

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ СЕМИОТИКА СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА У БОЛЬНЫХ С ЭПИЛЕПСИЕЙ НА ЭТАПАХ ГОСПИТАЛИЗАЦИИ И НАБЛЮДЕНИЯ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ НЕВРОЛОГИЧЕСКОМ СТАЦИОНАРЕ

Александр Александрович Мельников^{1✉}, Наталья Валерьевна Климова²,
Валерий Владиславович Ховрин³, Виктор Владимирович Дьяченко⁴

^{1,4}Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского, Москва, Россия

^{2,3}Сургутская областная клиническая больница, Сургут, Россия

²Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

¹alexradiology@rambler.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0008-7409-0957>

²knv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4589-6528>

³valery@vkhovrin.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6720-4126>

⁴vikovod@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6768-2442>

Аннотация. Представлены результаты изучения по данным высокопольной МРТ (3Тл) частоты и спектра структурных патологических изменений в головном мозге у 221 взрослого пациента (109 мужчин и 112 женщин), госпитализированных в стационар Научно-клинического центра № 2 Российского научного центра хирургии им. акад. Б. В. Петровского в период с 2018 по 2023 гг., с наиболее частыми формами диагноза «эпилепсия» (G40) – фокальная, генерализованная и неуточненная. Установлено, что доминирующей формой заболевания со структурными изменениями головного мозга является фокальная (G40.1) эпилепсия, показана целесообразность использования нескольких 3D-изовоксельных импульсных последовательностей в составе эпипротоккола для индикации и наблюдения сложных аномалий развития коры головного мозга и необходимость продолжения исследований в данном направлении.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, эпилепсия

Шифр специальности: 3.1.25. Лучевая диагностика.

Для цитирования: Мельников А. А., Климова Н. В., Ховрин В. В., Дьяченко В. В. Магнитно-резонансная семиотика структурных изменений головного мозга у больных с эпилепсией на этапах госпитализации и наблюдения в специализированном неврологическом стационаре // Вестник СурГУ. Медицина. 2024. Т. 17, № 4. С. 23–27. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2024-4-3>.

Original article

MAGNETIC RESONANCE SEMIOTICS OF STRUCTURAL BRAIN CHANGES IN PATIENTS WITH EPILEPSY DURING ADMISSION AND OBSERVATION IN SPECIALIZED NEUROLOGICAL HOSPITAL

Aleksandr A. Melnikov^{1✉}, Natalya V. Klimova², Valery V. Khovrin³, Viktor V. Dyachenko⁴

^{1,4}Russian Research Center of Surgery Named after Academician B. V. Petrovsky, Moscow, Russia

^{2,3}Surgut Regional Clinical Hospital, Surgut, Russia

²Surgut State University, Surgut, Russia

¹alexradiology@rambler.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0008-7409-0957>

²knv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4589-6528>

³valery@vkhovrin.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6720-4126>

⁴vikovod@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-6768-2442>

Abstract. The study examines the frequency and spectrum of structural pathological changes in the brain in 221 adult patients (109 men and 112 women) based on high-field MRI (3T) data. The patients were hospitalized at the Research and Clinical Center No. 2 of the Russian Research Center of Surgery Named after Academician B. V. Petrovsky between 2018 and 2023. Most of them were diagnosed with "epilepsy" (G.40): focal, generalized and unspecified. Studies show that focal (G40.1) epilepsy is the dominant form of the disease with structural changes in the brain. The feasibility of using several 3D isovoxel pulse sequences as part of an epilepsy protocol for the indication and observation of complex anomalies of cortical development and the need to continue research in this direction have been shown.

Keywords: magnetic resonance imaging, MRI, epilepsy

Code: 3.1.25 Radiation Therapy.

For citation: Melnikov A. A., Klimova N. V., Khovrin V. V., Dyachenko V. V. Magnetic resonance semiotics of structural brain changes in patients with epilepsy during admission and observation in specialized neurological hospital. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2024;17(4):23–27. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2024-4-3>.

ВВЕДЕНИЕ

Эпилепсия является распространенным заболеванием центральной нервной системы и одной из самых частых причин необратимой инвалидизации. Согласно актуальной классификации Всемирной противэпилептической лиги 2022 г. (International League Against Epilepsy – ILAE) эпилепсия подразделяется на фокальную, генерализованную, комбинированную и неуточненную. Магнитно-резонансная томография (МРТ) является наиболее чувствительным методом для обнаружения органических эпилептических поражений головного мозга (ГМ), позволяет выявить минимальные структурные изменения в коре ГМ и при необходимости уточнить границы предполагаемой зоны оперативного вмешательства, что в клинической практике сместило акцент с преобладания электрофизиологических методов в пользу мультидисциплинарного подхода. МРТ стала основным методом ведения пациентов с фармакорезистентной эпилепсией, так как идентификация четких границ повреждения при помощи МРТ позволяет добиться благоприятного исхода после операции, выражающегося в полном купировании приступов [1–3].

