

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ СОНОГРАФИЯ В ХИРУРГИИ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

С.А. Васильев^{1,2}, В.А. Сандриков², А.А. Зуев², Е.П. Фисенко², С.Б. Песня-Прасолов², Н.Н. Ветшева²

¹ Кафедра нейрохирургии МГМСУ, Москва, Россия;

² ГУ Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского РАМН, Москва, Россия

Введение. Наиболее эффективным методом лечения опухолей головного мозга является хирургическое удаление опухолевой ткани с последующей адъювантной химио- и лучевой терапией. Максимальная хирургическая резекция требует четкой локализации и точного определения границ опухоли.

Цель исследования. Изучение возможностей интраоперационной сонографии (ИС) во время удаления опухолей головного мозга.

Материалы и методы. Проведено проспективное рандомизированное исследование 42 пациентов с внутримозговыми опухолями. У 20 (48%) пациентов опухоли были немозговые, у 22 (52%) — внутримозговые. ИС проводили с помощью аппарата Logiq Book GE (США) и аппарата B-K Medical Pro Focus (Дания). В послеоперационном периоде проводили МРТ головного мозга и гистологическое исследование удаленной ткани опухоли.

Результаты. Наши результаты показали 94%-ную эффективность метода ИС в определении локализации опухоли. Границы внутримозговых опухолей были четкими в 64% наблюдений, умеренно четкими — в 27, нечеткими — в 9%. В трех наблюдениях у больных с внутримозговыми опухолями (13%) при визуальном отсутствии патологической ткани, во время проведения контроля резекции с помощью ИС выявлена остаточная ткань опухоли. У 35 (83,3%) пациентов опухоль была удалена тотально, трем (7,1%) пациентам произведено субтотальное удаление образования, одной пациентке (2,4%) — частичное. Биопсия опухоли под контролем ИС проведена трем (7,1%) пациентам. Расхождений между данными ИС и послеоперационной МРТ не было.

Заключение. Интраоперационная сонография позволяет существенно повысить точность действий хирурга, облегчает поиск и идентификацию анатомических объектов во время операции, а также сводит к минимуму повреждение здоровой мозговой ткани при максимально возможной резекции опухоли.

Ключевые слова: опухоли головного мозга, интраоперационная сонография.

Introduction. The most effective method of brain tumor treatment is surgical removal of tumor tissue succeeded by adjuvant chemotherapy and radiotherapy. The maximum surgical resection requires the distinct localization and exact definition of tumor edges.

Objects. To study the opportunities of intraoperative ultrasonography (IUS) during brain tumors excision.

Material and methods. The prospective randomized study including 42 patients with intracranial tumors was performed. 20 (48%) patients had extracerebral tumors and 22 (52%) patients — intracerebral tumors. IUS was conducted using apparatus Logiq Book GE (USA) and apparatus B-K Medical Pro Focus (Dania). The MRI of the head and histological examination of removed tumor were performed in postoperative period.

Results. Our results revealed the 94% effectiveness of IUS in determination of tumor localization. The edges of intracerebral tumors were distinct in 64%, moderate distinct — in 27%, obscured — in 9%. During the control of tumor resection using IUS in 3 patients with intracerebral tumors (13%) the residual tumor tissue was revealed in spite of visual absence of pathological tissue. The total excision of tumor was performed at 35 patients (83,3%), subtotal removal — at 3 patients (7,1%) and partial excision — at 1 patient (2,4%). Three patients (7,1%) have carried out the tumor biopsy under IUS control. There are no contradiction between data of IUS and postoperative MRI.

Resume. Intraoperative ultrasonography allows to significantly increase the accuracy of surgeon's manipulations, to facilitate the search and identification of anatomical subjects during operation, and also to minimize the damage of intact brain tissue during maximum possible excision of the tumor.

Key words: brain tumor, intraoperative ultrasonography.

Заболеваемость первичными доброкачественными и злокачественными опухолями головного мозга составляет 10,9—16,7 на 100 000 населения [2, 13]. Отдаленные результаты лечения пациентов с внутримозговыми опухолями остаются неудовлетворительными. Средняя продолжительность жизни этих больных после операции на фоне химио- и лучевой терапии составляет от 40 до 60 нед (14 мес — для мультиформной глиобластомы, 25 мес — для анапластической астроцитомы) [1, 3, 7].

Наиболее эффективным методом лечения злокачественных внутричерепных опухолей является хирургическое удаление опухолевой ткани с последующей адъювантной химио- и лучевой терапией. Комплексное лечение пациентов с опухолями головного мозга обеспечивает регресс неврологической симптоматики, улучшает качество жизни и ее продолжительность [4].

Максимальная хирургическая резекция требует четкой локализации и точного определения границ опухоли. В большинстве случаев на пре-

¹ Москва, 103474, Делегатская ул., д. 20, стр. 1

² Москва, 119435, Абрикосовский пер., д. 2

доперационных рентгеновских и магнитно-резонансных томограммах (КТ и МРТ) хорошо визуализируются новообразование, крупные сосуды, отек и интактная ткань мозга. К методам нейронавигации в режиме реального времени относится интраоперационная сонография (ИС), которая позволяет существенно повысить точность действий хирурга, облегчает поиск и идентификацию анатомических образований во время операции, а также сводит к минимуму повреждение здоровой мозговой ткани при максимально возможной резекции опухоли.

Материал и методы

Проведено проспективное рандомизированное исследование 42 пациентов с внутричерепными опухолями различной гистоструктуры, оперированных с 1 июля 2007 г. по 31 мая 2008 г. Средний возраст пациентов составил 54 года (от 23 до 84 лет). Женщин в изучаемой группе было 17 (40%), мужчин — 25 (60%).

