

Цыганова Г.И., Пименова Л.Я., Картусова Л.Н., Вяльцева Н.И.

## Состояние научных исследований в области лазерной медицины в Российской Федерации в 2014 году

Ziganova G.I., Pimenova L.Ya., Kartusova L.N., Vialtceva N.I.

### State of research activity in laser medicine in Russian Federation in 2014

ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины ФМБА России»

Проведен анализ 164 научных работ в области лазерной медицины, выполненных в учреждениях и организациях Российской Федерации в 2014 году. Показан высокий уровень разработанных медицинских технологий в различных областях хирургии, терапии, фотодинамической терапии, онкологии и других областях медицины. Получены новые данные по изучению механизмов взаимодействия лазерного излучения с биотканями. Представлены материалы по разработке новой лазерной медицинской техники. *Ключевые слова:* лазерная медицина в Российской Федерации, научные исследования.

164 scientific works on laser medicine done in healthcare institutions of Russian Federation in 2014 have been analyzed by the authors. They have shown that research works done on laser medicine in Russian Federation in 2014 have a high scientific level. New approaches were developed in various medical spheres: surgery, therapy, photodynamic therapy, oncology and others. Researchers presented their new findings on mechanisms of laser light interaction with biological tissues. In these works one can also find new materials on laser medical devices. *Key words:* laser medicine in Russian Federation, scientific researches.

Проведен анализ научно-исследовательских работ (НИР), выполненных в учреждениях и организациях Российской Федерации в 2014 г. по проблемам лазерной медицины по данным регистрационных, информационных карт, информационных карт кандидатских и докторских диссертаций из базы данных ЦИТиС за 2014 г. Всего выполнялось 212 научно-исследовательских работ, из них завершено 164 НИР. По результатам научных исследований защищены 108 диссертаций: 85 кандидатских и 23 докторских диссертации, получено 68 патентов.

Ниже представлены результаты научных исследований, сгруппированные по научным направлениям лазерной медицины.

#### Направление «Разработка и внедрение в клинику новых способов лечения хирургических больных с использованием лазерного излучения»

##### *Сердечно-сосудистая хирургия*

Доказано преимущество сочетанных операций АКШ + ТМЛР по сравнению с АКШ у больных ИБС с диффузным поражением дистального русла коронарных артерий на основании изучения микрососудистого русла бассейна коронарных артерий у пациентов, погибших после операции АКШ и после сочетанных операций АКШ + ТМЛР. При макро- и микроскопическом исследовании сердец погибших пациентов после операции АКШ был обнаружен тромбоз шунтов и коронарных артерий, являющийся основной причиной смерти. Высокие показатели летальности в этой группе (12,1%) объясняются усугубляющимся коронарораспазмом у больных с конечной стадией поражения коронарных артерий. Значительное уменьшение госпитальной летальности (1,15%) и серьезных неблагоприятных кардиальных событий (2,3%) в группе больных, оперированных АКШ + ТМЛР, объясняется лазериндуцированной дилатацией дистального русла коронарных артерий (*Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева*).

Изучены результаты эндовенозной лазерной облитерации и комбинированной флебэктомии у больных варикозной болезнью вен нижних конечностей на основании объективных критериев и параметров качества жизни. Исходные показатели уровня качества жизни выше в группе пациентов, которым выполнена эндовенозная лазерная облитерация большой подкожной вены. Пациенты, которым рекомендовалось выполнение комбинированной флебэктомии, в большей степени испытывали дискомфортные ощущения от варикозной болезни вен нижних конечностей. Интенсивность болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде была более выражена и выше у пациентов после выполнения комбинированной флебэктомии. Послеоперационный период у пациентов, которым выполнялась эндовенозная лазерная облитерация, проходил более комфортно. Показатели уровня качества жизни пациентов в ближайшем послеоперационном периоде улучшились по всем шкалам в обеих группах. (*Национальный медико-хирургический центр имени Н.И. Пирогова МЗ РФ*).

##### *Нейрохирургия*

Разработана методика лечения злокачественных опухолей головного мозга с использованием лазерной фотодинамической терапии, основанная на введении фотосенсибилизатора непосредственно в ложе удаленной опухоли и послеоперационном его облучении. Рассмотрена проблема частичной потери лазерного света на пути к облучаемым тканям, обусловленной рассеянием и поглощением примесными частицами белка и крови, содержащимися в жидкости, заполняющей ложе резецированной опухоли. Экспериментально исследованы зависимости величины потерь световой мощности от концентрации белка и эритроцитов в ликворе и кистозной опухолевой жидкости (*Новосибирский НИИТО МЗ РФ*).

##### *Абдоминальная хирургия*

Разработана методика фотодинамической терапии для интраоперационной санации брюшной полости при

экспериментальном распространенном каловом перитоните.

Установлено, что фотодинамическая терапия, проводимая с целью санации брюшной полости при экспериментальном каловом перитоните, оказывает четкий эффект эрадикации микробных клеток, проявляющийся выраженным (на 76,6%) снижением интенсивности флюоресценции, обусловленным активной фотодинамической реакцией, сопровождающейся снижением концентрации фотосенсибилизатора в тканях брюшины.

