

EDN: KSJGPQ

DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_2_81

УДК 616-006



ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОМУ МОНИТОРИНГУ ПАЦИЕНТОВ С ГЛИОМАМИ НИЗКОЙ СТЕПЕНИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННОСТИ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Владислав Владимирович Раменский¹

✉ramenv@mail.ru, orcid.org/0000-0002-6869-5078, SPIN-код: 2418-9757

Алексей Юрьевич Улитин^{1,2}

ulitinaleks@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8343-4917, SPIN-код: 7709-9500

Вячеслав Яковлевич Кальменс¹

vjkalmen@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-3500-5325, SPIN-код: 6379-2384

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 197341)

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Кирочная, д. 41, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 191015)

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. Понимание нелинейного процесса прогрессирования глиом низкой степени злокачественности (ГНСЗ) диктует необходимость выявления факторов, оказывающих влияние на их биологическое поведение, и пересмотра общепринятых рекомендаций, касающихся их магнитно-резонансного (МР) мониторинга. Раннее выявление продолженного роста опухоли, в том числе злокачественной трансформации, до того, как появятся первые симптомы и возникнет неврологический дефицит, – основная цель наблюдения после резекции опухоли. В настоящее время оптимальная частота выполнения контрольных МР-исследований для пациентов с ГНСЗ четко не определена.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Группа исследования состояла из 52 пациентов с ГНСЗ супратенториальной локализации, перенесших повторную операцию по поводу прогрессирующих ГНСЗ в период с 2019 по 2023 г. Критерии включения: возраст на момент постановки диагноза старше 18 лет; гистологически и молекулярно-генетически верифицированные ГНСЗ; отсутствие накопления опухоли контраста по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) перед первой операцией; индекс накопления радиофармпрепарата по данным позитронно-эмиссионной компьютерной томографии (ПЭТ-КТ) с метионином менее 1,7; уровень экспрессии Ki-67 менее 6 %; отсутствие пролиферации сосудов и набухания эндотелия. Для выявления факторов, влияющих на безрецидивный период жизни ГНСЗ, был проведен анализ пери- и послеоперационного лечения. Сравнительный анализ данных и статистическая обработка проводились с использованием теста χ^2 и модели пропорциональных рисков (метода регрессии Кокса) у пациентов с прогрессией.

РЕЗУЛЬТАТЫ. На основании полученных данных предложены графики МРТ-контроля для пациентов после первоначального лечения. После хирургической резекции без адьювантного лечения рекомендуемый интервал МРТ-исследований для пациентов с ГНСЗ составляет каждые 3–4 месяца до ее прогрессирования, при этом у пациентов с олигодендроглиомой, перенесших тотальную резекцию, либо получивших комбинацию лучевой терапии и химиотерапии, предпочтительно проводить МРТ каждые 6–9 месяцев после операции до прогрессирования опухоли. Для пациентов с астроцитомой рекомендуется проводить МРТ-контроль каждые 3–4 месяца, независимо от степени резекции, и каждые полгода для больных, получивших комбинацию лучевой терапии и химиотерапии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Используемый график МР-мониторинга должен учитывать индивидуальные особенности как пациента с ГНСЗ, так и самой опухоли. Определение оптимальных сроков МРТ-исследований имеет решающее значение для раннего выявления злокачественной трансформации и (или) прогрессирования опухоли.

Ключевые слова: глиома низкой степени злокачественности, магнитно-резонансный мониторинг, злокачественная трансформация, рецидив, астроцитома, олигодендроглиома

Для цитирования: Раменский В. В., Улитин А. Ю., Кальменс В. Я. Персонализированный подход к магнитно-резонансному мониторингу пациентов с глиомами низкой степени злокачественности после хирургического лечения // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2025. Т. XVII, № 2. С. 81–90. DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_2_81.

A PERSONALIZED APPROACH TO MR MONITORING OF PATIENTS
WITH LOW-GRADE GLIOMAS AFTER SURGICAL TREATMENTVladislav V. Ramensky¹

✉ramenv@mail.ru, orcid.org/0000-0002-6869-5078, SPIN-code: 2418-9757

Aleksy Yu. Ulitin^{1,2}

ulitinaleks@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8343-4917, SPIN-code: 7709-9500

Vyacheslav Ya. Kalmens¹

vjkalmens@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-3500-5325, SPIN-code: 6379-2384

¹ Almazov National Medical Research Centre (2 Akkuratova street, St. Petersburg, Russian Federation, 197341)² North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov
(41 Kirochnaya street, St. Petersburg, Russian Federation, 191015)

Abstract

INTRODUCTION. Understanding the nonlinear process of progression of low grade gliomas (LGG) necessitates the identification of factors that influence their biological behavior and the revision of commonly accepted recommendations regarding their MR monitoring. Early detection of continued tumor growth, including malignant transformation, before the first symptoms appear and neurological deficits develop is the main goal of surveillance after tumor resection. At present, the optimal frequency of follow-up MR examinations for patients with LGG has not been clearly defined.

MATERIALS AND METHODS. The study group consisted of 52 patients with LGG of supratentorial localization who underwent reoperation for advanced LGG between 2019 and 2023. Inclusion criteria: age at the time of diagnosis older than 18 years; histologically and molecularly genetically verified LGG; no tumor contrast accumulation according to MRI before the first surgery; radiopharmaceutical accumulation index according to PET-CT with methionine less than 1.7; Ki-67 expression level less than 6 %; no vascular proliferation and endothelial swelling. To identify the factors influencing the recurrence-free survival of LGG, the peri- and postoperative treatment was analyzed. Comparative data analysis and statistical processing was performed using χ^2 test and proportional hazards model in patients with progression.

