

DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-4-18-24>

Контроль над радикальностью удаления опухолей головного мозга с применением интраоперационного ультразвукового исследования

Ю.Ю. Дыщиров, Л.А. Митина, А.М. Зайцев, С.С. Степанов, О.Н. Кирсанова, О.В. Гуц, М.С. Рубан

Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; Россия, 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, 3

Контакты: Юнус Юсуфович Дыщиров dychshirov03@gmail.com

Введение. Достижение максимальной радикальности резекции является критически важным фактором, влияющим на прогноз при опухолях головного мозга. Интраоперационное ультразвуковое исследование (ИОУЗИ) представляет собой перспективный метод интраоперационного контроля, однако его роль в оценке радикальности резекции и принятии решений в ходе хирургического вмешательства требует дальнейшего изучения.

Цель исследования – оценить эффективность применения ИОУЗИ для контроля над радикальностью удаления первичных и метастатических опухолей головного мозга.

Материалы и методы. В проспективное исследование вошли 58 пациентов, прооперированных в период с января 2023 г. по сентябрь 2025 г. Всем больным после удаления основного объема опухоли проводили повторное ИОУЗИ в В-режиме и с контрастным усилением для выявления остаточной опухолевой ткани.

Результаты. Повторное ИОУЗИ позволило идентифицировать остаточные опухолевые очаги (минимальным размером <4 мм) у 17 (29,3 %) пациентов, что потребовало продолжения резекции и привело к достижению тотальной или субтотальной резекции в 100 % случаев. Данный метод обеспечил визуализацию границ опухоли, ее дифференциацию от перифокального отека и контроль над интраоперационными осложнениями.

Заключение. Интраоперационное ультразвуковое исследование является высокоинформативным, экономичным и безопасным методом, значительно повышающим радикальность нейрохирургических вмешательств, который можно рекомендовать к широкому внедрению в клиническую практику.

Ключевые слова: интраоперационное ультразвуковое исследование, опухоль головного мозга, радикальность резекции, нейрохирургия, контроль над радикальностью резекции

Для цитирования: Дыщиров Ю.Ю., Митина Л.А., Зайцев А.М. и др. Контроль над радикальностью удаления опухолей головного мозга с применением интраоперационного ультразвукового исследования. Опухоли головы и шеи 2025;15(4): 18–24.

DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-4-18-24>

Control of the radicality of brain tumor removal using intraoperative ultrasound imaging

Yu. Yu. Dyshchirov, L.A. Mitina, A.M. Zaitsev, S.S. Stepanov, O.N. Kirsanova, O.V. Guts, M.S. Ruban

P.A. Herten Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of Russia; 3 2nd Botkinsky Proezd, Moscow 125284, Russia

Contacts: Yunus Yusufovich Dyshchirov dychshirov03@gmail.com

Introduction. Achieving maximal radical resection is a critical factor influencing the prognosis of patients with brain tumors. Intraoperative ultrasound (IOUS) is a promising method for intraoperative control; however, its role in assessing resection radicality and intraoperative decision-making requires further study.

Aim. To evaluate the effectiveness of IOUS for monitoring the radical resection of primary and metastatic brain tumors.

Materials and methods. A prospective study included 58 patients who underwent surgery between January 2023 and September 2024. All patients underwent repeated IOUS in B-mode and with contrast enhancement after the main tumor volume removal to detect residual tumor tissue.

Results. Repeated IOUS identified residual tumor foci (minimum size up to 4 mm) in 17 (29.3 %) patients, leading to continued resection and achieving total or subtotal resection in 100 % of cases. The method provided visualization

of tumor boundaries, differentiation from perifocal edema, and monitoring of intraoperative complications.

Conclusion. Intraoperative ultrasound is a highly informative, cost-effective, and safe method that significantly improves the radicality of neurosurgical interventions and can be recommended for widespread integration into clinical practice.

