

© Коллектив авторов, 2011
УДК 616.831-006-089

А.И. Холявин, Б.В. Мартынов, В.А. Фокин, Д.В. Свистов

ВЫБОР ТРАЕКТОРИЙ ДОСТУПА ПРИ СТЕРЕОТАКСИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ У ПАЦИЕНТОВ С ВНУТРИМОЗГОВЫМИ ОПУХОЛЯМИ

Учреждение Российской академии наук Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева РАН
(дир. — чл.-кор. РАН д-р биол. наук С.В. Медведев); кафедра нейрохирургии (нач. — доц. Д.В. Свистов)
Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Ключевые слова: внутримозговые опухоли, стереотаксическое наведение, локализационные маршруты.

Введение. Стереотаксические методики в настоящее время считаются общепризнанным компонентом в процессе диагностики и лечения опухолей головного мозга. Применение стереотаксической техники, благодаря ее малоинвазивности, несет в себе сравнительно низкий риск нарастания неврологического дефицита в послеоперационном периоде, даже при опухолях, расположенных в глубоких и функционально значимых отделах мозга.

В то же время, по различным данным, опасность возникновения внутримозговых геморрагических осложнений при стереотаксических операциях составляет 0,5–3,9%, при этом частота формирования стойкого неврологического дефицита может достигать 1–2% [2, 7, 10, 12]. Очевидно, что вероятность осложнений в значительной степени зависит от тщательного планирования положения целевых точек и траекторий стереотаксического доступа к новообразованию. Имеющееся в настоящее время в распоряжении нейрохирургов техническое обеспечение стерео-

таксических вмешательств в большинстве случаев позволяет достаточно успешно решать эти задачи.

Цель нашего исследования — анализ факторов, влияющих на выбор безопасных траекторий доступа во время проведения расчетной предоперационной подготовки стереотаксических операций у пациентов с внутримозговыми опухолями, а также оценка послеоперационных изменений, связанных с продвижением инструмента к целевой точке через ткань мозга.

Материал и методы. В клинике нейрохирургии ВМедА им. С.М.Кирова нами выполнены стереотаксические вмешательства у 124 пациентов с внутримозговыми опухолями в возрасте от 14 до 77 лет. Опухоли были расположены в правом полушарии мозга у 54 (43,6%) пациентов, в левом полушарии — у 63 (50,8%). В 7 (5,6%) случаях отмечалось двустороннее распространение опухолей. Локализация новообразований указана в таблице.

Из прооперированных больных стереотаксическая биопсия выполнена 32 (25,8%) пациентам, стереотаксическая биопсия с последующей криодеструкцией опухоли — 86 (69,4%), стереотаксическая биопсия с последующей имплантацией вентрикулоперитонеального шунта — 2 (1,6%), стереотаксическая краниотомия — 4 (3,2%), комбинированная операция стереотаксической криодеструкции и открытого удаления опухоли — 13 (10,5%) больным. Все операции выпол-

Варианты локализации новообразований у пациентов

Локализация опухоли	Число пациентов	Частота локализации, %
Медиобазальные отделы височной доли	29	23,4
Глубокие отделы лобной доли с распространением на базальные ганглии и островок	23	18,5
Лобная доля	16	12,9
Базальные отделы лобной доли с распространением на височную долю и островок	13	10,5
Область центральных извилин	12	9,7
Таламус, внутренняя капсула и ножка мозга	12	9,7
Мозолистое тело	10	8,1
Глубокие отделы теменной и затылочной долей	9	7,2
Всего	124	100

нялись с использованием отечественной стереотаксической системы «ПОАНИК» рамной конструкции [1].

Предоперационную стереотаксическую томографию осуществляли при помощи магнитно-резонансных томографов фирмы «Siemens» Magnetom Symphony 1,5 T (кафедра рентгенологии и радиологии ВМедА им. С.М.Кирова) и Verio 3 T (ЛДЦ МИБС), а также «GE» Vectra 0,5 T (МЦ «Адмиралтейские верфи»). Устройство стереотаксической системы «ПОАНИК» позволяло проводить стереотаксическую томографию в «безрамном» режиме, с фиксированным к голове пациента МРТ-локализатором [4]. При этом операция в подавляющем большинстве случаев выполнялась через несколько дней после томографии, что давало определенный запас времени для планирования оперативного вмешательства.

Планирование производили на томограммах мозга в электронном формате DICOM. Для визуализации опухолевой ткани применяли режим T1-ВИ с контрастным усилением. Для опухолей, не накапливающих контраст, использовали режим T2-ВИ. С целью увеличения соотношения «сигнал—шум» и более четкой визуализации опухоли и прилежащих к ней неизменных мозговых структур вместо «тонких» срезов мозга использовали МРТ-срезы толщиной 3–5 мм с межсрезовым промежутком 1 мм. Для повышения точности стереотаксической локализации и получения пространственного представления о новообразовании нами применялся метод «локализационных маршрутов» [1, 4].

