

Оценка радикальности удаления опухолей головного мозга с применением интраоперационного ультразвукового исследования

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

Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский радиологический центр» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Одной из ключевых задач в нейрохирургии опухолей головного мозга является достижение максимально радикальной резекции, что напрямую влияет на прогноз пациента. Традиционные методы интраоперационного контроля имеют ограничения, в связи с чем актуальным является внедрение современных технологий визуализации, таких как интраоперационное ультразвуковое исследование (ИОУЗИ).

Цель исследования: изучить возможности интраоперационного УЗИ при доброкачественных и злокачественных глиомах с применением современных методик

Материалы и методы. В проспективное исследование включено 58 пациентов, оперированных в период с января 2023 по сентябрь 2024 гг. Всем пациентам после удаления основного объема опухоли проводилось повторное ИОУЗИ в В-режиме и с контрастным усилением для выявления остаточной опухолевой ткани.

Результаты. Повторное интраоперационное УЗИ-сканирование позволило идентифицировать остаточные опухолевые очаги минимальным размером до 4 мм у 7 (12,07%) из 58 пациентов, что привело к возобновлению резекции и достижению тотальной или субтотальной циторедукции в 100% случаев. Метод обеспечил визуализацию границ опухоли, дифференциацию от перифокального отека и критических анатомических структур, а также позволил контролировать развитие интраоперационных осложнений.

Заключение. Интраоперационное ультразвуковое исследование является высокоинформативным, экономичным и безопасным методом, который повышает радикальность нейрохирургических вмешательств за счет точного интраоперационного контроля и может быть рекомендован к широкому внедрению в клиническую практику.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интраоперативное ультразвуковое исследование (ИОУЗИ), опухоли головного мозга, радикальность резекции, метастазы в головной мозг, интраоперационная диагностика

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Assessing the completeness of brain tumor resection using intraoperative ultrasound

Yu. Yu. Dyshirov, L. A. Mitina, O. N. Kirsanova, S. O. Stepanov, A. M. Zaitsev

P. A. Herzen Moscow Cancer Research Institute – branch of the National Medical Research Radiology Center, Moscow, Russia

SUMMARY

One of the key tasks in brain tumor neurosurgery is achieving maximum radical resection, which directly impacts patient prognosis. Traditional methods of intraoperative control have limitations, making the implementation of modern imaging technologies, such as intraoperative ultrasound (IOUS), highly relevant.

Objective. To study the capabilities of intraoperative ultrasound in benign and malignant gliomas using modern techniques.

Materials and methods. A prospective study included 58 patients operated on between January 2023 and September 2024. All patients underwent repeat IOUS in B-mode and with contrast enhancement after the main tumor volume was removed to detect residual tumor tissue.

Results. Repeat intraoperative ultrasound scanning allowed identification of residual tumor foci with a minimal size of up to 4 mm in 7 (12.07%) of 58 patients, leading to renewed resection and achievement of total or subtotal cytoreduction in 100% of cases. The method provided visualization of tumor boundaries, differentiation from perifocal edema and critical anatomical structures, and also enabled monitoring for the development of intraoperative complications.

Conclusion. Intraoperative ultrasound is a highly informative, cost-effective, and safe method that increases the radicality of neurosurgical interventions through precise intraoperative control and can be recommended for widespread implementation in clinical practice.

KEYWORDS: intraoperative ultrasound (IOUS), brain tumors, radical resection, brain metastases, intraoperative diagnosis.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Актуальность

Хирургическое лечение опухолей головного мозга представляет собой сложную задачу, требующую высокой точности и максимальной безопасности. Целью лечения опухолей, в том числе и в нейроонкологии, является максимально полное удаление патологических тканей при минимальном повреждении окружающих функционально значимых структур. Максимально безопасная резекция опухоли считается золотым стандартом в нейрохирургии. Для достижения оптимальных

результатов хирургического лечения необходима точная визуализация опухоли и окружающих структур как до, так и во время операции. Предоперационная диагностика, включающая магнитно-резонансную томографию (МРТ) и компьютерную томографию (КТ), предоставляет детальную информацию о локализации опухоли, ее размерах и отношении к окружающим структурам. Однако в процессе операции анатомические ориентиры могут смещаться вследствие тракции мозга, дренирования



Рисунок 1. УЗ-аппарат фирмы Mindrieu

цереброспинальной жидкости и удаления опухолевой ткани, что делает предоперационные изображения менее надежными. Это явление, известное как «смещение мозга» (*brain shift*), может значительно затруднить точную интраоперационную ориентацию.

