро-

вания очага ишемии, нарушения межполушарных связей, в частности между височными и лобными отделами коры, нарушения функции стволово-таламо-кортикальной «модулирующей системы мозга».

Также у больных с полушарным ИИ отмечены статистически значимые корреляции между когнитивными, тревожно-депрессивными расстройствами и индексом гамма-ритма в лобных и центрально-височных областях в частотном диапазоне 30–45 Гц ($p < 0,05$).

По нашему мнению, в комплекс обследования больных целесообразно включать, помимо клинического, нейропсихологического исследования, математический анализ данных ЭЭГ, что может быть важно для определения прогноза заболевания и реабилитации.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Данилова Н.Н., Астафьев С.В. Внимание человека как специфическая связь ритмов ЭЭГ с волновыми модуляторами сердечного ритма. *Журнал высшей нервной деятельности*. 2000;50(5):791–803. [Danilova N.N., Astafiev S.V. Human attention as a specific connection of EEG rhythms with wave modulators of the heart rate. *Journal of higher nervous activity*. 2000;50(5):791–803. (In Russian)].
2. 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. *Siberian Psychological Journal*. 2012;(45):98–103. (In Russian)].
3. 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.V., Svetlik M.V., Krutenkova E.P. Correlation of intelligence and accuracy of time perception with high-frequency electrical activity of the brain. *Bulletin of Tomsk State Pedagogical University*. 2009;2(80):91–95. (In Russian)].
4. Сорокина Н.Д., Перцов С.С., Селицкий Г.В. Высокачестотная биоэлектрическая активность головного мозга в диагностике эпилепсии. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 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. *Epilepsy and paroxysmal conditions*. 2018;10(3):006–013. (In Russian)]. <https://doi.org/10.17749/2077-8333.2018.10.3.006-013>
5. Bragin A., Jandó G., Nádasdy Z., Hetke J., Wise K., Buzsáki G. Gamma (40–100 Hz) oscillation in the hippocampus of the behaving rat. *Journal of Neuroscience*. 1995;15(1):47–60. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.15-01-00047.1995>.
6. Tort A.B., Kramer M.A., Thorn C., Gibson D.J., Kubota Y., Graybiel A.M. et al. Dynamic crossfrequency couplings of local field potential oscillations in rat striatum and hippocampus during performance of a T-maze task. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. 2008;105(51):20517–22. <https://doi.org/10.1073/pnas.0810524105>.
7. Gray C.M., Singer W. Stimulus-specific neuronal oscillations in orientation columns of cat visual cortex. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. 1989;86(5):1698–1702. <https://doi.org/10.1073/pnas.86.5.1698>.

8. Chrobak J.J., Buzsáki G. Gamma oscillations in the entorhinal cortex of the freely behaving rat. *Journal of Neuroscience*. 1998;18(1):388–398; <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.18-01-00388.1998>.
9. Popescu A.T., Popa D., Paré D. Coherent gamma oscillations couple the amygdala and striatum during learning. *Nature Neuroscience*. 2009;12(6):801–807. <https://doi.org/10.1038/nn.2305>.
10. 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):6552–56. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5521-12.2013>.
11. Pinault D., Deschênes M. Voltage-dependent 40-Hz oscillations in rat reticular thalamic neurons in vivo. *Neuroscience*. 1992;51(2):245–258. [https://doi.org/10.1016/0306-4522\(92\)90312-P](https://doi.org/10.1016/0306-4522(92)90312-P).
12. Данилова Н.Н. Роль высокочастотных ритмов электрической активности мозга в обеспечении психических процессов. *Психология. Журнал Высшей школы экономики*. 2006;3(2):62–72. [Danilova N.N. The role of high-frequency rhythms of electrical activity of the brain in mental processes. *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*. 2006;3(2):62–72. (In Russian)].
13. Banquet J.P. Spectral analysis of the EEG meditations. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1973;35:143–151. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(73\)90170-3](https://doi.org/10.1016/0013-4694(73)90170-3)
14. Crick F., Koch Ch. Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature*. 1995;375(11):121–123.
15. Pulvermuller F., Priessl H., Lutzenberger W. et al. Spectral responses in the gamma-band: physiological signs of higher cognitive processes? *Neuro Report*. 1995;6:2057–2064.
16. Singer W. Response synchronization of cortical neurons: an epiphenomenon or solution to the binding problem? *IBRO News*. 1991;19(1):6–7.
17. 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. *Journal of higher nervous activity*. 2015;65(5):616–625. (In Russian)].
18. 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; <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1948-06.2006>
19. 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. *Moscow University Bulletin. Series 14. Psychology*. 2001;1:51–64. (In Russian)].
20. Полунина А.Г. Показатели электроэнцефалограммы при оценке когнитивных функций. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2012;7(112):74–82. [Polunina A.G. Indicators of electroencephalogram in the assessment of cognitive functions. *Journal of Neurology and Psychiatry S.S. Korsakov*. 2012;7(112):74–82. (In Russian)].
21. Бушов Ю.В. Высокочастотная электрическая активность мозга и восприятие времени. Ю.В. Бушов, М.В. Светлик, Е.П. Крутенкова. Томск: Том. гос. ун-т; 2009. [Bushov Yu.V. High-frequency electrical activity of the brain and perception of time. Yu.V. Bushov, M.V. Svetlik, E.P. Krutenkova; Tomsk: Tom. state un-t; 2009. (In Russian)]. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000395559>.
22. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография-Таганрог: Издательство ТРТУ. 2000:640. [Gnezditskiy V.V. Alternative task of EEG and clinical electroencephalography. Taganrog: Publishing house TRTU. 2000:640. (In Russian)].
23. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография. Москва: «МЕДпресс-информ»; 2002:368. [Zenkov L.R. Clinical electroencephalography. Moscow: «MEDpress-inform»; 2002:368. (In Russian)].
24. Новикова Л.Б., Шарапова 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. *Neurological Bulletin*. 2019;LI(3):43–50. (In Russian)].
25. Новикова Л.Б., Шарапова К.М. Математический анализ электроэнцефалографии больных, перенесших церебральный инсульт. *Медицинский алфавит*. 2020;(1):55. [Novikova L.B., Sharapova K.M. Mathematical analysis of electroencephalography of patients with cerebral stroke. *Medical alphavet*. 2020;(1):55. (In Russian)].
26. Новикова Л.Б., Шарапова 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. *Pharmateca*. 2018;5(358):54–58. (In Russian)].
27. Электроэнцефалография. Под ред. М.В. Александрова. СПб: Стратегия будущего; 2019:209. [Electroencephalography edited by M.V. Alexandrova. Saint Petersburg: Strategy of the Future; 2019:209. (In Russian)].

Поступила 26.08.20

Принята к печати 17.09.20