У 20 (48%) пациентов опухоли были внемозговые (19 менингиом и 1 базалиома), у 22 (52%) — внутримозговые. У 12 больных внемозговые опухоли располагались на основании черепа, в 7 наблюдениях менингиомы росли из стенок синусов, у одного больного менингиома располагалась на конвексе. Среди внутримозговых опухолей распределение было следующим: астроцитомы I—II степеней злокачественности — 6 (27%), астроцитомы III—IV степеней злокачественности — 12 (55%), метастазы — 4 (18%). В 4 наблюдениях опухоли локализовались субтенториально (11%), в остальных случаях супратенториально (89%), причем у 18 (43%) больных они располагались в глубинных структурах полушарий головного мозга.

Размеры образований были диаметром 7—74 мм. Глубина от твердой мозговой оболочки (ТМО) до образования составляла до 45 мм.

Из 42 человек у трех (7%) пациентов операция была произведена повторно в связи с рецидивом новообразования, несмотря на проведенную адьювантную терапию.

До операции всем пациентам были проведены клиничко-неврологический осмотр и МРТ головного мозга. Клиническая картина определялась локализацией опухоли.

У 35 (83,3%) пациентов опухоль была удалена totally, что подтверждено данными послеоперационной МРТ. В трех наблюдениях (7,1%), учитывая локализацию опухоли в функционально значимой зоне мозга, произведено субтотальное удаление (более 75% опухолевой ткани). У одной пациентки (2,4%) выполнено частичное удаление опухоли. Биопсия опухоли под контролем ИС проведена у трех (7,1%) пациентов.

Интраоперационную ультрасонографию проводили с помощью аппарата Logiq Book GE (США) и аппарата В-К Medical Pro Focus (Дания). Для проведения исследований использовали линейный датчик с частотой 7,5 МГц, конвексные

датчики с частотой 5—10 МГц и 5—8 МГц. При визуализации поверхностных новообразований использовали датчики с частотой 8—10 МГц, а при визуализации глубинных — 5 МГц, что позволило получить хорошее качество изображения во всех случаях.

Сканирование сначала проводили через интактную ТМО для определения границ опухоли, характера ее кровоснабжения и взаимоотношения с окружающими структурами. После вскрытия ТМО вновь проводили ИС для уточнения места энцефалотомии. Исследования выполняли в двух взаимоперпендикулярных плоскостях до, во время и после удаления опухоли.

В послеоперационном периоде пациентам проводили МРТ головного мозга и гистологическое исследование удаленной ткани опухоли.

Эффективность ИС изучали по отдельности в отношении первичных глиом, рецидивных глиом, метастатических опухолей и менингиом. Проведена оценка возможности ИС в определении локализации опухоли, ее границ и радикальности удаления. Качество визуализации опухоли во время проведения ИС признавали хорошим или плохим. Края опухоли оценивали четкими, когда они могли быть четко визуализированы и отделены от окружающей ткани, умеренно четкими, когда они могли быть легко отделены от окружающей ткани в большинстве областей, и нечеткими, когда они были неотличимы от окружающей ткани.

Степень резекции считали хорошей, когда не было видно остаточной ткани опухоли при ИС и послеоперационной МРТ, или плохой, когда ткань оставалась.

Результаты

У 41 (98%) пациента опухоль была хорошо локализована с помощью ИС, в одном наблюдении (2%) из-за выраженного перитуморального отека достоверно локализовать опухоль не удалось. В большинстве наблюдений опухоли выглядели как гиперэхогенные образования, некротические полости и кисты в структуре опухоли выглядели гипозоногенными.

При удалении менингиом у 19 (100%) больных с помощью ИС было хорошо визуализировано новообразование, которое представляло из себя гиперэхогенную структуру с четкими границами и мелкими включениями разной плотности. При ИС удалось выявить соотношение этих опухолей с крупными магистральными сосудами и анатомическими структурами, расположенными на основании черепа. Во всех наблюдениях удаления менингиом, растущих из стенок синусов, с помощью ИС удалось оценить степень инвазии опухоли в просвет синуса и, в зависимости от полученных данных, определить объем резекции новообразования.

Из 22 пациентов с внутримозговыми опухолями у 19 не было никакого предшествующего лечения (операции или лучевой терапии). Опухоли

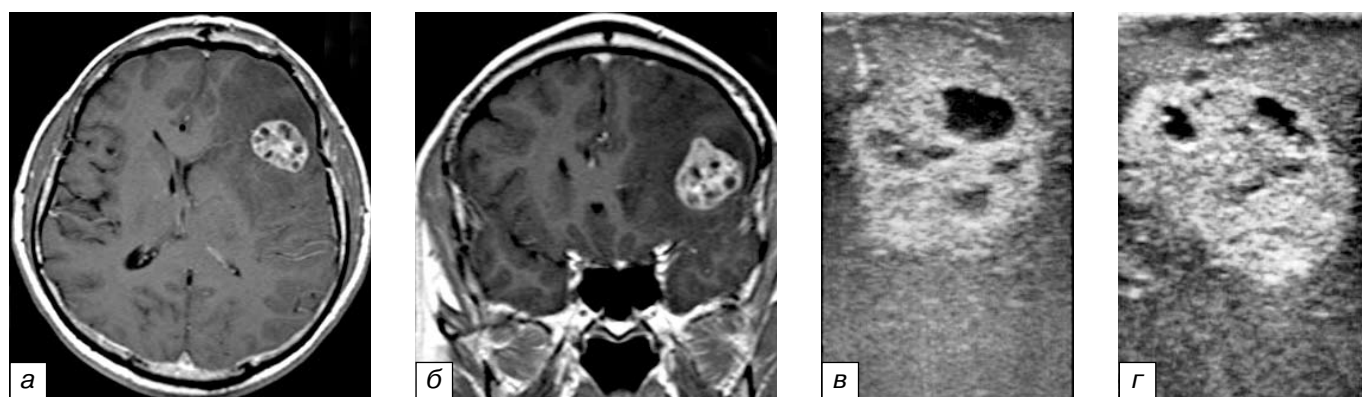


Рис. 1. МРТ и данные ИС пациента с метастазом рака почки в левую лобную долю: *a* — T1-взвешенное изображение МРТ головного мозга с контрастированием в аксиальной проекции, на которой в левой лобной доле определяется округлое образование с небольшими кистозными включениями, окруженное зоной перифокального отека. Образование хорошо и равномерно накапливает контрастное вещество; *b* — T1-взвешенное изображение МРТ головного мозга с контрастированием в коронарной проекции; *v, g* — интраоперационная сонография в двух взаимоперпендикулярных плоскостях. Определяется округлое гиперэхогенное образование, хорошо отграниченное от вещества мозга с ровными четкими контурами. В структуре образования выявляются гипоэхогенные включения (кисты). Формы образования на МРТ и ИС очень похожи