Показано, что комбинированное потенцирование лазерными технологиями традиционного лечения больных гнойным перитонитом (интраоперационная санация брюшной полости с применением ФДТ и послеоперационное лечение методом ВЛОК НИЛИ-терапии) способствует достижению лучших в сравнении с традиционными протоколами результатов лечения без дополнительной фармакологической нагрузки на пациента по многим критериям: сокращение расходов на лекарственные препараты и обеспечение детоксикации, снижение числа осложнений, сроков лечения, показателя летальности и др. (ФГБУ «ГНЦ лазерной медицины ФМБА России»).

С помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии исследованы параметры микроциркуляции жизнеспособного и нежизнеспособного кишечника и определены 6 показателей, достоверно указывающих на его жизнеспособность. Исследования показали, что субъективная интраоперационная оценка жизнеспособности кишечника сопровождается высокой (до 48,6%) частотой прогрессирования некроза в раннем послеоперационном периоде, а послеоперационных осложнений и летальности – 67,6 и 76,9% соответственно.

Инструментальная интраоперационная оценка жизнеспособности кишечника с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии снижает частоту прогрессирования некроза кишечника в раннем послеоперационном периоде до 11,4%, а послеоперационных осложнений и летальности – до 40,9 и 52,6% (ГКБ № 12 Департамента здравоохранения города Москвы).

С целью улучшения результатов лечения больных с пищеводом Барретта (ПБ) усовершенствованы эндоскопические методы диагностики и внедрены малоинвазивные вмешательства.

Впервые определена диагностическая значимость конфокальной лазерной эндомикроскопии в диагностике кишечной метаплазии (КМ) и дисплазии эпителия у больных с пищеводом Барретта. Отмечена целесообразность сочетания конфокальной лазерной эндомикроскопии с осмотром в режиме NBI, что повышает диагностическую точность исследования до 100%.

Разработан алгоритм использования эндоскопических методик для диагностики КМ и дисплазии эпителия у больных с ПБ.

Впервые произведена сравнительная оценка состояния антирефлюксного барьера и моторики пищевода у больных с желудочной метаплазией (ЖМ) и КМ.

Доказана высокая эффективность комплексного малоинвазивного подхода в лечении пациентов с ПБ, позволяющего добиться ликвидации участков КМ в пищеводе

у 83,4% больных и снизить риск развития рака пищевода без применения высокотравматичных радикальных операций (Московский клинический научно-практический центр Департамента здравоохранения города Москвы).

Доказана целесообразность применения иммунохимического тестирования на скрытую фекальную кровь для раннего выявления полипов и рака толстой кишки; изучены оптические свойства отдельных слоев стенки толстой кишки; обоснован приоритет длины волны 970 нм для внутрипросветной лазерной хирургии толстой кишки; разработана и успешно применена в амбулаторной практике методика эндоскопической контактной лазерной фотоабляции плоских полипов толстой кишки (МУЗ «ГП № 1», Саратовская обл., г. Энгельс).

### **Гнойная хирургия**

Проведено сравнительное исследование воздействия лазерной и КВЧ-терапии на парциальное давление кислорода в коже в области послеоперационных ран передней брюшной стенки и доказано, что их сочетанное применение обеспечивает повышение парциального давления кислорода в коже в области послеоперационных ран. Установлено, что применение данной методики способствует быстрому восстановлению симпатической регуляции сосудистого тонуса, улучшению трофики тканей и купированию воспалительных явлений. Предложена новая методика профилактики раневых осложнений послеоперационных ран, позволяющая сократить число осложнений в 4,3 раза и улучшить результаты лечения больных (ФГБУ «ГНЦ лазерной медицины ФМБА России»).

Разработаны новые методы лечения гнойных, термических и огнестрельных пулевых ран мягких тканей с применением лазерной фотохимической терапии (ФХТ) с использованием фотодитазина, комплексированного на амфифильных полимерах (ФД + АП), которые способствуют быстрому очищению ран от раневого детрита и микрофлоры, ускорению перехода раневого процесса от воспалительной фазы к регенераторной и сокращению сроков заживления их на 3,5–5,8 сут (ГКБ № 51 ДЗ г. Москвы).

Проведен комплексный анализ характера и причин возникновения послеоперационных гнойно-некротических осложнений ампутационной культы бедра у больных, оперированных по поводу ишемической гангрены конечности, и выделен ряд факторов риска возникновения этих осложнений.

Впервые с помощью интраоперационно применяемой лазерной доплеровской флоуметрии изучено влияние лигатурной компрессии на изменения микроциркуляции в мышцах культы бедра и прослежена взаимосвязь этих изменений с местными послеоперационными осложнениями. Произведено прогнозирование риска возникновения местных гнойно-некротических осложнений у больных, оперированных по поводу ишемической гангрены нижней конечности. Доказана высокая значимость активного дренирования культы бедра при выполнении ампутации нижней конечности. Доказано негативное влияние лигатурной компрессии ишемизированных тканей культы бедра на ее заживление (ГКБ № 23 ДЗ г. Москвы).

Разработаны высокотехнологичные методы лечения пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями мошонки и яичка, которым оперативное вмешательство производили с использованием высокоэнергетического лазерного излучения (аппараты «Ланцет 2» и «Аткус 15»).

После выполнения ревизии раны использовали высокоэнергетические лазеры на основном этапе операции – иссечении некротизированных, нежизнеспособных и пропитанных гноем тканей, которые иссекали и испаряли сфокусированным лучом лазера. После удаления нежизнеспособных тканей стенки раны обрабатывали расфокусированным лазерным лучом. При эпидидиморхите лазерным лучом рассекали мягкие ткани, белочную оболочку, обрабатывали стенки полости, аналогично обработке полости в рыхлой соединительной ткани мясистой оболочки, для снятия напряжения ткани яичка наносили от 2 до 5 насечек на белочную оболочку. После выполнения гемостаза накладывали редкие швы на кожу.

