

А.Ю. Рында, Л.И. Папуша, Т.Л. Антонеvская, И.Н. Ворожцов, Н.С. Грачев, А.В. Лопатин, А.В. Санакоева, А.В. Тараканова, Г.В. Терещенко

Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Москва, Российская Федерация

# Диагностика инфантильной полушарной глиомы с применением комбинированной (пред- и интраоперационной) нейронавигации: клинический случай

## Контактная информация:

Рында Артемий Юрьевич, кандидат медицинских наук, нейрохирург отделения детской онкологии, хирургии головы и шеи и нейрохирургии Национального медицинского исследовательского центра детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева

Адрес: 117198, Москва, ул. Саморы Машела, д. 1, e-mail: artemii.rynda@mail.ru

Статья поступила: 30.10.2025, принята к печати: 16.04.2026

**Обоснование.** Инфантильная полушарная глиома (ИПГ) — глиальная опухоль, развивающаяся внутриутробно или в младенчестве, часто больших размеров. Своевременная диагностика опухоли затруднена по причине ее редкости у детей раннего возраста, а также вследствие вариативности молекулярно-генетических характеристик опухоли. Применение предоперационной и интраоперационной нейровизуализации при невозможности тотальной резекции необходимо для удаления морфологически значимых участков опухолевой ткани, а цитогенетическое исследование — для постановки окончательного диагноза. **Описание клинического случая.** Ребенок с задержкой внутриутробного развития и церебральной ишемией 2-й степени, синдромом двигательных нарушений. При нейросонографии в возрасте 13 сут выявлено объемное кистозное образование, которое не было определено как опухоль. В возрасте 2,5 мес отмечено увеличение окружности головы на 7 см, по данным нейросонографии определено увеличение кистозной полости в левой гемисфере, в связи с чем выполнено вентрикулоперитональное шунтирование. В возрасте 8 мес в результате магнитно-резонансной томографии головного мозга выявлено объемное кистозно-солидное новообразование в левой гемисфере. С целью постановки диагноза и определения тактики лечения была применена комбинированная нейронавигация: на предоперационном этапе — позитронно-эмиссионная томография с [<sup>18</sup>F]-фторэтилтирозин, совмещенная с компьютерной томографией, во время операции — навигация под ультразвуковым и флуоресцентным контролем. Выполнено цитогенетическое исследование опухоли, подтвердившее глиальный характер новообразования. **Заключение.** Показана сложность диагностики ИПГ, а также польза предоперационной и интраоперационной нейронавигации с последующим цитогенетическим исследованием для установления окончательного диагноза.

**Ключевые слова:** инфантильные глиомы, позитронно-эмиссионная томография, [<sup>18</sup>F]-фторэтилтирозин, 5-аминолевулиновая кислота, ультразвуковая навигация, магнитно-резонансная томография, флуоресцентная навигация

**Для цитирования:** Рында А.Ю., Папуша Л.И., Антонеvская Т.Л., Ворожцов И.Н., Грачев Н.С., Лопатин А.В., Санакоева А.В., Тараканова А.В., Терещенко Г.В. Диагностика инфантильной полушарной глиомы с применением комбинированной (пред- и интраоперационной) нейронавигации: клинический случай. *Вопросы современной педиатрии.* 2026;25(2):78–87. doi: <https://doi.org/10.15690/vsp.v25i2.3020>

## ОБОСНОВАНИЕ

Опухоли центральной нервной системы (ЦНС) являются наиболее распространенными солидными опухолями у детей с частотой около 5,5 случая на 100 тыс. детского населения [1–3]. Около 45% случаев опухолей ЦНС у детей составляют глиомы [1, 3, 4]. В классификацию опухолей ЦНС Всемирной организации здравоохранения после обновления в 2021 г. была включена новая нозологическая единица — инфантильная полушарная глиома (ИПГ) [2, 3]. Впоследствии было установлено, что младенческая глиома имеет характерный молекулярный профиль — химерный транскрипт генов рецепторных тирозинкиназ (*NTRK*, *ROS1*, *ALK* и *MET*) [5–7]. Химерный транскрипт с участием гена *MET* обнаруживают у 6–18% больных с ИПГ [1, 7, 8]. Этот

тип глиом обычно располагается супратенториально и, как правило, имеет вид обширной опухоли с признаками кистозной трансформации, но без выраженного влияния на окружающие мозговые структуры [1, 9, 10]. Описаны случаи и лептоменингеальной диссеминации опухолевых клеток — в 1–3% [1, 5]. Описаны единичные случаи ИПГ [5]. Дифференциальная диагностика ИПГ с другими заболеваниями ЦНС затруднительна у детей грудного (младенческого) возраста и у пациентов со скудной клинической картиной заболевания [1, 5, 11].

Ниже представлено описание диагностики ИПГ у ребенка, затрудненной недостаточной и неоднозначной информацией, полученной с помощью нейросоногра-

фии и магнитно-резонансной томографии (МРТ), и преимуществ комбинированной нейронавигации с применением позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией с [<sup>18</sup>F]-фторэтилтирозином ([<sup>18</sup>F]-ФЭТ-ПЭТ/КТ), на предоперационном этапе и интраоперационным ультразвуковым и флуоресцентным контролем.

### КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

#### О пациенте

Мальчик К., возраст 9 мес. При поступлении жалобы родителей на капризность ребенка, периодически беспокойство, выбухание родничка, снижение двигательной активности в правых руке и ноге в сравнение с левыми рукой и ногой, берет предметы только левой рукой, частые срыгивания.

**Анамнез заболевания.** После рождения ребенок находился в отделении патологии новорожденных и недоношенных детей в течение 8 сут с диагнозом: «Задержка внутриутробного развития по гипотрофическому типу 1-й степени, церебральная ишемия II степени, синдром двигательных нарушений. Малая аномалия развития сердца. Открытое овальное окно. Постгипоксическая кардиопатия». Получал лечение с положительной динамикой в соматическом и неврологическом статусе. На 13-е сут после рождения была выполнена нейросонография. В заключении: незначительное смещение срединных структур за счет объемного кистозного образования, возможно, вследствие левостороннего субэпендимального кровоизлияния, с присоединением вторичной инфекции с формированием кистозных полостей; асимметрия размеров передних рогов боковых желудочков без расширения ликворных подболоочечных пространств; ускорен кровотока, снижен индекс резистентности в передних мозговых артериях. Рекомендовано проведение повторной нейросонографии по месту жительства, но без указания временного интервала.

Через 2,5 мес ребенок был осмотрен фельдшером по месту жительства. Отмечен рост окружности головы на 7 см в течение 1 мес, выполнена повторная нейросонография. Клинически значимых изменений соматического и неврологического статуса ребенка не отмечено. По данным нейросонографии выявлено значительное смещение срединных структур в правую сторону за счет значительной кистозной полости, которая занимает практически всю паренхиму мозга левого полушария. Атрофия и кистозная трансформация паренхимы со сдавлением мозжечка и здоровой части мозга. Учитывая эти данные в динамике, было принято решение о госпитализации пациента в областную детскую клиническую больницу. Пациенту по данным нейросонографии в нейрохирургическом отделении было выполнено вентрикулоперитонеальное шунтирование справа. Выписан с положительной динамикой: по результатам нейросонографии отмечено уменьшение размеров кистозной полости.