Keywords: intraoperative ultrasound, brain tumor, radical resection, neurosurgery, control over the radicality of resection

For citation: Dyshchirov Yu.Yu., Mitina L.A., Zaitsev A.M. et al. Control of the radicality of brain tumor removal using intraoperative ultrasound imaging. *Opukholi golovy i shei = Head and Neck Tumors* 2025;15(4):18–24. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-4-18-24>

Введение

Опухоли головного мозга остаются одной из наиболее сложных категорий онкологической патологии, требующей высокотехнологичных подходов к лечению [1]. Радикальность хирургического удаления является ключевым фактором, определяющим общую и безрецидивную выживаемость пациентов, особенно при злокачественных глиомах и метастазах. Неполная резекция приводит к дальнейшему росту опухоли, риску кровоизлияния в остаточную ткань и к необходимости расширенного адьювантного облучения [2].

В настоящее время наиболее широко применяют интраоперационную магнитно-резонансную томографию (МРТ) и компьютерную томографию (КТ). МРТ считается «золотым стандартом» в связи с высокой контрастностью мягких тканей, но занимает много времени (до 60 мин), требует перемещения пациента и прекращения операции. КТ обеспечивает хорошую визуализацию костных структур, но имеет радиационную нагрузку и ограниченную мягкотканную контрастность [3]. Кроме того, при интраоперационном применении этот метод, как и МРТ, требует временного прерывания основного этапа операции и выполнения сканирования в условиях операционной/гибридной операционной, или транспортировки пациента к томографу.

Интраоперационное ультразвуковое исследование (ИОУЗИ) представляет собой альтернативный метод диагностики, позволяющий в реальном времени оценить границы опухоли, ее дифференциацию от перифокального отека и глубину резекции без прерывания операции. Акустические окна, образующиеся при трепанации черепа, обеспечивают прямую визуализацию долей мозга, желудочков и сосудистых структур, что оптимально для выбора угла сканирования. Главные преимущества ИОУЗИ – портативность, низкая стоимость и безопасность. К недостаткам этого метода относят зависимость от опыта специалиста и ограничение глубины визуализации. Несмотря на очевидную перспективность, роль ИОУЗИ в рутинной нейрохирургии требует дальнейшего изучения [4–6].

Цель исследования – оценить клиническую эффективность ИОУЗИ при резекции первичных и метаста-

тических опухолей головного мозга для контроля над радикальностью удаления опухолевой ткани.

Материалы и методы

В проспективное исследование включены 58 пациентов (32 мужчины и 26 женщин; средний возраст больных – 57 лет), которым с января 2023 г. по сентябрь 2025 г. в Национальном медицинском исследовательском центре радиологии выполнено хирургическое удаление первичных и метастатических опухолей головного мозга. Критериями включения являлись: возраст старше 18 лет, подтвержденный по данным предоперационной МРТ/КТ диагноз «объемное образование головного мозга», отсутствие противопоказаний к ИОУЗИ и контрастным агентам. Из исследования исключались пациенты с рецидивными опухолями, гидроцефалией III–IV степени и тяжелыми соматическими заболеваниями.

В 22 (37,9 %) случаях отмечалась глиобластома, в 6 (10,3 %) – анапластические астроцитомы, в 8 (13,8 %) – диффузная астроцитома, в 3 (5,2 %) – эпендимома, в 6 (10,3 %) – олигодендроглиомы, в 4 (6,9 %) – менингиомы, в 2 (3,4 %) – опухоли других гистологических типов (гемангиобластомы, нейроцитомы), в 7 (8,6 %) – метастазы (в 3 случаях – рака легкого, в 2 – рака молочной железы, в 1 – меланомы, в 1 – рака почки).