В этой ситуации интраоперационные структурные методы навигации приобретают особую ценность, обеспечивая актуальную информацию о текущем состоянии операционного поля.

Если первое интраоперационное ультразвуковое исследование (ИОУЗИ) было проведено в 1982 г., с появлением других методов интраоперационной навигации в нейрохирургии не заняло должного места из-за малой эффективности. В настоящее время ИОУЗИ переживает своеобразный ренессанс в нейрохирургии благодаря внедрению новых методов обработки изображений. Эти технологические достижения позволяют преодолеть многие ограничения метода и расширить его клиническое применение.

Интраоперационное УЗИ головного мозга имеет ряд особенностей по сравнению с обычным УЗИ. При ИОУЗИ датчик размещается непосредственно на поверхности мозга или твердой мозговой оболочке после трепанации черепа. При этом операционное поле ограничено размерами трепанационного отверстия, что может затруднять манипуляции датчиком. Присутствие воздуха, крови, ирригационных растворов и хирургических инструментов (гемостатик, корковые электроды, ватники) в операционном поле может создавать артефакты, затрудняющие интерпретацию изображений. Наша практика показала, что в нейрохирургии возможно использование различных методик интраоперационной ультразвуковой навигации. Наиболее часто используется обычный В-режим, который обеспечивает уточнение локализации опухоли и определение оптимальной траектории доступа, оценку границ опухоли и степени ее инвазии в окружающие ткани. В В-режиме хорошо дифференцируются кистозные образования, идентифицируются

желудочковая система мозга, границы извилин, долей, цистерны, серп и намет мозжечка. Режим ЦДК позволяет оценить возможную связь опухоли с сосудами. Исследования зарубежных авторов подтверждают эффективность интраоперационного УЗИ в нейрохирургии. Например, в работе Кабергия и соавт. было показано, что использование УЗИ во время резекции глиом значительно увеличивает степень удаления опухоли и снижает количество остаточных опухолевых клеток [1]. Wei и соавт. в своем исследовании установили, что применение УЗИ позволяет повысить точность определения границ опухоли на 30% по сравнению с традиционными методами визуализации [2].

Кроме того, мета-анализ, проведенный в 2021 году, показал, что использование интраоперационного УЗИ связано с уменьшением времени операции и снижением уровня послеоперационных осложнений, таких как инфекции и неврологические дефициты [3].

Цель исследования: изучить возможности интраоперационного УЗИ при доброкачественных и злокачественных глиомах с применением современных методик.

Пациенты и методы

Оборудование и режимы сканирования

Исследование проводилось на аппарате EpiQ 5 фирмы Philips и аппарате Consona N8 фирмы Mindrieu (рис. 1). На аппарате использовались режимы: В-режим, виртуальное конвексное сканирование расширяющее поле обзора, импульсно-волновой доплер PW, цветовой доплеровское картирование (ЦДК).

Для ультразвукового исследования применялись следующие датчики:

- мультисекторный линейный датчик с частотой сканирования 3–10 МГц;
- широкополосный линейный ультразвуковой (УЗ) датчик с активной матричной решеткой и частотой сканирования 4,9–14 МГц;
- широкополосный конвексный УЗ-датчик 4С с активной матричной решеткой и частотой сканирования 1,4–5 МГц;
- микроконвексный широкополосный внутрисекторный УЗ-датчик GE E 8С с частотой сканирования 4–11 МГц.

В группе с опухолевыми изменениями, ставшей объектом детального анализа, было 58 пациентов (42 мужчины и 16 женщин). Медиана возраста данной группы составила 57 лет.