Fig.1. MRI and IUS data of the patient with renal cancer metastasis in to the left frontal lobe: *a* — T1 MRI of the brain with contrast enhancement in axial view: there is a round-shaped mass in left frontal lobe with small cystic inclusions and perifocal edema. This formation is well and uniformly contrasted; *b* — T1 MRI of the brain with contrast enhancement in coronary view. *v, g* — intraoperative ultrasonography in two inter-perpendicular planes. The round-shaped hyperechoic mass with hypoechoic inclusions (cysts) and distinct edges is revealed. There are the similar characteristics of this formation according to MRI and IUS data

у этих пациентов были хорошо локализованы в 18 наблюдениях (94%). В эту группу вошли 14 пациентов с астроцитомами и 4 больных с метастазами. У одного больного (6%) с анапластической астроцитомой из-за выраженного перитуморального отека и глубинного расположения опухоль с помощью ИС визуализирована не была, в связи с чем удаление ее производили без ультразвукового контроля. У трех пациентов с предшествующим лечением опухоль была хорошо локализована во всех наблюдениях (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Локализация новообразования при проведении интраоперационной сонографии во время удаления внутримозговых опухолей / Localization of neoplasms according to the data of intraoperative sonography during the intracerebral tumors' excision

Качество визуализации опухоли при ИС	Внутримозговые опухоли			Количество больных
	без предшествующего лечения		с предшествующей операцией и/или лучевой терапией	
	астроцитомы	метастазы		
Хорошее	14	4	3	21 (95%)
Плохое	1	—	—	1 (5%)
Всего	15	4	3	22 (100%)

У 14 пациентов из 22 с внутримозговыми опухолями во время проведения ИС все границы образования были четкими (рис. 1). В эту группу вошли 10 больных с астроцитомами и четырех пациента с метастазами без предшествующего лечения. Ни у одного из трех больных с предшествующим лечением (операция и/или лучевая терапия) границы опухоли во время проведения ИС не были признаны четкими.

Вокруг злокачественных опухолей при ИС всегда определяли зону повышенной плотности по отношению к здоровой мозговой ткани, но менее эхогенную, чем опухоль. Эта зона была представлена перитуморальным отеком. У четырех пациентов с астроцитомами без предшествующего лечения (операция и/или лучевая терапия) зона отека препятствовала визуализации части границ опухоли, границы этих опухолей мы признавали умеренно четкими. У двух пациентов, которые уже были оперированы и которым была проведена лучевая терапия, из-за выраженных постлучевых изменений, глиоза и перифокального отека некоторые границы опухоли было также сложно визуализировать.

У одного больного с астроцитомой без предшествующего лечения (операция и/или лучевая терапия) и у одного пациента с астроцитомой после перенесенной лучевой терапии границы опухоли определены не были (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Границы внутримозговых опухолей при интраоперационной сонографии / The borders of intracerebral tumors according to the data of intraoperative sonography

Границы опухоли при ИС	Внутримозговые опухоли			Количество больных
	без предшествующего лечения		с предшествующей операцией и/или лучевой терапией	
	астроцитомы	метастазы		
Четкие	10	4	—	14 (64%)
Умеренно четкие	4	—	2	6 (27%)
Нечеткие	1	—	1	2 (9%)
Всего	15	4	3	22 (100%)

Таким образом, границы внутримозговых опухолей были четкими у 14 пациентов (64%), умеренно четкими — у 6 (27%), нечеткими — у 2 (9%).

Интраоперационный контроль радикальности хирургического лечения внутримозговых новообразований осуществляли с помощью ИС после заполнения ложа удаленной опухоли физиологическим раствором. В трех наблюдениях из 22 больных с внутримозговыми опухолями (13%), при визуальном отсутствии опухоли, во время проведения контроля

резекции с помощью ИС выявлена остаточная ткань опухоли, которая затем удалена и отправлена на гистологическое исследование. В двух наблюдениях были выявлены остатки астроцитомы II степени злокачественности, у одного пациента — астроцитомы III степени злокачественности. При контрольной МРТ через 12 часов после операции остаточной ткани опухоли у этих пациентов не выявлено.

В нашей серии наблюдений осложнений, связанных с использованием ИС, не было.