Интраоперационное ультразвуковое исследование проводили на аппарате Philips EPIQ Elite (или Mindray Resona) с секторным/линейным датчиком частотой 5–10 МГц, обеспечивающим проникновение до 12–15 см и разрешение <1 мм. Протокол ИОУЗИ включал 2 этапа. На 1-м этапе (до резекции) выполняли начальное сканирование в В-режиме для определения локализации опухоли и выбора оптимального доступа через акустические окна трепанации. На 2-м этапе (после удаления основного объема опухоли) проводили контрольное ИОУЗИ в В-режиме и с контрастным усилением (SonoVue 1,2–2,4 мл внутривенно болюсно, механический индекс <0,1) для выявления остаточных очагов размером <4 мм, дифференциации опухоли (гиперэхогенная, с нечеткими контурами) от перифокального отека (менее гиперэхогенная зона) и оценки кровотока (с помощью цветового доплера).

Сканирование выполняли последовательно по всем плоскостям (сагиттальная, фронтальная, аксиальная) с перемещением датчика на 2–3 мм для полного охвата резекционной полости. Гипо-/гиперэхогенные зоны размером >3 мм с контрастным накоплением расценивали как остаточную опухоль, требующую дорезекции. Радикальность резекции верифицировали по контрольной МРТ (режим T1 с гадолинием) через 48–72 ч после операции: тотальная резекция – отсутствие остаточной

опухоли, субтотальная резекции – удаление ≥ 90 % объема опухоли (визуальная сегментация).

Результаты

Повторное ИОУЗИ после удаления основного массива опухоли выполнено всем 58 пациентам. Из них у 17 больных при контрольном исследовании выявлена остаточная опухоль, которая была удалена, что повысило радикальность хирургического вмешательства (рис. 1).