Упомянутый метод представляет собой проведение сравнительного анализа изображений в различных плоскостях сечения, полученных при последовательном сканировании мозга пациента несколькими сериями срезов. Целью локализационного маршрута является получение «локализационного» среза, оптимальным образом проходящего через опухоль и пригодного для локализации (определения стереотаксических координат) целевых точек.

В качестве «предлокализационного» среза (т. е. среза, служащего для определения положения «локализационного» среза) выбирали аксиальное (реже — сагиттальное) томо-

графическое сечение, на котором опухолевое образование имело максимальные размеры. В процессе стереотаксической томографии по предлокализационному срезу настраивали положение срезов следующей (локализационной) серии. На локализационных срезах осуществляли локализацию целевых точек внутри изображения опухоли, а также определяли координаты точек погружения стереотаксического инструмента в вещество мозга. Это позволяло визуализировать на всем протяжении траекторию продвижения инструмента к целевой точке и убедиться в отсутствии на его пути функционально значимых зон мозга и крупных сосудов. При этом во время стереотаксической томографии не возникало необходимости в проведении МР-ангиографии, поскольку крупные сосуды, повреждение которых могло стать причиной кровоизлияний, хорошо визуализировались на локализационных срезах в режимах T2-ВИ и T1-ВИ с предварительным контрастированием, что позволяло планировать траектории, не пересекающие изображения сосудов. В качестве локализационных, как правило, использовали срезы коронарных направлений, поскольку большинство стереотаксических траекторий проходят именно в коронарной плоскости (или близки к ним).

У всех пациентов осуществляли многоцелевое стереотаксическое наведение для забора биопсийного материала в нескольких точках опухоли или выполнения многопозиционной криодеструкции. В связи с этим производили планирование нескольких (от 2 до 8) траекторий на одном или нескольких МРТ-срезах. Реализацию запланированных траекторий доступа во время операции выполняли посредством их моделирования на фантоме стереотаксической системы, что позволяло произвести наложение фрезевого отверстия в рассчитанной зоне на своде черепа пациента.

При опухолях лобной доли расположение точки погружения стереотаксического инструмента в мозг планировали на вершине средней лобной извилины. Это давало возможность достичь практически любых отделов лобной доли, избегая прохождения траекторий через боковой желудо-

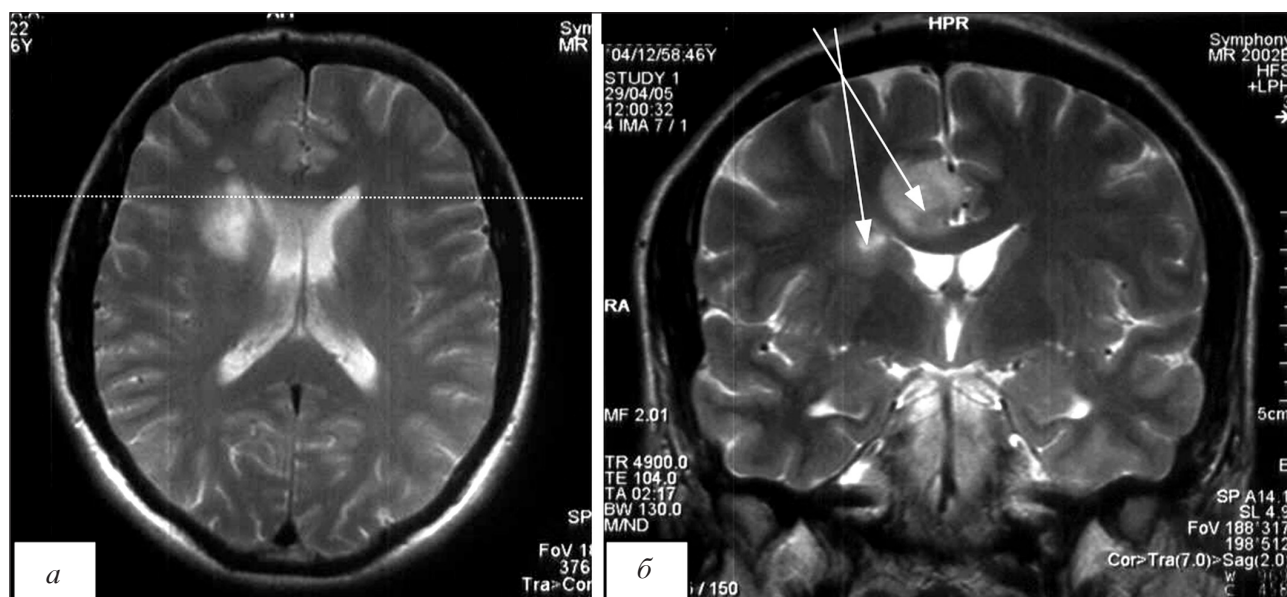


Рис. 1. Схема стереотаксического наведения на опухоль лобной доли.

