

## ЛАЗЕРНАЯ ТЕРМОДЕСТРУКЦИЯ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА С ПРИМЕНЕНИЕМ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ НЕЙРОНАВИГАЦИИ

Розуменко В.Д.

Институт нейрохирургии имени акад. А.П.Ромоданова НАМН Украины,  
ул. Платона Майбороды, 32, г. Киев, 04050 Украина,  
тел./факс: +38(044)483-92-19, e-mail:rozumenko.neuro@gmail.com

*В статье приведены результаты сочетанного применения прогрессивных лазерных и навигационных технологий в хирургии опухолей полушарий большого мозга. Рассматриваются вопросы навигационного планирования лазерно-хирургического вмешательства и интраоперационного навигационного сопровождения метода лазерной термодеструкции опухолей мозга.*

**Ключевые слова:** опухоли головного мозга, лазерная термодеструкция, нейронавигация.

### Введение

Лазерные методы хирургического лечения опухолей головного мозга (ОГМ) по праву занимают передовые позиции в клинической нейроонкологии [1, 7, 8, 16, 33, 34, 35, 37]. Интраоперационное применение высокоэнергетического лазерного излучения обеспечивает прецизионность хирургических манипуляций, дозированное деструктивное воздействие на опухолевую ткань, анатомическую и функциональную сохранность граничащих с удаляемой опухолью мозговых структур, магистральных артерий, венозных коллекторов. Проведенными ранее морфологическими исследованиями опухолевой ткани, подвергнутой воздействию высокоэнергетического ЛИ, установлено, что в очаге лазерной термодеструкции происходят необратимые структурные изменения опухолевых клеток, подтверждающие эффект опухолевой циторедукции [4, 9, 28, 32, 38, 41].

Новым актуальным направлением совершенствования лазерных методов удаления опухолей головного мозга является разработка технологии лазерной термодеструкции опухолевой ткани с интраоперационным навигационным сопровождением [5, 6, 14, 15].

### Материалы и методы

По разработанной технологии лазерной термодеструкции с использованием системы мультимодальной нейронавигации выполнено 74 операции по удалению внутримозговых и внемозговых внутричерепных опухолей функционально значимых и жизненно важных отделов полушарий большого мозга. По результатам гистологического исследова-

ния интраоперационного биопсического материала глиомы I и II степени анаплазии диагностированы у 18 больных, анапластические глиомы III степени анаплазии – у 21, глиобластомы IV степени анаплазии – у 21, метастатические раковые опухоли – у 8, менингиомы – у 2 пациентов. Кроме того, 4 наблюдения составляют единичные случаи эпендимомы, лимфомы, каверномы и липомы. Лазерную термодеструкцию опухолей проводили с использованием полупроводникового хирургического лазерного аппарата «Лика-хирург» (длина волны лазерного излучения 0,808 мкм, выходная мощность до 30 Вт) [8, 16, 26].

Планирование операции, выбор адекватного хирургического доступа, определение зон лазерного облучения опухоли, интраоперационный контроль процесса лазерной термодеструкции и др. лазерно-хирургических манипуляций проводили с применением нейронавигационной системы StealthStation TREON Plus (Medtronic, США). В нейронавигационном обеспечении операции использовали метод мультимодальной навигации с интеграцией данных компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), функциональной МРТ, магнитно-резонансной трактографии, магнитно-резонансной ангиографии (артериографии и венографии), а также однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) [10, 12, 13, 14, 15]. Разработанная система интраоперационного видеомониторинга позволяет одновременно выводить на экран монитора нейронавигационной станции, анализировать и сопоставлять виртуальные 3D изображения результатов дооперационных нейровизуализационных исследований, операционного поля

и зоны лазерного воздействия в режиме реального времени [12, 17].

### Результаты

Удаление опухолей головного мозга с применением лазерного излучения основано на использовании эффектов лазерного рассеяния, лазерной vaporизации, лазерной коагуляции и лазерной термодеструкции биологических тканей [1, 18, 19, 20, 27, 31, 36]. Особого внимания заслуживает применение метода лазерной термодеструкции при удалении участков опухолевой ткани, располагающихся или распространяющихся в функционально значимые зоны мозга и медианные жизненно важные структуры, т. е. при поражении так называемых «критических» областей мозга [11, 21, 22, 23, 25].