Через 5 мес пациент был вновь госпитализирован в нейрохирургическое отделение областной детской клинической больницы с жалобами родителей на нарушение сна у ребенка, беспокойство, капризность. Консультация офтальмолога: на глазном дне без патологии. Пациенту установлен диагноз: «Состояние после вентрикулоперитонеального шунтирования справа. Миграция краниального конца вентрикулоперитонеального шунта». Назначен диакарб 250 мг по 1/4 таблетки с целью снижения внутричерепного давления. В период госпитализации выполнена МРТ головного мозга (режимы: 3D-T1 FSPGR (BRAVO), T2WI, T2FLAIR, DWI, ASL, 3D-T1 + Кларискан (гадодотеровая кислота) 2 мл) под наркозом для исключения объемного новообразования в порэнцефалической кисте. По данным МРТ головного мозга с контрастным усилением гадолинием выявлено состояние после оперативного лечения, дефект в лобной кости слева до 10 мм с пролабиранием ликворного содержимого подкожно 19 × 10 мм. Шунтирование справа,

Artemy Yu. Rynda, Lyudmila I. Papusha, Tamara L. Antonevskaya, Igor N. Vorozhtsov, Nikolay S. Grachev, Andrey V. Lopatin, Agunda V. Sanakoeva, Alexandra V. Tarakanova, Galina V. Tereshchenko

Dmitry Rogachev National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russian Federation

## Diagnosis of Infantile Hemispheric Glioma via Combined (Pre- and Intraoperative) Neuronavigation: Case Study

**Background.** Infantile hemispheric glioma (IHG) is a glial tumor (often large sized) that often develops in utero or during infancy. Timely diagnosis is challenging due to its rarity in young children and the variability of its molecular genetic characteristics. Implementation of preoperative and intraoperative neuroimaging allows to remove the most morphologically significant areas of tumor tissue when total resection is not possible, while cytogenetic analysis allows for a definitive diagnosis. **Case description.** The child with intrauterine growth retardation has grade 2 cerebral ischemia and movement disorders syndrome. Neurosonography at 13 days of age has revealed large cystic lesion that was not identified as a tumor. An increase in head circumference up to 7 cm was noted at the age of 2.5 months, while neurosonography has shown enlargement of the cystic cavity in the left hemisphere, thus ventriculoperitoneal shunting was performed. Magnetic resonance imaging of the brain has revealed a large cystic and solid lesion in the left hemisphere at the age of 8 months. We used combined neuronavigation to establish the diagnosis and determine treatment tactics: preoperative positron emission tomography with [<sup>18</sup>F]fluoroethyl-L-tyrosine combined with computed tomography and ultrasound and fluorescence guidance during the surgery. Tumor cytogenetic analysis was performed and confirmed the glial nature of the neoplasm. **Conclusion.** This case shows the complexity of IHG diagnosis and the benefits of preoperative and intraoperative neuronavigation, as well as cytogenetic testing, to establish the final diagnosis.

**Keywords:** infantile gliomas, positron emission tomography, [<sup>18</sup>F]fluoroethyl-L-tyrosine, 5-aminolevulinic acid, ultrasound navigation, magnetic resonance imaging, fluorescent navigation

**For citation:** Rynda Artemy Yu., Papusha Lyudmila I., Antonevskaya Tamara L., Vorozhtsov Igor N., Grachev Nikolay S., Lopatin Andrey V., Sanakoeva Agunda V., Tarakanova Alexandra V., Tereshchenko Galina V. Diagnosis of Infantile Hemispheric Glioma via Combined (Pre- and Intraoperative) Neuronavigation: Case Study. *Voprosy sovremennoi pediatrii — Current Pediatrics*. 2026;25(2):78–87. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.15690/vsp.v25i2.3020>

дистальный конец шунта в лобной области, в субдуральном пространстве. В лобной доле слева кистозно-солидное новообразование (общий размер  $77 \times 71 \times 68$  мм) с окружающим невыраженным отеком, без повышения церебрального кровотока. Размеры кистозного компонента  $68 \times 48 \times 65$  мм (примерный объем 110 мл), размеры солидного компонента  $44 \times 45 \times 47$  мм, солидный компонент гетерогенный по структуре, с отложением гемосидерина по периферии с диффузным накоплением контрастного препарата, в кистозном компоненте наличие перегородок. Образование сдавливает левый боковой и третий желудочки, смещает срединные структуры на 7 мм, субарахноидальные пространства сужены, борозды по конвекситальной поверхности сглажены. Субдуральное скопление жидкостного содержимого ликворной плотности в лобных и теменных областях по всей конвекситальной поверхности: справа толщиной до 15 мм, слева — до 20 мм. Цистернальные ликворные пространства не расширены. Желудочковая система с однородным содержимым, правый боковой до 8 мм, III желудочек щелевидный, IV желудочек по средней линии, не расширен. Прозрачная перегородка не изменена, без дополнительных образований. Базальные ганглии, таламус, внутренняя и наружная капсулы справа правильно расположены, с нормальными сигнальными характеристиками, слева — не дифференцируются. Мозжечок без изменений. Отек ячеек сосцевидного отростка справа. Структуры орбит без особенностей. Заключение: кистозно-солидное образование левой гемисферы с масс-эффектом и смещением срединных структур, дифференцировать плеоморфную ксантоастроцитому с пилочитарной астроцитомой; двусторонние гигромы в лобных и теменных областях; состояние после оперативного лечения — шунтирования справа (рис. 1А, Б).

По данным ЭЭГ: основной ритм отчетливо не определяется. При проведении пробы с раздражением фотонами света патологических изменений не отмечено. За время исследования эпилептиформной активности не зарегистрировано.

После выявления по данным МРТ объемного кистозно-солидного образования пациент по направлению был госпитализирован для оперативного лечения в Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии (НМИЦ ДГОИ) им. Дмитрия Рогачева (Москва).

**Анамнез жизни.** Ребенок от второй беременности, протекавшей на фоне токсикоза, вагинита, обострения хронической герпесвирусной инфекции. Роды вторые, в срок 37 нед, самостоятельные, длительный безводный период. Хроническая почечная недостаточность. Внутриутробная задержка развития 1-й степени. Масса тела при рождении — 2320 г, длина тела — 48 см. По шкале APGAR — 8/8 баллов.

#### Физикальная диагностика

Общее состояние средней тяжести. Кожные покровы бледно-розовые, сухие. Отеки отсутствуют. Периферические лимфоузлы не увеличены. Окружность головы — 48 см. Большой родничок  $4 \times 4$  см, умеренно напряжен. Голова гидроцефальной формы: выступающие лобные бугры, преобладание мозгового черепа над лицевым. В общем соматическом статусе со стороны сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, мочевыделительной систем — в пределах физиологической нормы.

**Неврологический статус.** Сознание ясное. Задержка в приобретении навыков, задержка психомоторного развития. Черепно-мозговые нервы: за предметами следит. Глазные щели симметричные. Зрачки симметричные, равные. Симптом Грефе положительный. Легкое расходящееся косоглазие. Фотореакции живые. Реакции конвергенции и аккомодации содружественные. Нистагм горизонтальный мелкокоразмашистый. Диплопии нет. Лицо асимметричное, сглаженность правой носогубной складки. Слух сохранен. Глотание не нарушено. Нарушения функции мышц мягкого неба нет. Рефлексы с задней стенки глотки вызываются. Тонус и сила мышц снижены справа. Язык по средней линии. Рефлексы орального автоматизма отрицательные. Двигательная сфера: самостоятельно переворачивается. Голову не удерживает. Правосторонний гемипарез до 3 баллов, берет предметы только левой рукой. Мышечный тонус снижен справа. Атрофии, гипотрофии мышц нет. Нарушение чувствительности достоверно не оценить из-за возраста ребенка. Рефлекторная сфера: рефлексы снижены справа. Уверенно переворачивается только на левую сторону, при попытках ползти опирается больше на левую сторону, плохо удерживается в положении сидя, равновесие держит плохо, голову держит уверенно, не встает, за предметами следит. Менингеальные симптомы отрицательные. Тазовых нарушений нет. Вегетативных кожных проявлений нет.