RESULTS. Based on the findings, MRI follow-up schedules for patients after initial treatment are proposed. After surgical resection without adjuvant treatment, the recommended interval of MRI studies for patients with LGG is every 3–4 months until its progression, while in patients with oligodendroglioma who underwent total resection or received a combination of radiation therapy and chemotherapy, it is preferable to perform MRI every 6–9 months after surgery until tumor progression. For patients with astrocytoma it is recommended to perform MRI control every 3–4 months regardless of the degree of resection and every six months for patients who have received a combination of radiation therapy and chemotherapy.

CONCLUSION. The MR monitoring schedule used should take into account the individual characteristics of both the patient with LGG and the tumor itself. Determination of optimal timing of MR studies is crucial in early detection of malignant transformation and/or tumor progression.

Keywords: low grade glioma, MR monitoring, malignant transformation, recurrence, astrocytoma, oligodendroglioma

For citation: Ramensky V. V., Ulitin A. Yu., Kalmens V. Ya. A personalized approach to MR monitoring of patients with low-grade gliomas after surgical treatment. *Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov*. 2025;XVII(2):81–90. (In Russ.). DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_2_81.

Введение

Высокая частота прогрессирования, различная длительность безрецидивного периода, неуклонная тенденция к озлокачанию low-grade-глиальных опухолей диктуют необходимость выявления факторов, оказывающих влияние на их биологическое поведение, и пересмотра общепринятых рекомендаций, касающихся их магнитно-резонансного (МР) мониторинга. Термин «глиомы низкой степени злокачественности» (ГНСЗ) стал широко использоваться несколько лет назад, основываясь на условно доброкачественном характере диффузных опухолей, которые име-

ют более благоприятный прогноз в сравнении с глиомами Grade III/IV. Классификация опухолей центральной нервной системы (ЦНС) 2021 г. включает в себя два типа ГНСЗ Grade II: астроцитома с мутацией *IDH* (*IDH* mut), олигодендроглиома с *IDH* mut и коделецией 1p/19q [1–3].

Целью наблюдения после первоначальной резекции либо после лечения прогрессирующей ГНСЗ является раннее выявление продолженного роста опухоли, в том числе злокачественной трансформации, до того, как появятся первые симптомы и возникнет неврологический дефицит. Раннее обнаружение прогрес-

сии с меньшим объемом опухолевой ткани благоприятно по многим причинам:

- 1) использование меньших объемов лучевой терапии (ЛТ);
- 2) более безопасная радикальная резекция опухоли;
- 3) меньший риск неврологического дефицита [4, 5].

В настоящее время оптимальная частота выполнения контрольных МР-исследований для пациентов с ГНСЗ четко не определены. National Comprehensive Cancer Network (NCCN) рекомендуют МРТ-контроль каждые 3–6 месяцев в течение 5 лет, а затем каждые 6–12 месяцев или чаще по клиническим показаниям [6]. Eviscore Healthcare рекомендует проведение МРТ-контроля каждые 3 месяца в течение двух лет, каждые 6 месяцев в течение следующих трех лет, затем ежегодно [7].

Определение оптимальных сроков выполнения МРТ при минимизации неинформативных исследований требует изучения факторов риска рецидива глиом низкой степени злокачественности.

Основной целью работы является определение оптимальных сроков МРТ-контроля глиом низкой степени злокачественности в зависимости от проведенного лечения.

Материалы и методы

С 2019 по 2023 г. в Российском научно-исследовательском нейрохирургическом институте им. проф. А. Л. Поленова – филиале Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (РНХИ им. проф. А. Л. Поленова) были прооперированы 116 пациентов с ГНСЗ супратенториальной локализации (у части больных первичное хирургическое удаление опухоли было проведено в начале 2000-х гг.), группа исследования состояла из 52 пациентов, перенесших вторую операцию по поводу прогрессирования опухоли. Критерии включения: возраст на момент постановки диагноза старше 18 лет; гистологически и молекулярно-генетически верифицированные ГНСЗ; отсутствие накопления опухоли контраста по данным МРТ перед первой операцией; индекс накопления радиофармпрепарата по данным позитронно-эмиссионной компьютерной томографии (ПЭТ-КТ) с метионином менее 1,7; уровень экспрессии Ki-67 менее 6 %; отсутствие пролиферации сосудов и набухания эндотелия (рис. 1). Рентгенологические характеристики включали в себя локализацию, размер опухоли, степень резекции и накопление контраста после прогрессирования.