С применением метода мультимодальной навигации, используя данные МРТ и КТ, осуществляли пространственное моделирование и определяли анатомо-топографическое соотношение опухоли и окружающих мозговых структур, магистральных артерий, венозных коллекторов, желудочковой системы мозга. С помощью навигационной станции проводили построение объемного топографического рельефа поверхности полушарий большого мозга, мозговых извилин и борозд, стереотаксические расчеты траектории и границ оптимального транскортикального хирургического доступа к опухоли, контурирование и сегментацию опухоли, выбор «объекта» для лазерного облучения (рис. 1).

Вопрос о резектабельности опухоли решали при дооперационном планировании этапов хирургического вмешательства. При нейронавигационном планировании операции, определении «мишени» для лазерного воздействия и оптимизации траектории последнего данные КТ, МРТ T1 и T2-режимах, функциональной МРТ, магнитно-резонансной томографии, магнитно-резонансной ангиографии, ОФЭКТ совмещали и выводили на экран монитора станции в виде комбинированного изображения в различных сочетаниях с целью выявления гиперваскуляризированных и «живых» участков опухоли, зон функциональной активности мозга, топографии расположения магистральных сосудов и источников кровоснабжения опухоли [24]. При хирургическом удалении опухоли, используя лазерную термодеструкцию под контролем нейронавигации, проводили целенаправленное лазерное деструктивное воздействие на участки опухолевой ткани, распространяющиеся в «критические» функционально значимые рече-двигательные зоны и жизненно важные медианные структуры полушарий большо-

го мозга, а также селективную (основанную на использовании контрастирующих агентов) лазерную термодеструкцию гиперваскуляризированных опухолей, зон опухолевой инфильтрации стенок ложа удаленной опухоли [6, 18, 25, 39, 40]. Учитывая необратимый характер деструктивных изменений, происходящих в опухолевой ткани и клетках под воздействием высокоэнергетического лазерного излучения, интраоперационное применение лазерной термодеструкции исключает необходимость хирургического удаления облученных фрагментов опухолевой ткани в области функционально значимых зон и жизненно важных срединных образований мозга; таким образом обеспечивается функциональная сохранность последних. Планируемый объем лазерно-хирургического разрушения опухоли подвергали окончательной коррекции интраоперационно, сопоставляя данные виртуальных мультимодальных пространственных изображений и объективной телеинформации из зоны лазерного воздействия, непрерывно получаемой в режиме реального времени (рис. 2). Деструктивный эффект воздействия лазерного излучения на опухолевую ткань был подтвержден результатами проведенных в динамике после операции магнито-резонансной томографии, рентгеновской компьютерной томографии и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии.

### Обсуждение

Лазерно-хирургические и навигационные технологии обеспечивают качественно новый, высокоэффективный уровень хирургического лечения опухолей головного мозга. С внедрением в хирургическую нейроонкологию прогрессивных технологий изменились укоренившиеся представления о хирургической доступности опухоли, возможностях проведения операций повышенной радикальности при опухолях функционально значимых и жизненно важных структур мозга, снизилась степень интраоперационного риска травматизации окружающих опухоль мозговых структур, магистральных артерий и крупных венозных коллекторов [8, 12].

В современной нейроонкологии, наряду с углекислотным, АИГ-неодимовым, АИГ-гольмиевым лазерами, в качестве источника высокоэнергетического лазерного излучения применяются полупроводниковые лазеры, которые по своим техническим характеристикам приемлемы для проведения внутричерепных нейрохирургических операций и отличаются компактностью, мобильностью, экономичностью и безопасностью эксплуатации.

Институт нейрохирургии АМН Украины располагает многолетним опытом хирургического лечения опухолей головного мозга с использованием углекислотного лазерного аппарата «Саяны МТ» (длина волны лазерного излучения 10,6 мкм, максимальная мощность 60 Вт); АИГ-неодимового лазерного аппарата «Радуга-1» (1,06 мкм, 50 Вт) и АИГ-гольмиевого лазера COHERENT Versa Pulse Select (2,1 мкм, 45 Вт). В настоящее время при удалении опухолей головного мозга мы применяем полупроводниковый хирургический лазерный аппарат «Лика-хирург» (0,808 мкм, 30 Вт). Аппарат удобен в использовании, обеспечивает ступенчатую регулировку мощности высокоинтенсивного лазерного излучения, установку и контроль времени воздействия, модуляцию излучения, подсчет дозы энергии; оснащен пилот-лазером и волоконным световодом с оптическим коллиматором на дистальном конце. С применением лазерного аппарата «Лика-хирург» нами проведено 148 наиболее сложных с хирургической точки зрения операций удаления опухолей головного мозга, 74 из которых проведены на технологически инновационном уровне под контролем современной системы нейронавигации StealthStation TREON Plus.