#### Лабораторные исследования

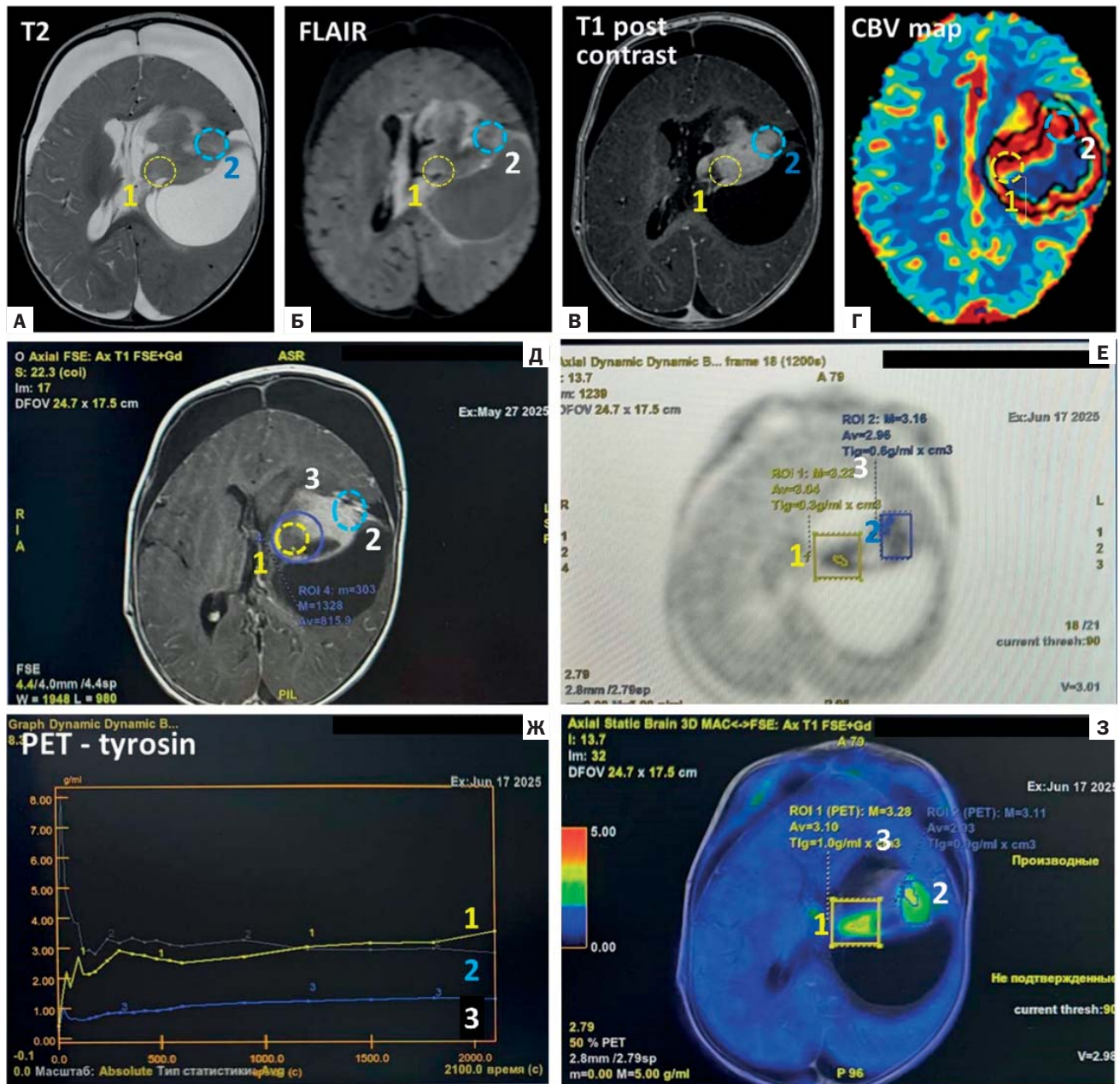
По данным клинического анализа крови: компенсированный метаболический ацидоз, незначительное повышение концентрации С-реактивного белка, хроническая анемия легкой степени тяжести (концентрация гемоглобина — 95 г/л).

#### Инструментальные исследования

С целью дифференциальной диагностики имеющегося объемного образования головного мозга пациенту проведена [ $^{18}\text{F}$ ]-ФЭТ-ПЭТ/КТ. Препарат синтезирован в междисциплинарном центре НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева с использованием модуля синтеза GE TRACERlab FX-FN (GE Medical Systems, США). Пациент голодал в течение 6 ч до проведения ПЭТ/КТ. Через 20 мин после внутривенной инъекции [ $^{18}\text{F}$ ]-ФЭТ (активность 156 МБк, разброс  $\pm 69$  МБк) проведено сканирование на интегрированном ПЭТ/КТ-сканере Biograph mCT 64 (Siemens Healthineers, Германия). Данные статической ПЭТ-эмиссии собирали в трехмерном режиме с использованием матрицы  $200 \times 200$  в течение 10 мин. Последующие КТ-сканирования для коррекции затухания выполняли с использованием низкодозного протокола (CARE Dose 4D; 80 мАс; 120 кВ; матрица  $512 \times 512$ ; толщина среза 2 мм; шаг 30 мм/с; время вращения 0,5 с; индекс шага 0,8). Изображения ПЭТ были реконструированы итеративно (TrueX; 3 итерации; 24 подмножества; фильтрация Гаусса, 2 мм; коррекция распада, затухания и рассеяния) с использованием специализированного программного обеспечения производителя syngo MI.PET/CT (Siemens Healthineers, Германия).

Данные [ $^{18}\text{F}$ ]-ФЭТ-ПЭТ/КТ-сканирования независимо оценивали два нейрорадиолога. Различия в специфичности поглощения опухолью радиофармпрепарата (РФП) основывалось на комбинированном анализе

**Рис. 1.** Пациент К., мальчик 9 мес, с инфантильной полушарной глиомой левой гемисферы мозга: результаты нейровизуализации  
**Fig. 1.** Patient K., 9-month-old boy, with infantile hemispheric glioma of the left hemisphere: neuroimaging results



**Примечание.** МРТ головного мозга с контрастным усилением гадолинием (аксиальные срезы): опухоль имеет гипointенсивный сигнал на T2-взвешенных изображениях (А), изоинтенсивный на FLAIR-изображениях (Б) и гиперинтенсивный на T1-взвешенных изображениях (В). Изображения в режиме CBV (cerebral blood volume) map (Г): выявляется утолщенный ободок с повышенной васкуляризацией, соответствующий неравномерному и неоднородному контрастному усилению. Аксиальные МР-изображения головного мозга (Д).  $^{18}\text{F}$ -ФЭТ-ПЭТ/КТ-сканирование: ПЭТ/КТ-изображение головного мозга, аксиальный срез (Е). Накопление радиофармацевтического препарата в динамике во всех трех областях опухоли (Ж). Совмещенные аксиальные изображения (ПЭТ/КТ и МРТ) головного мозга (З). 1 — 1-й участок опухоли; 2 — 2-й участок опухоли; 3 — оставшая часть солидного компонента опухоли.