а — предлокализационный МРТ-срез аксиального направления. Пунктир обозначает уровень расположения локализационного среза;
б — корональный локализационный срез с запланированными траекториями (стрелки).

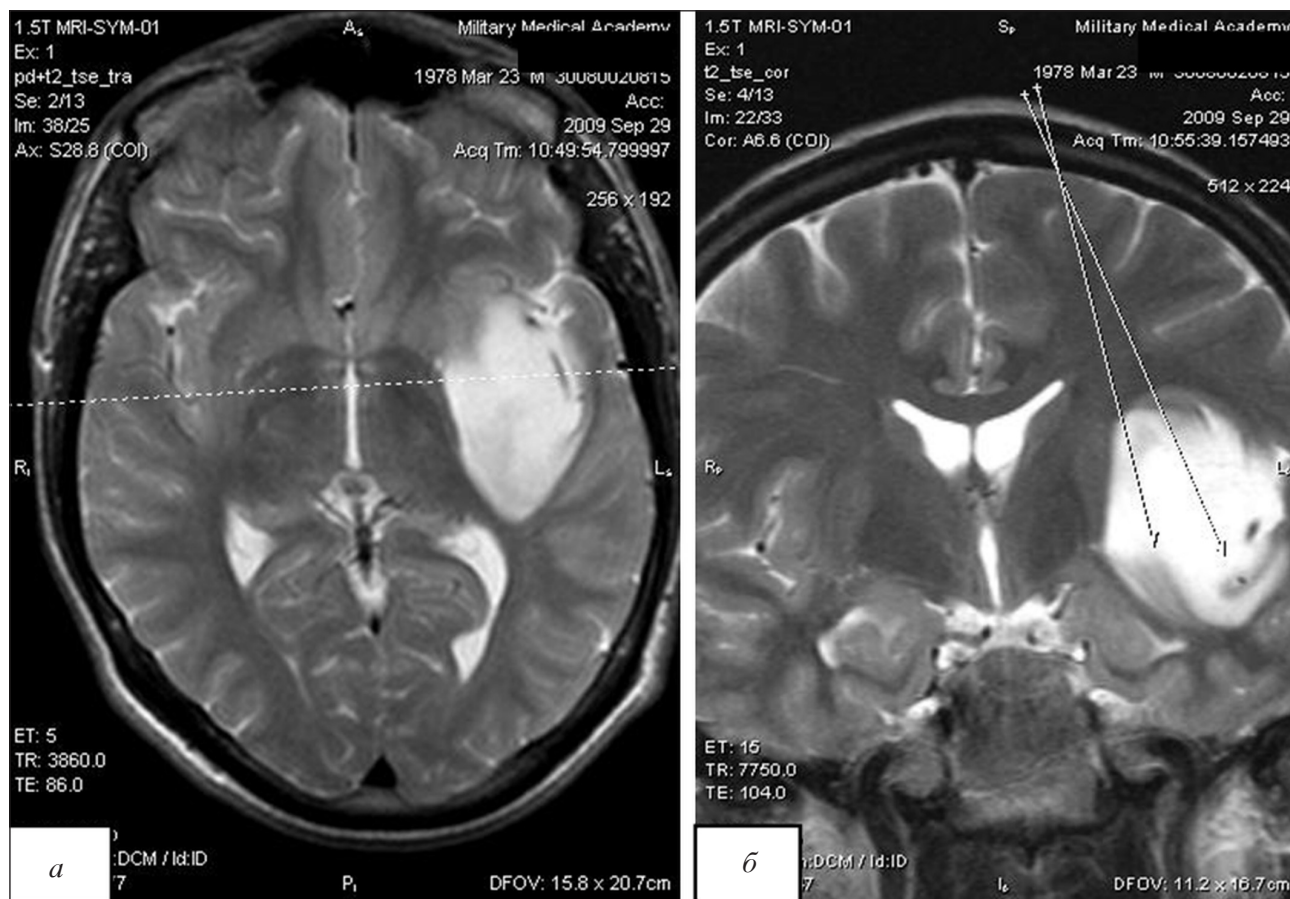


Рис. 2. Стереотаксическое наведение на опухоль островка.

а — аксиальный предлокационный МРТ-срез, пунктиром отмечено положение локализационного среза;
б — локализационный корональный срез с наметченными траекториями доступа (стрелки).

чек или пиальные складки, содержащие корковые сосуды (рис. 1).

