

## Оригінальні статті

УДК 616.831-006.484-089.12:615.849.19

### Дифференцированное применение лазерных технологий в хирургии глиом полушарий большого мозга

Розуменко В.Д., Отман О.

Институт нейрохирургии им. акад. А.П.Ромоданова АМН Украины, г. Киев, Украина

В работе рассматриваются вопросы повышения эффективности хирургического лечения больных с глиальными опухолями полушарий большого мозга путем интраоперационного применения лазерных технологий. Разработаны новые прогрессивные методы лазерных операций при опухолевом поражении головного мозга. Дифференцированный подход к применению лазерных технологий обеспечивает адекватность проведения хирургического вмешательства, его высокую эффективность, послеоперационное качество жизни больных.

**Ключевые слова:** глиальные опухоли, лазерные технологии, лазерное излучение.

**Введение.** Применение современных хирургических технологий, используемых в нейроонкологии при удалении опухолей головного мозга, направлено на обеспечение следующих основополагающих принципов: высокая точность инструментальных манипуляций, минимизация хирургической травмы, максимальное сохранение смежных анатомических образований (мозговых структур, черепных нервов, артериальных сосудов, венозных коллекторов), безопасность операции, предупреждение развития или усугубления неврологического дефицита, улучшение качества жизни больных. Соблюдению этих требований в значительной мере отвечают методы удаления опухолей мозга, основанные на применении прогрессивных лазерных технологий.

Применению лазерных технологий в клинической нейроонкологии предшествовали многочисленные экспериментальные исследования, результаты которых позволили установить особенности патоморфологических изменений, возникающих в мозговом веществе и опухолевой ткани под воздействием высокоэнергетического лазерного излучения [23,24,26,27,28,30,34,40,41,46].

В 1969 г. S. Stellar [47] провел первую операцию удаления глиальной опухоли головного мозга с использованием высокоэнергетического излучения углекислотного лазера, что подтвердило перспективность разработки нового "лазерного" направления в хирургическом лечении опухолей головного мозга.

Наряду с использованием углекислотного лазера ( $\lambda = 10,6$  мкм) в нейроонкологии начали использовать аргоновый ( $\lambda = 0,488-0,514$  мкм),

АИГ-неодимовый ( $\lambda = 1,06$  мкм,  $1,32$  мкм,  $1,44$  мкм), гольмиевый ( $\lambda = 2,1$  мкм), полупроводниковый ( $\lambda = 0,805$  мкм), КТР лазеры ( $\lambda = 0,532$  мкм) [4,5,22,29,31,33,37,39,45,48,49].

При лазерном методе удаления опухолей головного мозга используют фактор термического воздействия на биологические ткани с обеспечением эффектов лазерного рассечения, лазерного испарения и лазерной коагуляции.

**Целью** настоящего исследования явилась разработка высокоэффективных методов хирургического лечения больных с глиомами полушарий большого мозга различной степени злокачественности, основанных на интраоперационном дифференцированном применении высокоэнергетического лазерного излучения.

**Материалы и методы.** Проведен анализ результатов применения в клинической нейроонкологии лазерно-хирургических методов удаления глиальных опухолей полушарий большого мозга. С применением лазерных технологий выполнено 186 операций при глиомах полушарий большого мозга. Больные находились на лечении в клинике внутримозговых опухолей Института нейрохирургии им. акад. А.П.Ромоданова АМН Украины. Используемые лазерные технические средства включали: углекислотный лазерный аппарат "Саяны МТ", генерирующий инфракрасное излучение ( $\lambda = 10,6$  мкм) в непрерывном режиме с максимальной мощностью 60 Вт, АИГ-неодимовый лазерный аппарат "Радуга-1" мощностью 50 Вт, генерирующий инфракрасное излучение ( $\lambda = 1,06$  мкм) в непрерывном режиме с максимальной мощностью 50 Вт и импульсном режиме с энергией излучения в импульсе 200 мДж при

частоте следования импульсов не менее 20 Гц. Прецизионность лазерных манипуляций и высокая степень точности лазерного воздействия обеспечивались применением гелий-неоновой лазерной системы наведения высокоэнергетического инфракрасного излучения. Из 186 оперированных больных лиц мужского пола было 92, лиц женского пола — 94. Больные находились в возрасте от 14 до 67 лет. По результатам гистологического исследования удаленных опухолей глиомы I–II степени злокачественности были диагностированы у 40 больных, глиомы III степени злокачественности (анapластические глиомы) — у 75, глиомы IV степени злокачественности (глиобластомы) — у 71. У 93 пациентов опухоль поражала функционально важные двигательные (23 больных) и речевые (70) зоны. У 113 больных опухоль распространялась в медианные структуры мозга. На этапе дооперационного обследования 159 больным провели компьютерную томографию (КТ), 52 — магнитно-резонансную томографию (МРТ), 48 — однофотонную эмиссионную компьютерную томографию (ОФЭКТ). Комплексная оценка результатов КТ, МРТ, ОФЭКТ позволяет с высокой степенью достоверностью установить диагноз внутримозгового опухолевого процесса, получить диагностическую информацию о локализации, размерах, особенностях направления роста опухоли, поражении смежных мозговых структур, степени выраженности опухолевой васкуляризации, перифокальных реакциях, выявить кистозный компонент, зону некротических изменений, очаг внутриопухолевого кровоизлияния. На основании полученной информации планировали хирургическую тактику: выбор адекватного хирургического доступа, оптимальный объем хирургического вмешательства, рациональное интраоперационное использование лазерных технических средств, применение различных лазерно-микрохирургических методов и способов удаления или лазерной деструкции опухоли. На следующий день после операции больным проводили контрольное КТ-исследование, результаты которого (при сопоставлении с дооперационными данными) позволяли определить объем удаления опухоли, а в случаях интраоперационного применения метода лазерной термодеструкции проводить в динамике КТ-контроль за процессом некрозообразования, подтверждающим факт лечебного постлазерного патоморфоза.

