

Смоленов Е.И., Рагулин Ю.А.

Лазеры в торакальной хирургии

Smolenov E.I., Ragulin Y.A.

Lasers in thoracic surgery

Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Федеральный медицинский исследовательский центр имени П.А. Герцена» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Обнинск

Использование лазеров в торакальной хирургии обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами воздействия на легочную ткань, это особенно важно при резекции множественных метастазов. В обзоре литературы представлены клинические и экспериментальные данные по применению наиболее часто используемых хирургических лазеров при операциях на легких. Отдельно приведены сведения о современных возможностях лазеров в торакокопии. В данном обзоре рассмотрены виды лазерного воздействия, используемые при эндоскопической терапии эндобронхиальных опухолей. Чаще всего это паллиативный метод, увеличивающий продолжительность жизни пациентов со злокачественным эндобронхиальным поражением, улучшающий их соматический статус и качество жизни. Для расширения спектра возможностей торакальных хирургов и онкологов необходимо продолжение исследования особенностей воздействия лазеров на ткани организма. *Ключевые слова:* лазер, торакальная хирургия.

Lasers in thoracic surgery have some advantages if to compare with other techniques applied in pulmonology. It is specifically effective for the resection of multiple metastases. The article presents clinical and experimental information on lasers most frequently used in thoracic surgery. A separate part of the article is devoted to modern possibilities of lasers in thoracoscopy. The authors also discuss all laser applications for curing endobronchial tumours. Most often, it is a palliative cure which prolongs the life of patients with malignant endobronchial lesions as well as improves their somatic status and quality of life. To extend the range of possibilities for thoracic surgeons and oncologists, further researches on peculiarities of laser light interaction with organism and pulmonary tissues and on the frequency of laser light exposures are needed. *Key words:* laser, thoracic surgery.

В последние десятилетия в арсенале торакальных хирургов появилось множество способов воздействия на легочную ткань, таких как электрокоагуляция, термо- и криоабляция, лазерное излучение и др., но, как и прежде, при резекции легкого чаще всего используют механические сшивающие аппараты. Данный метод обеспечивает достаточный аэрогемостаз и гемостаз механическим сдавлением, но имеет существенный недостаток, обусловленный необходимостью удаления большого объема легочной ткани. Из-за больших объемов резекции использование механических сшивающих аппаратов не является оптимальным при метастазэктомии, особенно в случаях множественного поражения.

Метастазирование в легкие является одним из основных путей прогрессирования злокачественных опухолей, значительно снижающим качество жизни пациента и выживаемость. Часто легочная ткань поражается при злокачественных опухолях почек [23], желудочно-кишечного тракта [6], саркомах костей и мягких тканей [21]. Несмотря на то что метастазэктомия в первую очередь стоит воспринимать как паллиативный метод лечения, данный объем операции позволяет повысить общую выживаемость, не ухудшая качества жизни пациента [15]. В большинстве своем удаление метастазов легкого не относят к анатомическим резекциям, поэтому основная цель данных операций – удаление опухоли с сохранением основной части паренхимы легкого. В последние десятилетия показания к использованию хирургии при метастатическом поражении легочной ткани расширились, в том числе и при множественных очагах в легких.

Физиологическими особенностями легочной ткани являются ее «насыщенность» водой, низкая плотность

структур, а также содержание воздуха. Эти особенности обеспечивают возможность применения лазеров в торакальной хирургии. Основное преимущество их использования заключается в максимальной сохранности легочной ткани. Так, по результатам исследований A. Rolle et al., при метастазэктомии неодимовым иттрий-алюминиевым-гранат (Nd:YAG)-лазером с длиной волны 1318 нм одного очага размером 2,5 см объем резецируемой ткани составляет 27 см³ (при расстоянии в 5 мм от края метастаза), при классической лобэктомии объем составляет 170 см³ [18]. Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что использование лазера дает хирургу возможность удаления метастазов прецизионно с максимальным сохранением легочной ткани. Этот фактор позволяет снизить планку селекции пациентов на хирургическое лечение по количеству и размерам метастазов в легком. В этой связи стоит отметить, что двусторонний процесс не является абсолютным противопоказанием к метастазэктомии с помощью лазера.

