

ПРОГРЕССИВНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ НЕЙРООНКОЛОГИИ

Розуменко В.Д.

Институт нейрохирургии имени акад. А.П.Ромоданова НАМН Украины,
ул. Платона Майбороды, 32, г. Киев, 04050 Украина,
Тел./факс: +38-044-4839219, e-mail: rozumenko.neuro@gmail.com

В статье изложены результаты применения прогрессивных лазерных технологий в хирургии опухолей головного мозга. Рассматриваются вопросы навигационного планирования лазерно-хирургических вмешательств и интраоперационного навигационного сопровождения лазерной термодеструкции опухолей мозга. Приведены оригинальные авторские разработки лазерно-микрохирургических методов удаления внемозговых и внутримозговых опухолей.

Ключевые слова: опухоли головного мозга, лазерные технологии, нейронавигация.

Введение

Заболеваемость первичными доброкачественными и злокачественными опухолями головного мозга в индустриально развитых странах составляет 12,8–14,0 на 100 тыс. населения. Заболеваемость метастатическими (вторичными) раковыми опухолями головного мозга превышает заболеваемость первичными опухолями в 3–4 раза. Как свидетельствуют результаты эпидемиологических исследований, заболеваемость опухолями головного мозга постоянно растет. Современные методы диагностики - компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) - позволяют выявлять опухолевое поражение мозга на ранних стадиях его развития и определить комплекс лечебных мероприятий, обеспечивающих эффективность лечения, увеличение продолжительности и качества жизни. Хирургическое лечение опухолей головного мозга основано на использовании современных микрохирургических методов, нейронавигации, ультразвуковой и эндоскопической техники. Качественно новый уровень проведения операций при опухолях головного мозга обеспечивается применением лазерных технологий [1, 4, 6, 42, 46, 48, 53].

Материалы и методы

С применением лазерных технологий в Институте нейрохирургии имени акад. А.П.Ромоданова НАМН Украины выполнено 645 операций удаления внутримозговых и внемозговых опухолей су-

пратенториальных и субтенториальных отделов головного мозга.

Лазерно-микрохирургические операции проводили с использованием углекислотного лазерного аппарата «Саяны МТ» (длина волны излучения 10,6 мкм), АИГ-неодимового лазерного аппарата «Радуга-1» (1,06 мкм), АИГ-гольмиевого лазера Coherent «Versa Pulse Select» (2,1 мкм) и полупроводниковых лазерных аппаратов «Лика-хирург» (0,808 мкм) и «Лика-хирург М» (1,47 мкм).

В настоящее время лазерно-микрохирургические операции при опухолях головного мозга проводятся с применением нейронавигационной системы StealthStation Treon Plus (Medtronic, США). Нейронавигация оснащена системой интраоперационного телемониторинга в режиме реального времени [18, 19, 21, 22].

Предоперационное обследование включало проведение КТ, МРТ, функциональной МРТ (фМРТ), МР-ангиографии, МР-трактографии, ОФЭКТ. Комплексная оценка его результатов позволяла установить диагноз опухолевого процесса, получить диагностическую информацию о локализации, размерах, особенностях направления роста опухоли, поражении смежных мозговых структур, степени выраженности опухолевой васкуляризации, основных источниках кровоснабжения опухоли, перифокальных реакциях; выявить наличие кистозного компонента, зон некротических изменений, очагов внутриопухолевого кровоизлияния. На основании результатов нейровизуализационных исследований планировали хирургическую тактику: выбор адекватно-

го хирургического доступа, оптимальный объем хирургического вмешательства, рациональное дифференцированное использование лазерных технических средств, применение лазерно-микрхирургических методов и способов лазерного удаления опухоли.

Результаты

Лазерные технологии применяли на наиболее ответственных этапах хирургического вмешательства при удалении опухолей, располагающихся или распространяющихся в функционально значимые зоны мозга или медианные структуры, т. е. при поражении так называемых «критических» зон мозга [7, 15, 27, 31, 35, 38]. Исследования показали, что инфракрасное излучение углекислотного лазера наиболее приемлемо для удаления опухолевой ткани с использованием метода лазерной вапоризации - зрительно контролируемого послойного испарения опухоли, что исключает негативный фактор тракционного механического воздействия на мозговые структуры. При удалении гиперваскуляризированных опухолей, паренхима которых содержит развитую сеть патологически измененных новообразованных опухолевых сосудов, целесообразно применение АИГ-неодимового лазера, излучение которого отличается более глубоким проникновением в ткань опухоли и более выраженными, по сравнению с излучением углекислотного лазера, коагулирующими свойствами. Инфракрасное излучение АИГ-гольмиевого лазера обеспечивает рассечение и удаление опухолевых тканей высокой степени плотности, вплоть до хрящеподобных и оссифицированных, что характерно для опухолей краниобазальной локализации.