Из общего числа пациентов с опухолевыми изменениями 28 случаев были представлены доброкачественными новообразованиями, а 30 случаев – злокачественными (табл. 1)

Всем пациентам на дооперационном этапе проводилось обследование, нейровизуализация включала КТ или МРТ головного мозга с контрастным усилением, по показаниям использовалось также ПЭТ-КТ с аминокислотами. Интраоперационное ультразвуковое исследование выполнялось как в В-режиме, а у 35 пациентов с использованием ультразвукового контрастного препарата Соновью, разрешенного к применению на территории Российской Федерации. (табл. 1)

Методика интраоперационного ультразвукового исследования

После выполнения трепанации черепа операционное поле тщательно подготавливалось, обеспечивая стерильные условия для использования ультразвукового датчика. Стерильный датчик (обычно линейный или микроконвексный), в зависимости от локализации и размеров опухоли) помещался непосредственно на поверхность головного мозга.

Интраоперационное УЗИ проводилось в несколько этапов.

Первичная оценка. После или до вскрытия твердой мозговой оболочки выполнялось первичное сканирование для подтверждения локализации опухоли, оценки ее размеров, глубины залегания, взаимоотношений с критическими анатомическими структурами (сосудами, функционально значимыми областями).

Навигация во время резекции. Ультразвуковое исследование использовалось в режиме реального времени для навигации в ходе удаления опухоли. Это позволяло отслеживать границы новообразования, контролировать объем резекции, идентифицировать остаточные фрагменты опухоли, а также своевременно выявлять осложнения, такие как внутричерепные кровоизлияния. Контрастное усиление: у 35 пациентов дополнительно применялось ультразвуковое контрастное исследование с препаратом Соновью. Контраст вводился внутривенно, и его динамика внутри опухоли и окружающих тканей оценивалась для более точной демаркации границ опухоли, выявления ее васкуляризации и обнаружения мелких остаточных очагов после основной части резекции (рис. 2). Оценка усиления осуществлялась в режиме ЦДК и с использованием специфических режимов для контрастного ультразвука (например, контрастный гармонический режим).

Послеоперационная оценка. По завершении основной стадии резекции проводилось контрольное УЗИ для оценки полноты удаления опухоли, отсутствия или наличия остаточной опухолевой ткани, а также для исключения послеоперационных осложнений (например, гематом).

Интеграция с нейронавигацией. УЗ-изображения могли быть совмещены с данными предоперационной МРТ/КТ в нейронавигационной системе для более точной ориентации.

Анализ данных. Полученные ультразвуковые изображения и доплерографические данные (включая параметры кровотока) сохранялись для последующего анализа и сопоставления с гистологическими заключениями и результатами послеоперационной нейровизуализации.

Таблица 1
Характеристика группы пациентов

Параметр	Значение
Всего пациентов	58
Мужчины	42 (72,4%)
Женщины	16 (27,6%)
Возраст (медиана)	57 лет
Тип опухоли	
Доброкачественные	28 (48,3%)
Злокачественные	30 (51,7%)
Применение контраста	
Стандартное	20 (34,5%)
Дополнительное УЗИ (Соновью)	35 (60,3%)

Результаты исследования

Патологические образования, такие как опухоли, обычно имеют акустические свойства, отличные от нормальной мозговой ткани, что обеспечивает их визуализацию при УЗИ [4]. Степень эхогенности опухоли зависит от ее гистологического типа, наличия кист, некроза, кровоизлияний, кальцификатов и отека окружающих тканей. Ультразвук современными высокочастотными датчиками позволил получить изображения в реальном времени, что особенно полезно в ходе хирургического вмешательства.