**Результаты и их обсуждение.** Выбор лазерных технических средств и лазерная методология удаления глиом головного мозга основаны на результатах патоморфологических исследований, выявляющих специфичность изменений, происходящих в мозговом веществе, опухолевой

ткани и мозговых сосудах под воздействием высокоэнергетического лазерного излучения. Как показали результаты ранее проведенных нами исследований [8,9,19], под влиянием лазерного излучения в мозговом веществе происходят строго локальные изменения, имеющие характерную микроскопическую картину, присущую только лазерно-термическому воздействию. Эти изменения микроскопически существенно отличаются от термических деструктивных изменений, наблюдаемых при использовании монополярной либо биполярной электрокоагуляции, а также вызываемых СВЧ-излучением. При воздействии лазерным излучением в мозговом веществе формируется своеобразный “лазерный след”. В центре очага лазерного воздействия структурные образования мозговой ткани коагулируются и при высокой плотности мощности излучения испаряются, что приводит к образованию четко определяемого раневого канала (рис. 1,2 цветной вкладки). Раневой канал окаймляется бесструктурной аморфной тканью, которая не содержит целю сохраненных клеток — это зона так называемого коагуляционного некроза. В зоне коагуляционного некроза содержатся включения обугленных частиц. За зоной коагуляционного некроза прослеживается зона, трактуемая как зона некробиоза, в которой располагаются нежизнеспособные сморщенные нервные клетки с гиперхромными неразличимыми ядрами. Глубже зоны некробиоза располагается менее плотная неинтенсивно окрашенная зона разрыхленного мозгового вещества с признаками перичеллюлярного и периваскулярного отека. Зона отека переходит в неизмененное мозговое вещество. Необратимые и обусловленные лазерным воздействием изменения при использовании инфракрасного излучения углекислотного лазера ( $\lambda = 10,6$  мкм) распространяются на глубину 500 мкм. При воздействии на мозговую ткань инфракрасным излучением АИГ-неодимового лазера ( $\lambda = 1,06$  мкм) за счет более глубокого проникновения лазерного луча зона морфологических изменений распространяется на глубину 3–5 мм. Аналогичная картина очага лазерного воздействия формируется в опухолевой ткани. И если с помощью сфокусированного лазерного луча высокой плотности мощности представляется возможным проводить рассечение мозгового вещества и опухолевой ткани, а также иссекать участки опухоли, то при использовании дефокусированного лазерного луча более низкой плотности мощности обеспечивается эффект лазерной вапоризации, т.е. своеобразного послонного испарения опухоли, а также эффект лазерной коагуляции, приводящий к “сморщиванию” опухолевой ткани с обеспечением

гемостаза. С применением излучения АИГ-неодимового лазера при низких параметрах мощности достигается деструкция опухолевой ткани без макроскопически определяемых интраоперационно изменений, но подтверждаемая результатами световой и электронной микроскопии [8,9].

Результаты вышеизложенных морфологических исследований были учтены нами при разработке лазерных методологий хирургического лечения глиом головного мозга и при решении вопросов дифференцированного интраоперационного использования каждого из разработанных методов.

У 38 больных операции проводили с применением излучения углекислотного лазера, у 133 — излучения АИГ-неодимового лазера, у 15 — излучения углекислотного и АИГ-неодимового лазера носило симультанный и сочетанный характер.

Особенность проведения операции удаления глиом головного мозга с использованием излучения углекислотного лазера состоит в следующем. Во-первых, лазерные технологии применяют на наиболее ответственных этапах хирургического вмешательства, когда возникает необходимость удаления фрагментов глиальной опухоли, располагающихся или распространяющихся в функционально значимые зоны мозга или медианные структуры, т.е. при поражении так называемых критических зон мозга. Во-вторых, при проведении этого этапа операции отсутствует необходимость тракционного воздействия хирургическими инструментами на мозговую ткань при выделении опухоли, так как ее удаляют с применением метода лазерной вапоризации, что позволяет послойно под постоянным зрительным контролем осуществлять испарение ткани глиомы в пределах планируемого объема удаления. В-третьих, в ходе испарения опухоли, в отличие от использования традиционных микрохирургических инструментов, удаление опухоли может быть приостановлено или прекращено на любом этапе без опасения возникновения трудно контролируемого кровотечения из новообразованных опухолевых сосудов и необходимости поиска и выключения кровоточащих мелких сосудов перифокальной зоны, так как при применении лазерных технологий гемостаз обеспечивается постоянно непосредственно в процессе вапоризации. Особенно тактически выигрышным при этом является использование метода лазерной вапоризации для удаления опухолевых фрагментов, внедряющихся в мозговую ткань в виде языков инфильтрации. Метод лазерной вапоризации позволяет удалить участки опухолевой ткани, охватывающие ствол магистрального сосуда

или распространяющиеся вдоль него. Кроме этого, с помощью сфокусированного лазерного луча представляется возможным при необходимости иссекать плотные фрагменты опухоли, исключив фактор механического воздействия на смежные мозговые структуры. Дефокусированный луч углекислотного лазера коагулирует мелкие кровеносные сосуды, надежно блокируя их, что предупреждает возникновение отсроченного кровотечения.