Излучение всех лазеров характеризуется общими особенностями, несмотря на их многообразие, – монохроматичностью, когерентностью (согласованностью) и коллимированностью («параллельностью» пучка). Это позволяет высокой световой энергии концентрироваться на небольшом объеме и оказывать на живые ткани различные эффекты (термические, биологические и др.) [2]. Все эти факторы позволили врачам-исследователям найти лазерам свое применение почти в каждой области медицины. Луч хирургического лазера вызывает повреждение и/или гибель живой ткани, а при достаточно высокой энергии – ее абляцию. Под термином «абляция» понимают ликвидацию субстрата непосредственно под действием на него фотонов лазерного излучения.

СО₂-лазер

Первое упоминание лазеров в клинической торакальной хирургии при открытых операциях датируется 1985 г., когда LoCicero et al. начали использовать СО₂-лазер с длиной волны 10,6 мкм [12]. Его излучение в режиме абляции, что соответствует плотностям мощности >50 кВт/см², интенсивно поглощается молекулами воды в тканях. По этой причине происходит быстрый разогрев воды и окружающих неводных компонентов. Из-за взрывного испарения тканевой воды и выхода пара происходит образование абляционного кратера. По причине быстрого удаления тканевых структур и выхода большей части тепловой энергии из кратера глубина термических повреждений незначительна и составляет около 50–100 мкм. Стоит отметить, что часть расплавленных тканей образует слой с одинаковой толщиной вокруг кратера и от него происходит передача тепла на ткани, находящиеся за пределами «зоны выпаривания». Толщина данного слоя уменьшается с повышением мощности, и наоборот. Так, при снижении мощности процесс абляции затягивается и не происходит диссеминации раковых клеток за пределы разреза. Как пример изменения плотности мощности излучения – дефокусировка луча для снижения интенсивности воздействия. Одним из главных значений при работе СО₂-лазера является энергетическая характеристика импульса, а точнее, его пиковая мощность. Использование наибольшего импульса обеспечивает достаточную абляцию при минимальных термических повреждениях.

Что касается практического применения различных лазеров, то их используют (особенно часто – СО₂- и Ho:YAG-лазеры) для манипуляций на тканях с большим количеством жидкости. Исходя из механизма действия, эти лазеры рационально применять для хирургических операций, требующих эффективной абляции при минимальном термическом повреждении, в частности на мышечной ткани, кожных покровах, ткани мочевого пузыря, тканях женских и мужских половых органов, при некоторых опухолях. При кровотечениях толщина термически коагулированной ткани может оказаться слишком незначительной для надежного гемостаза. Для преодоления этого недостатка производят обработку источника кровотечения расфокусированным лучом. Радикальным решением данной проблемы является использование сконструированного недавно комбинированного инструмента, в котором облучение проводят одновременно нацеленными на ткань лучами СО₂- и Nd:YAG-лазеров. Первый из лазеров при этом работает как эффективный скальпель, а второй обеспечивает гемо- и аэростаз.

Таким образом, при достоинствах СО₂-лазера, таких как эффективная абляция и незначительные по объему термические повреждения, у него есть недостатки, указанные ранее, – недостаточность фокусированного луча для обеспечения полного аэростаза и гемостаза. Также данные аппараты не имеют достаточного проникающего эффекта для легочной ткани, поэтому СО₂-лазер практически не применяют в торакальной хирургии. К негативным сторонам данного лазера также относится непрерывность его работы (хотя сконструирован СО₂-лазер с суперимпульсным режимом, но мощность

импульсов превышает среднюю мощность непрерывного режима в несколько раз), дороговизна и «чувствительность» световодов.

Nd:YAG-лазер

Практически одновременно с СО₂-лазером в ряде медицинских центров начали изучать и Nd:YAG-лазер. Первым, кто начал рассматривать возможность использования Nd:YAG-лазера в торакальной хирургии, является А. Rolle. Первые его публикации были посвящены аппарату с длиной волны 1064 нм, работающему в непрерывном режиме при мощностях до 100 Вт. При облучении легочной ткани указанным лазером энергия поглощается в неводном компоненте, а поглощение в воде незначительно. Проникающее излучение данного лазера в легочную ткань достигает 8 мм. Коэффициент поглощения белков возрастает при денатурации из-за нагревания облучаемой ткани, а при продолжающемся разогревании этот показатель увеличивается за счет карбонизации облучаемой поверхности. Поэтому для данного вида излучения характер воздействия на ткань резко изменяется во времени, причем коэффициент поглощения нарастает, а глубина проникновения луча в ткань соответственно падает. В связи с указанным у Nd:YAG-лазера выделяют несколько этапов воздействия на легочную ткань: абляция происходит на последних этапах вследствие значительного рассеивания тепла. Если контакт лазера с легочной тканью прерывается на этапе субабляции, то испарения субстрата не происходит. Стоит отметить, что при увеличении мощности излучения глубина некроза снижается, но увеличивается скорость наступления абляции, и наоборот. Это приводит к коагуляции без удаления тканей, что снижает термические повреждения в более глубоких слоях легочной паренхимы.