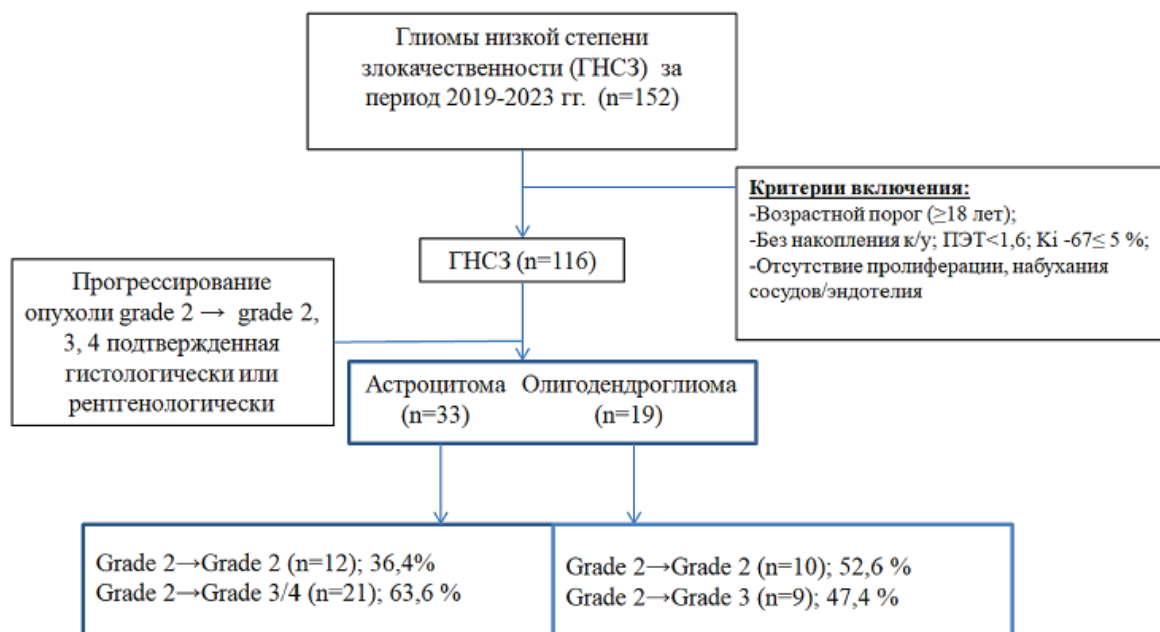


Рис. 1. Прогрессирование глиом низкой степени злокачественности после оперативного вмешательства
Fig. 1. Progression of gliomas of low-grade malignancy after surgical intervention

Под прогрессированием заболевания (рецидив/продолженный рост) понималось увеличение суммы перпендикулярных диаметров всех измеряемых очагов более чем на 25 %, появление новых очагов, увеличение зоны поражения в T2/FLAIR-режимах при стабильной или увеличивающейся дозе кортикостероидов. Под рецидивом понималось возобновление роста опухоли через какой-либо срок после радикального оперативного, лучевого или лекарственного лечения, подтвержденного отсутствием остаточной опухолевой ткани при проведении нейровизуализационных методов исследования (МРТ/ПЭТ). Под продолженным ростом понималось возобновление роста опухоли после не-радикальной операции, а также после частичного ответа на терапию или стабилизации размеров опухоли после проведенного лечения. Диагностическая информация о размерах, локализации и особенностях роста опухоли была получена при выполнении МРТ головного мозга. Для выявления факторов, влияющих на безрецидивный период жизни ГНСЗ, был проведен анализ проведенного пери- и послеоперационного лечения. Сравнительный анализ данных и статистическая обработка проводилась с использованием теста χ^2 и модели пропорциональных рисков (метода регрессии Кокса) у пациентов с прогрессией (n=52).

Результаты исследования

Рецидив или прогрессирование опухоли было зарегистрировано у 52 (52/116; 44,8 %) па-

циентов с ГНСЗ, которые составили основную группу наблюдения. Средняя продолжительность безрецидивного периода – 49 месяцев. В 15,3 % случаев повторный рост ГНСЗ выявлен в течение первого года после операции, в 17,4 % – в течение второго года, в 17,4 % – в течение третьего года, в 15,3 % – в течение четвертого года, в 7,6 % – в течение пятого года, у 14 (27 %) пациентов прогрессия опухоли произошла в срок от 5 до 17 лет (рис. 2).

Удельный вес прогрессии в сторону злокачественных и доброкачественных глиом менял свое взаимоотношение по мере увеличения продолжительности времени после операции (рис. 3). Медиана общей выживаемости у пациентов с ранним рецидивом ГНСЗ (<2 лет) составила 57,3 месяца, при прогрессии опухоли в более поздние сроки (≥ 2 лет) – 107,4 месяца.

Безрецидивный период (БРП) и степень резекции опухоли. Больным с выявленным рецидивом/продолженным ростом опухоли при первом удалении ГНСЗ выполнена тотальная резекция 9 (19 %) пациентам, субтотальная резекция – 19 (40 %) пациентам, частичное удаление – 9 (19 %), 10 (22 %) пациентам проводилась биопсия опухолевой ткани. Медиана БРП при тотальном удалении составила 94 месяца по сравнению с 44,75 месяца при других объемах резекции опухоли ($p=0,048$) (рис. 4).

Безрецидивный период и гистологический тип опухоли. В нашей работе прогрессия опухоли возникла у 33 (63 %) пациентов с диагно-

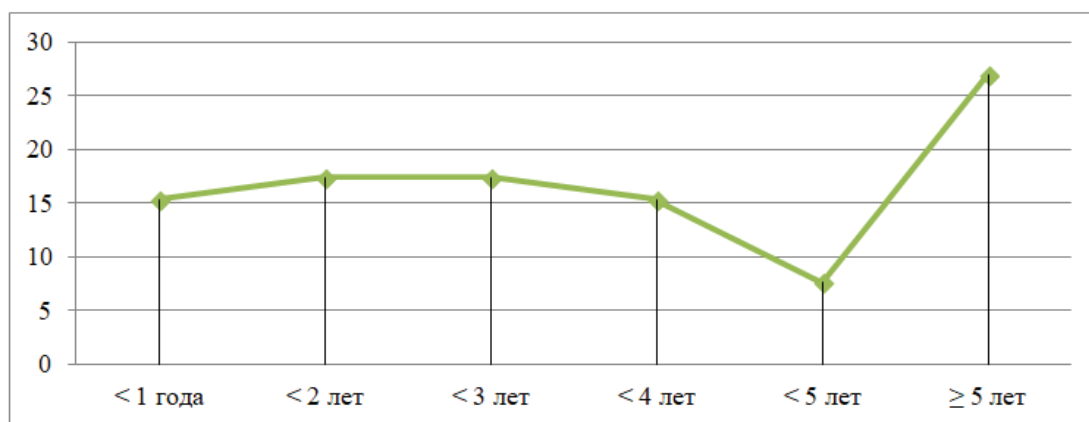


Рис. 2. Частота прогрессирования ГНСЗ после оперативного вмешательства
Fig. 2. Frequency of LGG progression after surgical intervention