В настоящее время при удалении опухолей функционально важных рече-двигательных зон мозга, а также опухолей, распространяющихся в жизненно важные срединные образования мозга мы используем полупроводниковый хирургический лазерный аппарат «Лика-хирург», инфракрасное излучение которого при высокой плотности мощности обеспечивает рассечение и вапоризацию опухолевой ткани, а при снижении мощности – эффект лазерной термодеструкции (проведено 214 операций). Принципиально новые возможности в обеспечении радикальности хирургического вмешательства открыл полупроводниковый лазерный аппарат «Лика-хирург М» (проведено 22 операции). Его инфракрасное излучение с длиной волны 1,47 мкм обеспечивает эффективную термодеструкцию зон опухолевой инфильтрации функционально и жизненно важных отделов мозга.

Нами разработаны и с высокой степенью эффективности применяются в клинической практике метод лазерной термодеструкции участков опухолевой ткани, распространяющихся в «критические» функционально значимые (главным образом, рече-двигательные зоны) и жизненно важные (медианные) отделы мозга; метод лазерной термодеструкции зон опухолевой инфильтрации стенок ложа удаленной опухоли; метод селективной лазерной термодеструкции гиперваскуляризированных опухолей, основанный на использовании контрастирующих агентов [24, 25, 28, 36, 40, 50].

Эффективным методом лазерно-хирургического разрушения опухоли является применение сочетанного одновременного и последовательного дифференцированного воздействия на опухолевую ткань лазерным излучением с различной длиной волны (например, использование излучения АИГ-неодимового и углекислотного лазеров) [51]. С целью оптимизации лазерно-хирургического удаления опухолей нами разработаны и применяются специальные нейрохирургические инструменты, обеспечивающие адекватные условия для проведения лазерно-хирургического вмешательства [9, 10, 11].

Важным условием применения высокоэнергетического лазерного излучения для удаления опухолей головного мозга является обеспечение тщательного гемостаза, что предупреждает риск возникновения в послеоперационном периоде внутримозговых гематом [23]. Излучение полупроводниковых лазерных аппаратов «Лика-хирург» (длина волны 0,808 мкм) и «Лика-хирург М» (1,47 мкм) обладает хорошими коагулирующими свойствами, что позволяет в процессе удаления опухоли коагулировать и «выключать» из кровотока собственную сосудистую сеть опухоли, состоящую из новообразованных патологически измененных сосудов [38]. Лазерный коагулирующий эффект воздействия на сосудистую систему опухоли оптимизирует процесс лазерной деструкции при удалении участков опухоли, поражающих функционально значимые рече-двигательные зоны мозга и жизненно важные медианные структуры. Лазерная деструкция опухолевой ткани одновременно сопровождается коагуляцией опухолевых сосудов, что снижает приток крови к удаляемым участкам опухоли, вызывает «сморщивание» и уменьшение объема последней, приводит к необратимым изменениям в структуре опухолевых клеток, вызывает их гибель, что увеличивает сроки послеоперационной ремиссии [3, 8, 39, 43, 44, 45, 49].

К инновационным технологиям относится разработанный нами метод лазерного удаления

опухолей функционально важных зон головного мозга в сопровождении мультимодальной нейронавигации в режиме реального времени, интраоперационное применение которого позволяет целенаправленно подвергать лазерно-термическому воздействию «живые» участки опухолевой ткани, выявляемые посредством интеграции и отражения на экране монитора навигационной станции изображений МРТ, КТ и ОФЭКТ исследований [2, 5, 13, 17, 41]. На дооперационном этапе проводили виртуальное трехмерное (3D) планирование вмешательства с определением зон лазерного облучения опухоли и топографии смежных структур «повышенного риска» [33, 34]. По результатам комплексного обследования, включающего проведение КТ, МРТ, фМРТ, МР-трактографии, МР-ангиографии и ОФЭКТ, планировали хирургический доступ с учетом топографии опухоли и ее взаимоотношений с мозговыми структурами, артериальными и венозными церебральными сосудами, уточняли траекторию лазерного воздействия на зону «интереса», оптимизировали методологию навигационного обеспечения всех этапов лазерного удаления опухоли [2, 14, 33]. Непосредственно в процессе операции данные виртуального 3D планирования сопоставлялись с изображением операционного поля в режиме реального времени.