**Note.** Gadolinium-enhanced MRI of the brain (axial sections): the tumor is hypointense on T2-weighted images (A), isointense on FLAIR images (B), and hyperintense on T1-weighted images (B). CBV (cerebral blood volume) map images (Г): a thickened rim with increased vascularity is revealed, corresponding to uneven and heterogeneous contrast enhancement. Axial MR images of the brain (Д).  $^{18}\text{F}$ -FET-PET/CT scan: PET/CT image of the brain, axial section (E). Dynamic uptake of the radiopharmaceutical in all three areas of the tumor (Ж). Combined axial images (PET/CT and MRI) of the brain (З). 1 — first tumor site; 2 — second tumor site; 3 — remaining solid tumor component.

$^{18}\text{F}$ -ФЭТ-ПЭТ/КТ и МРТ, предыдущих визуализационных исследований и клинического анамнеза.

Сначала был выполнен визуальный осмотр сканов на предмет поглощения опухолью РФП. Затем на аксиальном срезе, представляющем максимальное поглощение опухолью, были выбраны области интереса. Были получены стандартизированные значения поглощения для

максимального ( $\text{SUV}_{\text{max}}$ ) и среднего поглощения опухолью ( $\text{SUV}_{\text{mean}}$ ) путем помещения 10-миллиметровой округлой области интереса над областью с пиковой активностью. Для оценки фоновой активности был выбран визуально нормальный мозг на контралатеральном полушарии ( $\text{SUV}_{\text{BG}}$ ), выполнена оценка данных, включая расчет соотношения опухоль/фон (TBR). Затем были расчи-

таны среднее и максимальное соотношение опухоль/фон ( $TBR_{mean}$ ;  $TBR_{max}$ ). Для дифференциации витальной опухоли от неспецифических изменений использовались стандартные пороговые значения TBR. Количественная оценка  $SUV_{max}$  проведена офлайн путем совмещения данных, полученных при  $[^{18}F]$ -ФЭТ-ПЭТ/КТ, а также данных МРТ с использованием протокола Oncology.

По данным  $[^{18}F]$ -ФЭТ-ПЭТ/КТ-сканирования Tlg (total inflammatory glycolysis, количественная оценка объема метаболически активной артериальной ткани) солидной части опухоли составляла  $0,7 \text{ г/мл} \times \text{см}^3$ , Av (active volume, метаболически активный объем ткани) —  $1,03$ , ROI (Region of Interest, индекс накопления РФП) —  $1,11$ . Но структура опухоли включала и два участка с более высоким уровнем накопления РФП (рис. 1Е, Ж, З). Характеристики 1-го участка опухоли: Tlg —  $1,0 \text{ г/мл} \times \text{см}^3$ , Av —  $3,10$ , ROI —  $3,28$ . Характеристики 2-го участка опухоли: Tlg —  $0,5 \text{ г/мл} \times \text{см}^3$ , Av —  $2,96$ , ROI —  $3,16$ . Таким образом были установлены неоднородность метаболической активности опухоли, а также вероятные злокачественные участки опухоли, что важно при определении дальнейшей тактики хирургического лечения и установления гистологического диагноза.

В возрасте 10 мес ребенку в НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева выполнена костно-пластическая трепанация черепа слева с микрохирургическим удалением опухоли под ультразвуковым и флуоресцентным контролем. С целью интраоперационного флуоресцентного контроля перед операцией за 4 ч до основного этапа удаления пациент получил перорально препарат Аласенс

(5-АЛА — 5-аминолевулиновая кислота; НИОПИК, Россия) в дозировке  $20 \text{ мг/кг}$  массы тела, разведенный в  $10 \text{ мл}$  стерильной воды.

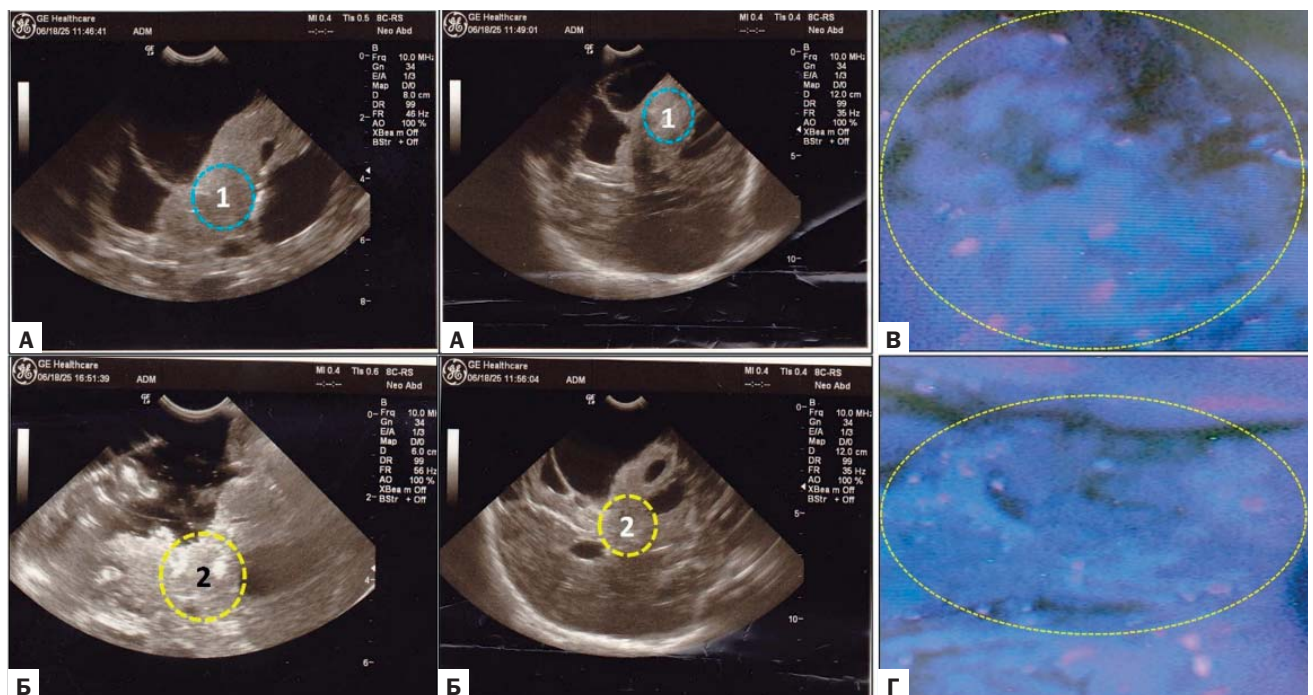
Во время операции проводили анализ интраоперационных ультразвуковых изображений обоих участков опухоли, выявленных по данным  $[^{18}F]$ -ФЭТ-ПЭТ/КТ-сканирования. 1-й участок опухоли имел более гипэхогенный ультразвуковой сигнал в сравнении со 2-м участком опухоли (рис. 2А, Б) и относительно остального солидного фрагмента опухоли.

Выполненная интраоперационная флуоресцентная диагностика с индуктором флуоресценции 5-АЛА в обоих участках опухоли, выявленных по данным  $[^{18}F]$ -ФЭТ-ПЭТ/КТ-сканирования, показала отрицательный результат. Свечение опухолевой ткани в режиме флуоресценции не наблюдали во время всего оперативного вмешательства, во всех участках опухоли, на разных этапах удаления (рис. 2В, Г). Опухоль была удалена субтотально ввиду ее распространения в функционально значимые области головного мозга.