Показано, что применение высокоэнергетического лазерного излучения при выполнении хирургической обработки гнойного очага мошонки и яичка является высокоэффективным методом и позволяет сократить сроки заживления ран мошонки с хорошими клиническими, функциональными и косметическими результатами; повышает радикальность хирургической обработки гнойно-некротического очага мошонки и яичка, сокращая продолжительность лечения на 5,4 дня или на 22,6% (ГКБ № 51 ДЗ г. Москвы).

В целях профилактики раневых осложнений при ампутации бедра у больных острой и хронической артериальной ишемией применен метод лазерного облучения культи бедра в раннем послеоперационном периоде с помощью лазерного аппарата «Улей 2КМ» производства Калужского медико-технического лазерного центра. Основным результатом применения лазерного облучения культи бедра в раннем послеоперационном периоде стало снижение частоты раневых осложнений. Наиболее эффективным явился метод с применением лазерного облучения с частотой следования импульсов 30 000 Гц, плотностью мощности излучения 27 мВт/см<sup>2</sup>, контактным расположением излучателей. Применение ультразвукового исследования культи бедра позволило в ранние сроки выявить наличие послеоперационных раневых осложнений у больных острой и хронической артериальной ишемией нижних конечностей (Смоленская областная клиническая больница).

### **Кожно-пластическая хирургия**

Предложен новый, малотравматичный и эффективный метод лазерной липосакции. В основу работы положен опыт изучения липосакций и липолиза, выполненных у 85 пациентов с диагнозом липомы и/или локальными избыточными отложениями в подкожной клетчатке разных анатомических областей, разделенных на 3 группы в зависимости от метода хирургического лечения и коррекции.

Выделены следующие преимущества лазерного липолиза: малая травматизация и кровоточивость ткани; уменьшение площади кожного лоскута в результате

воздействия лазера, предоставляющее дополнительные возможности при работе с тонкой, дряблой кожей и в деликатных областях; отсутствие необходимости в обеспечении общей анестезии. Процедура не предполагает необходимости в госпитализации пациента; операцию можно повторять на одном и том же участке несколько раз; методика высокоэффективна как при избыточных подкожно-жировых отложениях, так и при плоскостных липомах; отсутствие следов операции ввиду малого диаметра оптоволоконка (ФГБУ «ГНЦ лазерной медицины ФМБА России»).

Впервые разработана и научно обоснована система оптимизации применения различных видов низкоинтенсивной лазеротерапии у пациентов при различных осложнениях после контурной инъекционной пластики лица.

Доказано, что применение комбинированной лазерной терапии, включающей надвенное облучение крови с использованием красного лазерного излучения и локального инфракрасного лазерного излучения, вызывает наиболее эффективное устранение осложнений, независимо от генеза их формирования и клинического проявления.

Установлено, что противовоспалительный эффект при осложнениях, связанных с негативными реакциями на введенный материал, в большей степени обусловлен действием инфракрасной низкоинтенсивной лазерной терапии при локализации воздействий на патологические очаги у пациентов, что связано с коррекцией микроциркуляторных нарушений в проблемных областях (Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ).

При помощи конфокальной лазерной сканирующей микроскопии изучены морфофункциональные изменения кожи больных ограниченной склеродермией, а также прослежены динамические изменения в очагах поражения при лечении эксимерным лазером (308 нм). Методом лазерной доплеровской флоуметрии установлено, что в очагах поражения при ограниченной склеродермии отмечается снижение капиллярного кровотока и статистически достоверное увеличение перфузии кожи после лечения эксимерным лазером (308 нм).

Доказана высокая терапевтическая эффективность (55,9%) и безопасность применения эксимерного лазера с длиной волны 308 нм при лечении ограниченной склеродермии (Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ).

Разработана методика комбинированного применения лазеротерапии и такролимуса у пациентов с лихеноидными формами атопического дерматита (АД), сопровождающимися мучительным зудом и резким снижением качества жизни.

Установлено, что фармако-физиотерапевтический метод у пациентов с тяжелыми формами АД способствует более быстрому и выраженному регрессу клинической симптоматики по сравнению с моносоставляющими методиками по данным индексов дерматологического статуса, что свидетельствует о купировании воспалительного процесса в коже, снижении зуда, улучшении качества жизни, сокращении количества рецидивов заболевания более чем в 3 раза. Такое повышение эффекта применяемого метода базируется на суммации местного

воздействия такролимуса и иммуносупрессивного эффекта самой фототехнологии (ООО «Институт пластической хирургии и косметологии»).

Получены новые данные о частоте встречаемости и ультразвукографической структуре различных видов атрофических рубцов постакне у больных папулопустулезной формой акне. На основании визуализации различных акустических феноменов выявлено 7 типов сканограмм рубцовых изменений кожи. На основании данных неинвазивных методов диагностики проведен анализ эффективности и безопасности комбинированной терапии атрофических рубцов постакне при наличии воспалительных акне.

Научно обоснован алгоритм оптимизации дерматокосметологической помощи данной группе пациентов, определяющий этапы, сроки и последовательность назначения традиционной терапии и современных фракционных лазерных технологий в зависимости от клинических проявлений дерматоза и симптомокомплекса постакне (Уральский НИИ дерматовенерологии и иммунопатологии МЗ РФ).