При распространении опухоли в области островка целевые точки располагаются более латерально. В связи с этим траектории, начинающиеся в области средней лобной извилины, могут пересекать борозду между ней и нижней лобной извилиной или даже глубокие отделы латеральной борозды с проходящими в ней ветвями средней мозговой артерии. Поэтому входную точку у таких пациентов смещали медиально, в область верхней лобной извилины (рис. 2).

При опухолях медиобазальных отделов височной доли входную точку траектории располагали на гребне средней височной извилины, что обеспечивало прохождение траектории, минуя латеральную и височные борозды, содержащие сосуды (рис. 3).

У пациентов с опухолями, имеющими распространение в височной доле с прорастанием в область островка и базальных ганглиев, осуществляли многоцелевое стереотаксическое наведение через 2 фрезевых отверстия — в лобной и височной области (рис. 4).

У пациентов с опухолями постцентральных извилин, затылочной и теменной доли, а также задних отделов таламуса стереотаксический доступ осуществляли через верхнюю теменную дольку. При внутримозговых опухолях, локализующихся в прецентральной извилине, передних отделах мозолистого тела, таламуса, внутренней капсулы и ножке мозга, производили доступ через среднюю лобную извилину.

В тех случаях, когда опухоль таламуса или ножки мозга вызывала сдавление водопровода мозга и окклюзионную гидроцефалию, одновременно с биопсией опухоли выполняли стереотаксическую пункцию желудочка с последующим шунтированием. При планировании траекторий для биопсии особое внимание обращали на то, чтобы они не пересекали желудочковую систему во избежание преждевременного истечения из нее ликвора и смещения мозга во время операции (рис. 5). После выполнения стереотаксического вмешательства пациентам осуществляли контрольное томографическое исследование для визуализации результатов стереотаксических воздействий и своевременного выявления операционных осложнений.

Результаты и обсуждение. Предоперационное планирование точек доступа на гребне извилины практически во всех случаях позволило избежать предлежания корковых сосудов на поверхности мозга в зоне наложения фрезевого отверстия. По данным послеоперационной томографии, отмечена умеренная реакция мозговой ткани на прохождение стереотаксического инструмента к целевым точкам в виде перифокального отека, особенно при множественных стереотаксических траекториях (рис. 6). Внутримозговых

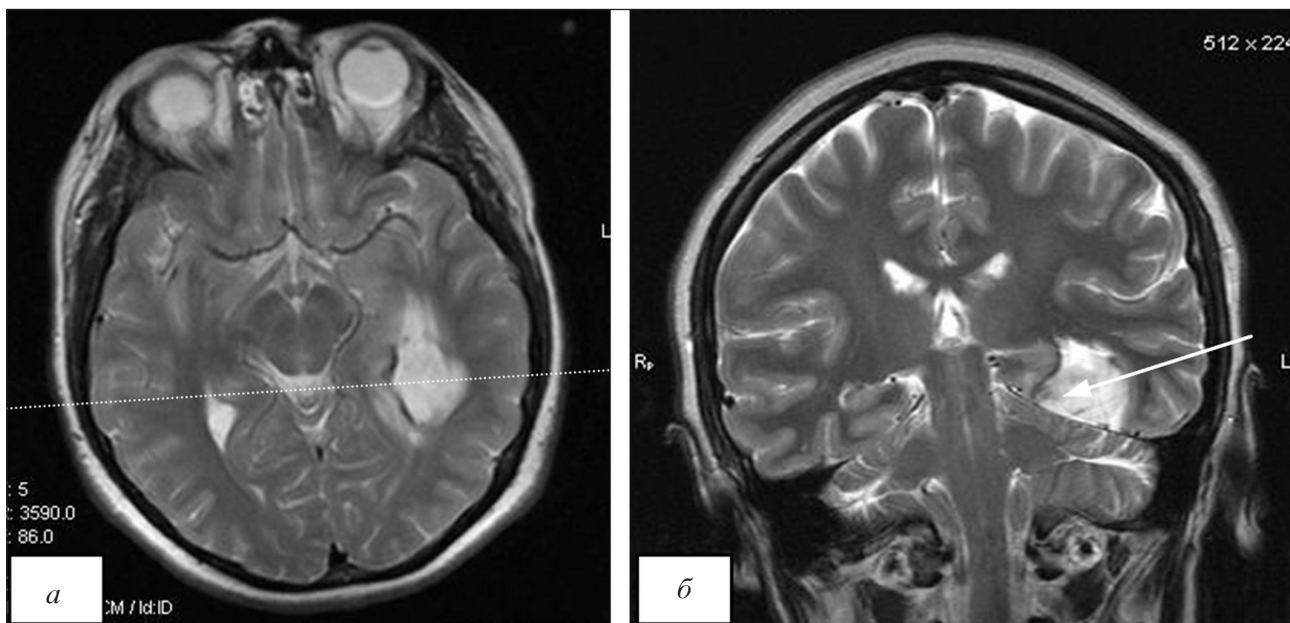


Рис. 3. Схема подготовки стереотаксического вмешательства у пациента с опухолью левой височной доли.