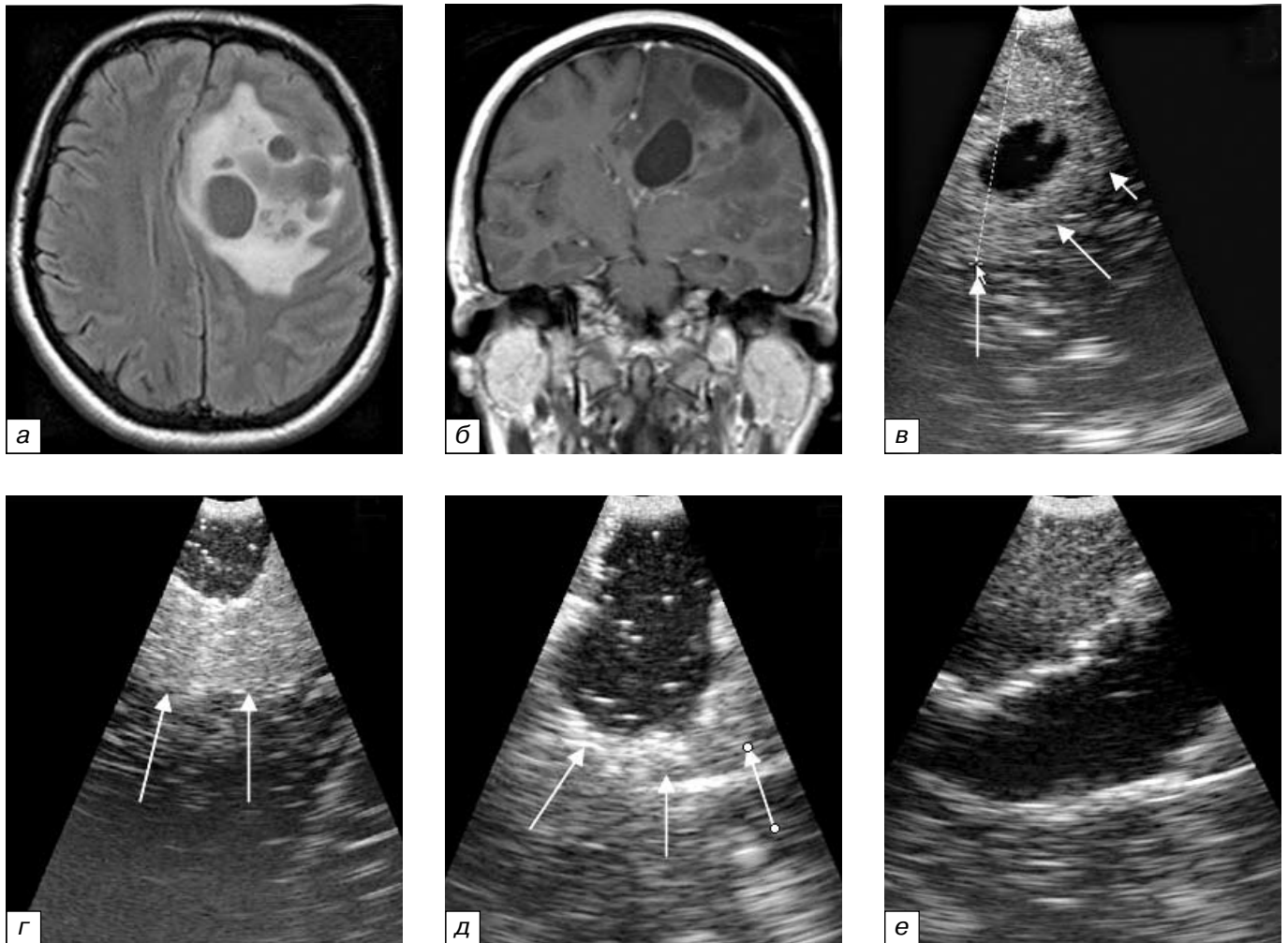


Рис. 2. МРТ и данные ИС пациента с астроцитомой III степени злокачественности левых лобной и теменной долей: *a* — МРТ во FLAIR-режиме. Определяется крупное объемное образование с множеством кист различного размера и солидным компонентом, вокруг образования определяется зона отека; *б* — T1-взвешенное изображение МРТ головного мозга с контрастированием того же пациента, при которой определяется накопление контрастного вещества в солидной части опухоли; *в* — интраоперационная сонография (ИС) до вскрытия твердой мозговой оболочки. Визуализируется гиперэхогенное округлое образование (края его обозначены стрелками) с крупной гипоэхогенной кистой в центре. Край образования четкие ровные, оно хорошо отграничено от ткани мозга; *г* — ИС после вскрытия кисты опухоли (края опухоли обозначены стрелками); *д* — ИС после частичного удаления опухоли, остаточная ткань опухоли хорошо визуализируется (обозначена стрелками); *е* — ИС после тотального удаления опухоли, визуализируется гипоэхогенное ложе опухоли заполненное жидкостью, окруженное гиперэхогенным валиком («ring-effect», эффект кольца), выявляемым всегда при полном удалении опухоли. Гиперэхогенной ткани опухоли вокруг не выявляется

Fig. 2. Data of MRI and IUS of patient with left frontal and parietal astrocytoma of III degree of malignancy: *a* — MRI FLAIR. There is a large round-shaped mass lesion with multiple cysts of various sizes and solid part, with perifocal edema; *b* — T1 MRI with i/v contrast — the accumulation of contrast agent in the solid part of tumor; *v* — Intraoperative ultrasonography (IUS) before opening the dura mater. There is the round-shaped hyperechoic lesion (arrows show his margins) with a large hypoechoic cyst in the center. The lesion is well marked and bordered from the brain tissue; *g* — IUS after dissection of tumor cyst (arrows show the tumor borders); *d* — IUS after partial resection of tumor, the residual tumor tissue опухоли is well visualized (arrows), *E* — IUS after total removing of tumor, the hypoechoic bed tumor filled with liquid and surrounded with hyperechoic zone is visualized («ring-effect»). Such findings are always seen after total tumor removing. The hyperechoic tumor tissue is not revealed