При интраоперационном УЗИ четкие и ровные границы опухоли были выявлены у 35 пациентов (60,3% случаев). Нечеткие и инфильтративные границы, затрудняющие точное определение объема поражения, наблюдались у 23 пациентов (39,7% случаев), что совпадало с данными предоперационной МРТ и последующим гистологическим заключением. В группу с нечеткими границами распределились пациенты с метастазами в головной мозг опухолей различной первичной локализации – 2 пациента, глиальные опухоли, как высокой степени злокачественности (глиобластомы – астроцитомы G4–6 пациентов, анапластические астроцитомы – 2 пациента, низкой степени злокачественности G1–2–19

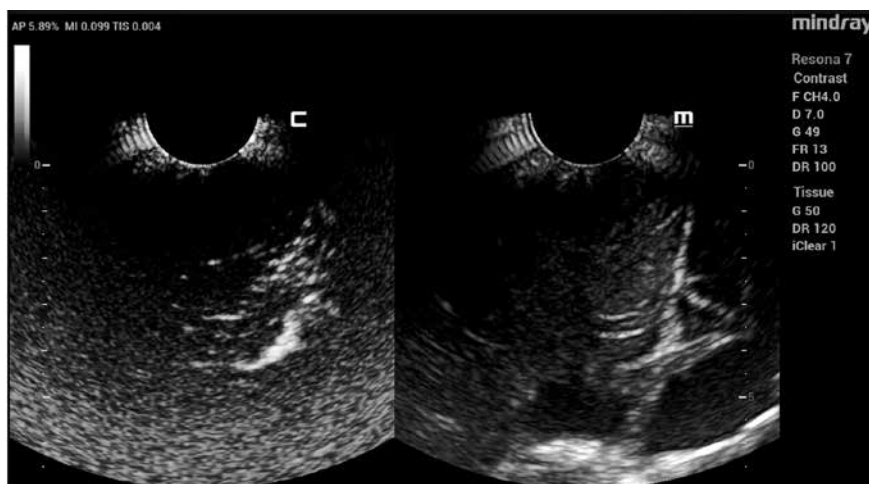


Рисунок 2. ИОУЗИ. В левой части изображения – с использованием контраста Соновью. В правой части – без контрастного усиления

Таблица 2
**Качественная оценка при интраоперационном
 УЗ-сканировании опухолей головного мозга**

Тип опухоли	Плотность по УЗИ	Интенсивность сигнала по МРТ	Контрастное усиление
Менингиома	Высокая эхогенность	Средняя эхогенность	Умеренное эхогенность
Глиобластома	Низкая эхогенность	Высокая эхогенность	Высокое эхогенность
Глиома	Средняя эхогенность	Среднее эхогенность	Отсутствует
Хордома	Очень высокая эхогенность	Низкое эхогенность	Минимальное эхогенность

пациентов). Эти опухоли характеризовались склонностью к диффузному росту в окружающую ткань мозга. Инфильтративный характер роста опухоли затруднял определение ее границ при ультразвуковом исследовании и требовал расширения зоны резекции в соответствии с дооперационными данными (в основном, в пределах зоны инфильтрации по режиму T2 и Flair). Следует отметить, что аналогичные трудности визуализации границ, связанные с инфильтративным ростом и десмопластической реакцией, описываются в современных руководствах по нейровизуализации [5].

При глиобластомах с выраженным перифокальным отеком (21 пациент) или при опухолях, размеры которых превышают 3 см (3 пациента), прилежащие ткани были более гиперэхогенными. Это наблюдение позволяло более точно определить зону патологических изменений и объем резекции. Это особенно значимо при низкокодифференцированных и инфильтративных опухолях, где традиционные методы визуализации по данным литературы [6] часто недооценивают распространенность процесса. Гиперэхогенность перифокальных тканей в таких случаях может служить дополнительным маркером зоны резекции, снижая риск неполного удаления патологического очага. Таким образом, гипозоногенная зона вокруг таких опухолей при ИОУЗИ соответствует зоне инфильтрации при режимах T2 и Flair на МРТ, позволяя проводить более полную резекцию опухоли в пределах функциональной доступности.

В В-режиме структура опухоли в группе доброкачественных глиом во всех случаях наблюдения (28 пациентов) была однородной. В группе глиобластом во всех случаях отмечалась гетерогенность структуры, более выражена в толще узла, что соответствует зоне некроза при МРТ и при гистологическом исследовании. Нами выявлена четкая корреляция между увеличением размера опухоли (например, более 3 см в наибольшем измерении) и степенью ее гетерогенности по данным ультразвукового исследования.