Если рассматривать контактный вариант воздействия лазером, то глубина некроза также уменьшается по причине увеличенной мощности и разогрева наконечника световода, большая часть энергии уходит за границы очага коагуляции. Также сложность контактного воздействия заключается в необходимости постоянного соприкосновения световода с облучаемой тканью для эффективной абляции. Данный вид воздействия лазера в основном применяется при эндоскопических операциях (например, для реканализации просвета бронхов), неконтактный вид облучения из-за низкой скорости абляции и вероятного риска глубоких термических поражений практически не используют.

Для Nd:YAG-лазера с длиной волны в 1064 нм характерен низкий уровень поглощения излучения в воде при незначительном его поглощении в остальных тканевых компонентах. Вся поглощенная энергия при этом превращается в тепло, которое при относительно продолжительной экспозиции объекта и/или высокой мощности приводит к абляции. Варьируя плотность мощности применением контактного или дистанционного воздействия, хирург может работать в субабляционном (коагуляция различных патологических тканей, гемостаз, сваривание тканей), абляционном (рассечение тканей) или смешанном (рассечение в контактном режиме, а при необходи-

мости форсированный гемостаз путем дистанционного облучения) режимах. При этом может быть достигнут оптимальный клинический эффект, то есть ликвидация патологических образований при хорошем гемостазе и минимально возможном повреждении здоровых тканей, чрезмерная травма которых осложняла бы и удлиняла заживление послеоперационной раны [16]. Неодимовый лазер имеет малую степень рассеивания, вследствие чего его проникающий эффект выше CO_2 -лазера, также Nd:YAG-лазер может проникать через кровь и внутриклеточную жидкость, что обеспечивает достаточный гемостаз и уменьшает время операции вследствие отсутствия необходимости дополнительного достижения аэрогемостаза.

С целью изменения длины волны до 1318 нм и увеличения КПД неодимового лазера в конструкцию аппарата были внесены поправки: выполнен разворот кристалла, разработаны проводящие световоды (из-за увеличенного поглощения воды при данной длине волны), разработаны проводящие волокна для уменьшения потери энергии, изменения оптической системы. Начиная с 1988 г. группа ученых в Германии работает над созданием Nd:YAG-лазера с длиной волны в 1318 нм и показывает результаты сравнительного исследования неодимовых лазеров с длинами волн в 1064 нм и 1318 нм, в котором описывают превосходство лазера с длиной волны 1318 нм в режущих и коагулирующих свойствах на легочной ткани [16]. Длина волны 1318 нм обладает более высокой степенью поглощения (в 10 раз) в воде, в то же время световой волны достаточно для обеспечения достаточной режущей функции и коагуляции, хотя у лазера с длиной волны 1064 нм она выше. Также стоит отметить, что при микроскопическом исследовании области удаленного метастаза действием лазера с длиной волны 1318 нм определяются 3 зоны: зона выпаривания (центральный кратер испаренной ткани), за ней следует зона коагуляции, затем – венчик гиперемии. При аналогичном исследовании при длине волны 1064 нм видны лишь две зоны – плоский центральный кратер выпаривания и зона гиперемии [17]. Указанный факт демонстрирует лучшую герметизацию легочной ткани и сосудов Nd:YAG-лазером с длиной волны в 1318 нм, что объясняется высокой коагуляционной способностью воздействия, приводящего к сморщиванию паренхимы легкого. К негативной стороне использования данного лазера относят необходимость обеспечения системы эвакуации дыма, так как во время воздействия на легочную ткань происходит быстрое испарение и интенсивное задымление.

Перечисленные качества лазера наиболее выигрышны при удалении метастазов паренхимы легкого. Последующая разработка специализированных кварцевых волокон открыла возможность использования лазеров в торакоскопической хирургии и эндоскопии.