а — аксиальный предлокационный МРТ-срез, пунктиром обозначен уровень прохождения локализационного коронального среза;
б — корональный локализационный срез, стрелка — траектория стереотаксического доступа к опухоли через височную долю.

кровоизлияний, обладающих масс-эффектом, по ходу продвижения инструмента не выявлено ни в одном случае, в том числе у пациентов, которым

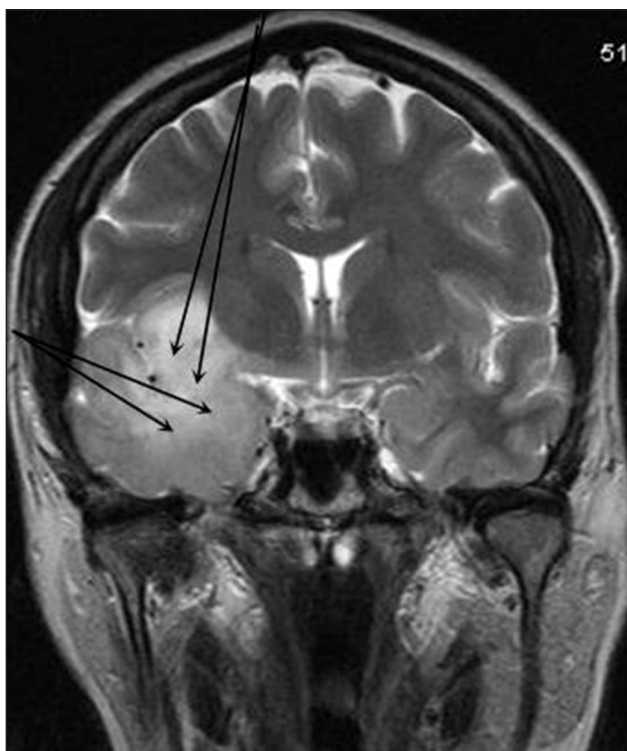


Рис. 4. Траектории стереотаксического доступа на корональном МРТ-срезе (стрелки) для многопозиционной криодеструкции опухоли височной доли и островка справа.

выполнялось введение инструмента в большое число (4–8) целевых точек.

В то же время, у 29 (33,7%) пациентов из той группы, которым выполнялась стереотаксическая криодеструкция в целевых точках, отмечено наличие небольшого количества крови по ходу трекков, что не сопровождалось клинической симптоматикой. У 2 пациентов с новообразованиями медиобазальных отделов височной доли (6,9% от больных с опухолями данной локализации) отмечено появление тошноты и рвоты в конце операции и в раннем послеоперационном периоде. На контрольных послеоперационных томограммах у этих больных выявлены признаки накопления воздуха в желудочковой системе, вызванного прохождением стереотаксической траектории через височный рог бокового желудочка. В то же время, ни в одном случае прохождение стереотаксического инструмента через желудочек не приводило к интравентрикулярному кровоизлиянию. В отдаленном послеоперационном периоде на томограммах в зоне прохождения стереотаксических траекторий выявлены участки глиоза (рис. 7). При этом у пациентов не отмечено появления дополнительной клинической симптоматики, связанной с изменениями на томограммах.

Более чем полувековой опыт стереотаксической нейрохирургии показывает, что основная часть осложнений и побочных эффектов связаны не с прохождением инструмента через мозг, а с характером производимого в целевой точке воздействия [2, 8]. Тем не менее, очевид-

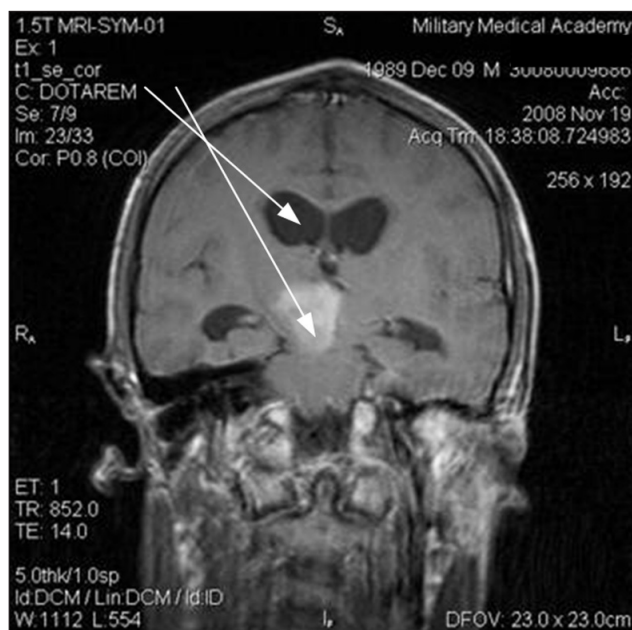


Рис. 5. МРТ-срез коронального направления с запланированными траекториями для стереотаксической биопсии опухоли правой ножки мозга (нижняя стрелка) и стереотаксической вентрикулопункции переднего рога правого бокового желудочка (верхняя стрелка).