При введении контраста: в 35 случаях (60,3 % от общего числа опухолей) мы выявили в толще опухоли анэхогенные включения неправильной формы. Эти включения соответствовали некротическим и/или геморрагическим компонентам опухоли, что было подтверждено при последующем гистологическом исследовании и по размерам совпадало с данными дооперационного МРТ.

Сравнительная характеристика УЗ- и МРТ-картины различных опухолей головного мозга с учетом контрастного усиления

В группе доброкачественных опухолей было 3 пациента с менингиомой. Во всех случаях менингиомы при УЗИ визуализировались как гиперэхогенные, однородные образования с четкими, ровными контурами, имеющие экстрааксиальное расположение (исходящие из твердой мозговой оболочки). В В-режиме у одного пациента выявлялись кальцинаты в виде гиперэхогенных включений с акустической тенью, что совпадает с данными литературы [7]. При ЦДК в обоих случаях определялась выраженная, равномерная васкуляризация. По данным литературы при контрастном усилении УЗИ менингиомы демонстрируют быстрое и интенсивное, преимущественно гомогенное, усиление эхосигнала. На МРТ менингиомы обычно изо- или гипоинтенсивны на T1 и изо- или гиперинтенсивны на T2. Их характерной особенностью является выраженное, гомогенное накопление контрастного вещества, нередко сопровождающееся наличием «дурального хвоста» (утолщение твердой мозговой оболочки, также накапливающее контраст). Контур образования обычно четкие и ровные (табл. 2).

Метастазы

В нашем исследовании метастатическое поражение головного мозга было выявлено у 7 пациентов. Несмотря на малую группу, можно отметить вариабельность эхогенности метастазов при интраоперационном УЗИ. В 4 случаях метастазы были гипозоногенными, в одном случае – изозоногенной структуры с гиперэхогенным ободком, соответствующим отеку или псевдокапсуле, и в 2 случаях метастатические очаги были гиперэхогенными. Во всех 7 случаях метастатического поражения контуры были четкими, относительно ровными. Васкуляризация при ЦДК в 6 случаях из этой группы была скудной (от 1 до 2 сосудов в ультразвуковом срезе), в одном случае мтс поражения головного мозга опухоли почки – васкуляризация была умеренно выраженной (от 3 до 5 цветных локусов в одном ультразвуковом срезе). По данным литературы контрастное усиление при интраоперационном УЗИ нередко демонстрирует быстрое и интенсивное, иногда кольцевидное, повышение накопления контраста. На МРТ метастазы проявляют вариабельный сигнал, однако, как правило, хорошо отграничены от прилежащих тканей. Характерен выраженный перитуморальный отек. После введения контрастного препарата типично наблюдается кольцевидное или гомогенное усиление, часто в виде множественных очагов.

Глиобластомы (глиомы высокой степени злокачественности)

В группе глиобластом (глиомы высокой степени злокачественности) было 11 пациентов. При ультразвуковом исследовании в В-режиме данные образования часто визуализируются как гетерогенные структуры смешанной эхогенности с нечеткими, инфильтративными контурами, затрудняющими их дифференциацию от перитуморального отека мозговой ткани. Могут присутствовать анэхогенные участки некроза или гипозоногенные зоны кровоизлияний.

При цветовом доплеровском картировании (ЦДК) выявляется выраженная, хаотично ориентированная васкуляризация. Контрастное усиление при УЗИ (с использованием Соновью) демонстрирует быстрое, зачастую неравномерное, интенсивное повышение эхосигнала по периферии узла, отражающее зоны активного опухолевого роста, тогда как центральные некротические области остаются анэхогенными. На МРТ глиобластомы характеризуются неоднородным сигналом (гипоинтенсивным на T1-взвешенных изображениях и гиперинтенсивным на T2/FLAIR), сопровождающимся выраженным перитуморальным отеком. После внутривенного введения контрастного препарата типично выявляется кольцевидное или неравномерное накопление контраста с центральными неконтрастируемыми некротическими зонами. Контур опухоли часто неровные, инфильтративные, что препятствует их точной демаркации.