Доза энергии лазерного облучения составляла 2500–5000 Дж. Степень радикальности лазерной операции определяли с помощью интраоперационной навигационной верификации объема удаленной опухолевой ткани в режиме реального времени в сопоставлении с изображениями опухоли по результатам мультимодальной интеграции данных дооперационных исследований. При гистологическом исследовании облученной опухолевой ткани был установлен отсроченный фотодеструктивный эффект. Необратимость лазерной термодеструкции и гибели облученных опухолевых тканей подтверждается результатами МРТ, КТ и ОФЭКТ, которые проводятся при диспансерном послеоперационном обследовании.

Лазерная деструкция опухоли исключает необходимость хирургической резекции и радиочастотной абляции фрагментов опухолевой ткани непосредственно в области функционально значимых и жизненно важных зон мозга, интраоперационная травматизация которых сопряжена с риском возникновения стойкого неврологического дефицита.

Обсуждение

Прогресс лазерной хирургии опухолей головного мозга взаимосвязан с совершенствованием

и созданием новых лазерных технологий, применение которых позволило изменить существующие представления о тактике хирургического лечения опухолей головного мозга, разработать миниинвазивные методы удаления опухолей, повысить степень радикальности хирургического вмешательства, снизить его травматичность, обеспечить условия для анатомической и функциональной сохранности смежных мозговых структур, рядом расположенных магистральных артериальных сосудов и крупных венозных коллекторов. Лазерно-хирургические методы удаления опухолей головного мозга отличаются высокой точностью хирургических манипуляций вне зависимости от глубины хирургического доступа, бесконтактным характером лазерного воздействия на опухоль и окружающие анатомические образования, что исключает фактор инструментального механического травматического повреждения мозговой ткани, кровеносных сосудов и черепных нервов. Лазерный луч, в отличие от традиционных хирургических инструментов, дает возможность удалять опухоль под постоянным зрительным контролем. При оптимальных длине волны, плотности мощности и параметрах фокусировки лазерный луч является уникальным инструментом для рассечения, вапоризации, коагуляции, деваскуляризации и термодеструкции опухолевой ткани [6, 20, 37, 52]. Высокоинтенсивное лазерное излучение обладает бактерицидным эффектом и предотвращает развитие местных раневых воспалительных осложнений.

Внедрение в клиническую практику новых хирургических лазерных аппаратов обеспечивает условия для разработки эффективных методов лазерного удаления опухолей головного мозга [26, 29, 30, 32]. К инновационным технологиям хирургического лечения опухолей головного мозга относится разработанный нами принципиально новый прогрессивный метод удаления опухолей функционально значимых зон и жизненно важных отделов головного мозга, основанный на проведении контролируемой лазерной термодеструкции опухоли в сопровождении мультимодальной навигации [12, 14, 15, 17, 19]. При мультимодальной навигации с использованием данных МРТ и КТ осуществляется пространственное моделирование и определение анатомо-топографического соотношения опухоли и окружающих мозговых структур, магистральных артерий, венозных коллекторов, желудочковой системы мозга. С помощью программного обеспечения навигационной станции проводятся построение объемного топографического рельефа поверхности полушарий большого мозга, мозго-

вых извилин и борозд, стереотаксические расчеты траектории и границ оптимального транскортикального хирургического доступа к опухоли, контурирование и сегментация опухоли, выбор объекта для лазерного облучения.

Вопрос о резектабельности опухоли решается на этапе дооперационного 3D навигационного планирования этапов хирургического вмешательства. При нейронавигационном планировании операции, определении «мишени» для лазерного облучения и оптимизации траектории лазерного воздействия данные КТ, МРТ в T1 и T2-режимах, фМРТ, МР-трактографии, МР-ангиографии, ОФЭКТ совмещаются и выводятся 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 кортиспинальных трактов, магистральных сосудов и источников кровоснабжения опухоли [12, 13, 16, 22]. 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. При удалении субкортикальных опухолей, распространяющихся в функционально важные зоны, является обоснованным сохранение интактными трактов, происходящих из покрывающих опухоль участков коры.