Разработан новый метод комбинированного применения фракционной лазеротерапии фармафореза у пациентов с гипертрофическими и келоидными рубцами в стадии формирования.

Доказано, что комбинированное применение фракционной лазеротерапии и фармафореза в большей степени, чем применение отдельных составляющих методик, способствует коррекции нарушений микроциркуляции в области патологических изменений, что подтверждается улучшением показателей активного кровотока (ALF/СКО, АНФ/СКО, АСФ/СКО) в среднем при гипертрофических рубцах на 30% и при келоидных рубцах на 25% и свидетельствует об улучшении кровообращения в соединительной ткани, что в свою очередь имеет важное значение для благоприятного долгосрочного прогноза (ЗАО «Косметологическая лечебница «Институт Красоты»).

### **В области урологии**

Дана оценка эффективности комбинированного использования магнитолазерной терапии (МЛТ) и ЛОД-лазеротерапии и отдельно МЛТ. Впервые изучены терапевтический эффект и динамика показателей эякулята, функциональной активности ГНТС под влиянием комбинированного использования МЛТ и ЛОД-лазеротерапии у больных хроническим простатитом (ХП) с инфертильностью. Разработаны показания, противопоказания и возможные побочные явления комбинированного использования МЛТ и ЛОД-лазеротерапии. Установлена высокая эффективность применения МЛТ в сочетании с ЛОД-лазеротерапией у больных ХП с нарушением фертильности и целесообразность дифференцированного применения терапевтических методик в зависимости от типа половой конституции. Установлено, что терапевтический эффект сохраняется в течение 9 мес. у 59,4% больных ХП с инфертильностью с учетом оценки состояния уретральной микроциркуляции и фармакокинетической интерференции (Республиканская клиническая больница Чеченской Республики).

В целях оптимизация клинической диагностики и лечения трихомонадного уретрита у мужчин с учетом оценки состояния уретральной микроциркуляции и фармакокинетической интерференции впервые использован метод лазерной доплеровской флоуметрии, позволяющий определить стадию заболевания по типу микроциркуляции в ткани уретры. Выявлено, что острому трихомонадному уретриту соответствуют спастический и спастико-атонический типы нарушений микроциркуляции, хроническому – застойный или стазический типы. Показано, что после проведенного лечения нормализация микроциркуляции в ткани уретры отмечается быстрее после комбинированного лечения, включающего «орниздол» в сочетании с системной энзимотерапией, что позволило рекомендовать включение системной энзимотерапии в комплекс лечебных мероприятий при урогенитальном трихомониазе у мужчин. Комбинированная терапия способствовала повышению эффективности медикаментозного лечения трихомонадного уретрита у мужчин со спастико-атонической, застойной и стазической формами микроциркуляции (Бакирский госмедуниверситет МЗ РФ).

В эксперименте произведено комплексное биохимическое и иммуногистохимическое исследование для определения биомаркеров, которые позволяют по шкале «RIFLE» оценить обратимость морфофункциональных изменений почек при тепловой ишемии.

В основу клинического исследования положен проспективный анализ эндоскопического и эндовидеохирургического лечения 985 пациентов с заболеваниями верхних мочевыводящих путей и почек.

Разработаны методика трансуретральной нефролитотрипсии и новая модель уретерореноскопа. Изучены морфологические изменения в стенке мочеточника при контактной лазерной, пневматической, ультразвуковой и электрогидравлической уретеролитотрипсии.

Впервые проведен сравнительный анализ эффективности различных видов энергии при перкутанных и трансуретральных доступах для лечения уролитиаза. Обоснованы показания к лапароскопическим вмешательствам через единственный доступ (Клиническая больница Святого Луки, г. Санкт-Петербург).

Разработаны новые комплексы медицинской реабилитации больных с мочекаменной болезнью после операции дистанционной ударно-волновой литотрипсии на основе применения фитосбора оригинального состава в сочетании с методами лазеро- и электротерапии, лечебной физкультуры. Показано, что разработанные новые комплексы реабилитации вызывают улучшение клинико-функционального состояния больных мочекаменной болезнью, перенесших дистанционную ударно-волновую литотрипсию, что подтверждается купированием почечной колики, результатами лабораторного и инструментального исследований. Сочетанное воздействие фитоконцентрации и лазеротерапии превосходит по степени выраженности противовоспалительный эффект фитосбора и его сочетания с электротерапией (Бакирский госмедуниверситет МЗ РФ).

### **В области оториноларингологии**

Разработан метод лечения острых воспалительных заболеваний гортани методом фотодинамического воз-

действия. Существующие до настоящего времени формы фотосенсибилизатора метиленовый синий (гель, раствор) не позволяли в нужном объеме добиться возможности доставки фотосенсибилизатора в полость гортани и в полость абсцесса гортани. Предложено использовать метиленовый синий на основе крахмала в концентрации 0,5%. В качестве инструмента для доставки фотосенсибилизатора в полость гортани модифицирован инсуфлятор для порошкообразных лекарственных средств. Источник света – полупроводниковый терапевтический лазер для ФДТ АЛОД-01 «Гранат» (длина волны – 0,685 мкм).

Технология лечения заключалась в следующем: после вскрытия абсцесса язычной поверхности надгортанника и эвакуации гнойного содержимого в полость абсцесса и полость гортани наносился фотосенсибилизатор метиленовый синий на основе крахмала методом инсуффляции, экспозиция 10 минут. Затем в полость абсцесса устанавливался проводник с рассеивающей насадкой (*Московский научно-практический центр оториноларингологии ДЗ Москвы*).