В группе астроцитом низкой степени злокачественности было 6 пациентов

При УЗИ глиомы низкой степени злокачественности могут быть изо- или гипоехогенными, демонстрируя, как правило, более однородную структуру по сравнению с высокозлокачественными глиомами. Их границы часто менее четкие, чем у доброкачественных образований, но более отчетливые по сравнению с глиобластомами, без выраженной инфильтрации. При ЦДК васкуляризация минимальна или отсутствует. Контрастное усиление при УЗИ обычно не выявляет значимого прироста эхосигнала или демонстрирует лишь очень слабое, равномерное усиление, что коррелирует с их низкой пролиферативной активностью. На МРТ данные опухоли обычно гипоинтенсивны на T1-взвешенных изображениях и гиперинтенсивны на T2/FLAIR. Перитуморальный отек выражен минимально или отсутствует. После введения контраста накопление контрастного вещества, как правило, отсутствует либо проявляется очень слабым и диффузным усилением, что служит ключевым диагностическим признаком.

Комплексный анализ ультразвуковых данных в сочетании с предоперационными МРТ-изображениями обеспечивает более точную характеристику новообразований и оптимальное планирование хирургического вмешательства. Характеристики опухолей, определяемые при ультразвуковом исследовании (в В-режиме и с контрастным усилением) и магнитно-резонансной томографии

(с внутривенным контрастированием), демонстрируют как общие закономерности, так и специфические различия, критически важные для интраоперационной навигации.

Заключение

Современные системы интраоперационного УЗИ обеспечивают высокое разрешение и четкость изображений в большинстве случаев в В-режиме, что позволяет нейрохирургам точно определять границы опухоли, оптимизировать угол хирургической атаки, выбирать место энцефалотомии и избегать повреждения здоровых тканей [8, 9].

Интраоперационное УЗИ, особенно с использованием контрастных препаратов, позволяет в реальном времени дополнять и уточнять предоперационные МРТ-данные, предоставляя нейрохирургу критически важную информацию о точной локализации, границах, внутренней структуре и васкуляризации опухоли. Это способствует оптимизации стратегии резекции, повышению радикальности операции и минимизации рисков повреждения функционально значимых областей головного мозга.

Список литературы / References

1. Kaberia, P.M., Farhoud, A.H., Abbassy, M. et al. Ultrasound-assisted resection of insular gliomas. *Egypt J Neurosurg* 39, 29 (2024). <https://doi.org/10.1186/s41984-024-00290-9>
2. Wei R, Chen H, Cai Y, Chen J. Application of intraoperative ultrasound in the resection of high-grade gliomas. *Front Neurol*. 2023 Oct 26; 14:1240150. DOI: 10.3389/fneur.2023.1240150
3. Palavani LB, Ferreira MY, Borges PGLB, Bandeira L, da Silva Semione G, Almeida MV, Verly G, Polverini AD, Andreão FF, Camerotte R, Ferreira CC, Paiva W, Bertani R, Boockvar J. Ultrasound-Guided Resection of High-Grade Gliomas: A Single-Arm Meta-Analysis. *World Neurosurg*. 2024 Jun; 186:17–26. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.03.033.
4. Robba C, Goffi A, Geeraerts T, Cardim D, Via G, Czosnyka M, Park S, Sarwal A, Padayachy L, Rasulo F, Citerio G. Brain ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications. A narrative review. *Intensive Care Med*. 2019 Jul; 45 (7): 913–927. DOI: 10.1007/s00134-019-05610-4.
5. Лихтерман Л.Б., Охлопков В.А., Рыжова М.В. и др. Принципы современной диагностики опухолей головного мозга. Клинический разбор в общей медицине. 2023; 4 (5): 6–16. DOI: 10.47407/kr2023.4.5.00229
6. Likhterman L. B., Okhlopov V. A., Ryzhova M. V., et al. Principles of modern diagnostics of brain tumors. *Clinical analysis in general medicine*. 2023; 4 (5): 6–16. [In Russ.]. DOI: 10.47407/kr2023.4.5.00229
7. Prada F, Del Bene M, Moiraghi A, Casali C, Legnani FG, Saladino A, Perin A, Vetrano IG, Mattei L, Ricchetti C, Saini M, DiMeo F. From Grey Scale B-Mode to Elastosonography: Multimodal Ultrasound Imaging in Meningioma Surgery-Pictorial Essay and Literature Review. *Biomed Res Int*. 2015; 2015: 925729. DOI: 10.1155/2015/925729. Epub 2015 May 25. PMID: 26101779; PMCID: PMC4458537.
8. Bonasi L, Marrone S, Benigno UE, Buscemi F, Musso S, Porzio M, Silven MP, Torregrasso F, Grasso G. Maximal Safe Resection in Glioblastoma Surgery: A Systematic Review of Advanced Intraoperative Image-Guided Techniques. *Brain Sci*. 2023 Jan 28; 13 (2): 216. DOI: 10.3390/brainsci13020216. PMID: 36831759; PMCID: PMC9954589.
9. Epstein JE, Pople CB, Meng Y, Lipsman N. An update on the role of focused ultrasound in neuro-oncology. *Curr Opin Neurol*. 2024 Dec 1; 37 (6): 682–692. DOI: 10.1097/WCO.0000000000001314.
9. Yeole U, Singh V, Mishra A, Shaikh S, Shetty P, Moiyadi A. Navigated intraoperative ultrasonography for brain tumors: a pictorial essay on the technique, its utility, and its benefits in neuro-oncology. *Ultrasonography*. 2020 Oct; 39 (4): 394–406. DOI: 10.14366/usg.20044.