Излучение АИГ-неодимового лазера отличается более глубоким проникновением в ткань опухоли и более выраженными по сравнению с излучением углекислотного лазера коагулирующими свойствами. В связи с хорошо развитой сетью новообразованных патологически измененных сосудов в опухолевой ткани анапластических глиом и глиобластом проведение гемостаза при использовании монополярной или биполярной коагуляции представляет определенные сложности. Это становится особенно очевидным при необходимости ограничиться неполным удалением опухоли, что может быть обусловлено значительным ее распространением, например, в медианные структуры или функционально значимые зоны. Фокусируя луч АИГ-неодимового лазера и повышая плотность мощности излучения его также можно использовать для рассечения или испарения опухолевой ткани. Но эффективность его применения проявляется при использовании именно лазерного коагулирующего эффекта. Направляя дефокусированный луч на новообразованные опухолевые сосуды, которые являются простыми по своей структуре, отличаются повышенной “хрупкостью” и часто состоят из каналов, отграниченных лишь только эндотелием или опухолевыми клетками, представляется возможным коагулировать их вместе с коагуляцией опухолевой ткани. При этом, как мы указывали выше, опухолевая ткань “сморщиваясь”, уменьшается в объеме.

Научный и практический интерес представляют результаты проведенных нами морфологических исследований фрагментов опухолевой ткани, подвергнутых лазерной термокоагуляции [9,19]. Эксперимент проводили с использованием излучения АИГ-неодимового лазера (с непрерывным и импульсным режимами генерации излучения) на модели перевивной злокачественной глиомы (штамм 101.8), которая по своим гистобиологическим свойствам близка злокачественным глиомам человека. При гистологическом и электронно-микроскопическом исследовании было установлено, что в очаге лазерной коагуляции в результате гипертермических процессов происходит деструкция опухолевой ткани. Гистологически это проявляется

множественными очагами некроза и некробиоза (рис.3 цветной вкладки). При электронно-микроскопическом исследовании в зоне термодеструкции на фоне разрушения межклеточных контактов выявляются грубо поврежденные опухолевые клетки с разрывами ядерных и цитоплазматических мембран, пикнозом ядер при тотальной деструкции цитоплазматических органелл, что свидетельствует о необратимости лазер-индуцированного повреждения опухолевых клеток. Степень выраженности этих деструктивных процессов нарастает в течение 24–48 ч после сеанса облучения. Эти данные мы взяли за основу и учли при разработке метода интраоперационной лазерной термодеструкции (ИЛТД) опухолей головного мозга и клинической апробации метода [9,42].

В клинической практике мы применили три способа ИЛТД глиом головного мозга: ИЛТД зон опухолевой инфильтрации стенок ложа удаленной опухоли; ИЛТД участков опухолевой ткани распространяющихся в “критические” функционально значимые (главным образом, речедвигательные зоны) и жизненно важные (медианные образования) отделы мозга; селективная ИЛТД гиперваскуляризированных опухолей [13,19,42,43].

Учитывая необратимый характер деструктивных изменений, обусловленных воздействием лазерного излучения, при удалении глиом отсутствовала необходимость визуальной полной абляции опухолевой ткани из зон, хирургическая травматизация которых приводит к возникновению в послеоперационный период стойкого неврологического дефицита. В то же время используя метод ИЛТД мы приближались к цели обеспечения “радикализма” хирургического лечения глиальных опухолей головного мозга. Выбор способа проведения ИЛТД определяли по результатам КТ-и/или МРТ-исследований с учетом данных ОФЭКТ [7]. При первом из рассматриваемых способов ИЛТД после удаления опухоли стенки образовавшегося ложа облучали расфокусированным лазерным лучом, направляя его на область визуально определяемой опухолевой инфильтрации. При следующем способе ИЛТД, который применяли в сочетании с микрохирургическим или лазерно-хирургическим методом удаления основной части опухоли, расположенной вне “критических” отделов мозга, на заключительном этапе операции целенаправленно облучали фрагменты опухолевой ткани, распространявшиеся в речедвигательные зоны или в медианном направлении. Селективную ИЛТД проводили с предварительным введением больному непосредственно во время операции (за 15–20 мин до начала этапа лазерной термодеструкции)

рентгеноконтрастного агента. Данный способ эффективен при анапластических глиомах и глиобластомах, характеризующихся хорошо развитой сетью новообразованных сосудов. Контрастное вещество приводит к изменению оптических характеристик опухолевой ткани в сторону повышения ее восприимчивости к лазерному излучению.