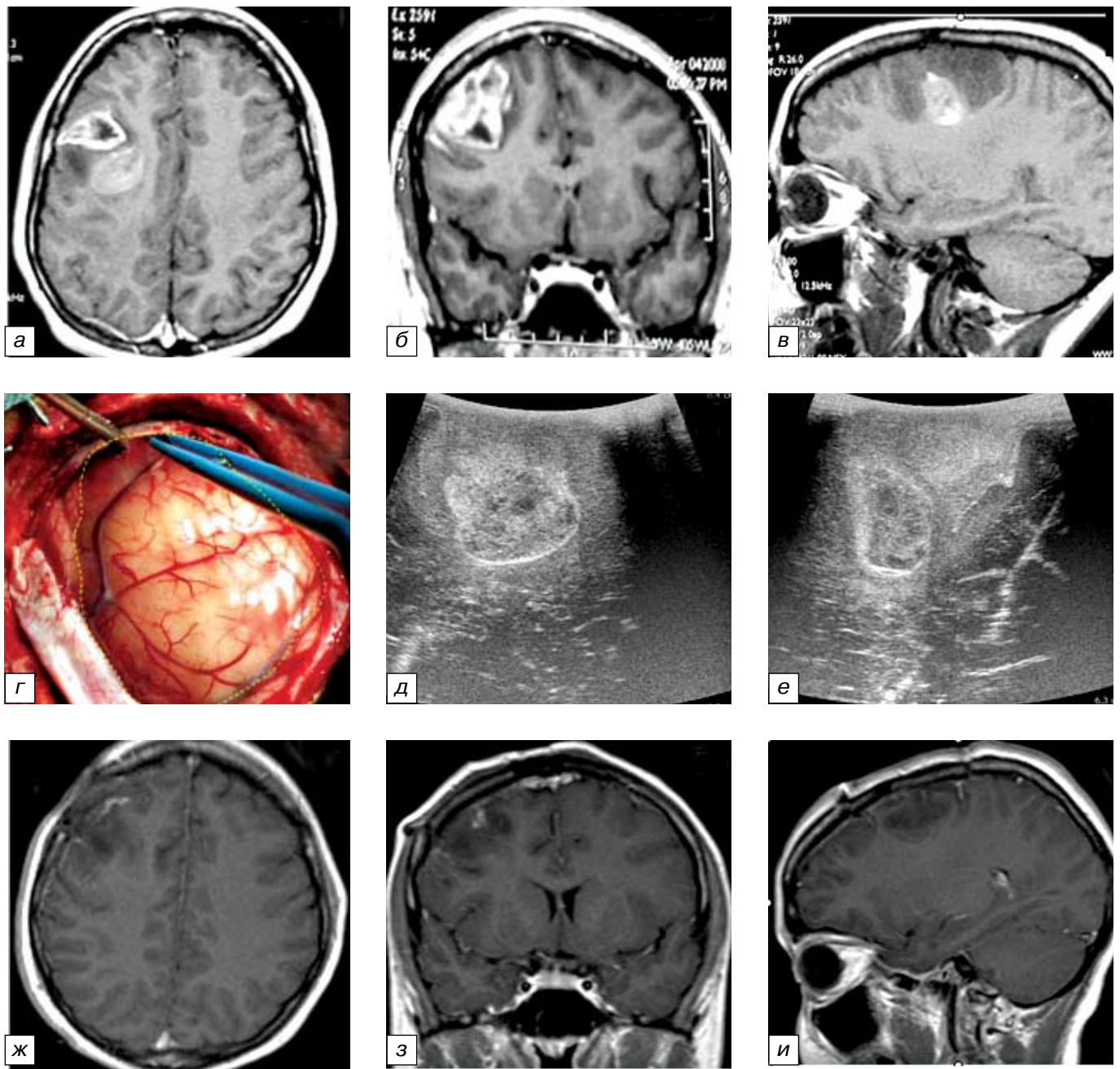


Рис. 3. МРТ до операции, интраоперационная фотография, ИС и МРТ через 12 часов после операции пациентки с глиобластомой правой лобной доли: *а* — T1-взвешенное изображение МРТ головного мозга с контрастированием в аксиальной проекции пациентки с глиобластомой правой лобной доли. Определяется неправильной формы образование, состоящее из двух узлов, хорошо накапливающее контрастное вещество по периферии; *б* — T1-взвешенное изображение МРТ головного мозга с контрастированием в коронарной проекции; *в* — T1-взвешенное изображение МРТ головного мозга с контрастированием в сагиттальной проекции; *г* — интраоперационная фотография (увеличенная в размерах извилина в проекции опухоли), *д, е* — интраоперационная сонография той же пациентки в двух взаимоперпендикулярных плоскостях. Определяется гиперэхогенная опухоль, плохо отграниченная от окружающей ткани мозга, с неровными контурами и нечеткими границами. В опухоли определяются гиперэхогенные включения (очаги кровоизлияния), вокруг образования выявляется гиперэхогенный отек; *ж* — T1-взвешенное изображение МРТ с контрастированием в аксиальной проекции через 12 часов после операции остаточной ткани опухоли не определяется; *з* — T1-взвешенное изображение МРТ с контрастированием в коронарной проекции через 12 часов после операции остаточной ткани опухоли не определяется; *и* — T1-взвешенное изображение МРТ с контрастированием сагиттальной проекции через 12 часов после операции остаточной ткани опухоли не определяется

Fig. 3. MRI before operation, intraoperative picture, IUS and MRI in 12 hours after operation of patient with right frontal glioblastoma: *a* — MRI T1 with contrast (axial view) of patient with right frontal glioblastoma. The irregular lesion is revealed. It consists of two nodes and its peripheral parts are well-contrasted; *b* — MRI T1 with contrast (coronary view); *v* — MRI T1 with contrast (sagittal view); *g* — intraoperative picture (increased gyrus in the projection of tumor); *d, e* — IUS of patient with right frontal glioblastoma in two cross-perpendicular planes. There is a blurred blunt-edged hyperechoic tumor poorly marked from surrounding brain tissue. There are the hyperechoic incorporations (foci of hemorrhages) in tumor with perifocal hypoechoic edema; *j* — MRI T1 with contrast (axial view) in 12 hours after operation — the residual tumor tissue is not revealed.; *z* — MRI T1 with contrast (coronary view) in 12 hours after operation — the residual tumor tissue is not revealed.; *i* — MRI T1 with contrast (sagittal view) in 12 hours after operation — the residual tumor tissue is not revealed

Обсуждение

Комплексное лечение пациентов с опухолями головного мозга позволяет улучшить их качество жизни, увеличить показатели выживаемости в этой группе больных. Степень резекции опухоли имеет ключевое значение в достижении этих целей. Оптимальной резекции можно достигнуть, когда хирург располагает визуальной и как можно более точной информацией о границах опухоли.