В исследовании A. Rolle et al. с 1996-го по 2003 г. у 328 пациентов (у 93% была выполнена метастазэктомия излучением лазера и у 7% – лобэктомия или бронхоангиопластическая операция из-за распространенности опухоли) при полном удалении всех патологически измененных очагов 5-летняя выживаемость составила 41%

(по результатам гистологических исследований у 22% пациентов были доброкачественные образования), при этом среднее число удаляемых метастазов составляло около 8 на пациента. Неполное удаление сопровождалось значительно худшими результатами: 5-летняя выживаемость составила лишь 7%. По статистике, приводимой в данном исследовании, двусторонний процесс не является абсолютным противопоказанием к оперативному вмешательству. При этом случаев послеоперационной летальности на сроках наблюдения 30 сут не было, среди осложнений отмечены 2 случая длительного отхождения воздуха по дренажам (prolonged airleak), 2 случая внутриплеврального кровотечения и 2 случая пневмоторакса на 4-й и 6-й нед. после операции (при дальнейшем наблюдении пневмоторакса не было) [18].

Следует отметить, что несмотря на то что данный вид лазера и обеспечивает аэро- и гемостаз, большинство хирургов все-таки ушивают дефект легочной ткани. В экспериментальном исследовании на животных A. Kirschbaum et al. хотели определить, какой из двух генераторов лазерного излучения – Nd:YAG-лазер LIMAX® 120 или монополяр Maxium® – меньше травмирует легочную ткань. Исследование проводили на умерщвленных свиньях. Выходная мощность монополяра и лазера составила 100 Вт. Эксперименты проводили при трех различных рабочих скоростях: 5, 10 и 20 мм/с. Легочную ткань исследовали гистологически и на МРТ для определения микроскопического повреждения. По результатам МРТ-исследования: в легочной ткани, прилежащей к краям резекции, выявлено увеличение интенсивности сигнала на МРТ после выполнения резекции с монополярном, что расценивали как термическое повреждение тканей. При лазерной резекции никаких изменений на МРТ не выявлено. Гистологически было обнаружено, что лазер повреждает легочную ткань только по ходу своего воздействия, а монополяр вызывает существенное разрушение прилегающей ткани. Если расстояние воздействий составляет порядка 1 см друг от друга, лазерное излучение воздействует деликатно, не оставляя микроскопических или макроскопических изменений в прилегающей легочной ткани, сохраняя ее функциональность. Коагуляция монополярном характеризуется неравномерностью всей раны с недостаточной глубиной проникновения, что повышает риск возникновения кровотечений [9]. Таким образом, авторы делают вывод, что монополяр вызывает больший дефект легочной ткани по сравнению с лазером. Указанный факт особенно критичен при близком прохождении линии резекции к опухоли, а лазер позволяет четко очерчивать границы резекции легочной ткани.

В другом своем исследовании A. Kirschbaum et al. показали, что можно обойтись и без дополнительной плевризации дефектов, но с вниманием относиться к работе на структурах, расположенных близко к корню легкого [10]. S. Bolukbas et al. считают, что в силу маленькой выборки и неописанной техники воздействия лазера на легочную ткань свиней такие выводы делать пока рано и необходимо продолжить эксперимент [4], P. Scanagatta et al. предложили использовать собственную жировую ткань (AFT) для замещения дефекта легкого [19].

Тулиевый лазер

G. Marulli et al. провели исследование, в котором сравнили эффективность обработки междолевой щели тулиевым лазером с длиной волны 2010 нм, мощностью 40 Вт и сшивающими аппаратами. По сравнению с группой «механического» шва в равноценной группе лазерной резекции отмечены более короткие сроки отхождения воздуха и постановки дренажей, меньший период нахождения больных в стационаре и низкая частота послеоперационных осложнений. Авторы отмечают значительную экономическую выгоду использования лазера, хотя продолжительность операции больше при его применении (197 ± 34 мин против 158 ± 41 мин, $p = 0,004$). Исследователи делают вывод, что использование лазерной резекции эффективно и сравнимо с механическим швом, что позволяет в большинстве случаев отказаться от последнего [13]. Однако P. Scanagatta et al. показали недостаточный эффект аэро- и гемостаза у тулиевого лазера при выполнении анатомических резекций у больных с неполной выраженностью междолевой щели. Тридцать восемь пациентов были отнесены к группе А, где применялся тулиевый лазер с длиной волны 2010 нм (32 лобэктомии, 6 сегментэктомии), и 34 – к группе Б, где была анатомическая резекция с применением сшивающих аппаратов (31 лобэктомия, 3 сегментэктомии). 30-дневной смертности не наблюдалось. Среднее время оперативного вмешательства составило 145,0 мин в группе А и 142,5 мин в группе В. Медиана времени до удаления дренажей – 5 дней и 4 дня соответственно, в то время как средний показатель койко-дня был 7 дней. Поздний пневмоторакс развился у 3 пациентов группы А (у 1 выполнена торакотомия). В проведенном исследовании авторы не продемонстрировали экономических преимуществ применения лазера, указав на повышенный риск послеоперационных осложнений [20].