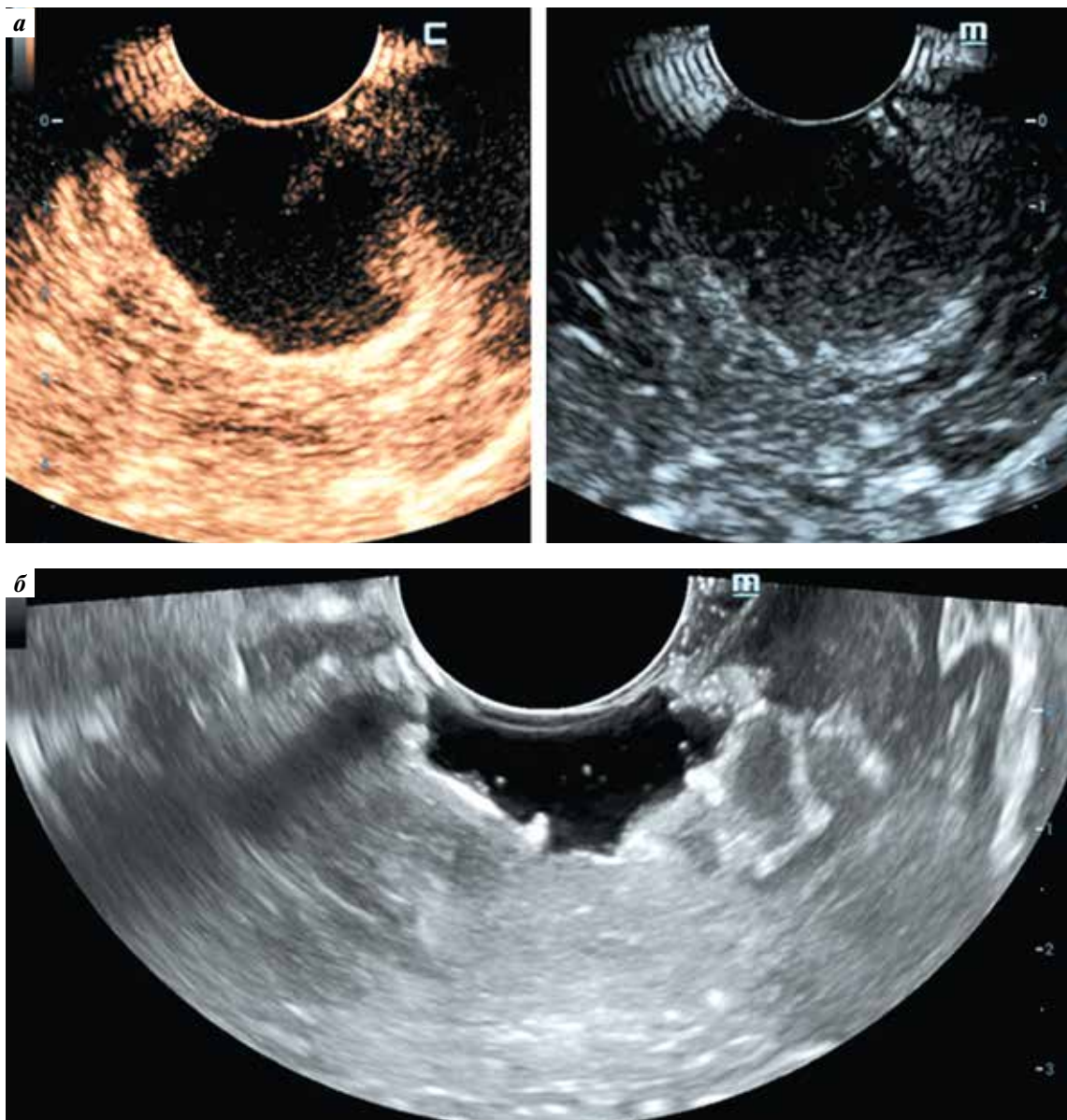


Рис. 1. Интраоперационное ультразвуковое исследование головного мозга в В-режиме с контрастным усилением: а – до резекции опухоли размером $36 \times 32 \times 42$ мм. Визуализируется гиперэхогенное новообразование с нечеткими контурами, соответствующее опухолевой ткани; б – после резекции опухоли. В зоне хирургического вмешательства отмечается отсутствие гиперэхогенного образования, что свидетельствует о полном удалении опухоли

Fig. 1. B-mode contrast-enhanced intraoperative ultrasound of the brain: а – prior to resection of tumor, size $36 \times 32 \times 42$ mm. Hyperechogenic lesion with ill-defined borders corresponding to tumor tissue is visualized; б – after tumor resection. In the surgical area, no hyperechogenic lesion is visible attesting to complete tumor resection

По данным повторного ИОУЗИ в 17 (29,3 %) случаях выявлены потенциальные мелкие фрагменты и инфильтративные зоны, которые могли свидетельствовать о наличии остаточной опухолевой ткани (минимальный размер <4 мм). У 17 пациентов на 1-м этапе операции проведена частичная резекция инфильтративно растущей опухоли в пределах макроскопически измененных тканей. Повторное ИОУЗИ позволило обнаружить остаточные опухолевые очаги, что потребовало продолжения резекции и привело к достижению полной циторедукции. Тотальная или субтотальная резекция (>90 % объема опухоли по визуальной сегментации) достигнута во всех 58 случаях.

Представляем 2 клинических случая, демонстрирующих эффективность применения ИОУЗИ.

Клинический случай 1

Пациент X., 43 лет, обратился с жалобами на головные боли и нарушение координации движений.

По данным МРТ головного мозга с контрастным усилением в левой лобно-теменно-височной области визуализировано объемное кистозно-солидное новообразование размером 85 × 63 × 54 мм субкортикальной локализации с распространением в глубокое белое вещество (глиобластома) (рис. 2, а). Опухоль имела относительно четкие контуры, зону центрального некротического распада и внутримозговые артериовенозные шунты. Характерно интенсивное неоднородное накопление контраста по периферии по типу короны.

Выполнена резекция опухоли с применением ИОУЗИ. Использование данного метода позволило в ходе операции идентифицировать и полностью удалить остатки опухолевой ткани по краю зоны резекции, что обеспечило максимальную радикальность хирургического вмешательства.

По данным контрольной МРТ головного мозга с контрастным усилением в режиме T1 подтверждено полное

отсутствие признаков остаточной опухоли (см. рис. 2, б). Послеоперационный период протекал без осложнений.