ИС может выполнять несколько функций, таких как локализация опухоли, определение ее границ, дифференциация опухоли от внутримозговых кист или участка некроза, ориентация хирурга во время операции и определение остаточной ткани опухоли.

Наши результаты показали 94%-ную эффективность метода в определении локализации опухоли. По данным разных авторов, локализовать опухоль удается в 87–100% [14, 21]. У пациентов, перенесших лучевую терапию, или у пациентов с выраженным перитуморальным отеком определение границ опухоли обычно затруднено. Как правило, одна или несколько границ внутримозговой опухоли плохо определяются в 10% случаев. Использование ультразвукового контрастирования позволяет в этих случаях четко визуализировать края опухоли [6, 10, 18].

Внешний вид и консистенция внутримозговых опухолей обычно отличаются от нормальной ткани мозга при визуальном контроле во время операции, но довольно часто определить

границу между ними сложно. В 2–15% случаев при удалении внутримозговых опухолей во время сонографии выявляется остаточная ткань опухоли, невидимая в микроскоп, которая может привести к возникновению рецидивов и необходимости проведения повторных операций [13, 20, 23]. Метод интраоперационной сонографии позволяет избежать подобных ошибок [11, 12, 15]. В 90% случаев при проведении УЗ-сканирования гиперэхогенная ткань, оставшаяся после резекции новообразования под контролем оптики, является остатками опухолевой ткани, что подтверждается гистологически [14, 22].

В нашей серии наблюдений в 13% случаев при удалении внутримозговых опухолей границы их визуально были плохо определимы, что привело к неполному удалению новообразования под визуальным контролем. Однако при проведении ИС эти границы удалось определить, а остаточную ткань опухоли удалить (рис. 2).

Обычно качество резекции внутримозговых опухолей оценивают с помощью послеоперационной МРТ с контрастным усилением. В нашем исследовании всем пациентам выполняли интраоперационный контроль резекции опухоли с помощью ИС, а при выявлении остаточной ткани опухоли производили ее удаление. Далее в течение 12–24 часов после операции всем пациентам проводили МР-исследование с контрастным усилением (рис. 3). Расхождений между данными ИС и послеоперационной МРТ в нашем исследовании не было.

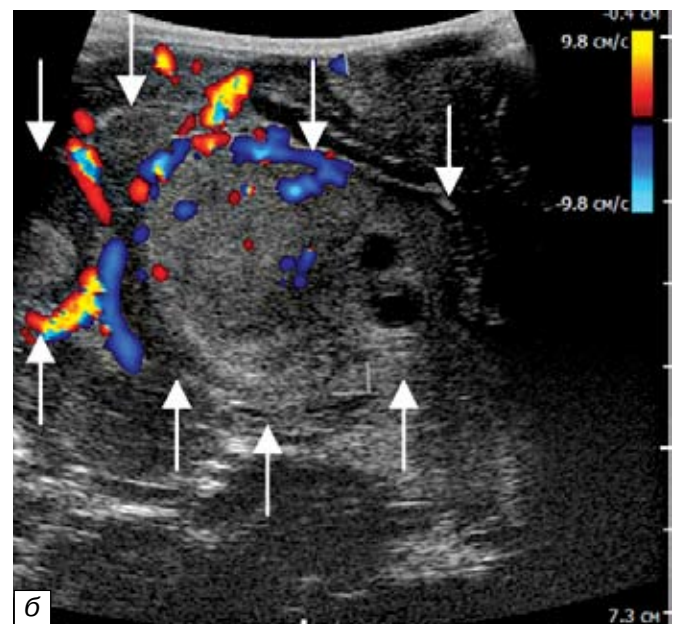
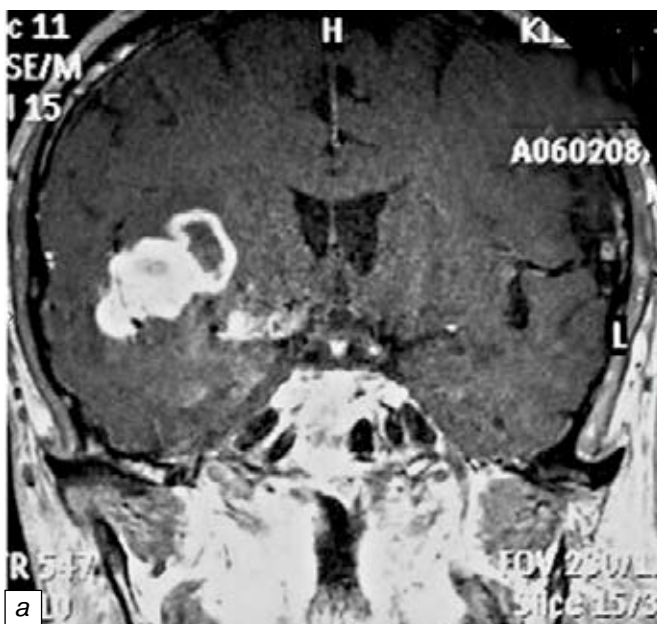


Рис. 4. МРТ и ИС пациента с глиобластомой правых височной и теменной долей, обрастающей ствол и ветви средней мозговой артерии: *a* — T1-взвешенное изображение МРТ головного мозга с контрастированием. Определяется неправильной формы образование, распространяющееся на височную и теменную доли. Образование хорошо и равномерно накапливает контрастное вещество. В структуре образования определяются ветви средней мозговой артерии; *b* — ИС, в структуре гиперэхогенной опухоли, края которой обозначены стрелками, определяются 2 крупных магистральных сосуда (ветви СМА)

Fig.4. MRI and IUS of patient with right frontal and parietal glioblastoma involving the trunk and branches of MCA: *a* — MRI T1 with contrast. There is an well-contrasted irregular lesion expanding the right parietal and temporal lobes. The branches of MCA are incorporated in this lesion; *b* — IUS: there are two large vessels (branches of MCS) in the structure of hyperechoic tumor (arrows show the tumor edges).