### **В области гинекологии**

Впервые с целью ранней реабилитации эндометрия при самопроизвольном аборте проведена профилактика внутриматочных синехий с применением 0,01%-го раствора мирамистина и геля натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы («Мезогель») в сочетании с внутриматочной лазеротерапией. Доказана клиническая и функционально-лабораторная эффективность предложенного комплексного подхода к профилактике внутриматочных синехий у пациенток с самопроизвольным абортом (*Саратовский госмедуниверситет им. В.И. Разумовского МЗ РФ*).

Предложена система комплексного подхода к диагностике и лечению доброкачественных заболеваний матки с использованием высоких технологий: ВЧ-электрохирургии с применением технологий LigaSure и ViClamp, плазменной хирургии, лазерной абляции эндометрия (ELITT), термальной баллонной абляции эндометрия (Thermochoise).

Обоснована система обследования пациенток с доброкачественными заболеваниями матки, основанная на применении современных методов диагностики – 2D- и 3D-трансвагинальной эхографии, цветного доплеровского картирования кровотока в артериях, питающих матку, в том числе чувствительного энергетического доплера.

Установлено клиническое значение цветного доплеровского картирования кровотока в артериях, питающих матку и непосредственно эндометрий, в дифференциальной диагностике патологической трансформации эндометрия, а также в оценке тяжести аденомиоза, в дифференциальной диагностике его различных морфологических форм. Доказано, что при диффузном аденомиозе интенсивность цветовой картины достоверно выше, чем при узловом аденомиозе. При этом более яркие цвета регистрируются в зоне максимального утолщения стенки матки (*Сургутский госуниверситет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры*).

Изучено влияние фемтосекундного лазерного излучения на эритроциты, нейтрофилы, неоплазму при раке шейки матки в эксперименте и в клинике.

Установлена возможность использования фемтосекундного лазерного излучения в предоперационный период для снижения злокачественности солидных опухолей, в частности, рака шейки матки.

Экспериментально апробированы дозы влияния фемтосекундного лазерного излучения на нейтрофилы и эритроциты *in vitro* (*Ульяновский госуниверситет Минобнауки*).

Изучен противовирусный и иммуномодулирующий эффект фотосенсибилизированной фотомодификации крови у пациенток с привычным невынашиванием беременности вирусного генеза. Установлено, что фотосенсибилизированная фотомодификация крови приводит к изменениям иммунологических показателей: отсроченному (до 10 сут) достоверному снижению уровня экспрессии гена ФНО-а до  $17,93 \pm 10,5$  пк/мл; снижению уровня провоспалительного цитокина ФНО-а до  $3,45 \pm 2,2$  пк/мл и индукции секреции противовоспалительного цитокина ТФР- $\beta$ 1 до  $342,13 \pm 129,9$  пк/мл в сыворотке крови, что свидетельствует о положительной динамике данной терапии с целью предгравидарной подготовки у женщин с привычным невынашиванием беременности (*Российский национальный исследовательский медицинский университет*).

### **В области стоматологии**

Впервые изучен эффект воздействия волоконным лазерным скальпелем ЛСП-1,56-«ИРЭ-Полус», работающим в импульсном, импульсно-периодическом и непрерывном режимах, на ткани неба, щеки и языка экспериментальных животных. По результатам клинических исследований определены оптимальные параметры лазерного воздействия с длиной волны 1,56 мкм в разных режимах для дифференцированного применения при хирургическом лечении лиц с заболеваниями мягких тканей полости рта, доброкачественных, опухолеподобных и сосудистых новообразований (*ЦНИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии МЗ РФ*).

Изучена возможность использования эрбиевого лазера в хирургическом стоматологическом лечении пациентов с нарушениями тромбоцитарного звена гемостаза. Научно обосновано применение лазерных технологий в хирургическом стоматологическом лечении пациентов с нарушениями тромбоцитарного гемостаза. Сформулирован алгоритм оказания хирургической стоматологической помощи таким пациентам в амбулаторных условиях (*Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова МЗ РФ*).

Научно обоснован дифференцированный подход к выбору метода лазерной облитерации (бесконтактного, контактного эндоваскулярного или комбинированного) при лечении сосудистых образований челюстно-лицевой области. Изучена возможность использования хирургических лазерных технологий в комплексном лечении пациентов с сосудистыми образованиями челюстно-лицевой области. Экспериментально определены оптимальные параметры воздействия лазерного излучения диодного лазерного аппарата с длиной волны 980 нм на эндотелий сосудов. Проведена сравнительная оценка эффективности методов склерозирования, лазерной

облитерации и иссечения скальпелем при лечении сосудистых образований челюстно-лицевой области (*Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова МЗ РФ*).

Проведено клинико-патогенетическое обоснование использования гидрокинетического лазера для лечения хронического апикального периодонтита. Установлено, что наличие очага деструкции в периапикальной ткани сопровождается увеличением содержания продуктов ПОЛ и протеолиза в ротовой жидкости, уровень которых нарастает по мере прогрессирования процесса. Доказано, что применение физиотерапевтических методов при эндодонтическом лечении многокорневых зубов позволяет уменьшить активность деструктивного процесса в периапикальной области.

Установлено, что для повышения эффективности лечения гранулирующей формы хронического апикального периодонтита необходимо использовать гидрокинетический лазер, для лечения гранулематозной формы – депофорез гидроокиси меди-кальция (*ЗАО «ЮниДент»*).

