

© Team of authors, 2021 / © Коллектив авторов, 2021

## Intraoperative fluorescence guidance in posterior fossa meningioma surgery (case series and review of literature)

V.N. Shimansky, V.V. Karnaukhov, S.V. Tanyashin, V.K. Poshataev,  
K.V. Shevchenko, S.A. Goryainov, [A.A. Potapov](#)

Federal State Autonomous Institution «N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

For correspondence: Vasily Karnaukhov – e-mail: [Vkarnayhov@nsi.ru](mailto:Vkarnayhov@nsi.ru)

## Применение интраоперационной флуоресцентной диагностики в хирургии менингиом задней черепной ямки (описание клинических наблюдений и обзор литературы)

В.Н. Шиманский, В.В. Карнаухов, С.В. Тяняшин, В.К. Пошатаев,  
К.В. Шевченко, С.А. Горяинов, [А.А. Потапов](#)

ФГАУ Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава РФ, Москва, Россия

Контакты: Карнаухов Василий Витальевич – e-mail: [Vkarnayhov@nsi.ru](mailto:Vkarnayhov@nsi.ru)

## 后颅窝脑膜瘤手术中的术中荧光引导（病例系列和文献复习）

V.N. Shimansky, V.V. Karnaukhov, S.V. Tanyashin, V.K. Poshataev,  
K.V. Shevchenko, S.A. Goryainov, [A.A. Potapov](#)

Federal State Autonomous Institution «N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

通讯作者: Vasily Karnaukhov – e-mail: [Vkarnayhov@nsi.ru](mailto:Vkarnayhov@nsi.ru)

Doi: [10.25792/HN.2021.9.3.79-88](https://doi.org/10.25792/HN.2021.9.3.79-88)

Fluorescence 5-ALA guidance (FG) has been widely used since the last decades of 20th century. The current work describes case series with the successful FG implementation in patients harboring posterior fossa meningiomas. In some cases, FG allowed to identify fluorescent remnants of the tumor, which were hardly seen in xenon light, and thus provided an extended tumor resection. Authors also present cases where FG revealed intimate adhesions of the tumor remnant and the arachnoid to neurovascular structures and justified the subtotal resection due to the high risk of possible morbidity and neurologic deficit.

**Key words:** posterior cranial fossa meningiomas, fluorescence guidance, meningiomas of the skull base, petroclival meningiomas

**Conflicts of interest.** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Funding.** There was no funding for this study.

**For citation:** Shimansky V.N., Karnaukhov V.V., Tanyashin S.V., Poshataev V.K., Shevchenko K.V., Goryainov S.A., [Potapov A.A.](#) Intraoperative fluorescence guidance in posterior fossa meningioma surgery (cases series and review of literature). *Head and neck. Russian Journal.* 2021;9(3):79–88 (In Russian).

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, figures, photographs of patients.

Флуоресцентная диагностика (ФД) с использованием 5-аминолевулиновой кислоты (5-АЛК) активно используется в нейрохирургических операциях с конца 90-х гг. XX века. Авторами представлены примеры применения ФД у пациентов с менингиомами задней черепной ямки с целью оценки радикальности удаления опухоли. Использование указанной методики позволило изменить ход хирургического вмешательства и увеличить радикальность операции за счет выявления флуоресцирующего остатка опухоли. В некоторых случаях авторы рекомендуют воздержаться от удаления фрагментов опухоли или пораженных участков оболочек, плотно связанных с нейроваскулярными структурами задней черепной ямки, повреждение которых неизбежно приведет к стойкому неврологическому дефициту.

**Ключевые слова:** менингиомы задней черепной ямки, флуоресцентная диагностика, опухоли основания черепа, петрокливалльные менингиомы

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Работа выполнена без спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Шиманский В.Н., Карнаухов В.В., Тяняшин С.В., Пошатаев В.К., Шевченко К.В., Горяйнов С.А., Потапов А.А. Применение интраоперационной флуоресцентной диагностики в хирургии менингиом задней черепной ямки (описание клинических наблюдений и обзор литературы). *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал=Head and neck. Russian Journal.* 2021;9(3):79–88

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

自20世纪末几十年以来, 荧光5-ALA指导 (FG) 已被广泛使用。目前的工作描述了在患有后颅窝脑膜瘤的患者中成功实施FG的病例系列。在一些情况下, FG允许鉴定在氩气中几乎看不到的肿瘤的荧光残余物, 因此提供了延长的肿瘤切除。作者还介绍了FG显示肿瘤残留物和蛛网膜与神经血管结构紧密粘连的病例, 并证明由于可能的发病率 and 神经功能缺损的高风险而进行次全切除是合理的。

**关键词:** 后颅窝脑膜瘤, 荧光引导, 颅底脑膜瘤, 岩石脑膜瘤

**利益冲突:** 作者没有利益冲突要声明。

**基金.** 这项研究没有资金。

**引用:** Shimansky V.N., Karnaukhov V.V., Tanyashin S.V., Poshataev V.K., Shevchenko K.V., Goryainov S.A., Potapov A.A. Intraoperative fluorescence guidance in posterior fossa meningioma surgery (cases series and review of literature). *Head and neck. Russian Journal.* 2021;9(3):79–88 (In Russian).

作者对所提供数据的原创性以及发布说明性材料的可能性负责——表格、图表、患者照片。

## Введение

Менингиомы в большинстве случаев являются доброкачественными опухолями, развивающимися из оболочек головного или спинного мозга и составляют 13–26% от всех первичных интракраниальных объемных образований [1, 2]. Менингиомы задней черепной ямки (МЗЧЯ) составляют от 7 до 17% от внутричерепных менингиом, чаще встречаются у женщин (соотношение женщин и мужчин 3:1) молодого и среднего возраста [1].

МЗЧЯ, как правило, являются медленно растущими опухолями, которые, в ряде наблюдений, даже достигнув больших размеров, проявляются достаточно умеренной неврологической симптоматикой [1, 3–5].

Основной метод лечения МЗЧЯ – хирургический [1, 2, 7]. Менингиомы характеризуются тенденцией к местному рецидивированию, частота и скорость которого зависят от гистологического типа и радикальности удаления опухоли [1, 2, 4, 5]. Именно поэтому для увеличения радикальности удаления МЗЧЯ, начиная со второй половины XX века, стали применяться различные хирургические доступы, зачастую с обширной резекцией костных структур основания черепа, направленные на лучшую визуализацию опухоли и окружающих ее нейроваскулярных структур [7–10]. При удалении опухолей активно используются методики нейронавигации, применение интраоперационного КТ (компьютерная томография)-контроля или МРТ (магнитно-резонансная томография)-контроля [11–13]. В последние годы все чаще встречаются упоминания об использовании флуоресцентной диагностики (ФД) при удалении опухолей указанной гистологической структуры [14, 15].

В 1948 г. было выполнено первое клиническое исследование флуоресцентного эффекта при внутривенном использовании

флуоресцеина во время нейрохирургических операций [16]. В дальнейшем, до появления методов нейровизуализации, ФД применялась для более точного определения локализации опухоли во время оперативного вмешательства.

В конце 90-х гг. XX века стали известны первые данные о возможности применения 5-аминолевулиновой кислоты (5-АЛК) в нейрохирургии [17, 18].

В настоящее время ФД широко используется в хирургическом лечении злокачественных глиом головного мозга [19–21]. Реже встречаются сообщения о применении ее в хирургии опухолей детского возраста, метастатических опухолей, новообразований спинного мозга, интракраниальных менингиомах супра- и субтенториального расположения [22–24].

