

В.Д. Розуменко

ГУ «Институт нейрохирургии
им. акад. А.П. Ромоданова
НАМН Украины», Киев,
Украина

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ХИРУРГИИ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Ключевые слова:

нейроонкология, опухоли
головного мозга, прогрессивные
технологии.

Резюме. Проведен анализ данных литературы по проблеме хирургической нейроонкологии. Рассмотрены современные возможности хирургического лечения пациентов с опухолями головного мозга во взаимосвязи с научно-техническим прогрессом.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема лечения больных с опухолями головного мозга (ОГМ) является актуальной и в обозримом будущем далекой от окончательного решения. Вместе с тем заболеваемость ОГМ как первичными, так и метастатическими имеет тенденцию к неуклонному росту. Особенно это характерно для экономически развитых стран, где показатели заболеваемости опухолями центральной нервной системы достоверно выше, чем в странах со средним и низким уровнем жизни. Рост заболеваемости первичными ОГМ связан с ухудшением экологической обстановки и влиянием негативных факторов внешней среды. Определенную роль в объективном росте заболеваемости ОГМ играет такой положительный социальный фактор как увеличение средней продолжительности жизни населения (у людей старших возрастных групп вероятность возникновения ОГМ увеличивается). Рост показателей метастазирования злокачественных опухолей в головной мозг (ГМ) связан с ростом онкозаболеваемости в целом. Положительной стороной научно-технического прогресса является разработка высокоинформативных визуализационных методов исследования, их клиническое внедрение и доступность, что расширило возможности выявления ОГМ, но привело также и к увеличению показателей заболеваемости.

ОПУХОЛИ ГОЛОВНОГО МОЗГА: РЕАЛИИ СОВРЕМЕННОЙ ХИРУРГИИ

Современные методы диагностики позволяют не только выявить на ранних стадиях развития опухолевое поражение мозга, но и определить комплекс мероприятий, обеспечивающих эффективность лечения, увеличение продолжительности и качество жизни. По результатам компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), включая МР-трактографию, МР-ангиографию, МР-перфузию, МР-диффузию, МР-спектроскопию, функциональную МРТ; позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ); однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) представляется возможным получить диагностическую информацию, всесторонне характеризующую опухоль. А именно: уточнить локализацию и размеры опухоли, получить представление о гистоструктуре

(требуется обязательное морфологическое подтверждение), характере роста, особенностях внутриполушарного распространения и топографических взаимоотношениях с окружающими мозговыми структурами; определить степень поражения смежных мозговых структур и других анатомических интракраниальных образований; выявить источники; кровоснабжения и интенсивность васкуляризации опухоли, ее денситометрические характеристики, характер перифокальных реакций; степень смещения срединных структур и наличие признаков вклинения; а также наличие или отсутствие кистозного компонента, зон некрозообразования, признаков кровоизлияния в паренхиму опухоли; установить уровень окклюзии ликворных путей при гипертензионно-гидроцефальном синдроме. Полученная информация подлежит критическому анализу для последующего планирования хирургического вмешательства, рационального интраоперационного использования технических средств его проведения, мониторингового контроля и сравнения дооперационных и послеоперационных данных.

Проведение хирургического вмешательства при ОГМ предусматривает максимально возможное удаление опухолевой ткани в пределах функционально обоснованных границ с обеспечением фактора эффективной внутренней декомпрессии, получение материала для исследования и гистологической верификации опухоли, обеспечение резерва времени и оптимальных условий для последующего комплекса планируемых лечебных мероприятий (лучевая терапия, химиотерапия, иммунотерапия).

Основные стандартные требования к проведению хирургического вмешательства при ОГМ включают как обязательные условия применение современных хирургических технологий, обеспечение безопасности операции, соблюдение принципа минимизации хирургической травмы, что достигается высокой точностью инструментальных манипуляций с максимальным сохранением смежных мозговых структур, артериальных сосудов и венозных коллекторов. Высокая степень эффективности хирургического вмешательства может быть достигнута при условии улучшения предоперационной идентификации структур объекта планируемого оперативного вмешательства, использовании щадящих ограниченных хирургиче-

ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ

ских доступов, высокой точности выхода к очагу поражения с использованием совершенных технических средств проведения операции. Таким образом обеспечивается возможность предупреждения развития или усугубления неврологического дефицита и улучшения качества жизни больных.