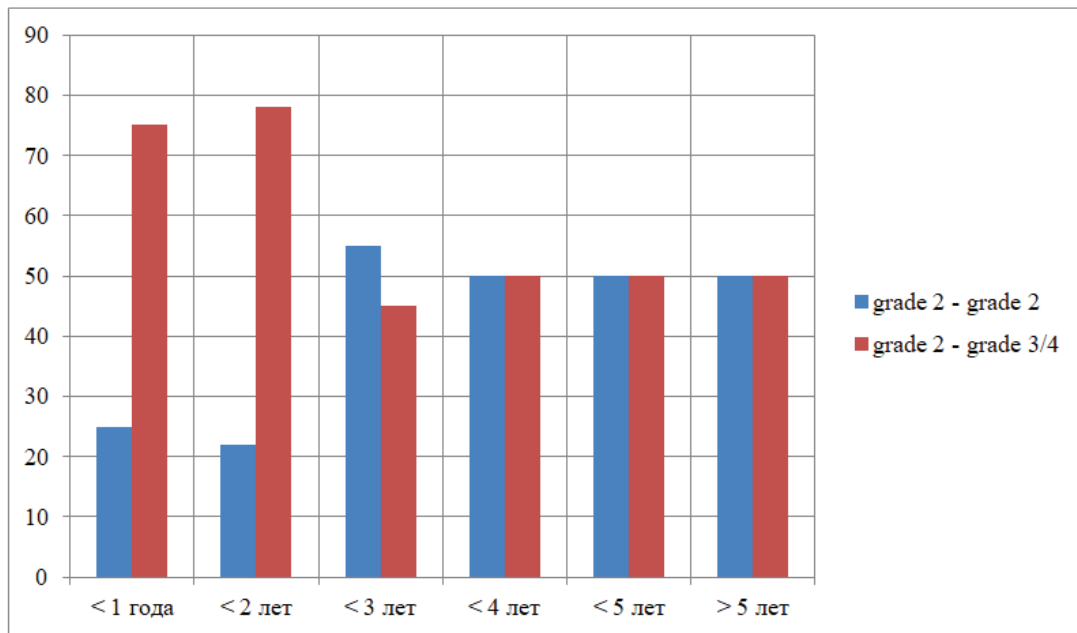


Рис. 3. Удельный вес прогрессирования ГНСЗ

Fig. 3. Proportion of progression of LGG

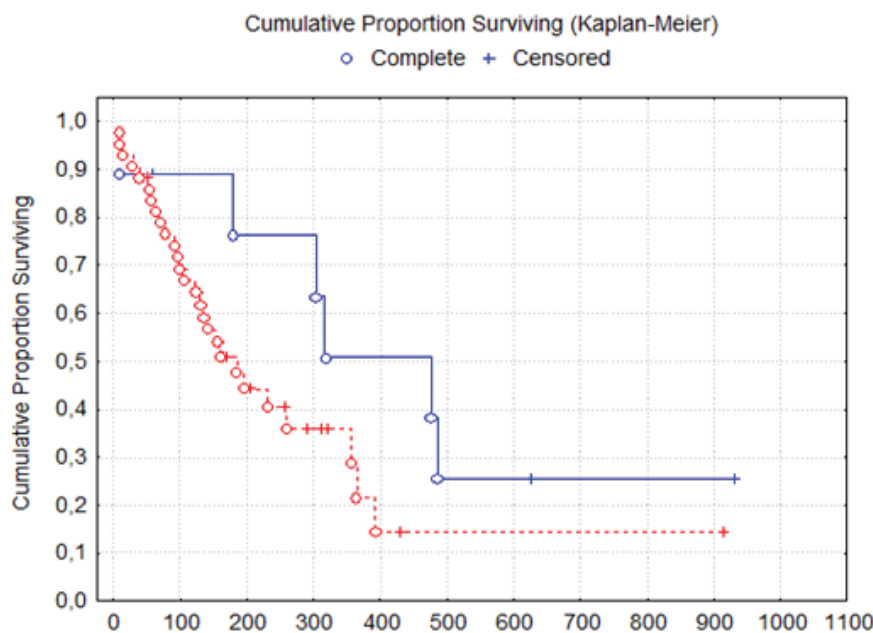


Рис. 4. БРП пациентов с ГНСЗ в зависимости от степени циторедукции: синяя линия – радикальное удаление; красная линия – нерадикальное удаление

Fig. 4. Malignant progression free survival (MFS) of patients with LGG depending on the degree of cytorreduction: blue line – radical excision; red line – non-radical excision

зом «Астроцитома Grade II», где в 21 (63,6 %) случае произошла злокачественная трансформация, и у 19 (37 %) – с диагнозом «Олигодендроглиома Grade II», где у 9 (47,4 %) пациентов произошла малигнизация опухоли.