На сегодняшний день очевидно, что МРТ-диагностика эпилепсии должна включать дополнительные импульсные последовательности (ИП) для выявления минимальных структурных изменений в веществе ГМ, таких как склероз гиппокампа, небольшие мальформации кортикального развития, сосудистые мальформации, мелкие кисты [4]. Оптимизированные протоколы МРТ-исследования ГМ при эпилепсии обладают значительным преимуществом по сравнению со стандартным исследованием.

Роль МРТ в диагностике эпилепсии на текущий момент находится на стадии анализа и регулярного пополнения новыми данными, и единых стандартов комплексного эпилептологического МРТ-исследования ГМ не существует. Наблюдаемая в России тен-

денция внедрения высокопольной МРТ с напряженностью магнитного поля 3 Тесла (3Тл) в крупные стационары требует «коллективного» осмысления и разработки новых диагностических подходов к решению сложных практических проблем в неврологии и эпилептологии.

Цель – изучение частоты и спектра структурных патологических изменений в головном мозге у взрослых больных с эпилепсией по данным высокопольной МРТ (3Тл) на этапе госпитализации и лечения в специализированном эпилептологическом стационаре.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были проанализированы данные МРТ от 221 пациента (109 мужчин и 112 женщин), находившихся в стационаре Научно-клинического центра № 2 Российского научного центра хирургии им. акад. Б. В. Петровского (НКЦ № 2) в период с 2018 по 2023 гг., госпитализированных с диагнозом «эпилепсия» (G.40) и ее наиболее частыми формами – фокальной, генерализованной и неуточненной (G40.1, G40.3, G40.9). Возрастной диапазон составил от 20 до 80 лет ($58,4 \pm 6,8$). Форму эпилепсии устанавливали в соответствии с международной классификацией ILAE 2022 г. Для описания приступов использовали семиологическую классификацию по Н. Luders [6]. Нейрорадиологическое обследование проводилось на МР-томографах Siemens «Magnetom verio» 3.0 T (Siemens, Германия) и Philips «Ingenia» 3.0 T (Philips, Нидерланды). Было использовано 2 эпилептологических МР-протокола (№ 1 и 2), различные в наборе ИП. Характеристики ИП на МР-томографах Siemens «Magnetom verio» 3.0 T и Philips «Ingenia» 3.0 T представлены в табл. 1–2 соответственно. Оценка полученных изображений на предмет наличия патологии и анатомических особенностей строения ГМ проводилась на рабочей станции Philips IntelliSpace Portal 10 (Philips, Нидерланды).

Таблица 1

Характеристики эпилептологического протокола № 1 для сканирования МРТ больных с эпилепсией

Тип изображения	ИП	Плоскость	TE, мс	TR, мс	FOV, мм	Толщина, мм	Матрица, мм
Томограф Siemens «Magnetom verio» 3.0 T							
flair_cor	FLAIR	cor	93.0	7 000	300	4.0	1.2 × 1.2 × 4.0
flair_sag	FLAIR	sag	93.0	9 000	300	4.0	1.2 × 1.2 × 4.0
t2_fl2d_tra_hemo	Hemo	tra	19.90	718	250	4.0	1.2 × 1.0 × 4.0
t2_tse_cor_320_p2	T2	cor	96.0	6 350	240	4.0	0.8 × 0.8 × 4.0

Окончание табл. 1

Тип изображения	ИП	Плоскость	TE, мс	TR, мс	FOV, мм	Толщина, мм	Матрица, мм
Томограф Siemens «Magnetom verio» 3.0 T							
t2_tse_tra_320_p2	T2	tra	96.0	5 430	230	4.0	0.7 × 0.7 × 4.0
ep2d_diff_3scan_trace_p2	DWI	tra	100	7 300	240	5.0	1.3 × 1.3 × 5.0
spc_ir_sag_p2_iso*	IR	sag	383	4 000	250	1.0	1.0 × 1.0 × 1.0
t1_tir_cor	T1	cor	9.4	2 500	220	4.0	0.9 × 0.7 × 4.0
t1_tir_tra	T1	tra	12	2 500	220	4.0	0.9 × 0.7 × 4.0
Время сканирования							29 минут
Всего (больных)							n = 87

Примечание: ИП – импульсные последовательности; * – единственная изовоксельная последовательность в составе протокола – IR (Inversion Recovery). Составлено авторами.