При патоморфологическом исследовании опухоли обнаружены гистологическая картина и иммунофенотип отграниченной глиомы низкого потенциала злокачественности. С учетом возраста пациента, данных инструментальной нейровизуализации и результатов цитогенетического исследования выявленные морфологические признаки соответствуют инфантильной полушарной глиоме, ICD O-code 9385/3 (степень злокачественности по Grade) формально не определены (рис. 3А–Г).

**Рис. 2.** Пациент К., мальчик 9 мес, с инфантильной полушарной глиомой левой гемисферы головного мозга: картина интраоперационной навигации

**Fig. 2.** Patient K., 9-month-old boy, with infantile hemispheric glioma of the left hemisphere: intraoperative navigation image

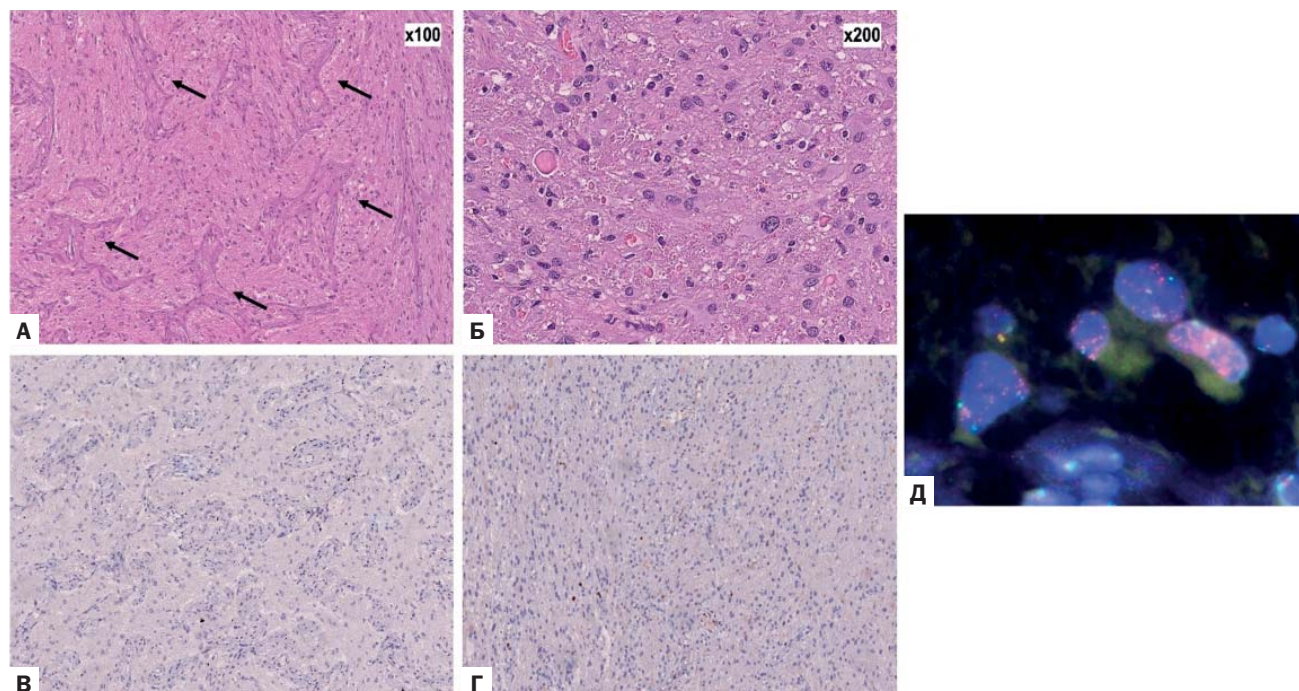


**Примечание.** Интраоперационное ультразвуковое изображение в В-режиме участков полушарной глиомы, выявленных по данным  $[^{18}F]$ -ФЭТ-ПЭТ/КТ-сканирования: А — 1-й участок, Б — 2-й участок. Интраоперационная флуоресцентная картина с индуктором флуоресценции 5-АЛА: В — 1-й участок, Г — 2-й участок. Желтым кругом отмечена зона опухоли, флуоресценция отсутствует как в 1-м, так и во 2-м участках опухоли.

**Note.** Intraoperative B-mode ultrasound images of the hemispheric glioma regions identified using  $[^{18}F]$ -FET-PET/CT scanning: А — region 1, Б — region 2. Intraoperative fluorescence imaging with the fluorescence inducer 5-ALA: В — region 1, Г — region 2. The tumor area is marked with a yellow circle; fluorescence is absent in both regions 1 and 2.

**Рис. 3.** Пациент К., мальчик 9 мес, с инфантильной полушарной глиомой левой гемисферы мозга: патоморфологическое исследование ткани опухоли

**Fig. 3.** Patient K., 9-month-old boy, with infantile hemispheric glioma of the left hemisphere: pathological examination of the tumor tissue



**Примечание.** Ткань опухоли умеренной клеточности с множественными эозинофильными гранулярными тельцами и волокнами Розенталя (А, Б). Клетки опухоли (1-й участок) преимущественно мономорфны, небольшого размера с округлыми и овальными нормохромными ядрами и мелкодисперсным хроматином, скудной эозинофильной цитоплазмой (А), в отдельных участках (2-й участок) отмечался более выраженный ядерный полиморфизм, встречались немногочисленные клетки с обильной цитоплазмой, внутриядерными включениями (Б). Митотическая и пролиферативная активность по индексу Ki 67 крайне низкая как в зонах с мономорфными клеточными элементами (1-й участок) (В), так и в зонах с более выраженным полиморфизмом клеток (2-й участок) (Г), некрозы отсутствовали. Обнаружены зоны с плотной сосудистой сетью и выраженным ретикулиновым каркасом без достоверной пролиферации эндотелия (1-й участок), отмечены стрелками (А). При цитогенетическом исследовании методом флуоресцентной гибридизации *in situ* была обнаружена амплификация гена *MET* (увеличения числа красных сигналов относительно зеленых сигналов контрольного гена) (Д).

**Note.** The tumor tissue is moderately cellular with multiple eosinophilic granular bodies and Rosenthal fibers (A, B). The tumor cells (area 1) are predominantly monomorphic, small, with round and oval normochromic nuclei and finely dispersed chromatin, with sparse eosinophilic cytoplasm (A). In some areas (area 2), more pronounced nuclear polymorphism was noted, with a few cells with abundant cytoplasm and intranuclear inclusions (B). Mitotic and proliferative activity, as measured by the Ki 67 index, were extremely low both in areas with monomorphic cellular elements (area 1) (B) and in areas with more pronounced cell polymorphism (area 2) (Г); necrosis was absent. Areas with a dense vascular network and a pronounced reticulin framework without significant endothelial proliferation were detected (area 1), marked with black arrows (A). Cytogenetic analysis using fluorescence *in situ* hybridization revealed amplification of the *MET* gene (an increase in the number of red signals relative to the green signals of the control gene) (D).

При цитогенетическом исследовании методом FISH перестройки генов *NTRK1*, *NTRK2*, *NTRK3*, *ALK* и *RET* не обнаружены. В 83% обнаружена высококопийная амплификация гена *MET* (рис. 3Д). При молекулярно-генетическом исследовании на платформе *Idylla* патогенный вариант в 600-м кодоне гена *BRAF* не обнаружен.

### Клинический диагноз

Инфантильная полушарная глиома левой гемисферы большого мозга с высококопийной амплификацией в гене *MET*. Двусторонние гигромы в лобных и теменных областях. Задержка психомоторного развития. Правосторонний гемипарез.

Операции: 1) вентрикулоперитонеальное шунтирование справа; 2) костно-пластическая трепанация черепа слева, микрохирургическое удаление опухоли под ультразвуковым и флуоресцентным контролем.