Срок возникновения рецидива/продолженного роста у пациентов с олигодендроглиомой (ОДГ) Grade II составил 61,75 месяца, а с астроцитомой (АСТ) Grade II – 49,25 месяца (рис. 5), при этом злокачественная трансформация

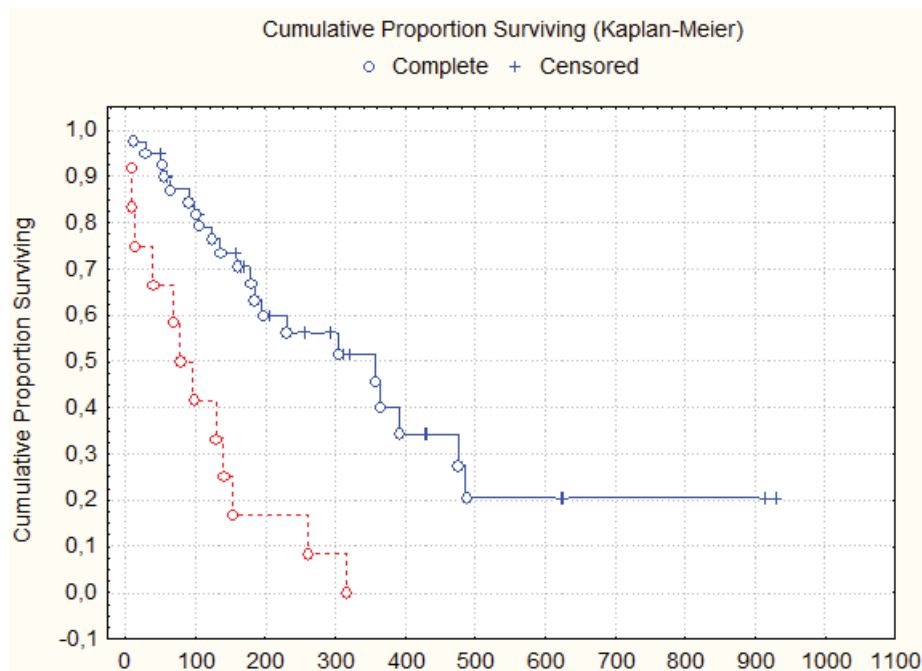


Рис. 5. БРП у пациентов с ГНСЗ в зависимости от гистологического диагноза: синяя линия – олигодендроглиома; красная линия – астроцитомы

Fig. 5. MFS in patients with LGG depending on histologic diagnosis: blue line – oligodendroglioma; red line – astrocytoma

с наступлением рецидива у больных с АСТ встречалась чаще, чем с ОДГ ($p=0,0096$).

Адьювантное лечение и безрецидивный период. В зависимости от объема проведенного лечения все 116 пациентов с ГНСЗ были разделены на четыре группы:

1) 30 пациентов получили только хирургическое лечение (из них 16 с АСТ и 10 с ОДГ с прогрессией – 26/30; 86,7 %);

2) 24 – хирургическое лечение + ЛТ (из них 8 с АСТ и 7 с ОДГ с прогрессией – 15/24; 62,5 %);

3) 54 – хирургическое лечение + ЛТ + ХТ (из них 4 с АСТ и 2 с ОДГ с прогрессией – 6/54; 11 %);

4) 8 – хирургическое лечение + ХТ (из них 5 с АСТ с прогрессией – 5/8; 62,5 %).

Медиана БРП больных после только хирургического лечения составила 53 месяца, при проведении хирургического лечения + ЛТ – 50 месяцев, хирургического лечения + ХТ – 47 месяцев, после хирургического лечения и совместной химиолучевой терапии – 63,8 месяца. Отсутствие комплексной терапии опухоли после оперативного лечения продемонстрировало более неблагоприятный прогноз, который способствовал злокачественной трансформации ГНСЗ ($p=0,048$).

Обсуждение

Наиболее часто изучаемым фактором прогнозирования рецидива/продолженного роста глиом является степень их резекции, которая, по мнению большинства авторов, связана с более длительным временем рецидива/продолженного роста опухоли [8, 9]. Несмотря на медленное течение глиом низкой степени злокачественности, их прогрессирование непредсказуемо и значительно варьируется. Сроки БРП, по данным мировой литературы, для глиом Grade II после оперативного лечения значительно разнятся (от 0,36 месяца до 14,1 года), в большинстве случаев прогрессия опухоли происходит до третьего года [10, 11], до пятого-шестого года [12, 13], и только несколько случаев рецидива ГНСЗ – после десяти лет [14]. В нашей работе более чем в 70 % случаев прогрессирование ГНСЗ произошло в срок ≤ 5 лет.

Большой объем резекции ГНСЗ пропорционально снижает риск прогрессирования и увеличивает безрецидивный период жизни [16–18]. В современных работах A. S. Jakola et al. (2017), M. Rossi et al. (2021), G. Poulen et al. (2019), L. A. F. Albuquerque et al. (2021) было продемонстрировано, что тотальная резекция опухоли связана с более благоприятным ис-

MPT-контроль пациентов после хирургического удаления ГНСЗ. Литературные данные MRI follow-up of patients after surgical removal of LGG. Literature data

Авторы	МРТ-контроль, месяцы															
	0	1	3	6	9	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
T. Campion, B. Quirk, J. Cooper et al. (2021)	•			•			•			•				•		
A. J. Dodgshun, W. J. Maixner, J. R. Hansford et al. (2016)	•		3–6			•		•			•			•		•
E. G. Shaw, B. Berkey, S. W. Coons et al. (2008)	•			•		•	•	•	•	•	•	•	•	•		
Kim A. H., Thompson E. A., Governale L. S. et al. (2014)	•		•			•	•									
M. A. Zaazoue, P. E. Manley, M. A. Mehdar (2020).	•		•		•			•		•				•		
Радикальное/нерадикальное удаление	•		•	•		•		•		•				•		

ходом независимо от ее молекулярных подтипов [19–22]. В нашей работе длительность БРП у пациентов после тотального удаления ГНСЗ была более чем в 2 раза выше, по сравнению с результатами, полученными у больных при других объемах резекции ($p=0,048$).

В настоящее время в мире продолжают обсуждаться о снижении частоты наблюдения за пациентами после тотального удаления опухоли, однако определение оптимальных сроков нейровизуализационного контроля остается открытым, при этом рекомендуемые сроки наблюдения для больных с ГНСЗ после хирургического лечения четко не определены (таблица).