но, что продвижение даже достаточно тонкой (1–3 мм в диаметре) стереотаксической канюли не может являться совершенно безразличным для ткани мозга, особенно при нахождении на ее пути кровеносных сосудов. При этом требование щадящего отношения к мозгу при осуществлении стереотаксического доступа приобретает особую актуальность в нейроонкологии, поскольку у таких пациентов зачастую снижен функциональный резерв восстановления неврологических выпадений, возникших вследствие оперативного вмешательства. Следует также учитывать, что при биопсии для получения репрезентативного гистологического материала необходимо прохождение стереотаксического инструмента не менее чем по 2–3 траекториям [3, 10, 11], не говоря уже о многопозиционной стереотаксической деструкции глубоко расположенных новообразований [5], когда число проходов инструмента через мозг может возрастать в большей степени, в зависимости от размеров опухоли. Таким образом, тщательное планирование безопасных траекторий доступа в стереотаксической хирургии внутримозговых опухолей имеет существенное значение для благоприятного исхода операции.

Основными принципами при выборе стереотаксической траектории являются избегание прохождения инструмента через функционально значимые участки (такие как оперкулярная, речевые зоны доминантного полушария, центральные

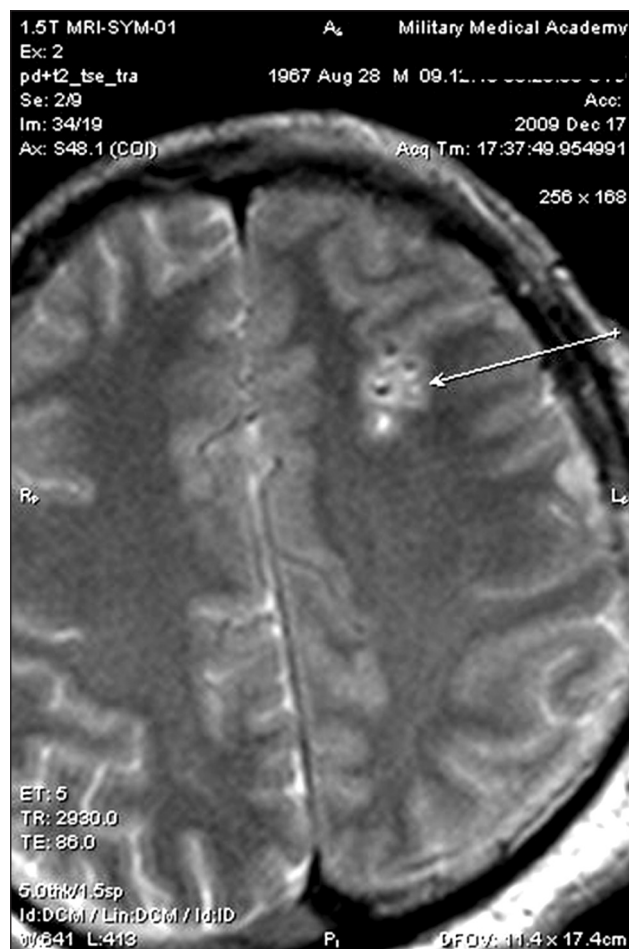
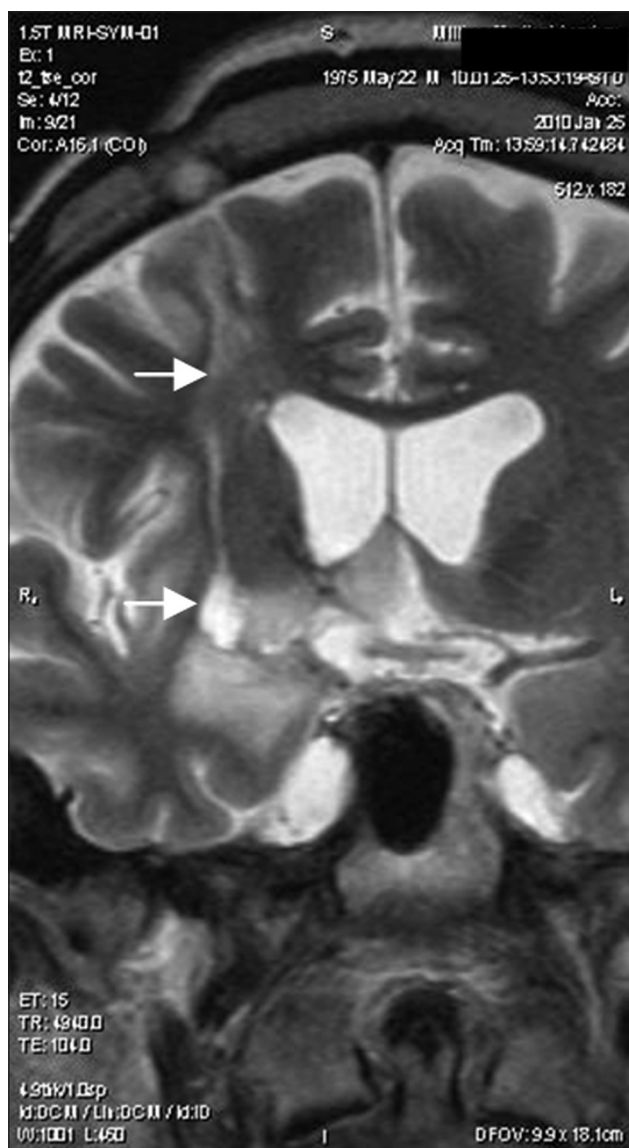