### Временная шкала

Хронология развития болезни пациента К., ее ключевые события и прогноз представлены на рис. 4.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Манифестация ИПГ в большинстве случаев (около 70%) происходит на первом году жизни [5, 12, 13]. У части пациентов (около 30%) клиническая картина заболевания характеризуется увеличением окружности головы, однако в большинстве случаев, даже при значительном объеме опухоли и поражении вещества головного мозга, заболевание протекает бессимптомно [1, 5]. Очень редко (у 3–5% пациентов) опухоль может проявляться задержкой психомоторного развития или неврологическим дефицитом [1, 5, 8]. Как следствие, у большого количества пациентов (до 70% случаев) опухоль обнаруживают случайно при проведении плановой скрининговой нейросонографии [1, 14, 15]. В некоторых случаях опухоль выявляют у внутриутробного ребенка в пренатальном периоде во II или III триместре беременности [1, 4]. Как правило, в пренатальном периоде по данным нейросонографии опухоль имеет однородную солидную структуру [16]. Оценка результатов нейросонографии при ИПГ зачастую затруднена из-за крупных размеров опухоли, полушарного расположения и округ-

**Рис. 4.** Пациент К. с инфантильной полушарной глиомой левой гемисферы мозга: хронология развития болезни, ключевые события и прогноз

**Fig. 4.** Patient K. with infantile hemispheric glioma of the left hemisphere: disease chronology, key events, and prognosis



*Примечание.* НСГ — нейросонография; УЗ — ультразвук; МРТ — магнитно-резонансная томография; ген *MET* — ген рецептора тирозин-протеинкиназы c-Met.

*Note.* NSG (НСГ) — neurosonography; US (УЗ) — ultrasound; MRI (МРТ) — magnetic resonance imaging; *MET* gene — the gene encoding the tyrosine-protein kinase receptor c-Met.

лой формы, что может быть интерпретировано как геморрагический компонент или тромбоз венозного синуса [16, 17].

У нашего пациента опухоль была диагностирована в возрасте до года, имела большие размеры с преобладанием кистозного компонента, сопровождалась увеличением окружности головы и наличием неврологической симптоматики и на начальном этапе протекала бессимптомно.

У 45–53% пациентов по данным МРТ опухоль определяется как крупное (средний объем около 100–130 см<sup>3</sup>), четко отграниченное образование, охватывающее, как правило, одно полушарие головного мозга [1, 5]. В структуре опухоли очень часто (у 60%) определяются множественные геморрагические очаги и кистозная трансформация с возможными мелкими включениями некрозов и кровоизлияний [4, 5]. При этом очаг кровоизлияния может быть обнаружен у более чем половины пациентов и занимать в структуре опухоли большую часть ее объема [1, 5]. Солидная часть опухоли, по данным МРТ, как правило, активно накапливает контраст, что проявляется гиперинтенсивным сигналом на T1-взвешенных изображениях [5, 15, 17]. Также опухоль характеризуется гипоинтенсивным сигналом на T2-взвешенных изображениях, EPI, ADC-карте (признак ограничения диффузии) и имеет заметное ограничение диффузии в режиме DWI [5, 15]. При этом, по данным МРТ, для опухоли нехарактерен перифокальный отек мозгового вещества, несмотря на достаточно большие размеры. Эти особенности характеристик опухоли сохраняются в большинстве случаев и в постнатальном периоде, несмотря на большой размер

самой опухоли, выраженность масс-эффекта и интенсивный характер накопления контрастного вещества по данным МРТ [15, 17, 18].

В нашем клиническом наблюдении опухоль (по данным МРТ) характеризовалась большими размерами, отложением гемосидерина по периферии с диффузным накоплением контрастного препарата, в кистозном компоненте имела перегородки. Перифокальный отек вокруг опухоли отсутствовал. Также опухоль проявлялась гиперинтенсивным сигналом на T1-взвешенных изображениях и гипоинтенсивным сигналом на T2-взвешенных изображениях и имела ограничение диффузии в режиме DWI.

Как известно, глиомы отличаются гетерогенной структурой, и различные участки опухоли могут иметь специфический морфологический и молекулярно-генетический профиль [1, 4, 5]. С этим связаны сложности морфологической диагностики ИПГ, которые усиливают редкость патологии, и низкая специфичность гистологических характеристик этой опухоли [4, 5, 7]. Но именно от этих характеристик зависит дальнейшая тактика лечения этих пациентов. Так, по данным МРТ с контрастным усилением трудно определить более морфологически значимые (более атипичные) участки опухоли [13, 15, 17].

ПЭТ с использованием [<sup>18</sup>F]-ФЭТ в качестве маркера транспорта аминокислот может предоставить дополнительную информацию о биологии опухоли. Это признанный метод визуализации опухолей у взрослых, у которых его ценность подтверждена для прогнозирования [11, 14], мониторинга лечения [13] и дифференци-

ции неспецифических посттерапевтических изменений (псевдопрогрессии) от рецидива опухоли [14], а также косвенной оценки степени злокачественности различных участков опухоли в зависимости от метаболической активности опухолевой ткани [11, 13]. Результаты применения [ $^{18}\text{F}$ ]-ФЭТ-ПЭТ/КТ при опухолях головного мозга у детей проанализированы в нескольких работах [11, 13, 14]. В одном исследовании показано, что в реальной клинической практике [ $^{18}\text{F}$ ]-ФЭТ-ПЭТ/КТ является полезным дополнением в сложных педиатрических ситуациях. В частности, отмечено, что включение ПЭТ в диагностический алгоритм повлияло на ведение 60% пациентов (отказ от хирургического вмешательства или биопсии, направление на прицельную биопсию или хирургическое вмешательство), изменив дальнейшую тактику лечения либо побудив к альтернативному хирургическому вмешательству [11]. В других исследованиях сообщается, что применение ПЭТ в педиатрической практике позволяло надежно отличить низкоккачественную глиому от высокозлокачественной, а также выявить неспецифические изменения (например псевдопрогрессия, лучевой некроз) и дифференцировать их от истинного рецидива опухоли [13, 14].

В нашем случае использование [ $^{18}\text{F}$ ]-ФЭТ-ПЭТ/КТ позволило выявить гетерогенность метаболической активности в опухоли, а также обнаружить наиболее злокачественные участки опухоли, дальнейший морфологический анализ которых повлиял на постановку диагноза и дальнейшую тактику лечения у пациента.

### Лечение

Хирургическое лечение детей с глиальными опухолями нацелено на достижение максимально безопасной резекции опухоли с сохранением или восстановлением неврологического статуса пациента. Но из-за особенностей анатомического расположения опухоли, зачастую ее больших размеров и обильного кровоснабжения во время операции трудно добиться полного удаления опухоли из-за высокого риска послеоперационных осложнений, в частности нарастания грубого неврологического дефицита [19–21]. В нашем случае опухоль была удалена субтотально ввиду ее распространения в функционально значимые зоны мозга, обильного кровоснабжения и расположения в левом полушарии мозга, а также отсутствия в некоторых участках четкой границы между опухолью и окружающим мозгом. Удаление большего объема было чревато нарастанием необратимого грубого неврологического дефицита. Интерес к интраоперационной визуализации в нейроонкологической практике нейрохирурга обусловлен необходимостью ориентирования в анатомо-топографическом расположении опухоли, особенно после вскрытия и опорожнения кистозного компонента, когда изменяется пространственное положение опухоли внутри черепа относительно других структур [16–18]. Анатомическую и функциональную информацию об опухоли в режиме реального времени хирургу предоставляют интраоперационные ультразвуковая навигация и флуоресцентная диагностика. Ультразвуковой контроль необходим для визуализации и описания анатомических структур [16, 17], тогда как флуоресцентная диагностика позволяет визуализировать более метаболически активные участки опухоли [20, 21]. Так, яркость интересующей структуры (например, опухоли) оценивается по сравне-

нию с окружающей здоровой тканью, в связи с чем целевая структура может быть определена как гиперэхогенная, гипозохогенная или изоэхогенная по данным ультразвукового исследования [16, 18], а также иметь разную интенсивность свечения по данным флуоресцентной диагностики [19–21].