## Материал и методы

С 2015 по 2020 г. в 5-м нейрохирургическом отделении ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко МЗ РФ оперированы 28 пациентов с опухолями задней черепной ямки. В ходе операции использовалась ФД. Средний возраст оперированных пациентов составил 53 года. Все опухоли были доброкачественными WHO Grade I. Опухоль флуоресцировала у 28 (100%) пациентов, из них у 17 (61%) зафиксирована сильная флуоресценция, у 9 (32%) – средняя, а у 2 (7%) – слабая.

Методика основана на более интенсивном накоплении протопорфирина IX (ППИХ) в опухолевых клетках, которое связано не только с увеличением проницаемости ткани для 5-АЛК, но и с усилением захвата 5-АЛК опухолевыми клетками, изменением активности ферментов, катализирующих трансформацию ППИХ в гем. При введении препарата 5-АЛК внутрь наблюдается преимущественное накопление ППИХ в ткани опухоли, а соотношение

степени флуоресценции опухоли и окружающей нормальной ткани достигает максимума (от 10/1–15/1 до 20/1–50/1) через 2 часа после введения.

Препарат 5-АЛК обычно вводится перорально в дозировке 20 мг/кг в 50 мл питьевой воды за 2–3 часа до подачи пациента в операционную. При применении 5-АЛК необходимо ограничение инсоляции в течение 48 часов после операции. В качестве побочного эффекта изредка отмечается кратковременная фотосенсибилизация (в виде солнечной эритемы), редко – транзиторное кратковременное повышение уровня печеночных ферментов. В течение 24 часов после перорального приема препарат полностью выводится с мочой, не накапливаясь в тканях организма. Специально разработанные приставки к операционным микроскопам обеспечивают возможность интраоперационной

визуализации красно-розового свечения ППХ, при этом интенсивность флуоресценции зависит от энергии активирующего излучения микроскопа [25].

### Клинический пример 1

Пациентка С., 48 лет, поступила в ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко МЗ РФ с жалобами на сильную головную боль с тошнотой, рвотой, преимущественно в утренние часы. Также отмечала онемение затылка, языка, челюсти, жжение в височной области слева. При МРТ головного мозга определяется менингиома задней поверхности пирамиды височной кости слева в области сигмовидного синуса (рис. 1а). Операция удаления менингиомы задней поверхности пирамиды височной

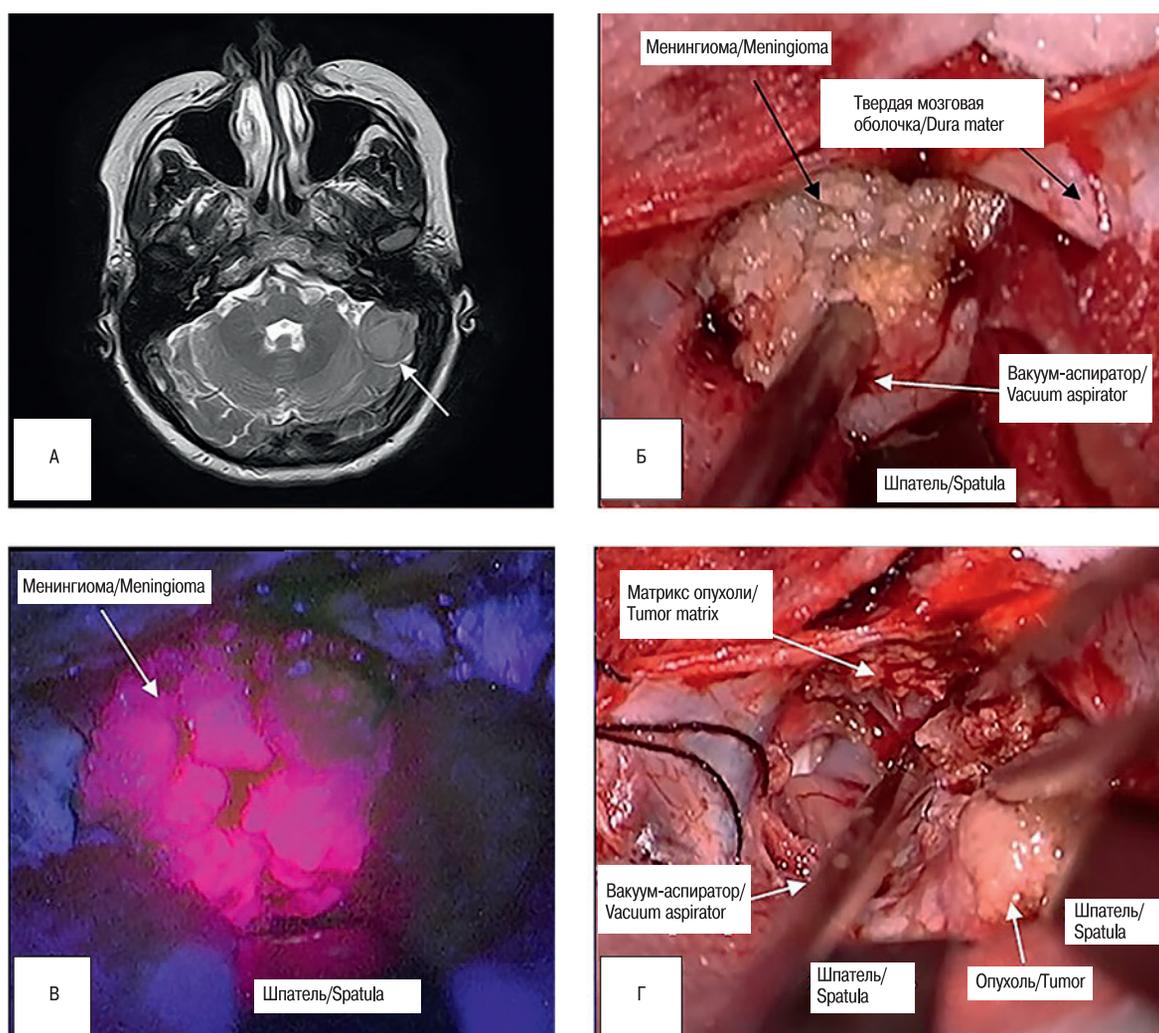


Рис. 1. МРТ головного мозга, аксиальные срезы с внутривенным контрастированием. Стрелкой указана менингиома задней поверхности пирамиды височной кости (рис. 1а). Выполнен ретросигмовидный субокципитальный хирургический доступ, твердая мозговая оболочка вскрыта, произведена тракция гемисферы мозжечка шпателями медиально. Визуализируется менингиома задней поверхности пирамиды височной кости (рис. 1б). Опухоль ярко флуоресцирует в режиме BL 400 (рис. 1в). После частичного удаления опухоли визуализирован ее матрикс в области перехода поперечного в сигмовидный синус и намета мозжечка (рис. 1г).

Fig. 1. MRI of the brain, axial sections with intravenous contrast

The arrow indicates the meningioma of the posterior surface of the temporal bone pyramid (Fig. 1a). Retrosigmoid suboccipital surgery was performed, the dura mater was opened, and the cerebellar hemisphere was moved medially with spatulas. A meningioma of the posterior surface of the temporal bone pyramid is visualized (Fig. 1b). The tumor fluoresces brightly in the BL 400 mode (Fig. 1c). After partial resection of the tumor, its matrix was visualized in the transition area between the transverse sinus and the sigmoid sinus and in the tentorium of the cerebellum (Fig. 1d).