Для атравматичного и радикального удаления опухолей, прорастающих функционально важные зоны и медианные структуры, лазерному облучению под контролем нейронавигации подвергались участки опухоли, расположенные вне зон активности, установленных по данным функциональной магнитно-резонансной томографии. Интраоперационное использование в системе мультимодальной навигации результатов функциональной МРТ позволяло идентифицировать зоны активности в сенсомоторной коре полушарий большого мозга и их соотношение с опухолью, что снижало степень хирургического риска их возможного повреждения в процессе лазерной термодеструкции опухоли [29, 30]. При этом в обязательном порядке учитывались результаты магнитно-резонансной венографии по топографии конвекситально расположенных венозных коллекторов; это позволяло оптимизировать проекцию и траекторию безопасного транскортикального доступа. Кроме того, венозные коллекторы используются в качестве дополнительных топографических ориентиров и отправных точек навигационного управления в ходе проведения лазерной операции (рис. 3).

При расположении опухоли в прецентральной и постцентральной области с распространением процесса в зону двигательной активности важное значение для проведения лазерной термодеструкции имеет использование в системе навига-

ционного сопровождения операции результатов магнитно-резонансной трактографии [10, 13]. Определение пространственных взаимоотношений опухоли с прилежащими участками коры и подкорковыми проводящими путями позволяет в зависимости от локализации и направления роста опухоли проводить лазерное термическое разрушение опухоли вдоль проекционных волокон (рис. 4). При удалении субкортикальных опухолей, распространяющихся под функционально важными зонами, является обоснованным сохранение интактных трактов, происходящих из покрывающих опухоль участков коры. Принципиально новым прогрессивным моментом в методологии мультимодального навигационного сопровождения лазерной термодеструкции является интеграция в навигационной системе результатов функциональной магнитно-резонансной терапии и магнитно-резонансной трактографии.

Результаты ОФЭКТ дополняли картину структурных изменений, определяемых в мозговом веществе по данным КТ и МРТ, отражая степень васкуляризации и гистобиологические свойства выявленных патологических участков [2, 3]. «Наложение» данных ОФЭКТ на КТ или МРТ изображения повышает информативность каждого из методов. Способность ОФЭКТ визуализировать участки опухоли, обладающие наибольшей пролиферативной активностью, при совмещении с КТ и МРТ дополняет точную анатомическую топографию очага его структурными отличительными гистобиологическими характеристиками. Совмещенные КТ/ОФЭКТ и МРТ/ОФЭКТ изображения позволяют визуализировать границу между некротическим компонентом опухоли и участками «живой» ткани, а также провести дифференцирование опухолевой ткани от зоны перифокального отека и судить о степени злокачественности новообразования, что оптимизирует удаление опухоли. Использование мультимодальной навигации при совмещении на экране монитора навигационной станции МРТ/ОФЭКТ и КТ/ОФЭКТ изображений обеспечивает возможность проведения контролируемой лазерной термодеструкции с целенаправленным лазерно-термическим воздействием на «живые» участки опухолевой ткани. Направляя расфокусированный луч лазера на новообразованные опухолевые сосуды, которые являются простыми по своей морфологической структуре, отличаются повышенной «хрупкостью» и часто являются собой заполненные кровью межклеточные внутриопухолевые каналы, представляется возможным коагулировать и деваскуляризовать опухолевую ткань с последующей ее лазерной термодеструк-

цией. Применение лазерной термодеструкции зон активного опухолевого роста повышает радикальность операции в условиях снижения риска травматизации смежных мозговых структур.

Точность лазерно-термодеструктивного воздействия в процессе проведения операции контролируется по результатам сопоставления виртуальных МРТ/ОФЭКТ и КТ/ОФЭКТ изображений с данными телемониторинга, полученными в режиме реального времени (рис. 5). Интраоперационная возможность нейронавигационного выбора цели лазерного облучения с дозированным воздействием позволяет осуществить контролируемое объемное разрушение резидуальных участков опухолевой ткани, распространяющихся в функционально важные зоны и медианные структуры в условиях непрерывного обзора границ зоны облучения с помощью системы телемониторинга.