Предложен новый метод консервативного лечения пародонтита путем применения антиоксидантов на фоне лазерной фотодинамической системы «Helbo».

Впервые представлены доказательства, что на фоне комплексного лечения хронического генерализованного пародонтита (ХГП) с мелатонином уменьшаются и полностью исчезают потенциальные возбудители воспалительных реакций и заметно возрастает количество пародонтоэкологической микрофлоры. Изучены и проанализированы возможные антиоксидантные эффекты мелаксена на фоне действия ЛФДТ, важные в коррекции метаболических сдвигов при лечении пародонтита различной степени тяжести. Проведен комплексный многофакторный анализ взаимосвязи клинических факторов состояния пародонта и ряда продуктов свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты ротовой жидкости (*Ставропольский госмедуниверситет МЗ РФ*).

Разработан способ немедикаментозной антибактериальной обработки перфораций твердых тканей зуба. Определены параметры эффективности комбинированного использования излучения Er, Cr: YSGG лазера Waterlase и озонированного физиологического раствора при консервативном лечении перфораций твердых тканей зуба. Введены критерии диагностической информативности методов рентгенологического исследования при диагностике и лечении перфораций. Аргументирован дифференцированный подход к лечению «свежих» и «старых» перфораций твердых тканей зуба, разработано устройство для пломбирования перфорационных дефектов, оптимизирован алгоритм консервативного лечения «свежих» и «старых» перфораций твердых тканей зуба. Получено 2 патента РФ: «Способ лечения осложненных внутриканальных перфораций твердых тканей зуба», № 2491031 от 27.08.2013 г.; «Устройство для пломбирования перфорационных дефектов в твердых тканях зуба», № 113948 от 10.03.2012 г. (*Самарский госмедуниверситет МЗ РФ*).

Установлены преимущества диодной лазерной терапии в комплексе с традиционными методами лечения больных с хроническим генерализованным пародонтитом (ХГП)

легкой и средней степени тяжести. Обоснована целесообразность включения в комплексное лечение больных с ХГП легкой и средней степени тяжести антигипоксанта «Оксиден». Выявлено, что сочетанное применение диодно-лазерной терапии и антигипоксанта «Оксиден» позволяет добиться выраженного лечебного эффекта и стойкой ремиссии заболевания. Доказано, что положительный эффект при лечении больных с ХГП вышеуказанными методами достигается их комплексным действием на этиологические и патогенетические механизмы развития воспалительных процессов в пародонте (*Северо-Осетинский госуниверситет имени К.Л. Хетагурова*).

#### **Направление «Лазерные методы диагностики и терапии»**

Дано патогенетическое обоснование и показана высокая клиническая эффективность комбинированной терапии в комплексном лечении больных ИБС с СД 2 типа с использованием НИЛИ и препарата мексидол. Доказано, что коррекция оксидативного стресса и нарушений липидного спектра с помощью применения НИЛИ и мексидола является одним из патогенетических механизмов снижения темпов прогрессирования заболевания, уменьшения количества обострений и осложнений в ближайшем и отдаленном периодах.

Разработанная технология лечения отличается простотой выполнения, хорошей переносимостью процедур лазеротерапии, отсутствием побочных эффектов и осложнений при применении лазеротерапии и мексидола и делают предлагаемый метод доступным для широкого внедрения в практическое здравоохранение (*Воронежская госмедакадемия им. Н.Н. Бурденко МЗ РФ*).

Показано, что низкоинтенсивное лазерное излучение в комплексном лечении лиц пожилого и старческого возраста с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) улучшает параметры клинического состояния, физической толерантности, геометрию и функцию правых и левых камер сердца и позволяет снизить суточную дозу лекарственных препаратов. Наиболее эффективным лечебным комплексом независимо от стадии и ФК ХСН, степени АГ и клинической формы ИБС является сочетание фармакотерапии с комбинацией внутривенного и накожного лазерного облучения (*Алтайский госмедуниверситет МЗ РФ*).

Повышена эффективность лечения больных бронхиальной астмой с сопутствующим хроническим риносинуситом путем включения в программу лечения КВЧ-лазерной терапии.

В результате проведения процедур КВЧ-лазерной терапии отмечалось увеличение ИЛ4 и снижение ИЛ8. У больных молодого возраста выявлена тенденция к снижению лейкоцитов, палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов, моноцитов, эозинофилов, лимфоцитов, СОЭ, МСМ, ЦИК, спонтанного и активированного НСТ-теста, сиаловых кислот, а у больных пожилого возраста – увеличение моноцитов, СОЭ, Т-лимфоцитов, Т-хелперов, Т-супрессоров, В-лимфоцитов, фагоцитарного показателя, поэтому вероятность активации иммунологических реакций КВЧ-лазерной терапией оказалась предпочтительной.

Применение КВЧ-лазерной терапии позволяет снизить дозы лекарств и до 60% сократить объем терапии бронхолитиками, метилксантинами и деконгестантами. Анализ отдаленных результатов показал максимальное удлинение периода ремиссии БА до 11 мес. у 80% больных молодого и 24% старческого возраста по сравнению с группой контроля на фоне улучшения показателей качества жизни (*Воронежская госмедакадемия им. Н.Н. Бурденко МЗ РФ*).

Доказана диагностическая ценность клинического использования лазерной биофотометрии (БФМ) для диагностики и мониторинга эффективности лечения больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) в сочетании с гипертонической болезнью (ГБ).