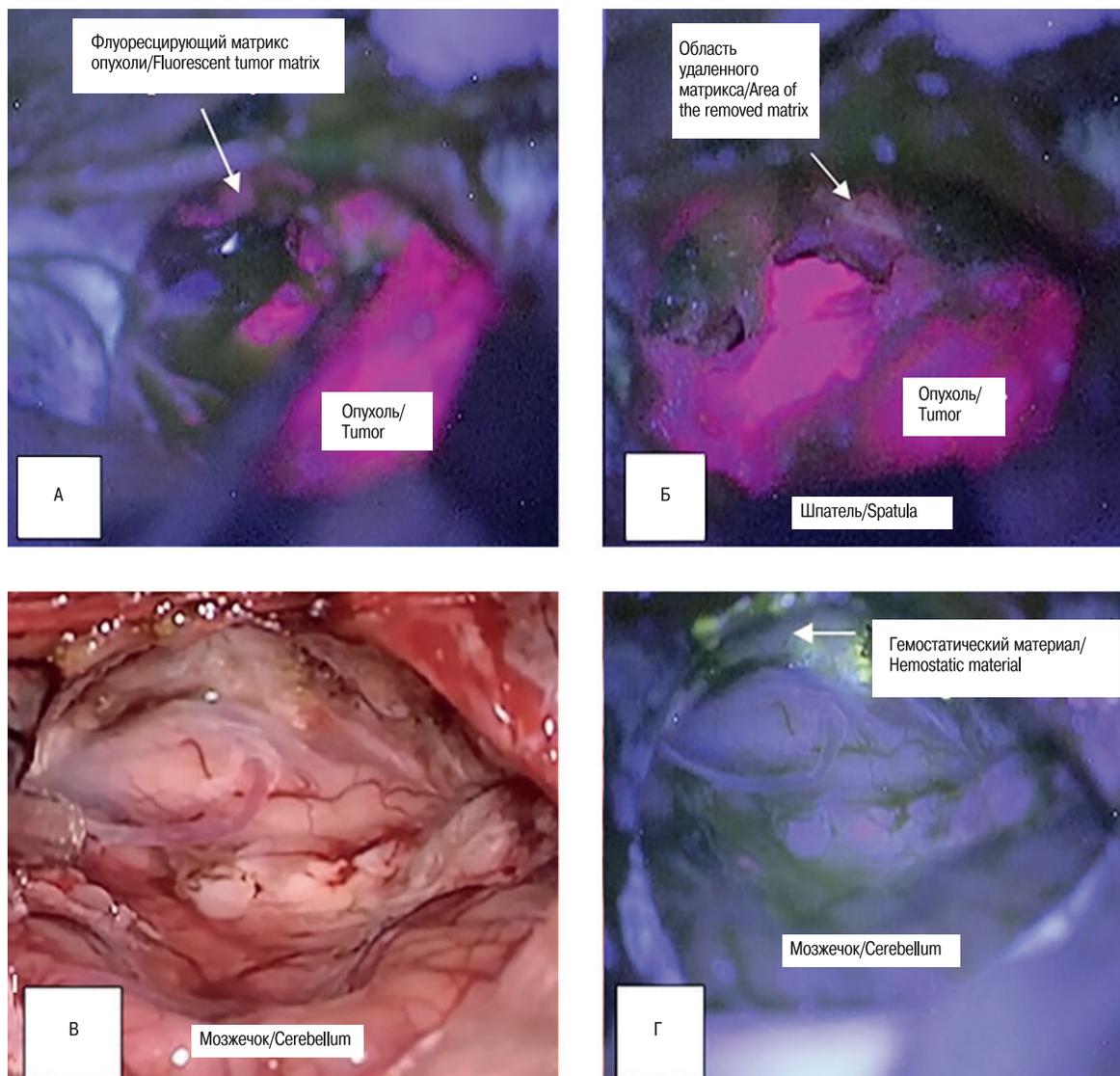


Рис. 2. В режиме BL 400 остатки опухоли и матрикс ярко флуоресцируют (рис. 2а)

Матрикс опухоли коагулирован и удален, в режиме BL 400 его свечения не определяется. Интенсивно флуоресцируют остатки не удаленной опухоли (рис. 2б). Интраоперационный вид после удаления опухоли, гемостаза (рис. 2в). В режиме BL 400 флуоресценции не определяется (рис 2г).

Fig. 2. In BL 400 mode, tumor remnants and matrix fluoresce brightly (Fig. 2a)

The tumor matrix was coagulated and removed; in the BL 400 mode, its luminescence was not detected. The tumor remnants not removed fluoresce intensely (Fig. 2b). Intraoperative view after the tumor removal, hemostasis (Fig. 2c). In the BL 400 mode, no fluorescence is detected (Fig. 2d).

кости слева осуществлена с использованием методики метаболической навигации. Пациентка получила 5-АЛК в дозе 20 мг/кг массы тела за 2 часа до анестезии. Операция проводилась под операционным микроскопом ORMI Pentero 900, оснащенным флуоресцентным модулем. В положении «лежа на спине» пациентке выполнен ретросигмовидный субокципитальный хирургический доступ. После вскрытия твердой мозговой оболочки и смещения мозгового вещества гемисферы мозжечка в медиальном направлении, визуализирована опухоль – типичная менингиома, плотноэластической консистенции, которая хорошо удалялась путем фрагментации (рис. 1б). В режиме функции флуоресцентного модуля Blue 400 (BL 400) микроскопа Ormi Pentero, опухоль демонстрировала яркое свечение (рис. 1в).

После уменьшения объема опухоли путем частичного удаления стромы, визуализировано место ее исходного роста в области перехода поперечного синуса в сигмовидный (рис. 1г). Под микроскопом BL 400 матрикс и остатки опухоли отчетливо флуоресцируют (рис. 2а). После коагуляции и удаления матрикса опухоли флуоресцентного свечения в режиме BL 400 не наблюдается (рис. 2б).

Область матрикса тампонирована фрагментами гемостатического материала. Далее произведено отделение интенсивно флуоресцирующих остатков опухоли от ткани мозжечка и их удаление (рис. 2в). После осуществления гемостаза, признаков флуоресцентного свечения в операционной ране не зафиксировано (рис. 2г). Послеоперационный период протекал без осложнений.