При хирургическом удалении опухоли методом лазерной термодеструкции под контролем нейронавигации проводится целенаправленное лазерное воздействие на «живые» участки опухолевой ткани, распространяющиеся в критические (функционально значимые) рече-двигательные зоны и жизненно важные медианные структуры полушарий большого мозга, выполняется селективная (основанная на использовании контрастирующих агентов) лазерная термодеструкция гиперваскуляризированных опухолей, зон опухолевой инфильтрации стенок ложа удаленной опухоли. Направляя расфокусированный луч лазера на

новообразованные опухолевые сосуды (простые по морфологической структуре, отличающиеся повышенной «хрупкостью» и часто представляющих собой заполненные кровью межклеточные внутриопухолевые каналы), представляется возможным коагулировать и деваскуляризовать опухолевую ткань с последующей ее лазерной термодеструкцией.

Применение лазерной термодеструкции зон активного опухолевого роста повышает радикальность операции при одновременном снижении риска травматизации смежных мозговых структур. Возможность нейронавигационного выбора цели лазерного облучения с дозированным воздействием позволяет осуществить точное и 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. Планируемый с применением 3D мультимодальной навигации объем лазерно-хирургического разрушения опухоли подвергается окончательной коррекции интраоперационно, путем сопоставления данных виртуальных мультимодальных пространственных изображений и объективной телеинформации из зоны лазерного воздействия, непрерывно получаемой в режиме реального времени. Система телемониторинга позволяет проводить детальный анализ всех этапов операции.

Выводы

Разработанные инновационные методы удаления опухолей головного мозга, основанные на применении интеграционных лазерных и навигационных технологий, позволяют повысить радикальность и снизить травматичность нейрохирургических операций. Применение современных лазерных и навигационных технологий при лечении опухолей полушарий большого мозга позволяет сохранить функционально значимые и жизненно важные структуры мозга, предупреждает развитие неврологических нарушений и обеспечивает высокие показатели качества жизни оперированных больных [5, 6, 16, 17, 19].

Литература

1. Зозуля Ю.А. Лазерная нейрохирургия / Ю.А.Зозуля, С.А.Ромоданов, В.Д.Розуменко.– Киев: Здоров'я, 1982.– 168 с.
2. Макеєв С.С. Можливості поєднаного застосування результатів ОФЕКТ та МРТ досліджень при видаленні пухлин головного мозку за допомогою нейронавігації / С.С.Макеєв, В.Д.Розуменко, О.Ю.Чувашова, А.В.Розуменко //Український радіологічний журнал.- 2010.– Т.XVIII.- Вип.3.– С.307-311.
3. Носов А.Т. Морфофункціональні зміни мозку при дії випромінювання високоенергетичних вуглекислотного, неодимового-АІГ та гольмієвого лазерів / А.Т.Носов, В.Д.Розуменко, В.М.Семенова, І.О.Медяник // Бюлетень Української асоціації нейрохірургів.– 1998.– №5.– С.136-137.
4. Розуменко В.Д. Значение и роль применения прогрессивных технологий в хирургии опухолей головного мозга // Український нейрохірургічний журнал.– 2010.– №3.– С.51.