В нашем клиническом случае использование интраоперационной ультразвуковой навигации позволило определить топографическое положение солидного компонента опухоли — особенно после того как был опорожнен превалирующий в объеме кистозный компонент опухоли, после чего произошел сдвиг остальных окружающих тканей, включая солидный компонент опухоли, относительно их первоначального расположения. Использование флуоресцентной навигации показало отсутствие свечения всех участков опухолевой ткани во флуоресцентном режиме на протяжении всей операции, что может свидетельствовать в данном случае о доброкачественном характере опухоли.

Химиотерапевтическое лечение пациентов с ИПГ, как правило, зависит от молекулярно-генетической характеристики опухоли. Так, противоопухолевые препараты являются одним из основных методов адъювантного лечения, которое большинству пациентов проводится по протоколу BabyPOG и HIT SKK [1, 5, 10]. При этом эффективность химиотерапии у таких пациентов, по данным литературы, составляет от 30 до 66% [1, 10, 22]. В настоящее время отсутствуют исследования, в которых сравнивается эффективность различных комбинаций противоопухолевого послеоперационного лечения, в том числе и у детей первого года жизни.

В нашем случае благодаря удалению и анализу морфологически значимых участков опухолевой ткани, которые были выявлены на ПЭТ/КТ, была диагностирована ИПГ левой гемисферы большого мозга с высококопийной амплификацией в гене *MET*. Поэтому одним из вариантов дальнейшего лечения может быть рассмотрен препарат кабозантиниб, который является мультикиназным ингибитором и проявляет активность в отношении опухолевых глиальных клеток с генетическими перестройками, описанных при ИПГ, возникающих в том числе с участием гена *MET* [1, 10].

### Прогноз

Общая 5-летняя выживаемость пациентов с ИПГ составляет 54,5%, что в среднем выше, чем у пациентов с другими диффузными глиомами высокой степени злокачественности детского типа [22–24]. Выживаемость варьирует от 33 до 67% в зависимости от наличия перестроек в генах рецепторных тирозинкиназ [1, 4, 8]. По одним данным, медиана общей 5-летней выживаемости у пациентов с опухолями с перестройкой в гене *ALK* выше, чем у пациентов с опухолями с изменениями гена *ROS1* (53,8% против 25% соответственно) [8]. У пациентов с опухолями, положительными по слиянию гена *NTRK*, прогноз был промежуточным (общая 5-летняя выживаемость составляет около 40–50%) [7], а у пациентов с перестройкой и амплификацией гена *MET* общая 5-летняя выживаемость составляет около 50–70% [1].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИПГ — редкая глиальная опухоль, развивающаяся внутриутробно или в младенчестве. Диагностика заболе-

вания затруднена из-за низкой инцидентности, длительного бессимптомного течения, неоднозначной интерпретации данных нейросонографии и МРТ, особенно на ранних сроках жизни. В связи с большим размером опухоли и ее обильным кровоснабжением во время хирургического вмешательства не всегда удается выполнить тотальное удаление. Наряду с этим прогноз и послеоперационная тактика лечения у этих пациентов зависят от молекулярно-генетического подтипа опухоли. Поэтому в условиях невозможности полного удаления опухоли большое значение имеет использование предоперационной нейровизуализации (в частности, [ $^{18}\text{F}$ ]-ФЭТ-ПЭТ/КТ) и интраоперационной ультразвуковой и флуоресцентной навигации. Последняя необходима для удаления опухоли и взятия метаболически активных ее участков для последующего морфологического исследования, результаты которого могут определить прогноз и тактику лечения пациента. Молекулярно-генетические методы позволяют однозначно подтвердить диагноз и выявить характерные транскрипты слияния, идентифицируемые с помощью секвенирования РНК, что дает обоснование для таргетной противоопухолевой терапии, которая в настоящее время представляется наиболее эффективным методом лечения пациентов с ИПГ.

#### ИНФОРМИРОВАННОЕ СОГЛАСИЕ

От матери пациента получено письменное информированное добровольное согласие на использование данных обследования и лечения в научных целях и публикацию этих сведений в научном журнале, включая его электронную версию (дата подписания: 17.06.2025).

#### INFORMED CONSENT

Patient's mother has signed informed voluntary consent on the usage of examination and treatment results for scientific purposes and the publication of this data in scientific journal, including its electronic version (signed on 17.06.2025).

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Отсутствует.

#### FINANCING SOURCE

Not declared.

#### РАСКРЫТИЕ ИНТЕРЕСОВ

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

#### DISCLOSURE OF INTEREST

Not specified.

#### ВКЛАД АВТОРОВ

**А.Ю. Рында** — определение концепции, работа с данными, анализ данных, проведение исследования, разработка методологии, руководство исследованием, визуализация, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование рукописи.

**Л.И. Папуша** — определение концепции, работа с данными, анализ данных, проведение исследования,

разработка методологии, руководство исследованием, визуализация, написание черновика рукописи, пересмотр и редактирование рукописи.

**Т.Л. Антонеvская** — работа с данными, анализ данных, проведение исследования, написание черновика рукописи.

**И.Н. Ворожцов** — работа с данными, анализ данных, проведение исследования, написание черновика рукописи.

**Н.С. Грачев** — руководство исследованием.

**А.В. Лопатин** — пересмотр и редактирование рукописи.

**А.В. Санакоева** — работа с данными, анализ данных, проведение исследования.

**А.В. Тараканова** — работа с данными, анализ данных, проведение исследования.

**Г.В. Терещенко** — работа с данными, анализ данных, проведение исследования.

#### AUTHORS' CONTRIBUTION

**Artemy Yu. Rynda** — study concept, data processing, data analysis, conducting the study, methodology development, guidance, visualization, manuscript draft writing, manuscript review and editing.

**Lyudmila I. Papusha** — study concept, data processing, data analysis, conducting the study, methodology development, guidance, visualization, manuscript draft writing, manuscript review and editing.