Рис. 6. Послеоперационная МРТ пациента, подвергшегося многопозиционной криодеструкции внутримозговой опухоли (аксиальный срез).

Стрелка — зона перифокального отека, окружающая пять следов от стереотаксических траекторий.

извилины и пирамидный путь), желудочковую систему и через борозды мозга (во избежание повреждения корковых кровеносных сосудов). Кроме того, имеется требование минимизации числа траекторий для снижения вероятности формирования внутримозговой гематомы вследствие повреждения паренхиматозных сосудов [7, 9, 10]. В то же время, очевидно, что в ряде случаев, учитывая разнообразную локализацию внутримозговых опухолей, доскональное следование всем упомянутым требованиям является невыполнимым. К тому же сведение числа стереотаксических траекторий к минимуму (до 1–2) далеко не всегда возможно. В нашем исследовании при подготовке операции во время стереотаксической томографии мы во всех случаях планировали прохождение траекторий вне функционально значимых зон и практически всегда избегали пересечения борозд (особенно латеральной борозды). В то же время, у пациентов с новообразованиями в области медиобазальных



*Рис. 7. МРТ пациента (корональный срез)
в отдаленном послеоперационном периоде стереотаксической криодеструкции опухоли правых лобной и височной долей.*

Нижняя стрелка указывает на послеоперационную кисту в зоне криодеструкции опухоли, верхняя — на участок глиозных изменений в зоне стереотаксического доступа.

отделов височной доли большинство траекторий неизбежно проходили через височный рог бокового желудочка. Число траекторий у всех больных определялось необходимым объемом стереотаксических воздействий в целевых зонах.

Полученные результаты свидетельствуют об оправданности примененного нами подхода при планировании стереотаксических траекторий. Прежде всего, в наших наблюдениях отсутствовали случаи паренхиматозных кровоизлияний в зонах стереотаксических доступов. Кроме того, отмечена безопасность прохождения стереотаксического

инструмента через боковые желудочки мозга в отношении интравентрикулярных кровоизлияний. По-видимому, основная причина, по которой следует избегать траекторий, пересекающих желудочковую систему, — возможность смещения структур мозга вследствие истечения ликвора, что может привести к несоответствию их настоящего положения ранее выполненным стереотаксическим расчетам [6]. В то же время, существенного снижения точности наведения у пациентов с опухолями височной доли, у которых траектория пересекала височный рог бокового желудочка, в нашем исследовании не выявлено. Общемозговая симптоматика, вызванная развившейся при этом у двоих пациентов пневмоцефалией, была купирована симптоматическими средствами.

Возможность тканевой реакции в виде глиозных изменений в области прохождения траекторий свидетельствует о необходимости первоочередного соблюдения принципа избегания функционально значимых зон мозга при планировании стереотаксических доступов, с целью предотвращения неврологических выпадений или формирования эпилептических очагов в отдаленные сроки после операции, особенно при большом количестве целевых точек.

Визуализация стереотаксических траекторий на всем протяжении позволила нам планировать наиболее подходящие, с точки зрения безопасности, траектории доступа, при этом не возникало необходимости в использовании дорогостоящих специализированных программ для стереотаксического планирования. Стереотаксическая МРТ обладает высокой степенью информативности при получении изображений мозга и обеспечивает достаточную точность стереотаксического наведения, что позволяет считать ее наиболее подходящим методом нейровизуализации для предоперационного планирования многоцелевых стереотаксических операций у пациентов с внутримозговыми опухолями. Кроме того, следует отметить достоинства используемой нами системы «ПОАНИК» [1], которая благодаря большому количеству степеней свободы стереотаксического манипулятора позволяет реализовать практически любые стереотаксические траектории доступа к внутримозговым мишеням, превосходя в этом отношении многие известные аналоги.