Доказано, что воздействие магнитолазерного излучения в комплексном лечении приводит к повышению толерантности к физической нагрузке. Выявлен долговременный бронхолитический и гипотензивный эффект при проведении повторных курсов магнитолазерной терапии. Использование магнитолазерной терапии повышает функциональные возможности органов дыхания больных со среднетяжелым течением заболевания, увеличивает толерантность к физическим нагрузкам и способствует улучшению качества жизни (*Воронежская госмедакадемия им. Н.Н. Бурденко МЗ РФ*).

Изучено влияние низкоинтенсивной лазерной терапии на динамику показателей системы простагландинов, перекисное окисление липидов, вегетативную регуляцию и микроциркуляцию у больных детей с острыми стенозирующими ларинготрахеитами до и после лазерной терапии.

Обоснована патогенетическая возможность использования лазерного облучения в комплексном лечении больных с острыми стенозирующими ларинготрахеитами: включение в комплекс терапевтических мероприятий лазерного воздействия приводит к коррекции простагландинового статуса, улучшению микроциркуляторной системы, вегетативной регуляции и ферментов антиоксидантной системы (*Северо-Осетинская госмедакадемия МЗ РФ*).

Раскрыты некоторые патогенетические механизмы положительного влияния внутривенного лазерного облучения крови (ВЛОК) и обоснована возможность его использования для коррекции эндотелиальной дисфункции, системы цитокинов, моторной функции желудка и двенадцатиперстной кишки у больных гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью (ГЭРБ).

Установлены корреляционные связи между показателями функции сосудистого эндотелия, показателями вегетативной регуляции, двигательной активности желудка и двенадцатиперстной кишки у больных ГЭРБ. Показана эффективность включения ВЛОК в комплексное лечение больных ГЭРБ.

Применение ВЛОК у больных с ГЭРБ сопровождается восстановлением баланса в содержании провоспалительных и противовоспалительных цитокинов, способствует улучшению функционального состояния сосудистого эндотелия.

У больных ГЭРБ преобладающим нарушением двигательной активности верхних отделов желудочно-кишеч-

ного тракта является дискинезия двенадцатиперстной кишки и тощей кишки по гипокинетическому типу. Установлено нормализующее воздействие лазерной терапии на двигательную активность верхних отделов желудочно-кишечного тракта. Включение лазерной терапии в комплексную терапию способствует нормализации показателей вегетативной регуляции. Предложен новый «Способ лечения больных гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью» (патент № 2495687) (*Северо-Осетинская госмедакадемия МЗ РФ*).

Изучено влияние комплексного лечения, включающего лазерную терапию больных остеоартрозом (ОА), на функциональное состояние паращитовидных желез и гликопротеина хряща (ХГ). Изучение концентрации ХГ у больных ОА в зависимости от длительности заболевания показало достоверное его повышение после проведенного лечения в группе со стажем заболевания до 8 лет, а в группе с длительностью ОА от 9 до 15 лет – достоверное снижение содержания ХГ в сыворотке крови после проведенной комплексной терапии.

Сделано предположение, что патологические изменения более активно происходят в первые годы заболевания, и вывод о дифференцированном подходе к выбору сочетанной терапии с включением лазерного излучения (*Северо-Осетинская госмедакадемия МЗ РФ*).

Исследовано фототоксическое действие генетически кодируемого фотосенсибилизатора белка KillerRed на экспериментальные опухоли HeLa путем лазерного облучения в «интенсивном» и в «умеренном» режимах воздействия. Наблюдаемые патоморфологические эффекты свидетельствовали о выраженном фототоксическом действии белка KillerRed на опухоль при использовании обоих режимов.

По результатам сравнительного анализа «интенсивного» и «умеренного» режимов воздействия с учетом степени выраженности наблюдаемых изменений и терапевтической нагрузки на организм сделано заключение о большей целесообразности дальнейшего использования «умеренного» режима для индукции фототоксических эффектов белка KillerRed в опухолевых клетках (*Нижегородская госмедакадемия МЗ РФ*).

Определена эффективность метода лазерного флюоресцентного исследования при различных злокачественных новообразованиях для выявления характера опухоли и радикального лечения.

Разработана методика диагностики злокачественных и доброкачественных новообразований кожи, слизистых оболочек и мягких тканей при помощи лазерной установки, определяющей параметры аутофлуоресценции тканей, которая позволяет за короткие сроки установить диагноз с точностью до 86% (*Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова МЗ РФ*).

#### **Направление «Механизмы взаимодействия лазерного излучения с биотканью»**

Проведено изучение молекулярно-клеточных механизмов радиационного старения и биологической активности синтетических и природных геропротекторных средств, тропных к клеткам диффузной нейроиммуно-

эндокринной системы в двух принципиально разных моделях (основанных на применении ионизирующего и неионизирующего излучения). Исследованы органы диффузной нейроиммуноэндокринной системы (гипофиз, пинеальная железа – эпифиз, надпочечники, тимус, селезенка, желудок, кишечник, щитовидная железа, поджелудочная железа).

Доказано, что лазерное излучение вызывает инволютивные изменения в основных органах и системах организма, что позволяет рассматривать его в качестве модели радиационного старения тканей, индуцированной лазерным излучением, и носит обратимый характер. Установлена эффективность использования лазерной модели старения для оценки активности геропротекторных средств – мелатонина и синтетического трипептида Lys-Glu-Asp. Сочетание двух моделей ускоренного старения с использованием низкоинтенсивного лазерного излучения и гамма-квантов позволяет всесторонне оценить молекулярно-клеточные механизмы старения различных органов и систем (*Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого*).