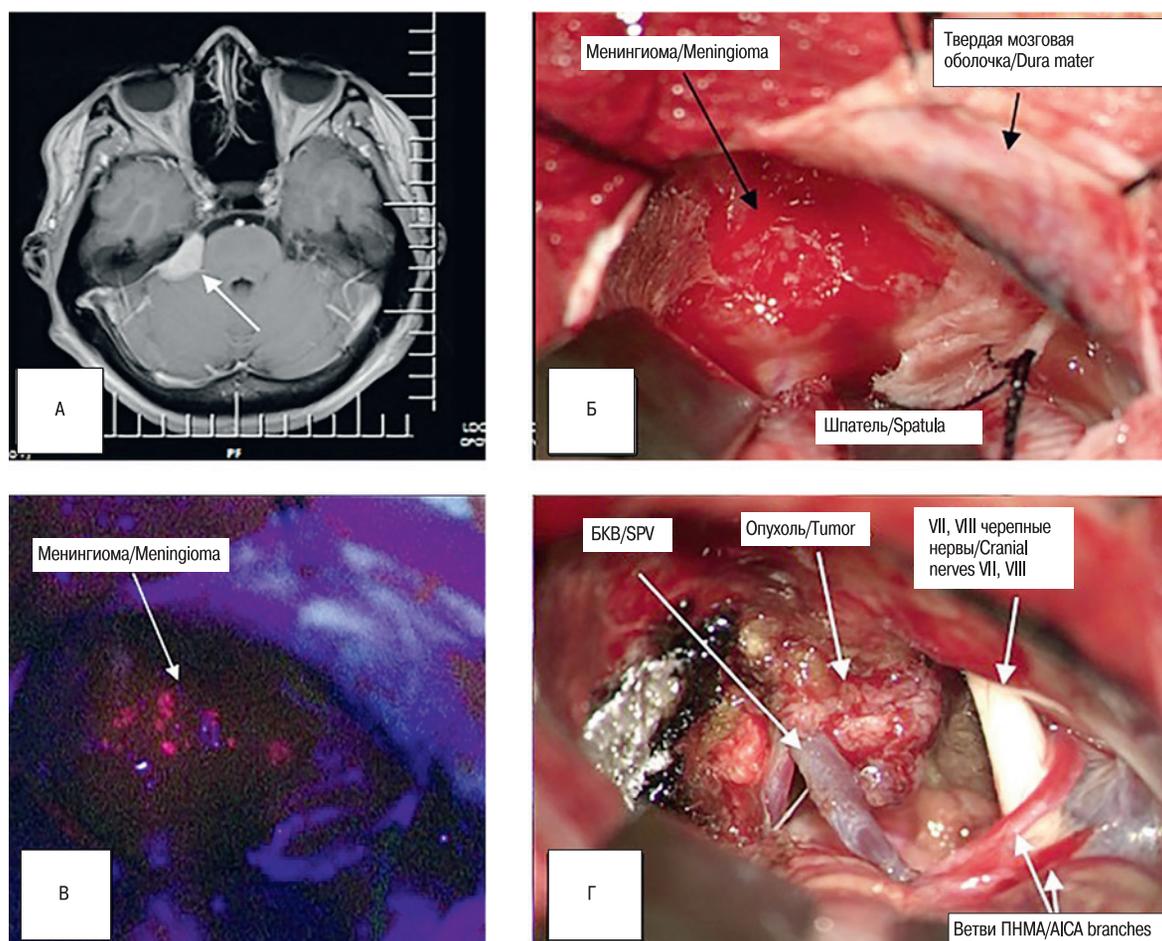


Рис. 3. МРТ головного мозга с внутривенным контрастированием, аксиальные срезы

Стрелкой указана менингиома задней поверхности пирамиды височной кости (рис. 3а). Интраоперационный вид (рис. 3б, в, г). Выполнен ретроsigmoidный субокципитальный хирургический доступ, твердая мозговая оболочка вскрыта, произведена тракция гемисферы мозжечка шпательями медиально. Визуализируется менингиома задней поверхности пирамиды височной кости (рис. 3б). Опухоль ярко флуоресцирует в режиме BL 400 (рис. 3в). Опухоль частично удалена. Визуализируются VII, VIII черепные нервы, Большая каменистая вена (БКВ), разделяющаяся на 2 ветви, передняя нижняя мозжечковая артерия (ПНМА) (рис. 3г).

Fig. 3. MRI of the brain with intravenous contrast, axial slices

The arrow indicates the meningioma of the posterior surface of the temporal bone pyramid (Figure 3a). Intraoperative view (Fig. 3b, c, d). Retrosigmoid suboccipital surgery was performed, the dura mater was opened, and the cerebellar hemisphere was moved medially with spatulas. A meningioma of the posterior surface of the temporal bone pyramid is visualized (Fig. 3b). The tumor brightly fluoresces in the BL 400 mode (Fig. 3c). The tumor is partially removed. The VII, VIII cranial nerves, the superior petrosal vein (SPV), dividing into 2 branches, and the anterior inferior cerebellar artery (AICA) are visualized (Fig. 3d).

## Клинический пример 2

Пациентка А., 47 лет. Госпитализирована с клиническими признаками снижения слуха на правое ухо и головокружением. При МРТ головного мозга диагностирована менингиома задней поверхности пирамиды височной кости справа, расположенная переди от канала внутреннего слухового прохода (рис. 3а). Опухоль удалена с использованием физиологического мониторинга черепных нервов и метаболической навигации. После выполнения ретроsigmoidного субокципитального доступа справа вскрыта твердая мозговая оболочка, произведено опорожнение цистерн задней черепной ямки. При подходе к мостомозжечковому углу обнаружена опухоль, растущая из твердой мозговой оболочки задней поверхности пирамиды височной

кости между вершиной пирамиды и внутренним слуховым проходом (рис. 3б). В режиме BL 400 зафиксировано интенсивное флуоресцентное свечение ткани опухоли (рис. 3в). Первым этапом произведена коагуляция области исходного роста опухоли и тампонада его фрагментами гемостатического материала (рис. 3г). Строну опухоли иссекали фрагментами, в ходе операции для контроля удаления опухоли использовали режим BL 400. При помощи флуоресценции идентифицированы остаточные фрагменты опухоли в области Меккелевой полости и корешка тройничного нерва (рис. 4а). После тотального удаления опухоли и отчетливой визуализации мозговых и сосудисто-нервных структур (ствол головного мозга, корешки тройничного, лицевого и слуховестибулярного нервов, большая каменистая вена) (рис. 4б), дополнительно проведен осмотр операционного поля

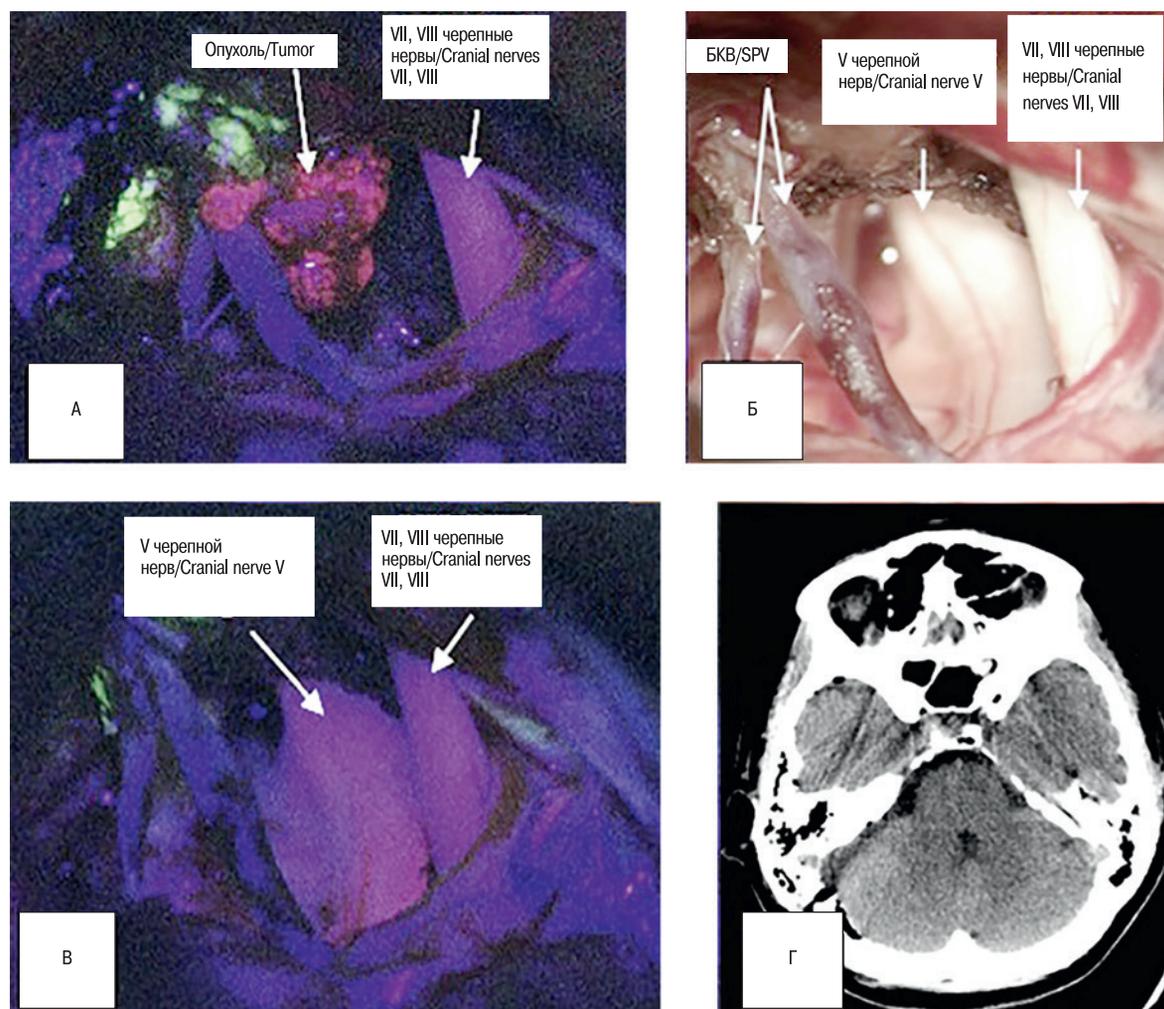


Рис. 4. Интраоперационный вид

В режиме BL 400 остатки опухоли ярко флуоресцируют (рис. 4а). Опухоль полностью удалена. Определяются VII, VIII черепные нервы, V черепной нерв со следами девиации вследствие компрессии опухолью (рис. 4б). В режиме BL 400 определяется умеренная флуоресценция арахноидальной оболочки в области компримированного тройничного нерва (рис. 4в). Послеоперационная КТ головного мозга, демонстрирующая радикальное удаление опухоли (рис. 4г).