Важную роль в реализации этих принципов играет состояние нейрохирургической операционной, уровень ее технического обеспечения. Современная хирургия ОГМ — это сочетание искусства и науки, это прогрессивные технологии, позволяющие проявить профессионализм и расширяющие возможности интеллектуальной составляющей деятельности нейрохирурга. Нейрохирург с передовыми взглядами должен занимать активную позицию в создании внутриоперационной технической среды НИ-ТЕСН-уровня [4, 5]. Внедрение в клиническую нейроонкологию прогрессивных хирургических технологий коренным образом изменило представления о хирургической доступности опухоли, а также современных возможностях проведения операций повышенной радикальности при опухолях, поражающих функционально значимые и жизненно важные структуры мозга.

Одним из ведущих технических средств современной нейрохирургии, обеспечивающих повышение эффективности оперативных вмешательств по удалению ОГМ, является система хирургической нейронавигации (Medtronic, BrainLab, Stryker, Radionics). В нейронавигационном обеспечении операции используется метод мультимодальной навигации с интеграцией данных КТ, МРТ, функциональной МРТ, МР-трактографии, МР-ангиографии (артерио- и венографии), а также ОФЭКТ [13, 15, 27]. С применением нейронавигации проводится планирование операции, определяется оптимальный хирургический доступ и траектория хирургического действия, осуществляется виртуальное интраоперационное ориентирование в трехмерном пространстве, созданном на основе интегрированных мультимодальных данных нейровизуализационных исследований, что позволяет проводить контролируемую резекцию опухоли в пределах безопасных границ с видеорегистрацией виртуальных изображений и истинного операционного поля в режиме реального времени [18, 27, 30].

Стандартом проведения операций на ГМ является применение увеличительной оптики. Современные операционные микроскопы (ZEISS, Leika) позволяют проводить интраоперационную ангиографию и флуоресцентную диагностику внутримозговых инфильтративно-растущих злокачественных опухолей, воспроизводить в окулярах микроскопа методом наслоения кадров изображения, полученных по результатам КТ и МРТ, имеют систему адаптации с нейронавигационной станцией [26, 28, 29].

Передовые позиции в клинической нейроонкологии занимают лазерные методы хирургического лечения при ОГМ [1, 7, 8, 11, 17, 22, 24]. В качестве

источника высокоэнергетического лазерного излучения при удалении ОГМ с высокой степенью эффективности используются углекислотный, АИГ-неодимовый, АИГ-гольмиевый и диодные лазеры. Преимуществами применения метода лазерной термодеструкции при удалении ОГМ является высокая степень точности и строгая локальность целенаправленного воздействия лазерным излучением на облучаемую биологическую ткань вне зависимости от глубины хирургического доступа, бесконтактный характер процесса лазерного разрушения опухоли, отсутствие фактора механического травмирующего воздействия на смежные мозговые ткани, церебральные сосуды, черепные нервы, что в значительной степени снижает риск хирургического вмешательства и позволяет избежать возникновения послеоперационного неврологического дефицита. Применение метода лазерной термодеструкции при ОГМ позволяет разрушить «живые» участки опухолевой ткани, распространяющиеся в функционально значимые и жизненно важные структуры мозга, тесно связанные с магистральными артериальными сосудами и венозными коллекторами, черепными нервами. Воздействие дефокусированного лазерного излучения на опухолевую ткань приводит к ее коагуляции и деваскуляризации, обеспечивая тщательный гемостаз и предупреждая возникновение отсроченного кровотечения в послеоперационный период. Лазерный луч не перекрывает операционное поле и не препятствует проведению в процессе удаления опухоли непрерывного интраоперационного телемониторинга и видеорегистрации, в результате чего удаление опухоли выполняется под постоянным контролем [22, 23].