Применение лазеров при торакоскопии

Уникальные характеристики лазеров создали предпосылки для внедрения в эндоскопическую хирургию. В опубликованных данных R.J. Keenan et al. приводятся сведения о проведении видеоассистированных торакоскопий с использованием неодимового-иттриевого-алюминиевого лазера у 79 больных с января 1991 г. Чаще всего выполняли резекцию легочной паренхимы. Последующее гистологическое исследование показало злокачественный характер образований у 59 пациентов (32 первичных и 27 метастатических опухолей), доброкачественные образования у 11 пациентов, интерстициальные процессы у 7, гранулематозы в двух случаях. Тридцати девяти больным проведены резекции с помощью Nd:YAG-лазера, в 40 случаях была использована комбинация лазерного воздействия и эндоскопические сшивающие аппараты. У 15 из 32 больных с первичным злокачественным процессом легкого были произведены открытые анатомические резекции. Авторы показали, что Nd:YAG-хирургический лазер является безопасным и эффективным методом для удаления легочных новообразований при видеоторакоскопии. Он может быть использован в качестве основного инструмента резекции или в качестве дополнения к эндоскопическим методам

сшивания с целью обеспечения оптимального сохранения легочной ткани и предотвращения избыточной травматизации легкого [7]. Стоит отметить, что время операции при VATS с применением лазера было больше, при этом не отмечено никаких различий в длительности послеоперационного периода и частоте послеоперационных осложнений [8].

T.G. Lesser [11] в своем клиническом исследовании показал, что в легочной хирургии допустима торакоскопическая резекция легочных образований под местной анестезией. В период с сентября 2009 г. по июнь 2010 г. у 28 пациентов выполнено удаление субплевральных очагов с использованием лазерного скальпеля под местной анестезией. В раннем послеоперационном периоде смертности не отмечено. Удалялись образования со средним размером около $0,9 \pm 0,2$ см. При сравнении результатов использования лазера под местной анестезией и при наркозе срок госпитализации составил $2,3 \pm 0,9$ против $3,2 \pm 0,6$ дня соответственно ($p < 0,001$). Удовлетворенность результатами среди больных была высокой [14]. Делая выводы, авторы отмечают, что применение лазера при торакоскопии под местной анестезией уменьшает затраты на нахождение пациентов в стационаре.

Лазеры в бронхоскопии

Nd:YAG-лазер является самым используемым при эндобронхиальной лазерной деструкции и демонстрирующим хорошие клинические результаты [3, 23]. Однако, как уже ранее говорилось, неодимовый лазер имеет некоторые негативные стороны, которые затрудняют его применение при внутрипросветных вмешательствах. Эндоскопически Nd:YAG-лазер используется в контактном режиме, поэтому увеличивается мощность и разогревается наконечник световода, большая часть энергии уходит за границы очага коагуляции и уменьшается глубина некроза. Также необходим постоянный контакт лазера с опухолью для абляции. С другой стороны, М.Л. Гельфонд и соавт. в 1996 г. показали преимущества Nd:YAG-лазера при эндоскопической лазерной деструкции при раке легкого. Авторы продемонстрировали эффективность контактного метода: даже при невозможности одномоментного и полного удаления опухолевого процесса процедуру удаления можно повторить через несколько дней. При этом исследователи указывают на то, что при контактном методе не происходит деструкции и перфорации стенки бронха и риск поражения неизменной слизистой минимален [1].