Fig. 4. Intraoperative view

In the BL 400 mode, tumor remnants are brightly fluorescent (Fig. 4a). The tumor is completely removed. The VII, VIII cranial nerves, the V cranial nerve with signs of deviation due to the tumor compression are determined (Fig. 4b). In the BL 400 mode, moderate fluorescence of the arachnoid mater is determined near the compressed trigeminal nerve (Fig. 4c). Postoperative CT of the brain showing radical tumor resection (Fig. 4d).

в режиме BL 400, выявивший умеренное флуоресцентное свечение арахноидальной оболочки в области компримированного корешка тройничного нерва (рис. 4в). В послеоперационном периоде нарастания очаговой неврологической симптоматики не наблюдалось. Контрольная КТ головного мозга не выявила данных за осложнения и подтвердила тотальное удаление опухоли (рис. 4г).

### Клинический пример 3

Пациент К., 69 лет. В течение 2 лет отмечает снижение слуха на правое ухо, позже присоединились головокружения. По результатам МРТ головного мозга диагностирована большая менингиома задней поверхности пирамиды височной кости справа, компримирующая ствол головного мозга (рис. 5а).

Пациент был оперирован в НМИЦ нейрохирургии, при удалении опухоли использовались метаболическая навигация и интраоперационный нейрофизиологический мониторинг черепных нервов (рис 5б, в, г).

В данном наблюдении одним из важных интраоперационных факторов была плотная строма опухоли, содержащая в своей структуре многочисленные петрификаты. Другим ключевым фактором явилась инвазия опухолью арахноидальной оболочки, что выразилось в спаянности поверхности опухоли с поверхностью ствола головного мозга, корешками тройничного, лицевого и слухового нервов, а также наличием общего кровообращения на уровне мелких артериальных и венозных сосудов. В связи с высоким риском развития нарушений кровообращения в указанных структурах при резекции пограничных участков опухоли, неизбежным развитием соответствующих неврологических

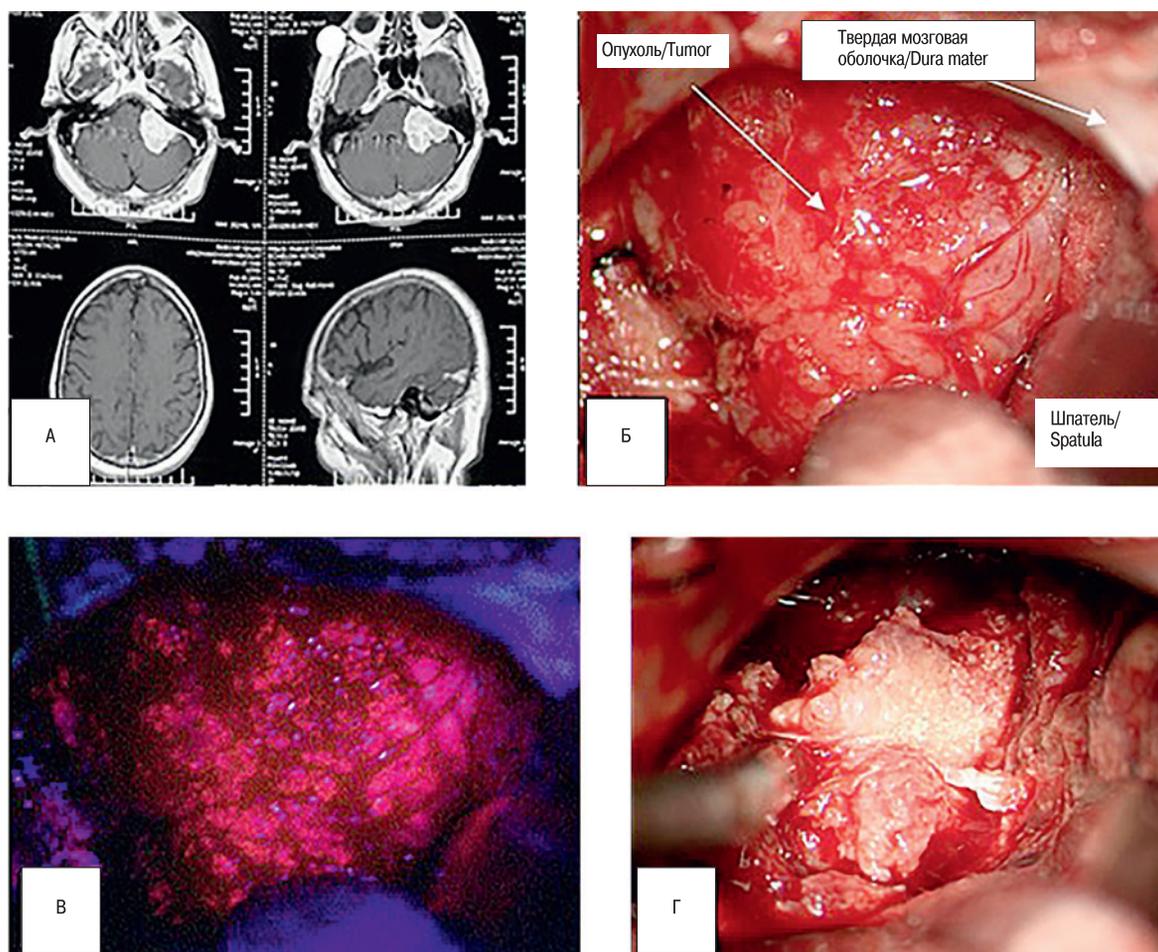


Рис. 5. МРТ головного мозга с внутривенным контрастированием (рис. 5а)

Визуализируется менингиома задней поверхности пирамиды височной кости (рис. 5а). Интраоперационный вид (рис 5б, в, г). После выполнения ретросигмовидного субзатылочного хирургического доступа, вскрытия твердой мозговой оболочки и тракции гемисферы мозжечка медиально, визуализируется большая менингиома задней поверхности пирамиды височной кости (рис. 5б). В режиме BL 400 опухоль ярко флуоресцирует (рис. 5в). Этап удаления опухоли (рис. 5г).

Fig. 5. MRI of the brain with intravenous contrast (Fig. 5a)

A meningioma of the posterior surface of the temporal bone pyramid is visualized (Fig. 5a). Intraoperative view (Fig. 5b, c, d). After performing the retrosigmoid suboccipital surgical access, opening the dura mater and traction of the cerebellar hemisphere medially, a large meningioma of the posterior surface of the temporal bone pyramid is visualized (Fig. 5b). In BL 400 mode, the tumor fluoresces brightly (Fig. 5c). Stages of the tumor removal (Fig. 5d).