Новым актуальным направлением в совершенствовании лазерных методов удаления ОГМ является разработанная в Институте нейрохирургии им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины технология лазерной термодеструкции опухолевой ткани в условиях интраоперационного навигационного сопровождения [2]. Лазерная термодеструкция ОГМ проводится с использованием полупроводникового хирургического лазерного аппарата «Лица-хирург», генерирующего излучение длиной волны 0,808 мкм с выходной мощностью до 30 Вт [1]. Разработанная система интраоперационного видеомониторинга позволяет одновременно выводить на экран монитора нейронавигационной станции, анализировать и сопоставлять виртуальные 3D-изображения результатов дооперационных нейровизуализационных исследований и изображения операционного поля и зоны лазерного воздействия в режиме реального времени [2].

С целью интраоперационной верификации степени радикальности хирургического вмешательства и определения объема удаленной опухоли используются мобильные магнитно-резонансный (PoleStar, США) и компьютерный (CereTom, США) томографы [16, 19]. Применяемая в интраоперационном магнитно-резонансном томографе инновационная технология позволяет использовать его со-

вместно с хирургической навигацией. Результаты интраоперационной МР-визуализации могут быть в автоматическом режиме интегрированы в систему навигационной станции, что позволяет вносить коррекцию в запланированное навигационное сопровождение процесса удаления опухоли.

Инновационным методом лучевого воздействия на неудаленные участки внутримозговых злокачественных опухолей является интраоперационное использование рентгенотерапевтической системы INTRABEAM. Облучение опухолевой ткани проводится непосредственно в операционной на открытом операционном поле с помощью введенного в полость удаленной опухоли аппликатора, в центре которого расположен источник рентгеновских лучей. Система INTRABEAM обеспечивает прицельное высокодозное лучевое воздействие на ложе опухоли, при этом облучению не подвергаются окружающие мозговые структуры [10, 14].

Мини-инвазивные хирургические вмешательства при ОГМ проводятся с применением стереотаксической и эндоскопической техники. Стереотаксия используется для биопсии опухолевой ткани, аспирации кистозного компонента опухоли (аспирации кистозного содержимого), проведения интратенториальной лазерной термотерапии, брахитерапии, локальной химиотерапии.

Значительно более широкие возможности присущи эндоскопическим технологиям. Эндоскопическая техника при интракраниальных операциях используется в двух вариантах интраоперационного применения: как инструмент для непосредственно мини-инвазивной хирургии и как ассистирующий хирургический инструмент. При эндоскопических операциях активно используется высокоэнергетическое лазерное излучение, которое транспортируется к цели воздействия с помощью волоконного световода, введенного в один из каналов эндоскопа [6, 12]. Современные эндоскопические системы используются в комбинации с нейронавигационными станциями, что обеспечивает высокую точность мини-инвазивного вмешательства [3, 6, 9, 20, 25]. Разрабатывается методология предоперационной виртуальной симуляции эндоскопического хирургического вмешательства [9]. Создана роботизированная система для проведения с помощью навигации прецизионных эндоскопических операций при гидроцефалии [31]. С применением нейроэндоскопической техники проводят вентрикулоперитонеальное шунтирование, вентрикулостомию III желудочка, септостомию прозрачной перегородки, акведуктопластику, удаление внутрижелудочковых опухолей, удаление субкортикальных опухолей, трансфеноидальную хирургию опухолей гипофиза, удаление внутрижелудочковых гематом, удаление хронических субдуральных гематом, а также такие диагностические процедуры, как вентрикулоскопия, цистерноскопия, биопсию «очага поражения» при внутрижелудочковой, внутрицистеральной, внутрикистозной и внутримозговой локализации [21, 25, 31].