Таким образом, при воздействии лазерным лучом происходит избирательное “разрушение” опухолевой ткани с обеспечением морфологической и функциональной сохранности смежных мозговых структур [9,13,42,43]. Результаты проведенных в клинической практике КТ-исследований подтвердили ранее установленный в эксперименте отсроченный эффект лазерного “разрушения” опухолевых клеток, позволили объективизировать наличие процесса деструктивного некрозообразования в неудаленных, но подвергнутых облучению участках опухоли. На контрольных КТ-сканах (без введения контрастного вещества) облученные участки опухолевой ткани были гиперденсивными, причем повышение интенсивности происходило через 1–2 сут после операции, что определяли при динамическом исследовании (рис. 4 цветной вкладки). Лазерная термодеструкция опухоли является управляемым процессом. Гипертермические реакции моделируют математически на основании классического биотеплового уравнения. При этом учитывают кровоток “прогреваемой” ткани, диффузию тепла в смежные участки мозга, мощность излучения, экспозицию, длину волны излучения, коэффициент поглощения и другие факторы [2,11,16,17,18,19,21,25]. В перспективе ИЛТД может также рассматриваться как адъювант фотодинамической терапии, что при клиническом применении в значительной степени изменит существующие возможности лечения больных с глиомами головного мозга [1,3,20,32,36,38].

Анализируя возможности применения лазерного излучения различной длины волны, выходной мощности, плотности мощности и т.д. при различных по степени злокачественности глиальных опухолях, а также оценивая особенности интраоперационного применения разработанных способов лазерного удаления опухолей, основанных на использовании эффектов лазерной абляции, лазерной vaporизации и лазерной коагуляции, установлена целесообразность дифференцированного подхода к выбору лазерных технических средств проведения хирургического вмешательства при тех или иных глиальных опухолях. Так, опухоли, имеющие скудную васкуляризацию, более эффективно удаляются с использованием высокоэнергетического излучения углекислотного

лазера. Расфокусированный луч углекислотного лазера позволяет проводить удаление участков опухоли, распространяющихся в медианные структуры, послойно vaporизировать остатки опухолевой ткани вдоль стенок магистральных стволов мозговых артерий и вен. Удаление опухоли методом лазерной vaporизации позволяет исключить фактор механического травматического воздействия на окружающие мозговые структуры, что имеет существенное значение при локализации процесса в области функционально и жизненно важных отделов мозга. По сравнению с излучением углекислотного лазера излучение АИГ-неодимового лазера обладает более выраженными коагулирующими свойствами и при воздействии на хорошо васкуляризованную опухолевую ткань приводит к ее “деваскуляризации” и “сморщиванию”. Воздействие излучения АИГ-неодимового лазера при низких параметрах энергетических характеристик на опухолевую ткань обеспечивает эффект термодеструкции, что позволяет повысить степень радикальности операции при опухолях, удаление которых сопряжено с риском травматизации “критических” структур мозга.

С учетом неравнозначных по эффективности возможностей применения различных видов лазерного излучения мы разработали комбинированные методы лазерного воздействия на опухоль, включающие метод симультанного (Патент Украины № 59022А) и сочетанного (Патент Украины № 59008А) использования излучения углекислотного и АИГ-неодимового лазеров (рис. 5,6 цветной вкладки). Применение методов симультанного и сочетанного воздействия лазерным излучением различной длины волны обеспечивает качественно новый уровень проведения оперативного вмешательства при глиомах головного мозга с учетом степени их злокачественности и локализационных характеристик, расширяет возможности используемых лазерных средств проведения операции, позволяет провести операцию в соответствии с планируемым объемом, учитывая возникающие в процессе удаления опухоли хирургические ситуации [13,14,44].

Необходимо подчеркнуть следующие основные особенности и преимущества проведения хирургических вмешательств при глиомах головного мозга с применением современных лазерных технологий. При проведении операции высокоэнергетическое лазерное излучение (визуально управляемое по излучению гелий-неонового пилот-лазера) используют в виде своеобразного прецизионного микрохирургического инструмента, позволяющего снизить травматичность операции при расположении опухоли в области жизненно важных и функционально значимых мозговых структур. Манипулирование лазерным лучом позволяет выпол-

нить операцию бесконтактным способом без механического воздействия на мозговые ткани, кровеносные сосуды, черепные нервы, что в значительной степени снижает травматичность хирургического вмешательства. Лазерный луч не перекрывает операционное поле, обеспечивает прицельную точность и строгую локальность воздействия. Доза лазерного облучения контролируется в реальном масштабе времени и может быть изменена в требуемых для получения ожидаемого результата пределах. С применением высокоэнергетического излучения представляется возможным послойно удалять опухолевую ткань методом лазерной vaporизации. Уникальность эффекта лазерной vaporизации по методологии воспроизводства и преимуществам превосходит другие существующие способы удаления опухолей мозга. В процессе лазерно-хирургического вмешательства возможно проведение непрерывного интраоперационного мониторинга, которому обычно препятствует электромагнитное поле, сопутствующее использованию хирургических электроинструментов. Следует также отметить бактерицидный эффект при воздействии лазерным излучением в операционном поле.