Деструктивный характер воздействия высокоинтенсивного лазерного излучения на опухолевую ткань верифицирован результатами световой и электронной микроскопии, при этом подтвержден факт отсроченного фотодеструктивного эффекта в опухолевой ткани. В клинической практике эффект термодеструктивного некрозообразования опухолевой ткани подтверждается результатами проведенных в послеоперационном периоде МРТ, КТ, ОФЭКТ.

Преимуществами применения метода лазерной термодеструкции при удалении опухолей головного мозга является высокая степень точности и строгая локальность целенаправленного воздействия лазерного излучения 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. Лазерная термодеструкция опухолей головного мозга позволяет разрушить «живые» участки опухоле-

вой 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 послеоперационном периоде. Лазерный луч не перекрывает операционное поле и не препятствует проведению в процессе удаления опухоли непрерывного интраоперационного телемониторинга и видеорегистрации, в результате чего удаление опухоли проводится под постоянным контролем.

### Выводы

С применением современных лазерных и нейронавигационных технологий разработаны принципиально новые методы лазерно-хирургического лечения опухолей головного мозга. Лазерная термодеструкция – высокоэффективный метод хирургического лечения этих опухолей. Система мультимодальной нейронавигации позволяет интегрировать данные нейровизуализационных исследований для предоперационного планирования операции с построением траектории оптимального хирургического доступа и определением мишени лазерного облучения. Нейронавигационный контроль процесса лазерной термодеструкции обеспечивает возможность интраоперационного ориентирования в топографических взаимоотношениях опухоли с окружающими анатомическими образованиями, точность лазерного воздействия на опухолевую ткань и безопасность лазерно-хирургических манипуляций. Применение метода лазерной термодеструкции в сопровождении мультимодальной нейронавигации при удалении опухолей функционально значимых и жизненно важных отделов полушарий большого мозга головного мозга позволяет повысить радикальность лазерно-хирургического вмешательства, снизить травматичность операции, обеспечить высокое послеоперационное качество жизни больных.

### Литература

1. Зозуля Ю.А. Лазерная нейрохирургия / Ю.А. Зозуля, С.А. Ромоданов, В.Д. Розуменко. – Киев: Здоров'я, 1982. – 168 с.
2. Макеев С.С. Можливості поєднаного застосування результатів ОФЕКТ та МРТ досліджень при видаленні пухлин головного мозку за допомогою нейронавігації / С.С. Макеев, В.Д. Розуменко, О.Ю. Чувашова, А.В. Розуменко // Укр. радіолог. журн. - 2010. - Т. XVIII, вип. 3. – С. 307-311.
3. Макеев С.С. Применение ОФЭКТ с использованием  $^{99m}\text{Tc}$ -МИБИ для динамического обследования больных с глиомами головного мозга на этапах проводимого лечения / С.С. Макеев, В.Д. Розуменко, А.В. Хоменко // Укр. нейрохірург. журн. – 2001. – №4. – С. 71-75.
4. Носов А.Т. Морфофункціональні зміни мозку при дії випромінювання високоенергетичних вуг-

лекислотного, неодимового-АІГ та гольмієвого лазерів / А.Т.Носов, В.Д.Розуменко, В.М.Семенова, І.О.Медяник // Бюл. Укр. асоц. нейрохірургів.– 1998.– №5.– С.136-137.

5. Розуменко В.Д. Значение и роль применения прогрессивных технологий в хирургии опухолей головного мозга // Укр. нейрохірург. журн.– 2010.– №3.– С.51.

6. Розуменко В.Д. Лазерная деструкция опухолей функционально важных зон головного мозга под контролем нейронавигации / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко // Материалы XXXV Междунар. науч.–практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии» (Харьков, 25–28 мая 2011 г.).– С.106–107.

7. Розуменко В.Д. Лазерные технологии в хирургии опухолей функционально важных двигательных зон полушарий большого мозга / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко // Материалы XXXI Междунар. науч.–практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии» (Харьков, 20–23 мая 2009 г.).– С. 70– 71.

8. Розуменко В.Д. Лазерная хирургия опухолей головного мозга // Фотобиология та фотомедицина.– 2010.– №3,4.– С.16-22.

9. Розуменко В.Д. Морфологическое обоснование применения метода лазерной термодеструкции в нейроонкологии / В.Д.Розуменко, В.М.Семенова, А.Т.Носов и др. // Укр. нейрохірург. журн.– 2003.– №2.– С. 27-32.