Альтернативой хирургическому удалению ОГМ является технология радиохирургического лечения. Безопасность и высокая эффективность метода подтверждена многочисленными клиническими исследованиями. Радиохирургическому лечению доступны «узловые» опухоли, диаметр которых не превышает 3 см. Преимуществом метода радиохирургии является возможность его клинического применения при многоочаговом опухолевом поражении ГМ. Наиболее эффективным является проведение радиохирургии при менингиомах, невриномах, метастазах рака и меланомы. Радиохирургические вмешательства проводятся с применением системы «гамма-нож» и линейных ускорителей, наиболее технически совершенным представителем которых является «кибер-нож».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение в современной нейроонкологии прогрессивных технологий предполагает повышение эффективности хирургического лечения и обеспечение высокого послеоперационного качества жизни больных с ОГМ. Рассматривая перспективные направления хирургического лечения больных с ОГМ, следует учитывать, что нейроонкология является одной из составляющих глобального макромира медицины и развивается в тесной связи с социальными преобразованиями в обществе и научно-техническим прогрессом, происходящим во всемирном масштабе. Стабильность национальной экономики, бюджетное финансирование медицины порядка 8% ВВП, привлечение инвестиций в медицинскую отрасль, проведение научных исследований по актуальным направлениям нейрохирургии, активное внедрение инновационных технологий позволят обеспечить успех хирургической нейроонкологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Розуменко ВД.** Лазерная хирургия опухолей головного мозга. Фотобиол фотомед 2010; 3 (4): 16–21.
2. **Розуменко ВД.** Лазерная термодеструкция опухолей головного мозга с применением мультимодальной нейронавигации. Фотобиол фотомед 2011; (1): 14–9.
3. **Alberti O, Riegel T, Hellwig D.** Frameless navigation and endoscopy. J Neurosurg 2001; 95 (3): 541–3.
4. **Apuzzo MLJ.** Modernity and the emerging futurism in neurosurgery. J Clin Neurosci 2000; 7 (2): 85–7.
5. **Apuzzo MLJ.** New dimensions of neurosurgery in the realm of high technology: possibilities, practicalities, realities. Neurosurg 1996; 38 (4): 625–39.
6. **Beijnum J, Hanlo PW, Sen Han K, et al.** Navigated laser-assisted endoscopic fenestration of a suprasellar arachnoid cyst in a 2-year-old child with bobble-head doll syndrome. J Neurosurg 2006; 104 (5 Suppl. Pediatrics): 348–51.
7. **Böhringer HJ, Lankenau E, Stellmacher F, et al.** Imaging of human brain tumor tissue by near-infrared laser coherence tomography. Acta Neurochir 2009; 151 (5): 507–17.
8. **Carpentier A, McNichols RJ, Stafford RJ, et al.** Real-time magnetic resonance-guided laser thermal therapy for focal metastatic brain tumors. Neurosurg 2008; 63 (1): 21–8.
9. **Coelho G, Kondageski C, Vas-Guimarães FF, et al.** Frameless image-guided neuroendoscopy training in real simulators. Minim Invasiv Neurosurg 2011; 54 (3): 115–118.