нарушений и снижением качества жизни пациента, опухоль удалена субтотально (рис. 6б). Остаточный фрагмент ткани опухоли визуализирован во время операции в режиме BL 400 (рис. 6в) и при контрольной КТ головного мозга (рис. 6г). После операции пациенту было рекомендовано проведение контрольной МРТ головного мозга с внутривенным контрастированием с последующей консультацией радиолога для решения вопроса о проведении лучевого лечения.

## Обсуждение

Первое упоминание о применении ФД при удалении менингиомы относится к 2007 г. У. Kajimoto и соавт. в своей работе описали удаление 24 супратенториальных менингиом, 20 из которых активно флуоресцировали [26]. Позже, в 2018 г., А.А. Потапов и соавт. опубликовали работу, куда вошел 101 пациент с менингиомами, прооперированный в Центре нейрохирургии

им. акад. Н.Н. Бурденко с 2011 по 2017 г. [27]. При визуальной оценке видимой флуоресценции через операционный микроскоп яркая флуоресценция отмечалась у 60 (63,15%) пациентов, умеренная – у 23 (24,2%) и слабая – у 12 (12,63%). Авторы пришли к выводу, что менингиома является хорошо флуоресцирующей опухолью с чувствительностью метода 94,1% для солидной части опухоли и 42,3% для гиперостоза. С этого времени методика широко используется в Центре нейрохирургии при удалении МЗЧЯ различной локализации.

Рекомендации к проведению нейроонкологических операций включают максимально возможное удаление опухоли с сохранением высокого качества жизни, минимальным риском функциональных осложнений. Однако для объемных образований основания черепа существует обратная связь: чем выше радикальность удаления опухоли, тем ниже качество жизни [1]. Это обусловлено особенностями локализации и распространения МЗЧЯ и их взаимосвязи с нейроваскулярными структурами

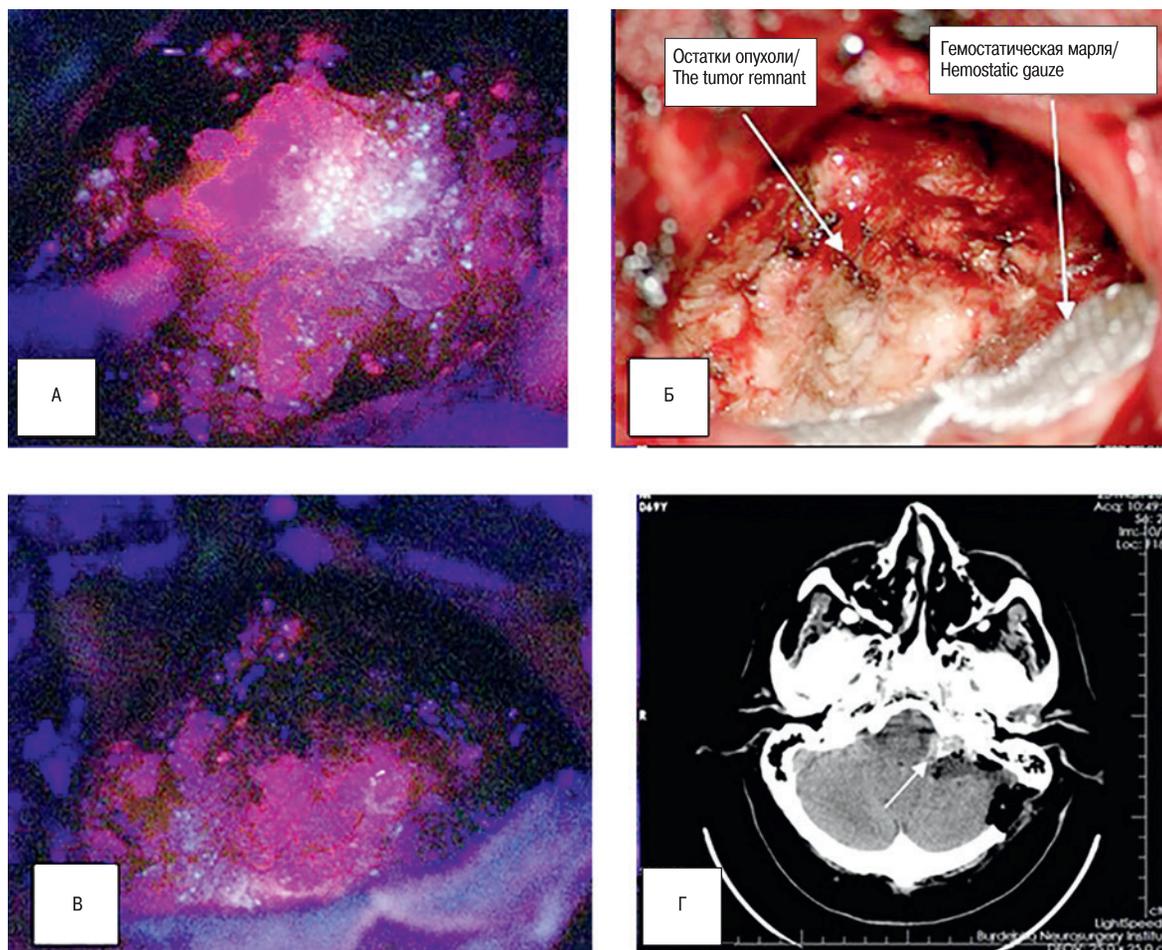


Рис. 6. Интраоперационный вид

Опухоль плотной структуры, содержит в строме петрификаты, удаляется путем фрагментирования (рис. 6а). Гемостаз. Определяются остатки опухоли, прилежащие к стволу головного мозга и акустико-фациальной группе нервов, ярко флуоресцирующие в режиме BL 400 (рис. 6б, в). Послеоперационная КТ (рис. 6г). Стрелками указаны остатки опухоли парастеволовой локализации.

Fig. 6. Intraoperative view

The dense tumor containing petrification in the stroma, is removed by fragmentation (Fig. 6a). Hemostasis. The remnants of the tumor adjacent to the brainstem and the acoustic-facial group of nerves, brightly fluorescent in the BL 400 mode, are determined (Fig. 6b, c). Postoperative CT (Fig. 6d). The arrows indicate the remnants of the parastem tumor.

в области основания черепа. Без учета этих особенностей стремление к максимальной радикальности может реализоваться в увеличении числа осложнений, снижении качества жизни за счет повреждения сосудистых стволов и корешков нервов, а в некоторых случаях – к летальному исходу, чаще всего вследствие нарушения кровообращения в стволе головного мозга [1, 8, 28].

Ограничение хирургического лечения МЗЧЯ лишь парциальным удалением неизбежно повышает частоту рецидивирования [1, 4, 29]. Поэтому при удалении МЗЧЯ необходимо соблюдать принцип «разумного радикализма», который заключается в нахождении компромисса между степенью радикальности удаления опухоли и возможностью развития значимого послеоперационного неврологического дефицита, влияющего на качество жизни пациента. В каждом конкретном случае следует определить допустимое соотношение максимально возможной степени радикальности резекции опухоли, включая пораженные участки твердой мозговой оболочки и костных структур, с обоснованным прогнозированием развития клинически значимых

повреждений сосудисто-нервных образований. Несоблюдение этого баланса ведет к снижению эффективности оперативного вмешательства или ухудшает исходное клиническое состояние пациента. Например, при распространении опухоли в отверстия и каналы основания черепа излишняя радикальность заведомо снизит качество жизни пациента, следовательно, в подобных случаях важно остановиться на определенном этапе удаления опухоли [1, 2, 10, 28, 29]. Использование ФД в указанной ситуации позволяет хирургу более достоверно оценить возможность удаления МЗЧЯ, особенно при обширном поражении твердой мозговой оболочки, инвазии арachноидальной оболочки, наличии гиперостоза, а также распространении в отверстия и каналы основания задней черепной ямки и принимать решение об оптимальном объеме резекции [25–27, 30, 31].