Учитывая полученные данные, можно полагать, что данная методика является весьма эффективной для интраоперационного выявления остаточной ткани опухоли при первичных внутримозговых новообразованиях без предшествующей лучевой терапии.

Нейросонография активно применяется для проведения биопсии объемных образований. В отличие от безрамных навигационных систем, с помощью которых в последнее время проводится стереотаксическая биопсия [8], навигация при ИС основана на ультразвуковых изображениях в режиме реального времени, к тому же при проведении интраоперационной доплерографии (рис. 4) можно значительно снизить риск попадания биопсийной иглы в сосудистые структуры [9, 16, 19]. При использовании безрамных навигационных систем, после вскрытия ТМО и истечения спинномозговой жидкости, происходит смещение структур мозга и опухоли, что является высоким риском нарушения координации, особенно при небольших глубинных новообразованиях. Смещение траектории доступа может составлять от 6 мм до 2,5 см [17, 18]. При использовании ИС данной проблемы не существует. Нами проведено три биопсии под контролем ИС, при которых удалось четко попасть в ткань опухоли, что подтверждено данными послеоперационной МРТ.

ИС также высокоэффективна при оценке степени инвазии опухолей в просвет синусов. Во всех наблюдениях нам удалось оценить кровоток в синусе и, если это было необходимо, правильно выбрать место его пересечения. В результате данных манипуляций неврологического дефицита у пациентов не возникло.

По данным ряда авторов, ИС в сравнении с интраоперационными МР и КТ, которые отсутствуют в большинстве клиник, принимая во внимание цену оборудования и инструментов, представляется как практичная и доступная альтернатива [5, 15, 23].

Заключение

Наше исследование показало, что интраоперационная сонография — безопасный, технически надежный метод нейронавигации глубинных новообразований в режиме реального времени, независимо от размеров и глубины расположения образования, исключая проблему, связанные со смещением мозга. Интраоперационная сонография также дает возможность проводить контроль радикальности удаления опухоли.

С помощью интраоперационной сонографии можно точно локализовать опухоль, оценить ее объем и идентифицировать окружающие анатомические структуры, определить оптимальное место для энцефалотомии при осуществлении доступов (в том числе внепроекции) к глубинным опухолям головного мозга в режиме реального времени. Под контролем ИС с высокой точностью можно проводить биопсию глубинных опухолей. Интраоперационный ультразвуковой

мониторинг позволяет определить радикальность удаления патологического очага, максимально сохраняя непораженные ткани. При удалении инфильтративно растущих опухолей, когда граница между опухолью и здоровой тканью четко не определяется, УЗ-мониторинг может позволить выявить участки неудаленной опухолевой ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гайдар Б.В.* Практическая нейрохирургия. — СПб., 2004. — С. 393—422.
2. *Крылов В.В.* Лекции по нейрохирургии. — Т-во научных изданий КМК, 2007. — С. 109—161.
3. *Лапшин Р.А.* Нейронавигация в хирургии объемных образований головного мозга. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. — 2006. — С. 24.
4. *Мельникова Е.А.* Метастазы опухолей в головной мозг // *Нейрохирургия.* — 2005. — № 3. — С. 61—65.
5. *Black P.M., Moriarty T., Alexander E., et al.* Development and implementation of intraoperative magnetic resonance imaging and its neurosurgical applications // *Neurosurgery.* — 1997. — 41:831—45.
6. *Calliada F., Campani R., Bottinelli O., Bozzini A., Sommaruga M.G.* Ultrasound contrast agents: Basic principles. *Eur J Radiol* 1998. — № 27 (Suppl. 2), P. 157—160.
7. *Devaux B.C., O'Fallon J.R., Kelly P.J.* Resection, biopsy, and survival in malignant glial neoplasms. // *J. Neurosurg.* — 1993. — № 78, P. 767—775.
8. *Germano I.M., Queenan J.V.* Clinical experience with intracranial brain needle biopsy using frameless surgical navigation // *Comput Aided Surg.* — 1998. — № 3. — P. 33—39.
9. *Haiden N., Klebermass K., Rucklinger E., et al.* 3-D ultrasonographic imaging of the cerebral ventricular system in very low birth weight infants // *Ultrasound Med Biol.* — 2005. — № 31. — P. 7—14.
10. *Harrer J.U., Mayfrank L., Mull M., Klotzsch C.* Second harmonic imaging: a new ultrasound technique to assess human brain tumor perfusion // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* — 2003. — № 74. — P. 333—342.
11. *Jeremic B., Milicic B., Grujicic D. et al.* Clinical prognostic factors in patients with malignant glioma treated with combined modality approach // *Am J Clin Oncol-Cancer Clin Trials.* — 2004. — № 27. — P. 195—204.
12. *Kurimoto M., Hayashi N., Kamiyama H. et al.* Impact of neuronavigation and image-guided extensive resection for adult patients with supratentorial malignant astrocytomas: a single-institution retrospective study // *Minim Invasive Neurosurg.* — 2004. — № 47. — P. 278—283.
13. *Lacroix M., Abi-Said D., Fourney D.R. et al.* A multivariate analysis of 416 patients with glioblastoma multiforme: prognosis, extent of resection, and survival // *J. Neurosurg.* — 2001. — № 95. — P. 190—198.
14. *Lindseth F., Ommedal S., Bang J. et al.* Image fusion of ultrasound and MRI as an aid for assessing anatomical shifts and for improving overview and interpretation in ultrasound guided neurosurgery, in Lemke H.U., Inamura K., Doi K., Vannier M.W., Farman A.G. (eds): *CARS 2001: Proceedings of the 15th International Congress and Exhibition in Computer Assisted Radiology and Surgery*, Berlin, June 27—30, 2001. Amsterdam, Elsevier, 2001.
15. *Lunardi P., Acqui M.* The echo-guided removal of cerebral cavernous angiomas. // *Acta Neurochir (Wien).* — 1993. — № 123. — P. 113—117.
16. *Moriarty T.M., Quinones-Hinojosa A., Larson P.S. et al.* Frameless stereotactic neurosurgery using intraoperative magnetic resonance imaging: stereotactic brain biopsy // *Neurosurgery.* — 2000. — № 47. — P. 1138—1146.
17. *Nimsky C., Ganslandt O., Cerny S. et al.* Quantification of, visualization of, and compensation for brain shift using intraoperative magnetic resonance imaging // *Neurosurgery.* — 2000. — № 47. — P. 1070—1079.
18. *Nobusada Shinoura, Masamichi Takahashi, Ryozi Yamada.* Delineation of Brain Tumor Margins Using Intraoperative Sononavigation: Implications for Tumor Resection // *Journal of Clinical Ultrasound.* — 2006. — Vol. 34; № 4. — P. 177—183.