10. Eaton DJ, Gonzalez R, Duck S, Keshtgar M. Radiation protection for an intra-operative X-ray device. *Br J Radiol* 2011; **84** (1007): 1034–9.
11. Goetz MH, Fischer SK, Velten A, *et al.* Computer-guided laser probe for ablation of brain tumours with ultrashort laser pulses. *Phys Med Biol* 1999; **44** (6): 119–27.
12. Gomes Pinto FC, Chavantes MC, Fonoff ET, Teixeira MJ. Treatment of colloid cysts of the third ventricle through neuroendoscopic Nd: YAG laser stereotaxis. *Arq Neuropsiquiatr* 2009; **67** (4): 1082–7.
13. González-Darder JM, González-López P, Talamantes F, *et al.* Multimodal navigation in the functional microsurgical resection of intrinsic brain tumors located in eloquent motor areas: role of tractography. *Neurosurg Focus* 2010; **28** (2): 1–10.
14. Herskind C, Griebel J, Kraus-Tiefenbacher U, Wenz F. Sphere of equivalence — a novel target volume concept for intra-operative radiotherapy using low-energy X rays. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008; **72** (5): 1575–1581.
15. Jannin P, Morandi X, Fleig O J, *et al.* Integration of sulcal and functional information for multimodal neuronavigation. *J Neurosurg* 2002; **96**: 713–23.
16. Kanner A, Vogelbaum M, Mayberg M, *et al.* Intracranial navigation by using low-field intraoperative magnetic resonance imaging: preliminary experience. *J Neurosurg* 2002; **97**: 1115–24.
17. Killory BD, Chang SW, Wait SD, Spetzler RF. Use of flexible hollow-core CO₂ Laser in microsurgical resection of CNS lesions: early surgical experience. *Neurosurg* 2010; **66** (6): 1187–92.
18. Litofsky NS, Bauer AM, Sullivan CM, *et al.* Image-guided resection of high-grade glioma. *Neurosurg Focus* 2006; **20** (3): 1–6.
19. Maldjian JA, Schulder M, Liu WC, *et al.* Intraoperative functional MRI using a real-time neurosurgical navigation system. *J Computer Assisted Tomography* 1997; **21** (6): 910–12.
20. Matula C, Koos WTh, Roessler K, *et al.* Case study: Cerebral biopsy using neuroendoscopy with CT-guided navigation. *Medicamundi* 1998; **42** (1): 49–53.
21. Prat R, Galeano I. Endoscopic biopsy of foramen of Monro and third ventricle lesions guided by frameless neuronavigation: usefulness and limitations. *Clin Neurol Neurosurg* 2009; **111** (7): 579–82.
22. Ryan RW, Wolf T, Spetzler RF, *et al.* Application of a flexible CO₂ laser fiber for neurosurgery: laser-tissue interactions. *J Neurosurg* 2010; **112**: 434–43.
23. Schwartz JA, Shetty AM, Price RE, *et al.* Feasibility study of particle-assisted laser ablation of brain tumors in orthotopic canine model. *Cancer Res* 2009; **69** (4): 1659–67.
24. Schwarzmaier HJ, Yaroslavsky IV, Yaroslavsky AN, *et al.* Treatment planning for MRI-guided laser-induced interstitial ther-

motherapy of brain tumors — the role of blood perfusion. *J Magn Reson Imaging* 1998; **8** (1): 121–127.

25. Song JH, Kong DS, Seol HJ, Shin HJ. Transventricular biopsy of brain tumor without hydrocephalus using neuroendoscopy with navigation. *J Korean Neurosurg Soc* 2010; **47**: 415–9.

26. Stummer W, Reulen HJ, Novotny A, *et al.* Fluorescence-guided resections of malignant gliomas. *Acta Neurochir* 2003; **88**: 9–12.

27. Tanaka Y, Dashinariai T, Mose TY, *et al.* Glioma surgery using a multimodal navigation system with integrated metabolic images. *J Neurosurg* 2009; **110**: 163–72.

28. Utsuki S, Miyoshi N, Oka H, *et al.* Fluorescence-guided resection of metastatic brain tumors using a 5-aminolevulinic acid-induced protoporphyrin IX: pathological study. *Brain Tumor Pathol* 2007; **24**: 53–5.

29. Valdés PA, Leblond F, Kim A, *et al.* Quantitative fluorescence in intracranial tumor: implications for ALA-induced PpIX as an intraoperative biomarker. *J Neurosurg* 2011; **115** (1): 11–7.

30. Wadley J, Dorward N, Kitchen N, Thomas D. Pre-operative planning and intra-operative guidance in modern neurosurgery: a review of 300 cases. *Ann R Coll Surg Engl* 1999; **81**: 217–25.

31. Zimmerman M, Krishnann R, Raabe A, Seifert V. Robot-assisted navigated endoscopic ventriculostomy: implementation of a new technology and first clinical results. *Acta Neurochir* 2004; **146** (7): 697–704.

ADVANCED TECHNOLOGIES IN SURGERY OF BRAIN TUMORS

V.D. Rozumenko

Summary. *The analysis of published data on the problem of surgical neuro-oncology was performed. The modern possibilities of surgical treatment of brain tumors in relation to scientific and technical progress were considered.*

Key Words: neuro-oncology, brain tumors, advanced technologies.

Адрес для переписки:

Розуменко В.Д.

04050, Киев, ул. Платона Майбороды, 32

ГУ «Институт нейрохирургии

им. акад. А.П. Ромоданова НАМН Украины»