Клинический случай 2

Пациентка X., 52 года, поступила в стационар с подозрением на метастатическое поражение головного мозга. По данным МРТ головного мозга с контрастным усилением в белом веществе лобных, левой теменной и височных долей визуализированы множественные дистрофические очаги размером 3–6 мм (рис. 3, а). Также определялось солидное очаговое новообразование размером 3,0 × 2,5 см гетерогенной структуры, с выраженным перифокальным отеком и умеренно активным неоднородным накоплением контрастного вещества (метастаз низкодифференцированной аденокарциномы). Отмечалась выраженная асимметрия венозного оттока, обусловленная гипоплазией парных синусов слева. В ходе удаления метастаза применялось ИОУЗИ, что позволило точно определить оптимальный доступ к новообразованию, минимизировать риски интраоперационного повреждения сосудов и добиться оптимальной и безопасной резекции опухоли. Контрольная МРТ головного мозга с контрастированием в режиме T1 подтвердила радикальное удаление опухоли (см. рис. 3, б).

Послеоперационный период протекал без осложнений. Реабилитация заняла 5 дней, пациентка выписана в удовлетворительном состоянии, неврологического дефицита не выявлено.

Обсуждение

Полученные результаты демонстрируют высокую эффективность ИОУЗИ при контроле над радикальностью резекции опухолей головного мозга. Выявление остаточных очагов у 29,3 % пациентов, которым в последующем выполнена дорезекция, и достижение тотальной или субтотальной резекции в 100 % случаев согласуется с данными литературы: по данным метаанализов,

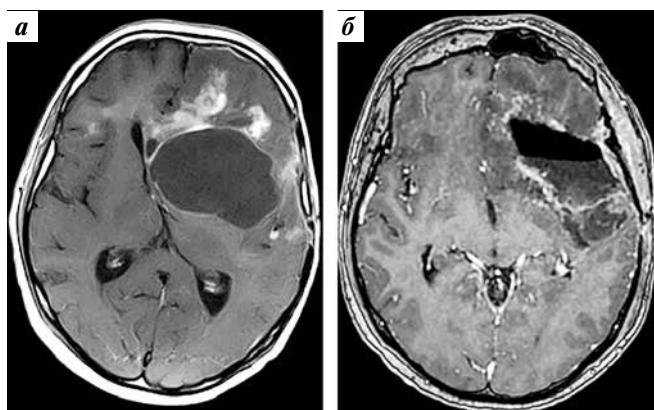


Рис. 2. Магнитно-резонансная томография головного мозга с контрастным усилением пациента X.: а – до операции; б – после операции
Fig. 2. Contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the brain of male patient Kh.: a – prior to surgery; б – after surgery

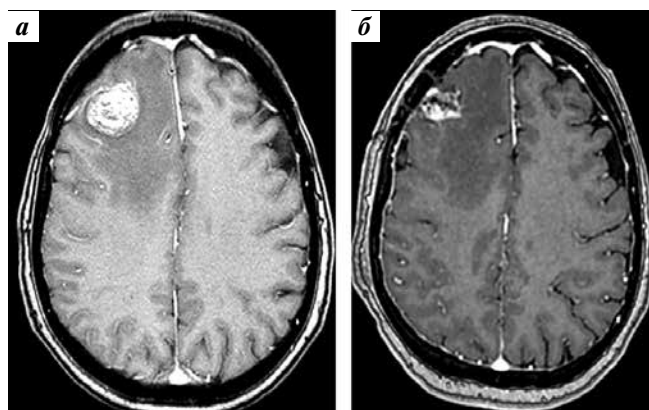


Рис. 3. Магнитно-резонансная томография головного мозга с контрастированием пациентки X.: а – до операции; б – после операции
Fig. 3. Contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the brain of female patient Kh.: a – prior to surgery; б – after surgery

чувствительность ИОУЗИ при глиобlastомах для остаточной опухоли размером <5 мм составляет 92–96 % [7–9].