Достоверным показателем эффективности применения лазерных технологий при хирургическом лечении глиом головного мозга, наряду с данными послеоперационного КТ-, МРТ- и ОФЭКТ-исследований, позволяющих судить об объеме удаления опухоли, степени выраженности перифокальных реакций в острый и более поздний послеоперационный периоды, служит сравнительная характеристика качества жизни больных до операции и после ее. Так, например, в случаях интраоперационного использования метода лазерной термодеструкции было установлено, что если до операции преобладали больные (85,4%), тяжесть состояния которых по шкале Карнавского соответствовала  $\leq 60$  баллам, то после операции число таких больных значительно снизилось (42,6%). В то же время процентное соотношение больных с дооперационным индексом по шкале Карнавского, составившим  $\geq 70$  баллов, в результате проведенного хирургического вмешательства увеличилось с 14,6 до 57,4% [6]. В хирургии глиом головного мозга лазерные технологии имеют преимущества по сравнению с традиционной микрохирургической техникой удаления опухоли, ультразвуковой аспирацией и криохирургическими методами [10,35]. И если в настоящее время отсутствуют методы, обеспечивающие полное излечение больных с глиомами головного мозга, то возможность обеспечить качество жизни больных реализуется посредством применения лазерных технологий.

**Выводы.** Современный арсенал лазерных технологий, используемых в нейрохирургии,

позволяет обеспечить качественно новый уровень хирургического лечения больных с глиомами головного мозга. Лазерно-микрочирургическое удаление и ИЛТД опухоли относятся к прогрессивным методам хирургической нейроонкологии. Оптимизация лазерных методов удаления глиом мозга базируется на дифференцированном применении как существующих лазерных технических средств проведения хирургического вмешательства, так и разработанных высокоэффективных способов интраоперационного лазерного воздействия на опухолевую ткань. Необходимость дифференцированного подхода к применению лазерных технологий обусловлена разнообразием локализации, размерами, топографией направления роста и распространения опухоли, характером вовлечения в опухолевый процесс функционально значимых и жизненно важных мозговых структур, степенью злокачественности и выраженностью васкуляризации удаляемой глиомы. Дифференцированное избирательное, сочетанное и симультанное использование высокоэнергетического излучения углекислотного и АИГ-неодимового лазеров позволяет провести оперативное вмешательство в адекватном объеме с обеспечением качества жизни больных.

#### Список литературы

1. Бидненко В.Н., Сигал В.Л., Розуменко В.Д. Механизмы разрушения опухолевой ткани при фотодинамической терапии // II съезд биофизиков России (Москва, 1999): Тез. докл.—М., Т.2, 1999.—С.648.
2. Бидненко В.Н., Сигал В.Л., Розуменко В.Д. Оценка для интраоперационного выбора и контроля режимов интерстициальной термотерапии опухолей мозга // Доп. НАН України. — 2001. — №1. — С.104–109.
3. Бидненко В.Н., Сигал В.Л., Розуменко В.Д. Эффекты локальной гипертермии при фотодинамической терапии опухолей мозга // Доп. НАН України.—1999.—№10.—С.181–185.
4. Зозуля Ю.А., Ромоданов С.А., Розуменко В.Д. Лазерная нейрохирургия.—К.:Здоров'я, 1982. — 168 с.
5. Климов С.В. Применение лазеров в хирургии // Медицина Украины.—1996.—№1.—С.26–29.
6. Лазерная термодеструкция глиом головного мозга различной степени анаплазии: хирургические аспекты и послеоперационная реабилитация / Розуменко В.Д., Тяглый С.В., Курдюкова А.П., Отман О. // Материалы XVII Междунар. конф. Применение лазеров в медицине и биологии (21–23 мая 2002 г.). — Х., 2002. — С. 8–9.
7. Макеев С.С., Розуменко В.Д., Хоменко А.В. Применение ОФЭКТ с использованием  $^{99m}\text{Tc}$ -МИБИ для динамического обследования больных с глиомами головного мозга на этапах проводимого лечения // Укр. нейрохірург. журн. — 2001. — № 4. — С. 71–75.
8. Морфологічно-функціональні зміни мозку при дії випромінювання високоенергетичних вуглекислотного, неодимового-АІГ та гольмієвого лазерів / Носов А.Т., Розуменко В.Д., Семенова В.М., Медяник І.О. // Бюл. Укр. Асоц. Нейрохірургів.— 1998.—№5.— С.136–137.
9. Морфологическое обоснование применения метода лазерной термодеструкции в нейроонкологии / Розуменко В.Д., Семенова В.М., Носов А.Т. и др. // Укр. нейрохірург. журн. — 2003.— №2. — С.27–32.
10. Прогнозирование результатов хирургического лечения глиальных супратенториальных глубинных опухолей с использованием лазерной техники / Розуменко В.Д., Главацкий А.Я., Чепкий Л.П., Хоменко А.В. // Актуальні проблеми лазерної медицини, ендоскопічної хірургії та гінекології: Матеріали наук.-практ. конф. (29–30 жовт. 1999 р., м. Одеса). — Б-ка Одеського мед. журн. — Додаток до № 5(55). — 1999. — С. 116–118.
11. Розуменко В.Д., Сігал В.Л., Хоменко О.В. Шляхи підвищення ефективності лазерної інтерстиціальної терапії пухлин мозку: нові розробки та їх реалізація // Укр. нейрохірург. журн. — 2001. — № 1. — С. 42–50.
12. Розуменко В.Д., Хоменко А.В., Отман О. Методологические аспекты лазерной термодеструкции внутримозговых опухолей // Матеріали III з'їзду нейрохірургів України. — Крим, Алушта (23–25 вересня 2003 року). — К., 2003. — С.94
13. Розуменко В.Д., Хоменко О.В., Отман О. Спосіб лазерно-мікрохірургічного видалення внутрішньомозкових пухлин півкуль великого мозку // Деклараційний патент на винахід № 59022А. — 2003.
14. Розуменко В.Д., Хоменко О.В., Отман О. Спосіб лазерно-мікрохірургічного видалення внутрішньомозкових пухлин півкуль великого мозку // Деклараційний патент на винахід № 59008А. — 2003.
15. Сигал В.Л., Андрусич А.А. Непрямые тепловые измерения кровотока тканей для новейших медицинских технологий // Рос. журн. биомеханики. — 1999. — Т.1, № 2. — С. 20–21.
16. Сигал В.Л., Бидненко В.Н. Механизм разрушения опухолевой ткани при локальной гипертермии // Вестн. новых мед. технологий. — 2000. — №4. — С. 105–106
17. Сигал В.Л., Бидненко В.Н., Розуменко В.Д. Математическая модель фотодинамической терапии и интерстициальной лазерной термодеструкции внутримозговых опухолей // Бюл. УАН. — 1998. — Вып.5. — С.130 — 131.
18. Сігал В.Л., Розуменко В.Д., Бідненко В.М. Спосіб інтраопераційного вибору оптимального режиму проведення локальної гіпертермії і термотерапії та визначення ступеня деструкції пухлинних тканин // Патент України № 99021102.— 1999.
19. Технология метода лазерной термодеструкции внутримозговых опухолей / Розуменко В.Д., Семенова В.М., Носов А.Т. и др. // Укр. нейрохірург. журн. — 2001.—№2. — С.38.
20. Bahary J.P. , Larson D.A. Radiotherapy, hyperthermia and phototherapy for central nervous system tumors // Curr. Opin. Oncol.— 1992.—V.4.—P.515–517.