В исследовании B. G. Baumert et al. (2016) у пациентов с глиомой IDH mut и коделецией 1p/19q, независимо от лечения, отмечался более длительный безрецидивный период, чем у больных с опухолью IDH mut без коделеции 1p/19q (5,2 vs 4 года). В нашем исследовании пациенты с морфологически подтвержденной олигодендроглиомой продемонстрировали лучшие результаты безрецидивного периода, по сравнению с таковыми у больных с астроцитомой (62 vs 49 месяцев) ($p=0,0096$).

Работа T. J. Brown et al. (2019) продемонстрировала, что химиотерапия при ГНСЗ была связана со снижением смертности через пять и десять лет, при этом безрецидивный период жизни у пациентов с более ранней ЛТ был лучше по сравнению с больными, получившими отсроченную/не получившими лучевую терапию [26]. В исследовании J. C. Buckner, E. G. Shaw, S. L. Pugh et al. (2016) у пациентов после вы-

полненной ЛТ и последующей ХТ безрецидивный период составил 10,4 года, по сравнению с 4 годами у пациентов, получивших только ЛТ. В работе E. H. Bell, P. Zhang, E.G. Shaw et al. (2020) у пациентов с астроцитомой пятилетний БРП был значительно выше в группе с выполненной ЛТ и ХТ, по сравнению с пациентами, получившими только ЛТ (60/20 %). По нашим данным, адъювантное лечение, включающее в себя как лучевую, так и химиотерапию, приводит к наиболее благоприятному исходу у пациентов с глиомами низкой степени злокачественности, достоверно снижая риск анапластической трансформации и отдалая момент прогрессии заболевания ($p=0,048$).

Что касается протоколов наблюдения, большинство авторов предлагают проводить от шести до девяти МРТ-сканирований в течение пяти-десяти лет после операции, другие авторы применяют схемы наблюдения в зависимости от степени резекции опухоли (таблица) [27]. Это контрастирует с мнением о том, что нет никакой пользы от рутинного наблюдения данных пациентов, поскольку вероятность рецидива низкая [28]. Руководства, предписывающие снижение частоты визуализации через несколько лет после первоначальной диагностики, не соответствуют нашим данным: даже в четко определенных молекулярных подгруппах с благоприятным прогнозом значительная часть пациентов демонстрируют раннюю прогрессию опухоли после первой линии терапии.

Время, частота и продолжительность визуализации в протоколах наблюдения должны

основываться на типе опухоли, времени с момента постановки диагноза, выполненной терапии и конкретных факторах риска для каждого типа опухоли. В частности, стратегия МР-мониторинга ГНСЗ должна учитывать дополнительные соображения, основанные на их клинической картине, биологическом поведении, гистопатологической характеристике. Кроме того, развивающаяся эра молекулярной биологии и таргетной терапии является также важным элементом в определении оптимальных последовательностей графиков наблюдения.

Рекомендации по мониторингу изображений. На основании проведенного хирургического лечения с учетом гистологического заключения и полученной терапии, мы предлагаем для пациентов с астроцитомой и олигодендроглиомой Grade II, которые получали только лучевую терапию или только химиотерапию, рекомендуемый мониторинг МРТ каждые 3–4 месяца после первоначального лечения до про-

грессирования опухоли. Также целесообразен более длительный интервал – каждые 6 месяцев – для пациентов с IDH mut без коделеции 1p/19q (астроцитомы) и каждые 6–9 месяцев для пациентов с IDH mut и коделецией 1p/19q (олигодендроглиомы), получавших комбинацию лучевой терапии и химиотерапии. После хирургической резекции без адъювантного лечения рекомендуемый интервал МРТ-исследований для пациентов с ГНСЗ составляет каждые 3–4 месяца до ее прогрессирования, при этом у пациентов с олигодендроглиомой, перенесших тотальную резекцию, предпочтительно проводить МРТ каждые 6–9 месяцев после операции до прогрессирования опухоли.

У пациентов с сомнительными результатами МРТ целесообразным подходом является контрольная визуализация с коротким интервалом – 1 до 3 месяцев. Пациенты, у которых изменяется характер эпилептических припадков, появляются новые или прогрессируют уже



Рис. 6. Рекомендуемый МР-мониторинг после первоначального лечения ГНСЗ
Fig. 6. Recommended MR monitoring after initial treatment of LGG

существующие неврологические симптомы, или возникает необходимость назначения/увеличения дозы кортикостероидов, требуют повторной МРТ за пределами этих рекомендуемых временных точек мониторинга (рис. 6).

Заключение

Изучение различных характеристик изменчивости поведения ГНСЗ, определение оптимальных сроков МРТ-исследований имеет решающее значение в раннем выявлении злокачественной трансформации и (или) прогрессирования опухоли. Предлагаемые графики МР-мониторинга основаны на текущих данных о моделях прогрессирования каждой подгруппы ГНСЗ (в зависимости от степени резекции, гистологической картины, полученной терапии), однако индивидуальные интервалы МРТ-контроля с более или менее частым мониторингом также приемлемы, когда это клинически целесообразно.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