Как альтернативу неодимовому YAG-лазеру рассматривают гольмиевый YAG-лазер с длиной волны 2100 нм с поглощением в воде, в 100 раз превышающим неодимовый лазер. Он схож с CO₂-лазером по механизму внутритканевой активности. Воздействие происходит непосредственно через облучаемую ткань и без значительных термических ожогов окружающих структур. Глубина проникающего излучения составляет 0,4 мм (у CO₂-лазера около 0,1 мм, у неодимового – от 6 до 8 мм), поэтому воздействие на образование можно отследить визуально интраоперационно. Также данный вид лазера обеспечивает и достаточный гемостаз для сосудов менее 0,4 мм в диаметре. Гольмиевый лазер,

как и неодимовый, может оснащаться кварцевым оптическим волокном, что позволяет использовать его при эндоскопических вмешательствах через гибкий бронхоскоп. Но преимущество Ho:YAG-лазера в бесконтактном режиме работы.

По опубликованным в 2013 г. результатам исследований J.J. Squiers et al., с 2004-го по 2011 г. 99 больным с трахеобронхиальными обструкциями доброкачественного (45 пациентов) и злокачественного (54 пациента) характера была выполнена эндоскопическая абляция при помощи гольмиевого лазера. В общей сложности была выполнена 261 процедура. Симптоматическое улучшение было достигнуто в 90% у пациентов с доброкачественными образованиями и 77% у пациентов со злокачественными опухолями. Летальные исходы в первые 30 дней отмечены в 18,9% случаев: у 6 пациентов была IV стадия, у 2 пациентов – стадия IIIB, у 2 стадия не уточняется. При 2-летнем наблюдении выживаемость пациентов со злокачественными образованиями в первые 6 месяцев составила 46%, в первый год – 33%, во второй год – 20%. У 14 (25,9%) пациентов потребовалось повторное вмешательство, связанное с размерами опухоли и с повышенным риском перфорации дыхательных путей [22].

В июне 2014 г. W. Gesierich et al. публикуют результаты исследования тулиевого лазера (TmFL), который излучает свет с длиной волны 1940 нм в непрерывном режиме. Эта длина волны совпадает с локальным максимумом в спектре поглощения воды, что приводит к 1000-кратному увеличению коэффициента поглощения в воде по сравнению с Nd:YAG-лазером с длиной волны 1064 нм. В работе авторы представили данные лечения 132 больных, из которых 97 со злокачественными новообразованиями. Всего было проведено 187 бронхоскопий в связи с окклюзией дыхательных путей. При 2 бронхоскопиях лазер был использован для остановки кровотечения в трахео-бронхиальном дереве. Эндоскопическое лазерное лечение хорошо зарекомендовало себя при бронхоскопии за счет достигнутой высокой точности при неконтролируемой коагуляции глубоких тканей (примерно от 1 до 2 мм). Использование TmFL-лазера с длиной волны 1940 нм позволило у 81 больного полностью удалить опухоль, у 82 пациентов достичь глубокого разрушения эндобронхиального компонента опухоли с последующим удалением фрагментов и стентированием. В 11 случаях развилось кровотечение. Кровотечение из опухоли было купировано коагулированием у 28 больных [5]. Авторами показано, что эндобронхиальная терапия тулиевым лазером с длиной волны 1940 нм безопасна и может быть применена для лечения стеноза дыхательных путей и непроходимости стента, вызванного врастанием ткани [18].

Выводы

За последние 30 лет в торакальной хирургии разработаны и внедрены в практику методы применения различных видов лазеров и их модификаций. Прогрессивные технологии лазерной хирургии открыли новые возможности лечения эндобронхиальных и внутрилегочных опухолей. Внедрение лазеров в торакальную онко-

логию позволило повысить общую продолжительность жизни пациентов с метастатическим поражением легких. По результатам проведенных исследований можно уверенно заключить, что эндоскопическое применение лазеров в большинстве случаев позволяет улучшить качество жизни больных с эндобронхиальным поражением. Практически всегда есть возможность проведения повторного лечебного воздействия, что выгодно отличает лазер от других методов.