Выводы. 1. Предоперационное планирование стереотаксических траекторий является обязательным и существенным этапом расчетной подготовки стереотаксических операций у пациентов с внутримозговыми опухолями.

2. Достаточно большое число (до 8) стереотаксических траекторий при проведении биопсии или

многопозиционных деструкций внутримозговых опухолей может быть осуществлено без увеличения риска паренхиматозных кровоизлияний в зоне доступа. При этом существенным является условие избегания прохождения траекторий через функционально значимые участки, борозды мозга и видимые на томограммах сосуды.

3. Прохождение траекторий доступа через желудочковую систему является нежелательным, но, в то же время, допустимым при невозможности (или опасности) альтернативных траекторий. Риск внутрижелудочковых кровоизлияний при использовании трансвентрикулярных траекторий незначителен.

4. Проведение предоперационной стереотаксической МРТ с использованием метода «локализационных маршрутов» обеспечивает удобное и точное планирование безопасных стереотаксических траекторий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аничков А.Д., Полонский Ю.З., Низковолос В.Б. Стереотаксические системы. — СПб.: Наука, 2006. — 142 с.
2. Кандель Э.И. Функциональная и стереотаксическая нейрохирургия. — М.: Медицина, 1981. — 367 с.
3. Парфенов В.Е., Мартынов Б.В., Холявин А.И. Выбор целевой точки для стереотаксической биопсии внутримозговых опухолей // III съезд нейрохирургов Украины: Материалы съезда 23–25 сентября 2003 г. — Киев, 2003. — С. 98–99.
4. Полонский Ю.З., Холявин А.И., Мартынов Б.В. и др. Безрамная расчетная магнитно-резонансная томография со стереотаксическими манипуляторами класса «Ореол» // Вестн. ВМедА. — 2009. — № 4. — С. 71–78.
5. Холявин А.И., Мартынов Б.В., Низковолос В.Б. и др. Предоперационное планирование стереотаксических криодеструкций опухолей головного мозга // Нейрохирургия. — 2009. — № 1. — С. 49–53.
6. Elias W.J., Fu K., Frysinger R. Cortical and subcortical brain shift during stereotactic procedures // J. Neurosurg. — 2007. — Vol. 107, № 5. — P. 983–988.
7. Elias W.J., Sansur C.A., Frysinger R.C. Sulcal and ventricular trajectories in stereotactic surgery // J. Neurosurg. — 2009. — Vol. 110, № 2. — P. 201–207.
8. Field M., Witham T.F., Flickinger J.C. et al. Comprehensive assessment of hemorrhage risks and outcomes after stereotactic brain biopsy // J. Neurosurg. — 2001. — Vol. 94, № 4. — P. 545–551.
9. Gorgulho A., De Salles A.A., Frighetto L. et al. Incidence of hemorrhage associated with electrophysiological studies performed using macroelectrodes and microelectrodes in functional neurosurgery // J. Neurosurg. — 2005. — Vol. 102, № 5. — P. 888–896.
10. Hall A.W. The safety and efficacy of stereotactic biopsy for intracranial lesions // Cancer. — 1998. — Vol. 82. — P. 1749–1755.
11. Jain D., Sharma M.C., Sarkar C. et al. Correlation of diagnostic yield of stereotactic brain biopsy with number of biopsy bits and site of the lesion // Brain Tumor Pathol. — 2006. — Vol. 23, № 2. — P. 71–75.
12. Kim J.—H., Gildenberg P.L. Stereotactic Biopsy // Textbook of stereotactic and functional neurosurgery / ed. by P.L.Gildenberg., R.R.Tasker. — New-York: McGraw- Hill, 1998. — P. 387–396.

Поступила в редакцию 10.11.2010 г.

A.I.Kholyavin, B.V.Martynov, V.A.Fokin, D.V.Svistov

CHOICE OF APPROACH TRAJECTORIES IN STEREOTAXIC SURGERY IN PATIENTS WITH INTRACEREBRAL TUMORS

An analysis of factors was made which influence the choice of approach trajectories in preoperative planning the diagnostic and medical stereotaxic interventions in patients with intracerebral tumors. Stereotaxic operations were planned and fulfilled on 124 patients with glial tumors of different supratentorial localizations. In planning trajectories with using MRI the passage of stereotaxic cannula through the pial folds and functionally significant zones of the brain were avoided. At the postoperative period no parenchymatous hemorrhages were noted in the approach zone, even with great number of trajectories. It was also noted that in passing the stereotaxic instrument through the lateral ventricles of the brain the risk of complications was minimal.