Технические характеристики ультразвуковых аппаратов оптимальны при частоте излучения 5–10 МГц, обеспечивающей глубокое проникновение волны до 12–15 см при разрешении <1 мм. Применение контрастных веществ типа SonoVue (1,2–2,4 мл внутривенно) значительно улучшает визуализацию мелких сосудов и границ опухолей, а использование В- и доплеровского режимов позволяет одновременно оценивать структуру тканей и кровотоков. Алгоритм процедуры предполагает последовательное сканирование резекционной полости с перемещением датчика на 2–3 мм по всем плоскостям для полного охвата области. При этом интерпретация данных основана на дифференциации гиперэхогенных опухолевых зон с нечеткими контурами и накоплением контрастного вещества и менее гиперэхогенного перифокального отека, отделенного гипоехогенной полосой [10, 11].

Особенностью паренхимы головного мозга являются ее вязкоупругие свойства, позволяющие ультразвуковым волнам распространяться по ткани без значительного ослабления другими структурами. Это обеспечивает возможность многократного повторения ИОУЗИ во время операции для пошагового контроля над тапами резекции и нивелирования интраоперационного смещения структур головного мозга, которое снижает точность нейронавигации (погрешность – до 7 мм) [12]. Эхографическая картина опухолей головного мозга варьирует: при глиобlastомах наблюдаются гиперэхогенные зоны с центральным некрозом, при метастазах – гетерогенные образования с кольцевым накоплением контрастного вещества, что позволяет опытному специалисту проводить дифференциальную диагностику непосредственно в операционной [13, 14].

Применение ИОУЗИ повышает точность хирургических вмешательств в связи с четкой идентификацией границы между здоровой и патологически измененной тканями, минимизирует риск повреждения функциональных зон мозга благодаря высокой чувствительности метода и сокращает общую продолжительность операции за счет отсутствия необходимости в перемещении пациента. В отличие от интраоперационной МРТ, требующей дорогостоящего оборудования и времени до 60 мин (с прерыванием операции), ИОУЗИ портативно, безопасно и экономично. Ограничения метода связаны с зависимостью качества визуализации от опыта специалиста, а также с артефактами в полости

резекции (формированием дистальных акустических теней от пузырьков воздуха (эффект экранирования) и сложностью дифференциации сгустков крови от остаточной опухоли вследствие их схожей эхогенности), которые минимизируются при правильной технике сканирования [15, 16].

Представленные клинические случаи иллюстрируют практическую ценность ИОУЗИ. При глиобlastоме с помощью этого метода была выявлена остаточная опухолевая ткань по краю резекционной полости, что подтвердили данные контрольной МРТ, а при метастазе аденокарциномы стало возможным использовать безопасный доступ с учетом венозной асимметрии. Перспективы развития ИОУЗИ включают внедрение 3D-реконструкции и эластографии, а также комбинации с флуоресценцией 5-ALA для повышения радикальности резекции [17, 18].

Заключение

Интраоперационное ультразвуковое исследование представляет собой высокоинформативный, экономичный и безопасный метод интраоперационного контроля, существенно повышающий радикальность нейрохирургических вмешательств при первичных и метастатических опухолях головного мозга. Данный метод обеспечивает визуализацию границ опухоли в реальном времени, надежную дифференциацию опухолевой ткани и перифокального отека, а также контроль над интраоперационными осложнениями без необходимости прерывания операции и перемещения пациента.

Интраоперационное ультразвуковое исследование превосходит традиционные методы контроля, демонстрируя высокую чувствительность к остаточным очагам минимальных размеров и позволяя в большинстве случаев достигать тотальной или субтотальной резекции. Этот метод имеет преимущества перед интраоперационной МРТ – характеризуется портативностью, высокой скоростью выполнения и отсутствием радиационной нагрузки, что делает его доступным для широкого внедрения даже в условиях ограниченных ресурсов.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности рутинного применения ИОУЗИ в нейроонкологической практике, особенно при инфильтративно растущих высокозлокачественных глиомах и метастазах. Дальнейшее развитие технологии, включая 3D-реконструкцию и эластографию, позволит расширить возможности этого метода и повысить точность интраоперационной диагностики.