Таблица 2

Характеристики эпилептологического протокола № 2 для сканирования МРТ больных с эпилепсией

Тип изображения	ИП	Плоскость	TE, мс	TR, мс	FOV, мм	Толщина, мм	Матрица, мм
Томограф Philips «Ingenia» 3.0 T							
sT1W_3D_IR_TFE_tra	IR	tra	3.5	7.9	250	1.0	1.0 × 1.0 × 1.0
DWI_TRA	DWI	tra	96	4321	220	3.0	1.8 × 1.8 × 3.0
T2W_TRA	T2	tra	108	4000	230	4.0	0.6 × 0.6 × 4.0
3D_EPI_SWI	SWI	tra	45	25	146	0.6	0.6 × 0.6 × 0.6
3D_Brain_VIEW_FLAIR	FLAIR	tra	340	4800	250	1.1	1.1 × 1.1 × 1.1
3D_Brain_VIEW_DIR_SHC	DIR	tra	276	5500	250	1.3	1.2 × 1.2 × 1.3
3D_T1W_SAG_MPR	T1	sag	28	600	250	1.0	1.0 × 1.0 × 1.0
Время сканирования:							32 минуты
Всего (больных)							n = 134

Примечание: ИП – импульсные последовательности; * – изовоксельные последовательности в составе протокола – T1, SWI, FLAIR, IR. Составлено авторами.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 1.2.0. Характер распределения значений количественных признаков оценивался с помощью критерия Шапиро – Уилка. В тех случаях, когда полученные данные не имели нормального распределения, в качестве оценки использовались медиана (Me) и интерквартильный размах. Сравнение двух групп по количественному показателю, имеющему нормальное распределение, при условии равенства дисперсий выполнялось с помощью методов непараметрической статистики – t-критерия Стьюдента, при неравных дисперсиях – с помощью t-критерия Уэлча. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна – Уитни. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$. Получено согласие этического комитета Сургутского государственного университета на публикацию материала.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У больных с фокальной, генерализованной и неуточненной эпилепсией был изучен спектр патологических изменений ГМ (табл. 3). Наибольшая частота и широкий спектр структурной патологии был зарегистрирован в группе больных с фокальной эпилепсией, что является закономерным отражением патофизиологической составляющей заболевания. Аномалии кортикального развития (фокальная корковая дисплазия (ФКД), дисгирии, гетеротопии) ГМ встречались только в группе больных с фокальной

эпилепсией и отсутствовали у больных с генерализованной и неуточненной эпилепсией, что может в перспективе выступать инструментальным маркером фокальной формы. Достоверно можно рассматривать отдельные структурные патологические изменения (склероз гиппокампа, атрофия, глиозоневральные рубцы) в качестве постоянных «спутников» фокальной эпилепсии. Глиозоневральные рубцы зачастую представляют собой стереотипный общепатологический исход и организацию повреждений мозговой ткани, вызванных инсультом, травмой, инфекциями или операцией. Высокая частота глиозоневральных рубцов у больных с фокальной эпилепсией может объясняться с позиции инициации потенциальных эпилептогенных зон за счет их вовлечения в патологический процесс (травма, инфекции, инсульты, последствия операции). Стоит отметить, что у трех больных с фокальной эпилепсией были зарегистрированы опухоли ГМ, а именно мультинодулярная и вакуолизирующая нейрональная опухоль, кавернома и менингиома. Данное наблюдение демонстрирует патофизиологическую связь между объемными образованиями ГМ различной природы с инициацией фокальной эпилепсии, что в свою очередь может найти объяснение в топографической локализации объемного процесса и близкой дистанции с функционально-значимыми отделами мозга. Специфических МР-структурных маркеров в группах больных с генерализованной и неуточненной формами эпилепсии выявлено не было, что не противоречит данным общемировых литературных источников [5–8].