Литература

1. Гельфонд М.Л., Барчук А.С., Канаев С.В. Эндоскопическая лазерная деструкция в комбинированном лечении рака легкого // *Вопр. онкол.* 1996. Т. 42. № 2. С. 37.
2. Соколов В.В., Каприн А.Д., Гейниц А.В. и др. Особенности излучения современных лазеров для медико-биологических исследований // *Лазерная медицина.* 2014. № 1 (18). С. 42–53.
3. Соколов В.В., Телегина Л.В., Трахтенберг А.Х. и др. Эндобронхиальная хирургия и фотодинамическая терапия при злокачественных опухолях трахеи и бронхов // *Росс. онкол. журнал.* 2010. № 3. С. 4–9.
4. Bolukbas S., Schirren J. Comment. Laser application on lung parenchyma // *Interact Cardio Vasc Thorac Surg.* 2014. № 18. P. 95.
5. Gesierich W., Reichenberger F., Fertl A. et al. Endobronchial therapy with a thulium fiber laser (1940 nm) // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014 Jun. № 147 (6). P. 1827–1832.
6. Inoue M., Ohta M., Iuchi K. et al. Benefits of surgery for patients with pulmonary metastases from colorectal carcinoma // *Ann. Thorac. Surg.* 2004 Jul. № 78 (1). P. 238–244.
7. Keenan R.J., Ferson P.F., Landreneau R.J., Hazelrigg S.R. Use of lasers in thoracoscopy // *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1993 Oct. № 5 (4). P. 294–297.
8. Keenan R.J., Landreneau R.J., Hazelrigg S.R., Ferson F.P. Video-assisted thoracic surgical resection with the neodymium:yttrium-aluminum-garnet laser // *The J. of Thorac. and Cardiovasc. Surg.* August 1995. Vol. 110. Issue 2. P. 363–367.
9. Kirschbaum A., Braun S., Rexin P. et al. Comparison of local tissue damage: monopolar cutter versus Nd:YAG laser for lung parenchyma resection. An experimental study // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2014 Jan. № 18 (1). P. 1–6.
10. Kirschbaum A., Steinfeldt T., Gockel A. et al. Airtightness of lung parenchyma without a closing suture after atypical resection using the Nd:YAG Laser LIMAX 120 // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2014 Jan. № 18 (1). P. 92–95.
11. Lesser T.G. Laser application enables awakethoracoscopic resection of pulmonary nodules with minimal access // *Surg. Endosc.* 2012 Apr. № 26 (4). P. 1181–1186.
12. LoCicero J., Hartz R.S., Frederiksen J.W., Michaelis L.L. New applications of the laser in pulmonary surgery. Hemostasis and sealing of air leaks // *Ann. Thorac. Surg.* 1985. № 40. P. 546–550.
13. Marulli G., Droghetti A., Di Chiara F. et al. A prospective randomized trial comparing stapler and laser techniques for interlobar fissure completion during pulmonary lobectomy // *Lasers in Medical Science.* February 2013. Vol. 28. Issue 2. P. 505–511.
14. Pompeo E., Mineo T.C. Awake pulmonary metastasectomy // *J Thorac Cardiovasc. Surg.* 2007 Apr. № 133 (4). P. 960–966.
15. Predina J.D., Puc M.M., Bergey M.R. et al. Improved survival after pulmonary metastasectomy for soft tissue sarcoma // *J. Thorac. Oncol.* 2011 May. № 6 (5). P. 913–919.
16. Rolle A., Pereszlenyi A. Laser resection of lung metastasis // *Multimed. Man. Cardiothorac. Surg.* 2005 Jan. Issue 628.
17. Rolle A., Pereszlenyi A., Koch R. et al. Laser resection technique and results of multiple lung metastasectomies using a new 1,318 nm Nd:YAG laser system // *Lasers Surg. Med.* 2006 Jan. № 38 (1). P. 26–32.
18. Rolle A., Pereszlenyi A., Koch R. et al. Is surgery for multiple lung metastases reasonable? A total of 328 consecutive patients with multiple-laser metastasectomies with a new 1318-nm Nd:YAG laser // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2006 Jun. № 131 (6). P. 1236–1242.