Статья поступила / Received 12.01.2026
Получена после рецензирования / Revised 29.01.2026
Принята в печать / Accepted 01.02.2026

Сведения об авторах:

Дыширов Юнус Юсуфович, аспирант, врач ультразвуковой диагностики. ORCID: 0009-0004-1976-7823

Митина Лариса Анатольевна, д.м.н. ведущий научный сотрудник, врач ультразвуковой диагностики. ORCID: 0000-0002-3563-7293

Кирсанова Ольга Николаевна, к.м.н., старший научный сотрудник, врач-онколог нейрохирургического отделения. ORCID: 0000-0003-0924-6245

Степанов Станислав Олегович, д.м.н., заведующий отделением ультразвуковой диагностики и интервенционных вмешательств. ORCID: 0000-0001-8804-2237

Зайцев Антон Михайлович, к.м.н., врач-онколог, нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением. ORCID: 0000-0002-1905-9083

Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский радиологический центр» Минздрава России, Москва, Россия

Автор для переписки: Дыширов Юнус Юсуфович. E-mail: dychshirov03@gmail.com

Для цитирования: Дыширов Ю.Ю., Митина Л.А., Кирсанова О.Н., Степанов С.О., Зайцев А.М. Оценка радикальности удаления опухолей головного мозга с применением интраоперационного ультразвукового исследования. *Медицинский алфавит*. 2026; (8): 19–23. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-8-19-23>

About authors

Dyshirov Yunus Yu., postgraduate student, ultrasound diagnostician. ORCID: 0009-0004-1976-7823

Mitina Larisa A., Dr Med Sci (habil.), leading researcher, ultrasound diagnostician. ORCID: 0000-0002-3563-7293

Kirsanova Olga N., PhD Med Sci, senior researcher, oncologist at Neurosurgical Dept. ORCID: 0000-0003-0924-6245

Stepanov Stanislav O., Dr Med Sci (habil.), head of Ultrasound Diagnostic and Interventional Dept. ORCID: 0000-0001-8804-2237

Zaitsev Anton M., PhD Med Sci, oncologist, neurosurgeon, head of Neurosurgical Dept. ORCID: 0000-0002-1905-9083

P. A. Herzen Moscow Cancer Research Institute – branch of the National Medical Research Radiology Center, Moscow, Russia

Corresponding author: Dyshirov Yunus Yu. E-mail: dychshirov03@gmail.com

For citation: Dyshirov Yu, Yu., Mitina L.A., Kirsanova O.N., Stepanov S.O., Zaitsev A.M. Assessing the completeness of brain tumor resection using intraoperative ultrasound. *Medical alphabet*. 2026; (8): 19–23. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2026-8-19-23>