Таблица 3

Частота и спектр МР-патологических очагов в головном мозге у больных с эпилепсией

МР-патология	Форма эпилепсии, абс. (%)			Всего (n = 221)	p
	Симптоматическая фокальная эпилепсия (n = 194)	Генерализованная эпилепсия (n = 18)	Неуточненная эпилепсия (n = 19)		
ФКД 1-го типа	4 (2,0)	0 (0)	0 (0)	4 (1,8)	0,625
ФКД 2-го типа	5 (2,5)	0 (0)	0 (0)	5 (2,3)	0,120
Гетеротопии	7 (3,7)	0 (0)	0 (0)	7 (3,2)	0,092
Дисгиирии	1 (0,5)	0 (0)	0 (0)	1 (0,4)	0,980
Склероз гиппокампа	18 (9,4)*	1 (5,5)	0 (0)	19 (8,6)	0,048*
Атрофия	15 (7,7)*	0 (0)	2 (10,5)	17 (7,7)	0,045*
Опухоли	3 (1,5)	0 (0)	0 (0)	3 (1,3)	0,356
Глиозоневральные рубцы	32 (16,5)*	0 (0)	0 (0)	32 (14,4)	0,012*
Неспецифические	16 (8,2)	4 (22,2)	1 (5,3)	21 (9,5)	0,578
Без очагов	93 (48,0)	13 (72,3)	16 (84,2)	148 (66,9)	0,897

Примечание: ФКД – фокальная корковая дисплазия. Составлено авторами.

Анализируя возможности выявляемости структурной патологии с использованием эпипротоколов № 1 и 2, можно заключить, что частота выявления ФКД 2-го типа и склероз гиппокампа была выше при использовании эпипротоккола № 2, при этом статистически значимых различий между исследованными группами зарегистрировано не было (табл. 4). Реконструкции, полученные по программам 3D-сканирования, позволили оценить структуры ГМ во всех нестандартных проекциях (реконструкция аксиаль-

ных и коронарных срезов через плоскость гиппокампа либо построение реконструкций через интересующую извилину в случае подозрения на наличие ФКД) без потери качества изображений. Наибольший практический интерес представляет высокая детализация полученных изображений с возможностью наиболее подробной оценки архитектоники тканей ГМ в различных проекциях на наличие врожденных аномалий коры (ФКД, гетеротопии, полимикригии), изменений амигдалогиппокампальных зон.

Таблица 4

Анализ выявленных патологических МР-структурных изменений в головном мозге по данным сканирования эпипротоколов № 1 и 2

МР-патология	p	Больные с эпилепсией, n=221			
		Эпипротоккол № 1 (n = 87)		Эпипротоккол № 2 (n = 134)	
		абс.	%	абс.	%
ФКД 1-го типа	0,124	1	1,1	3	2,2
ФКД 2-го типа	0,088	1	1,1	4	3,0
Гетеротопии	0,140	3	3,4	4	3,0
Дисгиирии	0,752	0	0	1	0,7
Склероз гиппокампа	0,069	7	8,0	12	8,9
Атрофия	0,769	7	8,0	10	7,5
Опухоли	0,690	1	1,1	2	1,5
Глиозоневральные рубцы	0,881	10	11,4	20	14,1
Неспецифические	0,673	8	9,2	13	9,7
Без очагов	0,568	65	56,7	90	49,4

Примечание: ФКД – фокальная корковая дисплазия. Составлено авторами.

Анализируя табл. 4, можно сделать промежуточный вывод о повышении диагностических возможностей эпипротоккола МРТ с несколькими изовоксельными последовательностями (T1, SWI, FLAIR, IR) по сравнению с протоколом сканирования, в составе которого была единственная изовоксельная последовательность (IR).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявленные патологические изменения в ГМ у больных с эпилепсией по данным

МРТ демонстрируют тот факт, что доминирующей формой заболевания со структурными изменениями ГМ является фокальная (G40.1) эпилепсия. Данная закономерность во многом предсказуема в силу самой причины фокальной эпилепсии, генез которой сфокусирован на морфологическом субстрате. Использование нескольких 3D-изовоксельных импульсных последовательностей повышает точность нейрорадиологического МРТ-сканирования. Частота обнаружения изменений, а также возможность построения мультипланарных реконструкций в любой плоскости

позволяет с большей вероятностью установить возможную причину эпилепсии. Показана целесообразность использования нескольких изовоксельных последовательностей в составе эпилептопротокола для индикации и наблюдения сложных аномалий развития коры головного мозга, что требует продолжения исследований в данном направлении. Отсутствие специфических МР-патологических изменений