21. Beacco C., Mordon S., Brunetaud S.M. Developement and experimental in vivo evaluation of mathematical modelling of coagulation by laser // SPIE. — 1992. — V. 1646. — P. 139.
22. Beck O.J., Frank F., Keiditsch E. et al. Clinical and experimental study on the extention of Nd—YAG laser applications in neurosurgery // Laser in Med.Chir.—1985.—V.1.—P.13—18.
23. Brown T. E., True C., Mclaurin R. et al. Lasez radiation. Acute effects on cerebral cortex // Neurology.— 1966. — V.16. — P. 730 — 737.
24. Earle K. M., Carpenter S., Roessmann U. et al. Central nervous system effects of laser radiation // Ref. Proc. — 1965.— V. 24. — P. 129 — 142.
25. Fedman H.J., Molls M. et al. Blood flow and steady state temperatures in deep seated tumors and normal tissues // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. — 1992. — V. 3, № 5. — P.1003 — 1008.
26. Fox J. L., Hayes J. R., Stein M. N., Green R. C. Effects of laser radiation on intracranial structures // Proc. 3rd Int. Congr. Neurol. Surg. — Amsterdam: Ezperta Med., 1966. — P. 552 — 554.
27. Fox J. L., Stein M. N., Hayes J. R. Laser and their neurosurgical applications // Military Med. — 1966. — V.131, №6. — P.493 — 498.
28. Gamache F.W., Morgello S. The Histopatological effect of the CO2 versus the KTP laser on the brain and spinal cord: a canine model //Neurosurgery.—1993.—V.32.—P.100—104.
29. Goebel K.R. Fundamentals of laser science//Acta Neurochirurgica.—1994.—V.61.—Suppl.—P.20—33.
30. Hayes J. R., Fox J. L., Stein M. N. The effects of laser irradiation on central nervous system. 1. Preliminary studies // J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. — 1967. — V. 26. — P. 250.
31. Jain K.K. Handbook of laser neurosurgery.— Springfield:C.C.Thomas.—1983.—147 p.
32. Korbelik M. Photosensitizers in photodynamic therapy // Period. Biol. — 1991. — V.93. — P.563 — 574.
33. Krishnamurthy S., Powers S.K. Lasers in Neurosurgery // Lasers in Surgery and Medicine.— 1994.—V.15.—P.126—167.
34. Liss L., Roppel R. Histopathology of laser-produced lesions in cat brains // Neurology. — 1966. — V. 16. — P. 783 — 790.
35. Lombard G.F., Luparello V., Peretta P. Statistical comparion of surgical results with or without laser in neurosurgery // Neurochirurgie. — 1992. — V.38, № 4. — P. 226—228.
36. Mang T.S. Combination studies of hypertemia induced by the Nd:YAG laser as an adjuvant to photodynamic therapy // Laser Surg. Med. — 1990. — V.10, №2. — P. 173—178.
37. Martiniuk R., Bauer J.A., Mc Keen J.D. et al. New longwave length Nd:YAG laser at 144 micron: effect on brain //J.Neurosurg.—1989.—V.70.— P.249—256.
38. Noske D.P., Wolbergs J.G., Sterenborg H.J. Photodynamic therapy of malignant glioma. A review of literature // Clin. Neurol. Neurosurg. — 1991. — V.93. — P.293 — 307.
39. Robertson J.H. Carbon dioxide laser in neurosurgery // Neurosurgery.—1982.—V.10.—P.780.
40. Rossomoff H. L., Carroll F. Effect of laser on brain and neoplasm // Surg. Forum. — 1965. — V. 16. — P. 431 — 433.
41. Rossomoff H. L., Carroll F. Reaction of neoplasm and brain laser // Arch. Neurol. — 1966. — V. 14, №2. — P.143 — 148.
42. Rozumenko V.D., Khomenko O.V., Mosiychuk S.S. Laser thermodestruction of the lager brain hemispheres malignant gliomas // Fourth Black Sea Neurosurgical congress (11–14 June, 2003).— Chisinau. Republic of Moldova. — P. 82–83.
43. Rozumenko V.D., Khomenko O.V., Othman O., Mosiychuk S.S. Interoperation selective thermodestruction of supratentorial glial brain tumors with median distribution // Fourth Black Sea Neurosurgical congress (11–14 June, 2003).— Chisinau. Republic of Moldova. — P. 81–82.
44. Rozumenko V.D., Othman O., Mosiychuk S.S. Microsurgery of cerebral glioma with application CO2 and Nd-YAG laser // Fourth Black Sea Neurosurgical congress (11–14 June, 2003).— Chisinau. Republic of Moldova. — P. 91–92.
45. Saunders M.L.,Young H.F., Becker D.P. et al. The use of the laser in neurological surgery //Surg. Neurol.—1980.—V.14.—P.1—10.
46. Stellar S. A study of the effects of laser light on nervous tissue // Proc. 3rd Int. Congr. Neurol. Surg. — Copenhagen, 1965.— P. 542 — 551.
47. Stellar S., Polanyi T.G., Bredemeier H.C. Experimental studies with the carbon dioxide laser as a neurosurgical instrument // Med. Biol. Engng. — 1970. — V 8. — № 6. — P. 549–558.
48. Walker M.L., Storrs B.B. Lasers in pediatric neurosurgery // Pediatr.Neurosc.—1985.—V.86.— P.23–30.
49. Zamorano L., Chavantes C., Dujovny M. et al. Endoscopic laser stereotaxis (E.L.S.): indication for cystic or intraventricular lesions // SPIE.— V.1200.—P.253–271.