19. *Trantakis C., Meixensberger J., Lindner D. et al.* Iterative neuronavigation using 3D ultrasound. A feasibility study // *Neurol. — Res* 2002. — № 24. — P. 666—670.
20. *Unsgaard G., Gronningsaeter A., Ommedal S., Nagelhus Hernes T.A.* Brain operations guided by real-time two-dimensional ultrasound: new possibilities as a result of improved image quality // *Neurosurgery*. — 2002. — № 51. — P. 402—411; discussion P. 411—412.
21. *Unsgaard G., Rygh O.M., Selbekk T., et al.* Intra-operative 3D ultrasound in neurosurgery // *Acta Neurochir (Wien)*. — 2006. — № 148. — P. 235—253.
22. *Woydt M., Krone A., Becker G., Schmidt K., Roggendorf W., Roosen K.* Correlation of intraoperative ultrasound with histopathologic findings after tumor resection in supratentorial gliomas // *Acta Neurochir (Wien)*. — 1996. — № 138. — P. 1391—1398.
23. *Woydt M., Krone A., Soeren N. & Roosen K.* Ultrasound-guided neuronavigation of deep-seated cavernous haemangiomas: clinical results and navigation techniques // *British Journal of Neurosurgery*. — 2001. — № 15(6). — P. 485—495.

© Е.Ю. ТРОФИМОВА, 2009

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В НЕЙРОХИРУРГИИ. Комментарий к статье С.А. Васильева, В.А. Сандрикова, А.А. Зуева, Е.П. Фисенко, С.Б. Песня-Прасолова, Н.Н. Ветшевой «Интраоперационная сонография в хирургии опухолей головного мозга»

Е.Ю. Трофимова

¹ НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва

Интраоперационное ультразвуковое исследование во время нейрохирургических операций стало широко использоваться уже с начала 80-х годов прошлого века. Специализированные интраоперационные датчики вошли в широкую практику сначала для «слепой» доплерографии, а позднее — и для исследования в В-режиме.

За 30 лет накоплен огромный опыт изучения церебральной гемодинамики — разработана методика проведения интраоперационного транскраниального доплеровского исследования (ИТКД), определены показания и сроки осмотров на этапах операции, уточнены гемодинамические показатели и их значимость. В настоящее время считают обязательным использовать ИТКД при проведении каротидной эндалтерэктомии, при этом общепризнана необходимость выполнения мониторинга кровотока по мозговым артериям в течение операции. ИТКД стали использовать для оценки кровотока в приводящих и отводящих сосудах во время удаления артериовенозных мальформаций, а также для оценки радикальности клипирования артериальных аневризм (R.G. Akerstaff et al., 2000). По сообщению Н. Akdemir et al. (2007), у 25% больных после контрольного ИТКД во время операции возникает необходимость изменения положения клипсы для достижения адекватного кровотока. Среднее время выполнения ИТКД не превышает 5 минут. В последние 15 лет появилась возможность выявлять микроэмболы при ИТКД и определять их характеристики (D.G. Grosset et al., 1996).

D.D. Doblac (2004) считает необходимым выполнять ИТКД с оценкой скоростных параметров мозговых артерий в динамике при проведении длительных операций для коррекции риска гипер- и гипоперфузии.

В настоящее время ИТКД стала рутинной методикой в нейрохирургической операционной.

Триплексное интраоперационное ультразвуковое исследование (УЗИ) головного мозга позволяет хирургу четко увидеть эхоструктуру тканей в области операции, оценить границы патологического процесса в реальном времени, в пределах которых требуется проведение вмешательства, уточнить сосудистый рисунок (сосудистую анатомию) и изменения тканей вокруг измененного участка и в опухоли. Это сокращает время проведения операции, уточняет границы патологического процесса, соотношение его с окружающими тканями, помогает выбрать адекватный доступ при локализации труднодоступного очага, оценить возможность резекции опухоли и радикальность выполненной операции. Триплексное УЗИ позволяет минимизировать вмешательство и должно быть использовано в нейрохирургии (M.A. Hammoud et al., 1996; V. van Velthoven, 2003; H. Sun, J.Z. Zhao, 2007). Интраоперационные данные были соотнесены с результатами предоперационной КТ и МРТ. Было отмечено преимущество триплексного УЗИ при операциях по поводу метастазов и полное совпадение данных УЗИ с результатами КТ и МРТ при всех образованиях, кроме глиом. Корреляция размера опухоли, полученная при интраоперационном УЗИ, с данными МРТ для метастатического поражения составила $p = 0,90$, но для глиом точность оказалась ниже, особенно большие трудности возникают при ультразвуковой оценке границ узла после лучевой терапии (M.A. Hammoud et al., 1996; V. van Velthoven, 2003). Кроме оценки размера узла, триплексное УЗИ оказалось очень эффективно для детализации структур мозга. Метод позволяет точно локализовать очаг. Это дает возможность соотнести предоперационную картину по данным КТ и МРТ с интраоперационным мониторингом текущих изменений.

¹ Москва, 129090, Б. Сухаревская пл., 3.