Л И Т Е Р А Т У Р А / R E F E R E N C E S

- Schaff L.R., Mellinghoff I.K. Glioblastoma and other primary brain malignancies in adults: a review. *JAMA* 2023;329(7):574–87. DOI: 10.1001/jama.2023.0023
- Massaad E., Smith W.J., Bradley J. et al. Radical surgical resection with molecular margins is associated with improved survival in IDH wild-type glioblastoma. *Neuro Oncol* 2024;26(9):1660–9. DOI: 10.1093/neuonc/noae073
- Rivera M., Norman S., Sehgal R., Juthani R. Updates on surgical management and advances for brain tumors. *Curr Oncol Rep* 2021;23(3):35. DOI: 10.1007/s11912-020-01005-7
- Cepeda S., Esteban-Sinovas O., Singh V. et al. Deep learning-based glioma segmentation of 2d intraoperative ultrasound images: a multicenter study using the brain tumor intraoperative ultrasound database (BraTioUS). *Cancers (Basel)* 2025;17(2):315. DOI: 10.3390/cancers17020315
- Dixon L., Lim A., Grech-Sollars M. et al. Intraoperative ultrasound in brain tumor surgery: a review and implementation guide. *Neurosurg Rev* 2022;45(4):2503–15. DOI: 10.1007/s10143-022-01778-4
- Cepeda S., Esteban-Sinovas O., Romero R. et al. Real-time brain tumor detection in intraoperative ultrasound: From model training to deployment in the operating room. *Comput Biol Med* 2025;193:110481. DOI: 10.1016/j.combiomed.2025.110481
- De Quintana-Schmidt C., Salgado-Lopez L., Aibar-Duran J.A. et al. Neuronavigated ultrasound in neuro-oncology: a true real-time intraoperative image. *World Neurosurg* 2022;157:e316–26. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.10.082
- Palavani L.B., Ferreira M.Y., Borges P.G.L.B. et al. Ultrasound-guided resection of high-grade gliomas: a single-arm meta-analysis. *World Neurosurg* 2024;186:17–26. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.03.033
- Wei R., Chen H., Cai Y., Chen J. Application of intraoperative ultrasound in the resection of high-grade gliomas *Front Neurol* 2023;14:1240150. DOI: 10.3389/fneur.2023.1240150
- Prada F., Ciocca R., Corradino N. et al. Multiparametric intraoperative ultrasound in oncological neurosurgery: a pictorial essay. *Front Neurosci* 2022;16:881661. DOI: 10.3389/fnins.2022.881661
- Prada F., Vetrano I.G., Gennari A.G. et al. How to perform intraoperative contrast-enhanced ultrasound of the brain – a WFUMB position paper. *Ultrasound Med Biol* 2021;47(8):2006–16. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2021.04.016
- Lekht I., Brauner N., Bakhsheshian J. et al. Versatile utilization of real-time intraoperative contrast-enhanced ultrasound in cranial neurosurgery: technical note and retrospective case series. *Neurosurg Focus* 2016;40(3):E6. DOI: 10.3171/2015.11.FOCUS15570
- Kumar M., Noronha S., Rangaraj N. et al. Choice of intraoperative ultrasound adjuncts for brain tumor surgery. *BMC Med Inform Decis Mak* 2022;22(1):307. DOI: 10.1186/s12911-022-02046-7
- Pirri C., Pirri N., Macchi V. et al. Intraoperative ultrasound in brain and spine surgery: current applications, translational value and future perspectives. *NeuroSci* 2025;6(4):113. DOI: 10.3390/neurosci6040113
- Murillo Ponce C., Catillo-Rangel C. et al. Intraoperative ultrasound: an old but ever new technology for a more personalized approach to brain tumor surgery. *Cureus* 2024;16(6):e62278. DOI: 10.7759/cureus.62278
- El Beltagy M.A., Elbaroody M. The value of intraoperative ultrasound in brain surgery. *Adv Tech Stand Neurosurg* 2024;50:185–99. DOI: 10.1007/978-3-031-53578-9_6
- McCracken D.J., Schupper A.J., Lakomkin N. et al. Turning on the light for brain tumor surgery: a 5-aminolevulinic acid story. *Neuro Oncol* 2022;24(Suppl 6):S52–61. DOI: 10.1093/neuonc/noac19
- Chen J.-S., Young J.S., Berger M.S. Current and future applications of 5-aminolevulinic acid in neurosurgical oncology. *Cancers (Basel)* 2025;17(8):1332. DOI: 10.3390/cancers17081332