у больных с генерализованной и неуточненной эпилепсией доказывает сложный генез заболевания, в основе которого лежат функциональные нарушения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Авакян Г. Н., Блинов Д. В., Алиханов А. А. и др. Рекомендации Российской противоэпилептической лиги (РПЭЛ) по использованию магнитно-резонансной томографии в диагностике эпилепсии // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2019. Т. 11, № 3. С. 208–232.
2. Болезни мозга – медицинские и социальные аспекты : материалы междунар. конф. / под ред. Е. И. Гусева, А. Б. Гехта. М. : Буки-Веди, 2016. 767 с.
3. Мельников А. А., Климова Н. В., Воронкова К. В. История и эволюция методов нейровизуализации в эпилептологии // Вестник СурГУ. Медицина. 2024. Т. 17, № 1. С. 21–25.
4. Bernasconi A., Cendes F., Theodore W. H. Recommendations for the use of structural magnetic resonance imaging in the care of patients with epilepsy: A consensus report from the International League Against Epilepsy Neuroimaging Task Force // *Epilepsia*. 2019. Vol. 60, no. 6. P. 1054–1068. <https://doi.org/10.1111/epi.15612>.
5. Blümcke I., Arzimanoglou A., Beniczky S. et al. Roadmap for a competency-based educational curriculum in epileptology: Report of the epilepsy education task force of the international league against epilepsy // *Epileptic Disorders*. 2019. Vol. 21, no. 2. P. 129–140. <https://doi.org/10.1684/epd.2019.1039>.
6. Lüders H., Acharya J., Baumgartner C. et al. Semiological seizure classification // *Epilepsia*. 1998. Vol. 39, no. 9. P. 1006–1013. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1157.1998.tb01452.x>.
7. Middlebrooks E. H., Hoef L. V., Szaflarski J. P. Neuroimaging in epilepsy // *Current Neurology and Neuroscience Reports*. 2017. Vol. 17. P. 32. <https://doi.org/10.1007/s11910-017-0746-x>.
8. Rüber T., David B., Elger C. E. MRI in epilepsy: Clinical standard and evolution // *Current Opinion in Neurology*. 2018. Vol. 31. P. 223–231. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000539>.

REFERENCES

1. Avakyan G. N., Blinov D. V., Alikhanov A. A. et al. Recommendations of the Russian League Against Epilepsy (RLAE) on the use of magnetic resonance imaging in the diagnosis of epilepsy. *Epilepsy and paroxysmal conditions*. 2019;11(3):208–232. (In Russ.).
2. Gusev E. I., Gekhta A. B., eds. *Bolezni mozga – meditsinskie i sotsialnye aspekty*. In: *Proceedings of International Conference*. Moscow: Buki-Vedi; 2016. 767 p. (In Russ.).
3. Melnikov A. A., Klimova N. V., Voronkova K. V. History and evolution of neuroimaging methods in epileptology. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2024;17(1):21–25. (In Russ.).
4. Bernasconi A., Cendes F., Theodore W. H. Recommendations for the use of structural magnetic resonance imaging in the care of patients with epilepsy: A consensus report from the International League Against Epilepsy Neuroimaging Task Force. *Epilepsia*. 2019;60(6):1054–1068. <https://doi.org/10.1111/epi.15612>.
5. Blümcke I., Arzimanoglou A., Beniczky S. et al. Roadmap for a competency-based educational curriculum in epileptology: Report of the Epilepsy Education Task Force of the International League Against Epilepsy. *Epileptic disorders*. 2019;21(2):129–140. <https://doi.org/10.1684/epd.2019.1039>.
6. Lüders H., Acharya J., Baumgartner C. et al. Semiological seizure classification. *Epilepsia*. 1998;39(9):1006–1013. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1157.1998.tb01452.x>.
7. Middlebrooks E. H., Hoef L. V., Szaflarski J. P. Neuroimaging in epilepsy. *Current Neurology and Neuroscience Reports*. 2017;17:32. <https://doi.org/10.1007/s11910-017-0746-x>.
8. Rüber T., David B., Elger C. E. MRI in epilepsy: Clinical standard and evolution. *Current opinion in Neurology*. 2018;31:223–231. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000539>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

А. А. Мельников – кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог.

Н. В. Климова – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой, заведующая отделением.

В. В. Ховрин – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник, врач-рентгенолог.

В. В. Дьяченко – заведующий отделением, врач-рентгенолог.

ABOUT THE AUTHORS

A. A. Melnikov – Candidate of Sciences (Medicine), Radiologist.

N. V. Klimova – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Department.

V. V. Khovrin – Doctor of Sciences (Medicine), Chief Researcher, Radiologist.

V. V. Dyachenko – Head of the Department, Radiologist.