Литература / References

1. Schiff D., van den Bent M., Vogelbaum M. A. et al. Recent developments and future directions in adult lower-grade gliomas: Society for NeuroOncology (SNO) and European Association of Neuro-Oncology (EANO) consensus. *Neuro Oncol.* 2019;21(7):837–853.
2. Louis D. N., Perry A., Reifenberger G. et al. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Acta Neuropathol.* 2016;131(6):803–820.
3. Louis D. N., Perry A., Wesseling P. et al. The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Neuro Oncol.* 2021;23(8):1231–1251.
4. Larsen J., Wharton S. B., McKevitt F. et al. "Low grade glioma": an update for radiologists. *Br J Radiol.* 2017;(90):20160600.
5. Fathallah-Shaykh H. M., Deatkine A., Coffee E. et al. Diagnosing growth in low-grade gliomas with and without longitudinal volume measurements: a retrospective observational study. *PLoS Med.* 2019;16(5):e1002810.
6. National Comprehensive Cancer Network. Central Nervous System (Version 2.2021 – September 8, 2021). Available from: https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/cns.pdf [Accessed 28 October 2021].
7. Clinical Guidelines Oncology Imaging Policy EviCore Healthcare Primary Central Nervous System Tumors. Version 1.0. Effective January 1, 2021. Available from: https://www.evicore.com/-/media/Files/eviCore/Clinical-Guidelines/solution/Cardiology-and-radiology/2021/eviCore_Oncology_Final_V10_Eff010121_Pubxxxxxx.pdf [Accessed 28 October 2021].
8. Tibbets K. M., Emnett R. J., Gao F., Perry A., Gutmann D. H., Leonard J. R. Histopathologic predictors of pilocytic astrocytoma event-free survival. *Acta Neuropathol.* 2009;(117):657–665. Doi: 10.1007/s00401-009-0506-3.
9. Armstrong G. T., Conklin H. M., Huang S., Srivastava D., Sanford R., Ellison D. W., Merchant T. E., Hudson M. M., Hoehn M. E., Robison L. L. et al. Survival and long-term health and cognitive outcomes after low-grade glioma. *Neuro-Oncology.* 2011;(13):223–234. Doi: 10.1093/neuonc/10.178.
10. Sutton L. N., Cnaan A., Klatt L., Zhao H., Zimmerman R., Needle M., Molloy P., Phillips P. Postoperative surveillance imaging in children with cerebellar astrocytomas. *J. Neurosurg.* 1996;(84):721–725. Doi: 10.3171/jns.1996.84.5.0721.
11. Saunders D. E., Phipps K. P., Wade A. M., Hayward R. D. Surveillance imaging strategies following surgery and/or radiotherapy for childhood cerebellar low-grade astrocytoma. *J. Neurosurg.* 2005;102((Suppl. S2)):172–178. Doi: 10.3171/jns.2005.102.2.0172.
12. Santos A. N., Dieckmann C., Rauschenbach L., Oppong M. D., Dinger T. F., Deuschl C., Tippelt S., Fleischhack G., Schmidt B., Pierscianek D. et al. Long-term outcome after management of pilocytic astrocytoma in the posterior fossa in a pediatric population. *IBRO Neurosci. Rep.* 2022;(13):388–392. Doi: 10.1016/j.ibneur.2022.10.001.
13. Cacciotti C., Lenzen A., Self C., Pillay-Smiley N. Recurrence Patterns and Surveillance Imaging in Pediatric Brain Tumor Survivors. *J. Pediatr. Hematol. Oncol.* 2024;(46):e227–e232. Doi: 10.1097/MPH.0000000000002850.
14. Fisher P. G., Tihan T., Goldthwaite P. T., Wharam M. D., Carson B. S., Weingart J. D., Repka M. X., Cohen K. J., Burger P. C. Outcome analysis of childhood low-grade astrocytomas. *Pediatr. Blood Cancer.* 2008;(51):245–250. Doi: 10.1002/pbc.21563.
15. Bell E. H., Zhang P., Shaw E. G. et al. Comprehensive Genomic Analysis in NRG Oncology/RTOG 9802: A Phase III Trial of Radiation Versus Radiation Plus Procarbazine, Lomustine (CCNU), and Vincristine in High-Risk Low-Grade Glioma. *J Clin Oncol.* 2020;38(29):3407–3417. Doi: 10.1200/JCO.19.02983. PMID: 32706640; PMCID: PMC7527157.
16. Duffau H. Long-Term Outcomes after Supratotal Resection of Diffuse Low-Grade Gliomas: A Consecutive Series with 11-Year Follow-Up. *Acta Neurochir.* 2016;(158):51–58.
17. Yordanova Y. N., Moritz-Gasser S., Duffau H. Awake Surgery for WHO Grade II Gliomas within "Noneloquent" Areas in the Left Dominant Hemisphere: Toward a "Supratotal" Resection. *J. Neurosurg.* 2011;(115):232–239.
18. Motomura K., Ohk F., Aoki K., Saito R. Supratotal Resection of Gliomas With Awake Brain Mapping: Maximal Tumor Resection Preserving Motor, Language,