#### Диференційоване застосування лазерних технологій в хірургії гліом півкуль великого мозку

Розуменко В.Д., Отман О.

Розглянуто питання підвищення ефективності хірургічного лікування хворих з гліальними пухлинами півкуль великого мозку шляхом застосування лазерного випромінювання. Розроблено нові прогресивні методи лазерних операцій при пухлинному ураженні головного мозку. Диференційований підхід до застосування лазерних технологій забезпечує адекватність проведення хірургічного втручання та післяопераційну якість життя хворих.

#### Differentiated utilizing of laser technologies in the surgery of cerebral hemisphere gliomas

Rozumenko V.D., Othman O.

The problems related to increased efficiency of surgical treatment of patients with cerebral hemisphere glial tumors by means of laser irradiation were discussed on the basis of clinical research data. There have been elaborated new advanced technologies in the sphere of surgical treatment of cerebral tumors. Differentiated method of laser technologies utilizing provides an adequacy of surgical operation and post-operational quality of life.

---

**Комментарий**

**к статье Розуменко В.Д. и Отман О. «Дифференцированное применение лазерных технологий в хирургии глиом полушарий большого мозга»**

Вопросы повышения эффективности хирургического лечения глиальных опухолей полушарий большого мозга остаются актуальными уже многие годы. С одной стороны, это связано с частотой инвалидизации пациентов после радикальных удалений опухолей, локализующихся в функционально значимых областях мозга. С другой стороны, злокачественный характер значительной части глиом, не радикальный объем операций приводят к малой продолжительности жизни больных, несмотря на комбинированные методики лечения. В статье авторы рассматривают аспекты дифференцированного применения лазерных технологий в хирургии глиом полушарий большого мозга, которые могут повысить эффективность хирургических манипуляций. Работа является продолжением многолетних исследований клиники внутримозговых опухолей Института нейрохирургии АМН Украины по применению лазерных технологий в клинической нейроонкологии, начатых еще в 80-е годы. Накоплен большой и уникальный материал — 186 оперированных больных с применением углекислотного и неодимового лазеров. Показаны возможности и преимущества лазерных технологий при удалении опухолей в функциональных зонах и медианных структурах мозга. Особенно интересны методики симультантного и сочетанного применения лазерного излучения различной длины волны и мощности, что позволило авторам рекомендовать их дифференцированное применение в зависимости от степени злокачественности опухоли, ее кровоснабжения и локализации. К сожалению, в статье использован лишь один критерий эффективности применения лазерных технологий — качество жизни больных. Безусловно, качество жизни — важный критерий, но его оценка без учета объема операции, длительности безрецидивного периода, продолжительности жизни значительно снижает достоверность оценки результатов.