**Tamara L. Antonevskaya** — data processing, data analysis, conducting the study, manuscript draft writing.

**Igor N. Vorozhtsov** — data processing, data analysis, conducting the study, manuscript draft writing.

**Nikolay S. Grachev** — guidance.

**Andrey V. Lopatin** — manuscript review and editing.

**Agunda V. Sanakoeva** — data processing, data analysis, conducting the study.

**Alexandra V. Tarakanova** — data processing, data analysis, conducting the study.

**Galina V. Tereshchenko** — data processing, data analysis, conducting the study.

#### ORCID

**А.Ю. Рында**

<https://orcid.org/0000-0002-3331-4175>

**Л.И. Папуша**

<https://orcid.org/0000-0001-7750-5216>

**Т.Л. Антонеvская**

<https://orcid.org/0000-0002-1255-2991>

**И.Н. Ворожцов**

<https://orcid.org/0000-0002-3932-6257>

**Н.С. Грачев**

<https://orcid.org/0000-0002-4451-3233>

**А.В. Лопатин**

<https://orcid.org/0000-0001-7600-6191>

**А.В. Санакоева**

<https://orcid.org/0000-0001-5893-0508>

**А.В. Тараканова**

<https://orcid.org/0000-0002-9496-3136>

**Г.В. Терещенко**

<https://orcid.org/0000-0001-7317-7104>

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Papusha L, Zaytseva M, Senchenko M, et al. Challenges in diagnostics and treatment of infant-type hemispheric gliomas. *Neurooncol Adv.* 2025;7(1):vdaf124. doi: <https://doi.org/10.1093/oaajnl/vdaf124>
2. Louis DN, 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. doi: <https://doi.org/10.1093/neuonc/noab106>
3. Patel T, Singh G, Goswami P, Dave R. Recent updates in pediatric diffuse glioma classification: insights and conclusions from the WHO 5th edition. *J Med Life.* 2024;17(7):665–670. doi: <https://doi.org/10.25122/jml-2023-0515>
4. Chiang J, Bagchi A, Li X, et al. High-grade glioma in infants and young children is histologically, molecularly, and clinically diverse: results from the SJYC07 trial and institutional experience. *Neuro Oncol.* 2024;26(1):178–190. doi: <https://doi.org/10.1093/neuonc/noad130>
5. Bagchi A, Chiang J, Pinto S, et al. Infant-Type Hemispheric Gliomas: A Review of Clinical, Radiologic, Histopathologic, and Molecular Features. *J Natl Compr Canc Netw.* 2025;23(11):e257064. doi: <https://doi.org/10.6004/jnccn.2025.7064>
6. Jovanovich N, Habib A, Head J, et al. Pediatric diffuse midline glioma: Understanding the mechanisms and assessing the next generation of personalized therapeutics. *Neurooncol Adv.* 2023;5(1):vdad040. doi: <https://doi.org/10.1093/oaajnl/vdad040>
7. Guerreiro Stucklin AS, Ryall S, Fukuoka K, et al. Alterations in ALK/ROS1/NTRK/MET drive a group of infantile hemispheric gliomas. *Nat Commun.* 2019;10(1):4343. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12187-5>
8. de Bont JM, Schouten-van Meeteren AYN. Long-term quality of survival after pediatric low-grade glioma. *Childs Nerv Syst.* 2024;40(10):3341–3355 doi: <https://doi.org/10.1007/s00381-024-06631-1>
9. Moreira DC, Lam CG, Bhakta N. Tackling Pediatric Low-Grade Gliomas: A Global Perspective. *JCO Glob Oncol.* 2023;9:e2300017. doi: <https://doi.org/10.1200/GO.23.0001>
10. Sait SF, Giantini-Larsen AM, Tringale KR, et al. Treatment of Pediatric Low-Grade Gliomas. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2023;23(4):185–199. doi: <https://doi.org/10.1007/s11910-023-01257-3>
11. Kertels O, Krauß J, Monoranu CM, et al. [<sup>18</sup>F] FET-PET in children and adolescents with central nervous system tumors: does it support difficult clinical decision-making? *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2023;50(6):1699–1708. doi: <https://doi.org/10.1007/s00259-023-06114-6>
12. Fangusaro J, Jones DT, Packer RJ, et al. Pediatric low-grade glioma: State-of-the-art and ongoing challenges. *Neuro Oncol.* 2024;26(1):25–37. doi: <https://doi.org/10.1093/neuonc/noad195>
13. Masselli G, Di Bella C. Will PET/MR Imaging Replace PET/CT for Pediatric Applications? *Diagnostics.* 2025;15(9):1070. doi: <https://doi.org/10.3390/diagnostics15091070>
14. Robert JA, Leclerc A, Duclouie M, et al. Contribution of [<sup>18</sup>F] FET PET in the Management of Gliomas, from Diagnosis to Follow-Up: A Review. *Pharmaceuticals.* 2024;17(9):1228. doi: <https://doi.org/10.3390/ph17091228>
15. Fathi Kazerooni A, Kraya A, Rathi KS, et al. Multiparametric MRI along with machine learning predicts prognosis and treatment response in pediatric low-grade glioma. *Nat Commun.* 2025;16(1):340. doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-55659-z>
16. Klein Gunnewiek K, van Baarsen KM, Graus EHM, et al. Navigated intraoperative ultrasound in pediatric brain tumors. *Childs Nerv Syst.* 2024;40(9):2697–2705. doi: <https://doi.org/10.1007/s00381-024-06492-8>
17. Dietvorst S, Narayan A, Agbor C, et al. Role of intraoperative ultrasound and MRI to aid grade of resection of pediatric low-grade gliomas: accumulated experience from 4 centers. *Childs Nerv Syst.* 2024;40(10):3165–3172. doi: <https://doi.org/10.1007/s00381-024-06532-3>
18. Sulangi AJ, Husain A, Lei H, Okun J. Neuronavigation in glioma resection: current applications, challenges, and clinical outcomes. *Front Surg.* 2024;11:1430567. doi: <https://doi.org/10.3389/fsurg.2024.1430567>
19. Wang C, Yu Y, Wang Y. Utility and Safety of 5-ALA Guided Surgery in Pediatric Brain Tumors: A Systematic Review. *Cancers (Basel).* 2024;16(21):3677. doi: <https://doi.org/10.3390/cancers16213677>
20. Milos P, Haj-Hosseini N, Hillman J, Wårdell K. 5-ALA fluorescence in randomly selected pediatric brain tumors assessed by spectroscopy and surgical microscope. *Acta Neurochir (Wien).* 2023;165(1):71–81. doi: <https://doi.org/10.1007/s00701-022-05360-1>
21. Рында А.Ю., Олюшин В.Е., Ростовцев Д.М. и др. Результаты использования интраоперационного флуоресцентного контроля с хлорином Е6 при резекции глиальных опухолей головного мозга // Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко. — 2021. — Т. 85. — № 4. — С. 20–28. — doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20218504120> [Rynda AYU, Olyushin VE, Rostovtsev DM, et al. Intraoperative fluorescence control with chlorin E6 in resection of glial brain tumors. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 2021;85(4):20–28. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20218504120>]
22. Папуша Л.И., Сальникова Е.А., Панферова А.В. и др. Таргетная терапия инфантильных глиом полушарной локализации // Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. — 2021. — Т. 20. — №3. — С. 68–73. — doi: <https://doi.org/10.24287/1726-1708-2021-20-3-68-73> [Papusha LI, Salnikova EA, Panferova AV, et al. Targeted therapy of hemispheric infant gliomas // *Pediatric Hematology/Oncology and Immunopathology.* 2021;20(3):68–73. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.24287/1726-1708-2021-20-3-68-73>]
23. Balogun JA, Udayakumaran S, Collange NZ. Surgical treatment of pediatric low-grade glioma in developing countries. *Childs Nerv Syst.* 2024;40(10):3129–3134. doi: <https://doi.org/10.1007/s00381-024-06448-y>
24. Назаралиева Э.Т., Забродская Ю.М., Герасимов А.П. и др. Интегральный нейроонкологический диагноз как основа персонализированного лечения опухолей головного мозга (на примере глиом у детей) // Трансляционная медицина. — 2024. — Т. 11. — № 1. — С. 65–76. — doi: <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2024-11-1-65-76> [Nazaralieva ET, Zabrodskaya YuM, Gerasimov AP, et al. Integral neuro-oncological diagnosis as the basis for personalized treatment of brain tumors (on the example of gliomas in children). *Translational Medicine.* 2024;11(1):65–76. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2024-11-1-65-76>]