При удалении МЗЧЯ с использованием ФД существует и ряд ограничений. При применении методики требуется надежный гемостаз в ране, т.к. наличие сгустков и свежей крови препятствует визуализации флуоресцирующих зон. По сравнению с

обычным режимом работы в белом свете при работе во флуоресцентном режиме увеличивается вероятность повреждения кровеносных сосудов, что особенно важно при МЗЧЯ глубокой локализации, например петрокливалльных или менингиомах области яремного отверстия, краниовертебрального перехода. Нужно учитывать также и необходимость адаптации световосприятия хирурга через оптический микроскоп к работе во флуоресцентном режиме, необходимость затемнения операционной [25].

## Заключение

Флуоресцентная навигация является технологически доступным методом при хирургическом удалении МЗЧЯ. Использование этой методики позволяет адекватно оценить возможность увеличения разумной радикальности, т.к. менингиома является хорошо флуоресцирующей опухолью. В связи с глубинным расположением МЗЧЯ вовлечение в процесс или соприкосновение с поверхностью опухоли важных нейроваскулярных структур задней черепной ямки, радикальность удаления опухоли в отдельных случаях приходится ограничивать, а использование интраоперационной флуоресцентной навигации позволяет объективизировать меру этого ограничения. Мы придерживаемся мнения, что в случаях, когда остатки опухоли флуоресцируют, но их удаление приведет к неизбежной травме нейроваскулярных структур задней черепной ямки, нарастанию неврологического дефицита и снижению качества жизни пациента, от дальнейшего удаления опухоли необходимо воздержаться. Подобная тактика не сказывается на конечном результате лечения с учетом эффективности и доступности современных лучевых методов лечения, но имеет существенное значение для сохранения качества жизни пациента.

Флуоресценция арахноидальной оболочки черепно-мозговых нервов может свидетельствовать о ее поражении опухолью. В большинстве случаев при ее удалении может развиться стойкий неврологический дефицит. Однако, опираясь на эти данные, с нашей точки зрения, необходимо рекомендовать пациенту сократить срок проведения контрольной МРТ.

Флуоресцентная навигация также демонстрирует изменение свечения после коагуляции, что позволяет изменять биологию опухоли «in situ», тем самым снижать вероятность рецидивирования, коагулировав остатки менингиомы там, где по тем или иным причинам нет возможности удалить ее радикально.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Шиманский В.Н. Менингиомы основания задней черепной ямки. Клиника, диагностика и хирургическое лечение: Дисс. докт. мед. наук. М., 2005. // *Shimansky V.N. Meningiomas of the base of the posterior fossa. Clinic, diagnosis and surgical treatment: Ph. D. Thesis. M., 2005. [In Russ.]*
2. Коновалов А.Н., Козлов А.В., Черкаев В.А. и др. Проблема менингиом: анализ 80-летнего материала Института нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко и перспективы. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко и перспективы. 2013;77(1):12–23. // Kononov A.N., Kozlov A.V., Cherekaev V.A., et al. The challenge of meningiomas: analysis of data for 80 years from the Institute of Neurosurgery n.a. N.N. Burdenko and the prospects. Voprosy ne rokhirurgii. 2013; 77 (1): 12–23. [In Russ.]*
3. Van Havenbergh T., Carvalho G., Tatagiba M., et al. Natural history of petroclival meningiomas. *Neurosurg. 2003;52(1):55–62.*
4. Hunter J.B., Yawn R.J., Wang R., et al. The Natural History of Petroclival Meningiomas: A Volumetric Study. *Otol. Neurotol. 2017;38(1):123–8.*
5. Pinte B., Kandenwein J.A., Lorenzen H., et al. Factors of influence upon the SF-36-based health related quality of life of patients following surgery for petroclival and lateral posterior surface of pyramid meningiomas. *Clin. Neurol. Neurosurg. 2018;166:36–43.*
6. Seifert V. Clinical management of petroclival meningiomas and the eternal quest for preservation of quality of life: personal experiences over a period of 20 years. *Acta. Neurochir. (Wien). 2010;152(7):1099–116.*
7. Almefty R., Dunn I.F., Pravdenkova S., et al. True petroclival meningiomas: results of surgical management. *J. Neurosurg. 2014;120(1):40–51.*
8. Natarajan S.K., Sekhar L.N., Schessel D., Morita A. Petroclival meningiomas: multimodality treatment and outcomes at long-term follow-up. *Neurosurg. 2007;60(6):965–79.*
9. Yang J., Fang T., Ma S., et al. Large and giant petroclival meningiomas: therapeutic strategy and the choice of microsurgical approaches - report of the experience with 41 cases. *Br. J. Neurosurg. 2011;25(1):78–85.*
10. Коновалов А.Н., Махмудов У.Б., Кадашев Б.А. и др. Винокуров. Хирургия основания черепа. *Вопр. нейрохирургии. 1998;4:3–9. // Kononov A.N., Makhmudov U.B., Kadashev B.A., Vinokurov A.G. et al. Skull base surgery. Voprosy ne rokhirurgii. 1998;4:3–9. [In Russ.]*
11. Soleman J., Fathi A.R., Marbacher S., Fandino J. The role of intraoperative magnetic resonance imaging in complex meningioma surgery. *Magn. Reson. Imaging. 2013;31(6):923–9.*
12. Conley D.B., Tan B., Bendok B.R., et al. Comparison of Intraoperative Portable CT Scanners in Skull Base and Endoscopic Sinus Surgery: Single Center Case Series. *Skull Base 2011;21(4):261–70.*
13. Jödicke A., Ottenhausen M., Lenarz T. Clinical Use of Navigation in Lateral Skull Base Surgery: Results of a Multispecialty National Survey among Skull Base Surgeons in Germany. *J. Neurol. Surg. B Skull Base. 2018;79(6):545–53.*
14. Cornelius J.F., Slotty P.J., Kamp M.A., et al. Impact of 5-aminolevulinic acid fluorescence-guided surgery on the extent of resection of meningiomas – With special regard to high-grade tumors. *Photodiagn. Photodyn. Ther. 2014;11(4):481–90.*
15. Coluccia D., Fandino J., Fujioka M., et al. Intraoperative 5-aminolevulinic acid-induced fluorescence in meningiomas. *Acta Neurochir. (Wien). 2010;152(10):1711–9.*
16. Moore G.E., Peyton W.T., French L.A. The clinical use of fluorescein in neurosurgery. *J. Neurosurg. 1948;5:392–8.*
17. Stummer W., Novotny A., Stepp H., et al. Fluorescence-guided resection of glioblastoma multiforme by using 5-aminolevulinic acid-induced porphyrins: a prospective study in 52 consecutive patients. *J. Neurosurg. 2000;93(6):1003–13.*
18. Stummer W., Stepp H., Möller G., et al. Technical principles for protoporphyrin IX-fluorescence guided microsurgical resection of malignant glioma tissue. *Acta Neurochir. (Wien). 1998;140(10):995–1000.*
19. Потанов А.А., Гаврилов А.Г., Горяинов С.А. и др. Интраоперационная флуоресцентная диагностика и лазерная спектроскопия в хирургии глиальных опухолей головного мозга. *Вопр. нейрохирургии 2012;76(5):3–12. // Potanov A.A., Gavrilov A.G., Goryainov S.A., et al. Intraoperative fluorescence guidance and laser spectroscopy in surgery of glial brain tumors. Voprosy ne rokhirurgii. 2012;76(5):3–12. [In Russ.]*
20. Ma R., Watts C. Selective 5-aminolevulinic acid-induced protoporphyrin IX fluorescence in gliomas. *Acta Neurochir. (Wien). 2016;158(10):1935–41.*
21. Su X., Huang Q.F., Chen H.L., Chen J. Fluorescence-guided resection of high-grade gliomas: a systematic review and metaanalysis. *Photodiagn. Photodyn. Ther. 2014;11(4):451–8.*
22. Ruge J.R., Liu J. Use of 5-aminolevulinic acid for visualization and resection of a benign pediatric brain tumor. *J. Neurosurg. Pediatr. 2009;4(5):484–6.*
23. Marbacher S., Klinger E., Schwyzer L., et al. Use of fluorescence to guide resection or biopsy of primary brain tumors and brain metastases. *Neurosurg. Focus. 2014;36:E10.*