10. Розуменко В.Д. Применение данных магнитно-резонансной трактографии в нейронавигационном сопровождении хирургических вмешательств при опухолях полушарий большого мозга / В.Д.Розуменко, О.Ю.Чувашова, В.И.Рудица, А.В.Розуменко // Укр. нейрохірург. журн.- 2011.- №2.– С.65-69.

11. Розуменко В.Д. Применение лазерных технологий при хирургическом лечении внутримозговых опухолей с медианным распространением / В.Д.Розуменко, М.Н.Шевелев, А.В.Розуменко, А.П.Хорошун // Материалы XXXI Междунар. науч.–практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии» (Харьков, 20–23 мая 2009 г.).– С.70–71.

12. Розуменко В.Д. Применение мультимодальной нейронавигации в хирургии опухолей головного мозга / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко // Укр. нейрохірург. журн.- 2010.- №4.– С.51-57.

13. Розуменко В.Д. Применение мультимодальных томографических изображений для оптимизации лазерной термодеструкции глиом функционально важных отделов головного мозга / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко // Поленовские чтения. Материалы X юбилейной научно-практической конференции (19-22 апреля 2011 г.).– Санкт-Петербург, 2011.– С.333.

14. Розуменко В.Д. Применение навигационных технологий в хирургии опухолей полушарий большого мозга // Укр. нейрохірург. журн.- 2010.– №3.– С.51.

15. Розуменко В.Д. Применение прогрессивных навигационных и лазерных технологий при удалении опухолей функционально важных зон головного мозга / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко // Материалы XXXII междунар. науч.–практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии» (Гурзуф, 7–10 октября 2009 г.).– С.94-95.

16. Розуменко В.Д. Применение современных

лазерных технологий в хирургии глиальных опухолей головного мозга / В.Д.Розуменко, В.В.Холин, В.В.Таранов // Фотобиология та фотомедицина.– 2007.– №1,2.– С.14-21.

17. Розуменко В.Д. Система хірургічної нейронавигації // Патент на корисну модель №43428.– 2009.

18. Розуменко В.Д. Спосіб диференційованої лазерної термодеструкції внутрішньомозкових пухлин півкуль великого мозку / В.Д.Розуменко, О.В.Хоменко, С.В.Тяглий та інші. // Деклараційний патент на винахід №43757А.– 2001.

19. Розуменко В.Д. Спосіб імпульсної лазерної термодеструкції внутрішньомозкових пухлин півкуль великого мозку / В.Д.Розуменко, В.В.Таранов, О.В.Хоменко // Деклараційний патент на винахід № 39052А.– 2001.

20. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-мікрохірургічного видалення внутрішньо-мозкових пухлин півкуль великого мозку / В.Д.Розуменко, О.В.Хоменко, О.Отман // Деклараційний патент на винахід №59022А.– 2003.

21. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-мікрохірургічного видалення внутрішньо мозкових пухлин півкуль великого мозку з медіанним поширенням / В.Д.Розуменко, М.М.Шевельов, В.М.Ключка, А.П.Хорошун // Деклараційний патент на корисну модель №36759.- 2008.

22. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-хірургічного видалення глиом півкуль великого мозку / В.Д.Розуменко, С.С.Мосійчук, А.П.Хорошун та інші. // Деклараційний патент на корисну модель №38734.- 2009.

23. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-хірургічного видалення олігоастроцитом півкуль великого мозку з медіанним поширенням / В.Д.Розуменко, В.М.Ключка, М.М.Шевельов та інші. // Деклараційний патент на корисну модель №35391.- 2008.

24. Розуменко В.Д. Спосіб навігаційного планування хірургічного доступу при пухлинах головного мозку / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко, А.П.Хорошун // Патент на корисну модель №58942.– 2011.

25. Розуменко В.Д. Спосіб селективної лазерної термодеструкції внутрішньомозкових пухлин півкуль великого мозку / В.Д.Розуменко, В.Л.Сігал, О.В.Хоменко // Деклараційний патент на винахід №39053А.– 2001.

26. Розуменко В.Д. Термодеструкция медианно распространяющихся глиом с применением полупроводникового лазера «Лика-хирург» / В.Д.Розуменко, М.Н.Шевелев // VII Поленовские чтения. Тезисы Всероссийской научно-практической конференции.– Санкт-Петербург, 2008.– С.290.

27. Розуменко В.Д. Технология метода лазерной термодеструкции внутримозговых опухолей / В.Д.Розуменко, В.М.Семенова, А.Т.Носов и др. // Укр. нейрохірург. журн.– 2001.– №2.– С.38.