19. Scanagatta P., Duranti L., Girelli L., Sestini S. Comment. New frontiers of pulmonary resections: possible usefulness of autologous adipose mesenchymal cells // *Interact. Cardio Vasc. Thorac. Surg.* 2014. № 18 (1). P. 95.
20. Scanagatta P., Simone F., Billè A. et al. Thulium laser versus staplers for anatomic pulmonary resections with incomplete fissures: negative results of a randomized trial // *Tumori.* 2014 May-Jun. № 100 (3). P. 259–264.
21. Schur S., Hoetzenecker K., Lamm W. et al. Pulmonary metastasectomy for soft tissue sarcoma – report from a dual institution experience at the Medical University of Vienna // *Eur. J. Cancer.* 2014 Sep. № 50 (13). P. 2289–2297.
22. Squiers J.J., Teeter W.A., Hoopman J.E. et al. Holmium:YAG laser bronchoscopy ablation of benign and malignant airway obstructions: an 8-year experience // *Lasers Med Sci.* 2014 Jul. № 29 (4). P. 1437–1443.
23. Van der Poel H.G., Roukema J.A., Horenblas S. et al. Metastasectomy in renal cell carcinoma: A multicenter retrospective analysis // *Eur. Urol.* 1999. № 35 (3). P. 197–203.

Поступила в редакцию 15.11.2014 г.

Для контактов: Рагулин Юрий Александрович
E-mail: yuri.ragulin@mail.ru

УДК 616-03; 616-089

Гейниц А.В., Цыганова Г.И.

Аналитический обзор НИР, выполненных в учреждениях здравоохранения Российской Федерации по проблеме лазерной медицины в 2013 году

Geynitz A.V., Zyganova G.I.

Analytical review of R & D on laser medicine carried out in health care institutions of Russian Federation in 2013

ФГБУ «ГНЦ лазерной медицины ФМБА России», Москва

Представлен аналитический обзор научных исследований в области лазерной медицины, выполненных в медицинских учреждениях Российской Федерации в 2013 г. В обзоре приведены описания лазерных медицинских технологий в различных областях хирургии, терапии, диагностики, новых данных по изучению механизмов взаимодействия лазерного излучения с биотканью. Представлены новые лазерные технологии в онкологии, в области применения метода ФДТ для лечения опухолевых и неопухолевых заболеваний, приведены данные по созданию новой лазерной медицинской техники. *Ключевые слова:* лазерная медицина в Российской Федерации, наука, обзор.

The authors present an analytical review of researches in laser medicine which were carried out in medical institutions of Russian Federation in 2013. The review describes laser medical technologies in various fields of surgery, internal medicine, diagnostics; one can also learn news on mechanisms of laser light interactions with biological tissue. The authors present novel laser technologies applied in oncology, including those in photodynamic therapy (PDT), for the treatment of neoplastic and non-neoplastic diseases, as well as new information on medical laser technologies. *Key words:* laser medicine in Russian Federation, science, review.

За истекший год в научных учреждениях Российской Федерации выполнялось по лазерной медицине 249 НИР, из них 168 работ завершено.

Научные исследования проводились по 5 научным направлениям, определенным Научным советом по лазерной медицине РАМН. Большинство из завершенных НИР (71,4%) имеют прикладной характер. По сравнению с прошлыми годами значительно возрос процент фундаментальных исследований (28,6% против 18,6% в 2012 г.). Как и в предыдущие годы, многие работы прикладного характера имеют элементы фундаментальных исследований, так как изучают механизмы взаимодействия лазерного излучения на биоткани при конкретных заболеваниях.

Руководство научными исследованиями в большинстве случаев осуществлялось докторами наук, 15 темами руководили академики РАМН и РАН, 10 – члены-корреспонденты РАМН, 143 темами – профессора и доктора медицинских наук. 51,2% тем охраноспособны. Финансирование всех тем осуществлено из госбюджета Росздрава – 57,4%, 23 темы (13,1%) финансировались РАН и Минобрнауки, Министерством

обороны – 28 тем (17,0%) и из других источников – 21 тема (12,5%).

Большинство проведенных по лазерной медицине исследований содержат новые научные сведения. В 2013 г. в информационной базе данных «Рефераты российских патентных документов» зарегистрировано 86 патентов на изобретения, издано 3 пособия для врачей по лазерной медицине, опубликовано 7 книг и монографий, 1 атлас по фотодинамической терапии. Защищено 23 докторские и 72 кандидатские диссертации.

По научному направлению «Разработка и внедрение в клинику новых способов лечения хирургических больных с использованием лазерного излучения»

Изучена динамика процессов, происходящих на микрососудистом уровне, и оценены результаты операций АКШ на большом клиническом материале (831 операция): у больных ИБС без диффузного поражения коронарных артерий, у больных с диффузным поражением коронарных артерий и результаты операций АКШ и ТМЛР у больных с диффузными изменениями коронарных артерий. Данные оценивали на основании ин-