- and Neurocognitive Functions. *Front. Neurol.* 2022;(12):874826.
19. Jakola A. S., Skjulsvik A. J., Myrmet K. S., Sjävik K., Unsgård G., Torp S. H., Aaberg K., Berg T., Dai H. Y., Johnsen K. et al. Surgical Resection Versus Watchful Waiting in Low-Grade Gliomas. *Ann. Oncol.* 2017;(28):1942–1948.
 20. Rossi M., Gay L., Ambrogio F., Conti Nibali M., Sciortino T., Puglisi G., Leonetti A., Mocellini C., Caroli M., Cordera S. et al. Association of Supratotal Resection with Progression-Free Survival, Malignant Transformation, and Overall Survival in Lower-Grade Gliomas. *Neuro-Oncology.* 2021;(23):812–826.
 21. Poulen G., Gozé C., Rigau V., Duffau H. Huge heterogeneity in survival in a subset of adult patients with resected, wild-type isocitrate dehydrogenase status, WHO grade II astrocytomas. *J. Neurosurg.* 2019;(130):1289–1298.
 22. Darlix A., Rigau V., Fraisse J., Gozé C., Fabbro M., Duffau H. Postoperative follow-up for selected diffuse low-grade gliomas with WHO grade III/IV foci. *Neurology.* 2020;(94):e830–e841.
 23. Thomale U. W., Gnekow A. K., Kandels D., Bison B., Hernáiz Driever P., Witt O., Pietsch T., Koch A., Capper D., Kortmann R. D. et al. Long-term follow-up of surgical intervention pattern in pediatric low-grade gliomas: Report from the German SIOP-LGG 2004 cohort. *J. Neurosurg. Pediatr.* 2022;(30):316–329. Doi: 10.3171/2022.6.PEDS22108.
 24. Pallud J., Blonski M., Mandonnet E., Audureau E., Fontaine D., Sanai N., Bauchet L., Peruzzi P., Frénay M., Colin P., et al. Velocity of tumor spontaneous expansion predicts long-term outcomes for diffuse low-grade gliomas. *Neuro-Oncology.* 2013;(15):595–606.
 25. Cancer Genome Atlas Research Network, Brat D. J., Verhaak R. G., Aldape K. D., Yung W. K., Salama S. R., Cooper L. A., Rheinbay E., Miller C. R., Vitucci M. et al. Comprehensive, Integrative Genomic Analysis of Diffuse Lower-Grade Gliomas. *N. Engl. J. Med.* 2015;(372):2481–2498.
 26. Brown T. J., Bota D. A., van Den Bent M. J., Brown P. D., Maher E., Aregawi D., Liau L. M., Buckner J. C., Weller M., Berger M. S. et al. Management of low-grade glioma: A systematic review and meta-analysis. *Neurooncol. Pract.* 2019;(6):249–258.
 27. Saunders D. E., Phipps K. P., Wade A. M., Hayward R. D. Surveillance imaging strategies following surgery and/or radiotherapy for childhood cerebellar low-grade astrocytoma. *J. Neurosurg.* 2005;102((Suppl. S2)):172–178. Doi: 10.3171/jns.2005.102.2.0172.
 28. Shaw E. G., Berkey B., Coons S. W. et al. Recurrence following neurosurgeon-determined gross-total resection of adult supratentorial low-grade glioma: results of a prospective clinical trial. *J. Neurosurg.* 2008;109(5):835–841.
 29. Buckner J. C., Shaw E. G., Pugh S. L., Chakravarti A., Gilbert M. R., Barger G. R., Coons S., Ricci P., Bullard D., Brown P. D. et al. Radiation plus Procarbazine, CCNU, and Vincristine in Low-Grade Glioma. *N. Engl. J. Med.* 2016;(374):1344–1355.
 30. Campion T., Quirk B., Cooper J., Phipps K., Toescu S., Aquilina K., Green K., Hargrave D., Mankad K. Surveillance imaging of grade 1 astrocytomas in children: Can duration and frequency of follow-up imaging and the use of contrast agents be reduced? *Neuroradiology.* 2021;(63):953–958. Doi: 10.1007/s00234-020-02609-3.
 31. Dodgshun A. J., Maixner W. J., Hansford J. R., Sullivan M. J. Low rates of recurrence and slow progression of pediatric pilocytic astrocytoma after gross-total resection: Justification for reducing surveillance imaging. *J. Neurosurg. Pediatr.* 2016;(17):569–572. Doi: 10.3171/2015.9.PEDS15449.
 32. Kim A. H., Thompson E. A., Governale L. S., Santa C., Cahill K., Kieran M. W., Chi S. N., Ullrich N. J., Scott R. M., Goumnerova L. C. Recurrence after gross-total resection of low-grade pediatric brain tumors: The frequency and timing of postoperative imaging. *J. Neurosurg. Pediatr.* 2014;(14):356–364. Doi: 10.3171/2014.6.PEDS1321.
 33. Zaazoue M. A., Manley P. E., Mehdar M. A., Ullrich N. J., Dasenbrock H. H., Chordas C. A., Goumnerova L. C. Optimizing Postoperative Surveillance of Pediatric Low-Grade Glioma Using Tumor Behavior Patterns. *Neurosurgery.* 2020;(86):288–297. Doi: 10.1093/neuros/nyz072.
 34. Baumert B. G., Hegi M. E., van den Bent M. J. et al. Temozolomide chemotherapy versus radiotherapy in high-risk low-grade glioma (EORTC 22033-26033): a randomised, open-label, phase 3 intergroup study. *Lancet Oncol.* 2016;17(11):1521–1532.

Сведения об авторах

Владислав Владимирович Раменский – аспирант кафедры нейрохирургии Национального медицинского исследовательского центра им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия);

Алексей Юрьевич Улитин – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, врач-нейрохирург высшей квалификационной категории, заведующий Нейрохирургическим отделением № 4, заведующий кафедрой нейрохирургии Национального медицинского исследовательского центра им. В. А. Алмазова (Санкт-Петербург, Рос-

сия); профессор кафедры нейрохирургии им. проф. А. Л. Поленова Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова (Санкт-Петербург, Россия);

Вячеслав Яковлевич Кальменс – кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург Нейрохирургического отделения № 4 Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А. Л. Поленова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» (Санкт-Петербург, Россия).

Information about the authors

Vladislav V. Ramensky – Postgraduate Student at the Department of Neurosurgery, Almazov National Medical Research Center (St. Petersburg, Russia);

Alexey Yu. Ulitin – Dr. of Sci. (Med.), Full Professor, Honored Doctor of Russian Federation, Neurosurgeon of the Highest Qualification Category, Head at the Department of Neurosurgery No 4, Almazov National Medical

Research Center (St. Petersburg, Russia); Professor at the Department of Neurosurgery named after prof. A. L. Polenov, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov (St. Petersburg, Russia);

Vyacheslav Ya. Kalmens – Cand. of Sci. (Med.), Neurosurgeon at the Department of Neurosurgery No. 4, Polenov Neurosurgery Institute – the branch of Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia).

Принята к публикации 23.05.2025

Accepted 23.05.2025