28. Сигал В.Л. Механизм разрушения опухолевой ткани при локальной гипертермии / В.Л.Сигал, В.Н.Бидненко // Вестн. новых мед. технологий.– 2000.– №4.– С.105-106.

29. Чувашова О.Ю. Доопераційна функціональна магнітно-резонансна томографія як неінвазивний метод картування кори головного мозку при гліальних пухлинах функціонально важливих зон /

- В.Д.Розуменко, О.Я.Главацький, Г.В.Хмельницький // Укр. нейрохірург. журн.- 2008.- №4.- С.16-20.
30. Чувашова О.Ю. Ефективність передопераційного фМРТ визначення зони рухової активації кори півкуль великого мозку у попередженні рухових порушень при хірургії внутрішньомозкових пухлин / О.Ю.Чувашова, В.Д.Розуменко // Укр. нейрохірург. журн.- 2009.- №4.- С.69-73
31. Ascher P.W. Der CO2 laser in der Neurochirurgie.- Munich: Molden, 1977.- 83 s.
32. Gamache F.W. The histopathological effect of the CO2 versus the KTP laser on the brain and spinal cord: a canine model / F.W.Gamache, S.Morgello // Neurosurgery.- 1993.- Vol.32.- P.100-104.
33. Goebel K.R. Fundamentals of laser science // Acta Neurochirurgica.- 1994.- Vol.61.- P.20-33.
34. Jain K.K. Handbook of laser neurosurgery.- Springfield: C.C.Thomas, 1983.- 147 p.
35. Krishnamurthy S. Lasers in neurosurgery / S.Krishnamurthy, S.K.Powers // Lasers Surg. Med.- 1994.- Vol.15.- P.126-167.
36. Mang T.S. Combination studies of hyperthermia induced by the Nd:YAG laser as an adjuvant to photodynamic therapy // Laser Surg. Med.- 1990.- Vol.10, №2.- P.173-178.
37. Robertson J.H. Carbon dioxide laser in neurosurgery // Neurosurgery.- 1982.- Vol.10.- P.780.
38. Rossomoff H. L. Reaction of neoplasm and brain on laser / H.L.Rossomoff, F.Carroll // Arch. Neurol.- 1966.- Vol.14, №2.- P.143-148.
39. Rozumenko V.D. Laser thermodestruction of the large brain hemispheres malignant gliomas / V.D.Rozumenko, O.V.Khomenko, S.S.Mosiychuk // Fourth Black Sea Neurosurgical congress (Chisinau, Republic of Moldova, 11-14 June, 2003).- P.82-83.
40. Rozumenko V.D. Intraoperation selective thermodestruction of supratentorial glial brain tumors with median distribution / V.D.Rozumenko, O.V.Khomenko, O.Othman, S.S.Mosiychuk // Fourth Black Sea Neurosurgical congress (Chisinau, Republic of Moldova, 11-14 June, 2003).- P.81-82.
41. Stellar S. A study of the effects of laser light on nervous tissue // Proc. 3rd Int. Congr. Neurol. Surg.- Copenhagen, 1965.- P.542-551.

### **ЛАЗЕРНА ТЕРМОДЕСТРУКЦІЯ ПУХЛИН ГОЛОВНОГО МОЗКУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ НЕЙРОНАВІГАЦІЇ**

*В.Д.Розуменко*

*Інститут нейрохірургії імені акад. А.П.Ромоданова АМН України*

*У статті наведені результати поєданого застосування прогресивних лазерних і навігаційних технологій в хірургії пухлин півкуль великого мозку. Розглядаються питання навігаційного планування лазерно-хірургічного втручання та інтраопераційного навігаційного супроводу методу лазерної термодеструкції пухлин мозку.*

**Ключові слова:** *пухлини головного мозку, лазерна термодеструкція, нейронавігація.*

### **LASER THERMODESTRUCTION OF BRAIN TUMORS WITH MULTIMODAL NEURONAVIGATION USING**

*V.D.Rozumenko*

*The A.P.Romodanov Institute of Neurosurgery of Academy of Medical Sciences of Ukraine*

*The article describes the experience of simultaneous application of progressive laser and neuronavigation technologies in surgical treatment of brain tumors. The aspects of preoperative surgical planning and intraoperative neuronavigation control of the laser thermodestruction technique are considered.*

**Keywords:** *brain tumors, laser thermodestruction, neuronavigation.*