Вклад авторов

Ю.Ю. Дыширов: разработка концепции исследования, проведение интраоперационного ультразвукового исследования, сбор данных, написание текста статьи, редактирование;

Л.А. Митина: проведение интраоперационного ультразвукового исследования, интерпретация эхографических данных, анализ полученных данных;

А.М. Зайцев: проведение хирургического вмешательства, контроль над радикальностью резекции, сбор клинических данных;

С.С. Степанов: проведение интраоперационного ультразвукового исследования, техническое обеспечение ультразвукового исследования, сбор данных;

О.Н. Кирсанова: проведение хирургического вмешательства, интраоперационный мониторинг, сбор данных;

О.В. Гуц: ультразвуковая диагностика, проведение интраоперационного ультразвукового исследования в В-режиме и с контрастным усилением, анализ эхографических данных;

М.С. Рубан: обзор публикаций по теме статьи, подготовка иллюстративного материала, научное редактирование.

Authors' contributions

Yu.Yu. Dyshchirov: development of the research concept, conducting intraoperative ultrasound examination, data collection, article writing, editing;

L.A. Mitina: conducting intraoperative ultrasound examination, interpretation of echographic data, analysis of the data obtained;

A.M. Zaitsev: conducting surgical intervention, control over the radicality of resection, collection of clinical data;

S.S. Stepanov: conducting intraoperative ultrasound examination, technical support of ultrasound examination, data collection;

O.N. Kirsanova: surgical intervention, intraoperative monitoring, data collection;

O.V. Guts: ultrasound diagnostics, intraoperative ultrasound examination in B-mode and with contrast enhancement, analysis of echographic data;

M.S. Ruban: review of publications on the topic of the article, preparation of illustrative material, scientific editing.

ORCID авторов / ORCID of authors

Ю.Ю. Дыширов / Yu.Yu. Dyshchirov: <https://orcid.org/0009-0004-1976-7823>

Л.А. Митина / L.A. Mitina: <https://orcid.org/0000-0002-3563-7293>

А.М. Зайцев / A.M. Zaitsev: <https://orcid.org/0000-0002-1905-9083>

С.С. Степанов / S.S. Stepanov: <https://orcid.org/0000-0001-8804-2237>
О.Н. Кирсанова / O.N. Kirsanova: <https://orcid.org/0000-0003-0924-6245>
О.В. Гуц / O.V. Guts: <https://orcid.org/0000-0001-5874-2208>
М.С. Рубан / M.S. Ruban: <https://orcid.org/0000-0002-1016-2009>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.
Conflict of interest. The authors declare that there are no possible conflicts of interest.

Финансирование. Статья подготовлена без спонсорской поддержки.
Funding. The article was prepared without sponsorship.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и публикацию своих данных.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the P.A. Herten Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of Russia.

All patients signed an informed consent to participate in the study and the publication of their data.

Статья поступила: 10.10.2025. **Принята к публикации:** 12.12.2025. **Опубликована онлайн:** 18.03.2026.
Article submitted: 10.10.2025. **Accepted for publication:** 12.12.2025. **Published online:** 18.03.2026.