Один из авторов статьи (Розуменко В.Д.) является пионером использования лазерных технологий в нейрохирургии в лечебных учреждениях Украины. Накопленный огромный опыт автора позволяет дать важные практические рекомендации, что делает статью интересной для специалистов.

*Профессор Ю.А. Орлов  
руководитель клиники детской нейрохирургии  
Института нейрохирургии им.акад.А.П.Ромоданова АМН Украины*



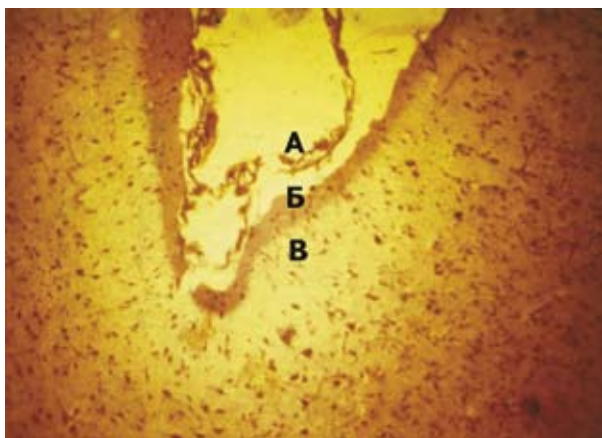


Рис. 1. Воздействие лучом углекислотного лазера на мозг кролика в эксперименте. Клиновидная форма раны. Ткань мозга. Ув.100. А — зона коагуляционного некроза. Б — зона некробиоза. В — зона отека

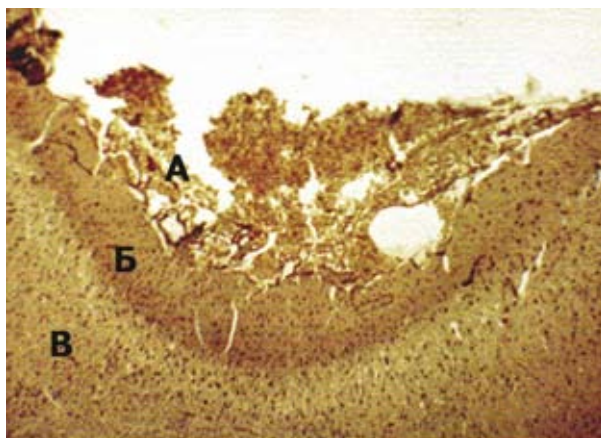


Рис. 2. Воздействие лучом АИГ-неодимового лазера на мозг кролика в эксперименте. Ладьевидная форма раны. Ткань мозга. Ув.100. А — зона коагуляционного некроза. Б — зона некробиоза. В — зона отека

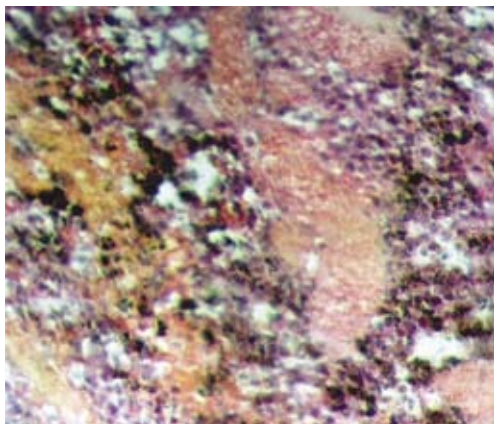


Рис. 3. Гистоструктура глиомы (штамм 101.8) после лазерного облучения АИГ-неодимовым лазером. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 200. Очаг некроза и некробиоза с глыбками обугленных частиц

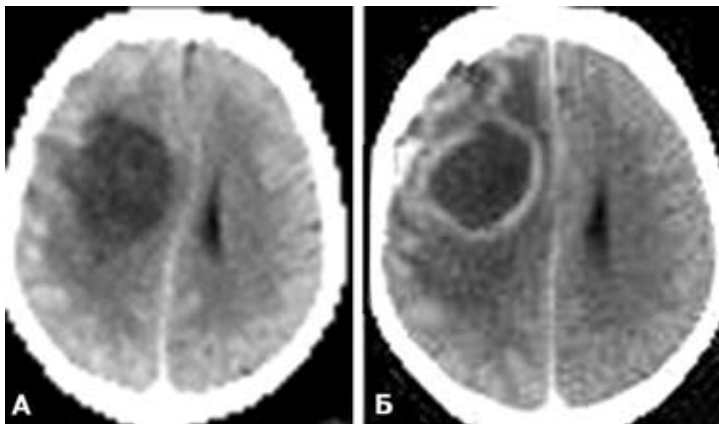


Рис. 4. Анапластическая астроцитома лобной доли (А — компьютерная томограмма до операции; Б — компьютерная томограмма через 1 сут после удаления опухоли с применением метода лазерной термодеструкции: концентрическая зона постлазерного некроза)



Рис. 5. Этап лазерного удаления глиальной опухоли. Комбинированное воздействие излучением углекислотного и АИГ-неодимового лазеров



Рис. 6. Мозговое ложе после удаления глиальной опухоли с применением излучения углекислотного и АИГ-неодимового лазеров