24. Inoue T., Endo T., Nagamatsu K., et al. 5-aminolevulinic acid fluorescence-guided resection of intramedullary ependymoma: report of 9 cases. *Neurosurg.* 2013;72:159–68.
25. Потапов А.А., Горяинов С.А., Охлопков В.А. и др. Клинические рекомендации по использованию интраоперационной флуоресцентной диагностики в хирургии опухолей головного мозга. *Вопр. нейрохирургии.* 2015;5:91–101. // Potapov A.A., Goryainov S.A., Okhlopkov V.A., et al. *Clinical guidelines for the use of intraoperative fluorescence diagnosis in brain tumor surgery. Voprosy ne rokhirurgii.* 2015;5:91–101. [In Russ.]
26. Kajimoto Y., Kuroiwa T., Miyatake S., et al. Use of 5-aminolevulinic acid in fluorescence-guided resection of meningioma with high risk of recurrence. *Case report. J. Neurosurg.* 2007;106(6):1070–4.
27. Потапов А.А., Горяинов С.А., Данилов Г.В. и др. Интраоперационная флуоресцентная диагностика в хирургии интракраниальных менингиом: анализ 101 наблюдения. *Вопр. нейрохирургии* 2018;82(2):17–29. // Potapov A.A., Goryainov S.A., Danilov G.V., et al. *Intraoperative fluorescence diagnostics in surgery of intracranial meningiomas: Analysis of 101 cases. Voprosy ne rokhirurgii.* 2018;82(2):17–29. [In Russ.]
28. Couldwell W.T., Fukushima T., Giannotta S.L., Weiss M.H. Petroclival meningiomas: surgical experience in 109 cases. *J. Neurosurg.* 1996;84(1):20–8.
29. Hunter J.B., O'Connell B.P., Carlson M.L., et al. Tumor Progression Following Petroclival Meningioma Subtotal Resection: A Volumetric Study. *Oper. Neurosurg. (Hagerstown).* 2018;14(3):215–23.
30. Della Puppa A., Rustemi O., Gioffrè G., et al. Predictive value of intraoperative 5-aminolevulinic acid-induced fluorescence for detecting bone invasion in meningioma surgery. *J. Neurosurg.* 2014;120(4):840–5.
31. Bekelis K., Valdés P.A., Erkmen K., et al. Quantitative and qualitative 5-aminolevulinic acid-induced protoporphyrin IX fluorescence in skull base meningiomas. *Neurosurg. Focus.* 2011;30(5):E8.

Поступила 10.03.21

Получены положительные рецензии 05.05.21

Принята в печать 20.06.21

Received 10.03.21

Positive reviews received 05.05.21

Accepted 21.01.21

**Вклад авторов:** В.Н. Шиманский, А.А. Потапов, В.В. Карнаухова – концепция и дизайн исследования. В.В. Карнаухова, В.К. Пошатаев, К.В. Шевченко – сбор и обработка материала. В.В. Карнаухова – написание текста. С.В. Тяняшин, С.А. Горяинов – редактирование.

**Contribution of the authors:** V.N. Shimansky, V.V. Karnaukhov, A.A. Potapov – the study concept and design. V.V. Karnaukhov, V.K. Poshataev, K.V. Shevchenko – collection and processing of the material. V.V. Karnaukhov – text writing. S.V. Tanyashin, S.A. Goryainov – editing.

### Информация об авторах:

Карнаухова Василий Витальевич – к.м.н., научный сотрудник, врач-нейрохирург 5-го клинического отделения (Околостволовые опухоли) ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава РФ, Москва, Россия; e-mail: vkarnayhov@nsi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2581-8648>, SC: 57111696700, SPIN-код: 6112-2714, AuthorID: 670577.

Вадим Николаевич Шиманский – д.м.н., профессор, заведующий 5-м клиническим отделением (Околостволовые опухоли) ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава РФ, Москва, Россия; e-mail: vadim@shimansky.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3816-847X>, SC: 6603451599.

Сергей Владимирович Тяняшин – д.м.н., главный научный сотрудник, врач-нейрохирург 5-го клинического отделения (Околостволовые опухоли) ФГАУ

НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава РФ, Москва, Россия; e-mail: stanyashin@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8351-5074>, SC: 6506934940.

Владимир Кириллович Пошатаев – к.м.н., врач-нейрохирург 5-го клинического отделения (Околостволовые опухоли) ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава РФ, Москва, Россия; e-mail: vposhataev@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3279-3733>, SC: 55130592000.

Кирилл Викторович Шевченко – к.м.н., врач-нейрохирург, научный сотрудник 5-го клинического отделения (Околостволовые опухоли) ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава РФ, Москва, Россия; e-mail: kshevchenko25@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3732-6664>, SC: 57193724389.

Сергей Алексеевич Горяинов – к.м.н., старший научный сотрудник 9-го клинического отделения (Нейротравма), врач-нейрохирург, ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава РФ, Москва, Россия; e-mail: Sgoraynov@nsi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6480-3270>, SC: 55403931300.

Александр Александрович Потапов – д.м.н., профессор, академик РАН, научный руководитель ФГАУ НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава РФ, Москва, Россия; e-mail: APotapov@nsi.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8343-3511>, SC: 7201761970.

### Information about the authors:

Vasily Vitalievich Karnaukhov – MD, Ph.D., Researcher, Neurosurgeon of the 5th Clinical Department (Peri-Stem Tumors) of the FSAI NMRC n.a. acad. N.N. Burdenko of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia; e-mail: vkarnayhov@nsi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2581-8648>, SC: 57111696700, SPIN: 6112-2714, AuthorID: 670577.

Vadim Nikolaevich Shimansky – MD, Grand Ph.D., Professor, Head of the 5th Clinical Department (Peri-Stem Tumors) of the FSAI NMRC n.a. acad. N.N. Burdenko of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia; e-mail: vadim@shimansky.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3816-847X>, SC: 6603451599.

Sergey Vladimirovich Tanyashin – MD, Grand Ph.D., Chief Researcher, Neurosurgeon of the 5th Clinical Department (Peri-Stem Tumors) of the FSAI NMRC n.a. acad. N.N. Burdenko of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia; e-mail: stanyashin@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8351-5074>, SC: 6506934940.

Vladimir Kirillovich Poshataev – MD, Ph.D., Neurosurgeon of the 5th Clinical Department (Peri-Stem Tumors) of the FSAI NMRC n.a. acad. N.N. Burdenko of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia; e-mail: vposhataev@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3279-3733>, SC: 55130592000.

Kirill Viktorovich Shevchenko – MD, Ph.D., Neurosurgeon of the 5th Clinical Department (Peri-Stem Tumors) of the FSAI NMRC n.a. acad. N.N. Burdenko of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia; e-mail: kshevchenko25@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3732-6664>, SC: 57193724389.

Sergey Alekseevich Goryainov – MD, Ph.D., Senior Researcher of the 9th Clinical Department (Neurotrauma), Neurosurgeon, FSAI NMRC n.a. acad. N.N. Burdenko of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia; e-mail: Sgoraynov@nsi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6480-3270>, SC: 55403931300.

Aleksandr Aleksandrovich Potapov – MD, Grand Ph.D., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the FSAI NMRC n.a. acad. N.N. Burdenko of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia; e-mail: APotapov@nsi.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8343-3511>, SC: 7201761970.