5. Розуменко В.Д. Лазерная термодеструкция опухолей головного мозга с применением мультимодальной нейронавигации // Фотобіологія та фотомедицина.– 2011.- №1.– С.14-19.
6. Розуменко В.Д. Лазерная хирургия опухолей головного мозга // Фотобіологія та фотомедицина.– 2010.- №3,4.– С.16-22.
7. Розуменко В.Д. Лазерные технологии в хирургии опухолей функционально важных двигательных зон полушарий большого мозга / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко // Материалы XXXI Международной научно–практической конференции «Применение лазеров в биологии и медицине» (20–23 мая 2009 г.).– Харьков, 2009.– С.70–71.
8. Розуменко В.Д. Морфологическое обоснование применения метода лазерной термодеструкции в нейроонкологии / В.Д.Розуменко, В.М.Семенова, А.Т.Носов и др. // Український нейрохірургічний журнал.– 2003.– №2.– С.27-32.
9. Розуменко В.Д. Нейрохірургічний шпатель / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко, А.П.Хорошун, О.А.Яворський.- Деклараційний патент на корисну модель №51351.– 2010.
10. Розуменко В.Д. Нейрохірургічний шпатель для лазерної хірургії / В.Д.Розуменко, А.П.Хорошун, А.В.Розуменко.- Деклараційний патент на корисну модель №55393.– 2010.
11. Розуменко В.Д. Пристрій для розтину тканин / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко, А.П.Хорошун, І.С.Бобрик.- Деклараційний патент на корисну модель №49395.– 2010.
12. 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 Международной научно–практической конференции «Применение лазеров в биологии и медицине» (7–10 октября 2009 г.).– Харьков, 2009.– С.94-95.
13. Розуменко В.Д. Применение мультимодальных томографических изображений для оптимизации лазерной термодеструкции опухолей головного мозга / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко // Материалы XXXIV Международной научно–практической конференции «Применение лазеров в биологии и медицине» (6–9 октября 2010 г.).– Харьков, 2010.– С.40–41.
14. Розуменко В.Д. Применение данных магниторезонансной трактографии в нейронавигационном сопровождении хирургических вмешательств при опухолях полушарий большого мозга / В.Д.Розуменко, О.Ю.Чувашова, В.И.Рудица, А.В. Розуменко // Український нейрохірургічний журнал.- 2011.- №2.– С.65-69.
15. 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 Международной научно–практической конференции «Применение лазеров в биологии и медицине» (20–23 мая 2009 г.).– Харьков, 2009.– С.70–71.
16. Розуменко В.Д. Применение мультимодальной нейронавигации в хирургии опухолей головного мозга / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко // Український нейрохірургічний журнал.- 2010.- №4.– С.51-57.
17. 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.
18. Розуменко В.Д. Применение навигационных технологий в хирургии опухолей полушарий большого мозга // Український нейрохірургічний журнал.– 2010.– №3.– С.51.
19. 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 Международной научно–практической конференции «Применение лазеров в биологии и медицине» (7–10 октября 2009 г.).– Харьков, 2009.– С.94-95.
20. Розуменко В.Д. Применение современных лазерных технологий в хирургии глиальных опухолей головного мозга / В.Д.Розуменко, В.В.Холин, В.В.Таранов // Фотобіологія та фотомедицина.– 2007.- №1,2.– С.14-21.
21. Розуменко В.Д. Прогрессивные технологии в хирургии опухолей головного мозга // Онкологія.– 2012.– Т.14, №2.– С.97–100.
22. Розуменко В.Д. Система хірургічної нейронавігації.- Патент на корисну модель №43428.– 2009.
23. Розуменко В.Д. Спосіб гемостазу при видаленні пухлин головного мозку / В.Д.Розуменко, М.М.Шевельов, К.М.Герасенко та ін.- Патент на корисну модель №40966.– 2009.
24. Розуменко В.Д. Спосіб диференційованої лазерної термодеструкції внутрішньомозкових пухлин півкуль великого мозку / В.Д.Розуменко, О.В.Хоменко, С.В.Тяглий та ін.- Деклараційний патент на винахід №43757А.– 2001.
25. 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.
26. Розуменко В. Д. Спосіб лазерного видалення внутрішньомозкових пухлин головного мозку за Розуменком В.Д.- Патент на корисну модель №79276.– 2013.
27. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-мікрохірургічного видалення внутрішньомозкових пухлин півкуль великого мозку з медіанним поширенням / В.Д.Розуменко, М.М.Шевельов, В.М.Ключка, А.П.Хорошун.- Патент на корисну модель №36759.– 2008.
28. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-мікрохірургічного видалення внутрішньомозкових пухлин півкуль великого мозку / Розуменко В.Д., О.В.Хоменко, О.Отман.- Деклараційний патент на винахід №59008А.– 2003.
29. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-мікрохірургічного видалення внутрішньомозкових пухлин півкуль головного мозку / Розуменко В.Д., Шевельов М.М., Хорошун А.П., Розуменко А.В.- Патент на корисну модель №64006.– 2011.
30. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-мікрохірургічного видалення внутрішньомозкових пухлин півкуль великого мозку / В.Д.Розуменко, О.В.Хоменко, О.Отман.- Деклараційний патент на винахід №59022А.– 2003.

31. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-хірургічного видалення олігоастроцитом півкуль великого мозку з медіанним поширенням / В.Д.Розуменко, В.М.Ключка, М.М.Шевельов та ін.- Патент на корисну модель №35391.- 2008.
32. Розуменко В.Д. Спосіб лазерно-хірургічного видалення гліом півкуль великого мозку / В.Д.Розуменко, С.С.Мосійчук, А.П.Хорошун та ін.- Патент на корисну модель №38734.- 2009.
33. 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 №88642.- 2014.
34. Розуменко В.Д. Спосіб оптимізації хірургічного лікування хворих з пухлинами головного мозку з використанням віртуальної тривимірної комп'ютерної моделі операційного поля за В.Д.Розуменко / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко, А.П.Хорошун.- Патент на корисну модель №58942.- 2011.
35. Розуменко В.Д. Спосіб оптимізації тактики хірургічного лікування хворих з пухлинами функціонально важливих зон головного мозку / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко, А.П.Хорошун.- Патент на корисну модель №79277.- 2013.
36. 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 №39053.- 2001.
37. Розуменко В.Д. Спосіб хірургічного доступу до пухлин хізмально-селярної ділянки / В.Д.Розуменко, А.В.Розуменко, А.П.Хорошун.- Патент на корисну модель №42626.- 2009.
38. 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.
39. Розуменко В.Д. Технология метода лазерной термодеструкции внутримозговых опухолей / В.Д.Розуменко, В.М.Семенова, А.Т.Носов и др. // Український нейрохірургічний журнал.- 2001.- №2.- С.38.
40. Сігал В.Л. Механизм разрушения опухолевой ткани при локальной гипертермии / В.Л.Сігал, В.Н.Бидненко // Вестник новых медицинских технологий.- 2000.- №4.- С.105-106.
41. Чувашова О.Ю. Эффективность передоперационного фМРТ-визначення зони рухової активації кори півкуль великого мозку у попередженні рухових порушень при хірургії внутрішньомозкових пухлин / О.Ю.Чувашова, В.Д.Розуменко // Український нейрохірургічний журнал.- 2009.- №4.- С.69-73.
42. Ascher P.W. Der CO2 laser in der Neurochirurgie.- Munich: Molden, 1977.- 83 s.
43. Earle K.M. Central nervous system effects of laser radiation / K.M.Earle, S.Carpenter, U.Roessmann et al. // Ref. Proc.- 1965.- Vol.24.- P.129-142.
44. Fox J.L. Effects of laser radiation on intracranial structures / J.L.Fox, J.R.Hayes, M.N.Stein, R.C.Green // Proc. 3rd Int. Congr. Neurol. Surg.- Amsterdam: Experta Med., 1966.- P.552-554.
45. 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.
46. Jain K.K. Handbook of laser neurosurgery.- Springfield: C.C.Thomas, 1983.- 147 p.
47. Krishnamurthy S. Lasers in neurosurgery / S.Krishnamurthy, S.K.Powers // Lasers in Surg. and Med.- 1994.- Vol.15.- P.126-167.
48. Robertson J.H. Carbon dioxide laser in neurosurgery // Neurosurgery.- 1982.- Vol.10.- P.780.
49. Rossomoff H.L. Effect of laser on brain and neoplasm / H.L.Rossomoff, F.Carroll // Surg. Forum.- 1965.- Vol.16.- P.431-433.
50. 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 (11-14 June, 2003).- Chisinau. Republic of Moldova.- P.82-83.
51. Rozumenko V.D. Microsurgery of cerebral glioma with application CO2 and Nd-YAG laser / V.D.Rozumenko, O.V.Khomenko, O.Othman, S.S.Mosiychuk // Fourth Black Sea Neurosurgical congress (11-14 June, 2003).- Chisinau. Republic of Moldova.- P.91-92.
52. 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 (11-14 June, 2003).- Chisinau. Republic of Moldova.- P.81-82.
53. Saunders M.L. The use of the laser in neurological surgery / M.L.Saunders, H.F.Young, D.P.Becker et al. // Surg. Neurol.- 1980.- Vol.14.- P.1-10.

ПРОГРЕСИВНІ ЛАЗЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНІЙ НЕЙРООНКОЛОГІЇ

Розуменко В.Д.

Інститут нейрохірургії імені акад. А.П.Ромоданова НАМН України

Тел./факс: +38-044-4839219, e-mail: rozumenko.neuro@gmail.com

У статті наведені результати застосування прогресивних лазерних технологій в хірургії пухлин головного мозку. Розглядаються питання навігаційного планування лазерно-хірургічних втручань та інтраопераційного навігаційного супроводу лазерної термодеструкції пухлин мозку. Наведено оригінальні авторські розробки лазерно-мікрохірургічних методів видалення позамозкових і внутрішньомозкових пухлин.

Ключові слова: *пухлини головного мозку, лазерні технології, нейронавігація.*

PROGRESSIVE LASER TECHNOLOGIES IN MODERN NEUROONCOLOGY

Rozumenko V.D.

The A.P.Romodanov Institute of Neurosurgery NAMS Ukraine

Tel./fax: +38-044-4839219, e-mail: rozumenko.neuro@gmail.com

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. The authors give the original techniques of laser-microsurgical removal of extracerebral and intracerebral tumors.

Key words: *brain tumors, laser technology, neuronavigation*