Разработана экспериментальная модель для комплексного изучения механизмов инсульта головного мозга, в которой локальное фотодинамическое воздействие вызывает ишемический инфаркт мелких сосудов коры мозга крыс. Определены концентрации фотосенсибилизатора, продолжительность и интенсивность локального лазерного облучения, при которых вокруг зоны некроза возникает расширенная переходная зона (пенумбра).

Гистологическое исследование выявило изменения, связанные с тромбозом сосудов мозга: в зоне некроза – дистрофические изменения нейронов, формирование «пористого» нейропиля; в переходной зоне – перипеллюлярный отек нейронов, набухание тел и отростков нейронов.

На ультраструктурном уровне в очаге фотоповреждения отмечена массовая вакуолизация, разрушение оргanelл, локальная деструкция миелиновых оболочек и отек дендритов. В пенумбре сохранность нейронов и капилляров была выше, чем в зоне некроза. На границе пенумбры и неповрежденной ткани отмечены нормальные участки, но вокруг отдельных нейронов наблюдались отеки. Наряду с набухшими в клетках были нормальные митохондрии и рибосомы. Протеомное исследование экспрессии 224 нейрональных и сигнальных белков в пенумбре по сравнению с нормальной тканью мозга с помощью микрочипов Panorama Ab Microarray Neurobiology выявило гиперэкспрессию 15 белков, включая убиквитин, протеинкиназу PINK1, миелиновый белок PMP22, N-кадгерин, протеинкиназу B, синтаксин-связывающий белок MUNC-18-3, глутаматдекарбоксилазу, белков CRMP-2 и ERK5, участвующих в защите нейронов от апоптоза. Снижалась экспрессия протеинкиназы C и ее изоформы C, белка TDP-43, участвующего в процессинге РНК, и нейрофиламента 68, маркера структурных разрушений цитоскелета (*Южный федеральный университет*).

В целях изучения эффектов лазерного и светодиодного излучения видимого диапазона исследованы взаимосвязи между количеством нитрозильных комплексов негемового железа в митохондриях и скоростью дыхания

митохондрий. Установлено, что распад нитрозильных комплексов негемового железа железо-серных белков митохондрий при лазерном облучении приводит к пропорциональному восстановлению скорости потребления кислорода митохондриями. Альтернативным способом восстановления дыхания митохондрий является добавление к митохондриям гемоглобина, обладающего высоким сродством к оксиду азота.

С помощью метода электронного парамагнитного резонанса обнаружено образование нитрозильных комплексов негемового железа железо-серных белков в митохондриях при создании гипоксических условий или при химическом восстановлении ионов железа. Показано, что нитрозильные комплексы негемового железа железо-серных белков в митохондриях обладают фоточувствительностью и распадаются под действием лазерного излучения пропорционально дозе облучения (*Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова МЗ РФ*).

Изучена возможность лазерного и магнитного управления процессами массопереноса наночастиц (НЧ) в хрящевых тканях и созданы научные основы применения НЧ для диагностики повреждений хрящевой ткани и для оптимизации лазерного лечебного воздействия.

В течение работы над проектом было выполнено:

- Синтез и стабилизация наночастиц магнетита. Сравнение влияния различных органических стабилизаторов на свойства дисперсии магнитных наночастиц.
- Разработка способа стабилизации наночастиц, полученных методом лазерной абляции в жидкости.
- Исследование размера полученных частиц, ширины распределения.
- Определение поглощающих свойств и стабильности полученной дисперсии наночастиц.
- Осуществлен выбор подходящих условий синтеза, стабилизации частиц для конкретной цели использования их в экспериментах по лазерному воздействию на хрящевую ткань и ткани глаза.
- Исследована динамика импрегнации НЧ магнетита в хрящевую ткань при воздействии лазерного излучения и магнитного поля.
- Исследован характер взаимодействия используемых частиц с тканью, их распределения на здоровой и поврежденной, облученной и необлученной поверхности.
- Проведены эксперименты по лазерному воздействию на хрящ, содержащий НЧ, в режимах, используемых в медицине для терапевтических целей (*Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН*).

В целях установления режимов лазерного облучения для изготовления имплантатов из реберного хряща проведено исследование оптических свойств и структурных изменений, возникающих при лазерном облучении.

Получены новые данные по динамике рассеяния света в тканях реберного хряща; определены оптические параметры реберного хряща и установлены их зависимости от температуры; получены данные об изменении тонкой структуры (образовании пор субмикронного размера)

при лазероиндуцированной релаксации напряжений и изменении формы реберного хряща (*Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН*).

Проведено изучение эффективности и механизмов действия лазерного (когерентного) и светодиодного (некогерентного) излучения при облучении экспериментальных кожных ран. Измерены скорости и дозовые зависимости процессов перекисного окисления липидов и биосинтетических процессов (индукции NO-синтеза, синтез СОД и цитокинов), а также индекс прайминга фагоцитов. Изучены свойства и фоточувствительность нитрозопроизводных комплексов цитохрома с анионных липидов (кардиолипина, фосфатидилсерина и додецилсульфата натрия) как главных участников апоптотических реакций в митохондриях. Измерена пероксидазная активность комплексов, выявлены ее изменения при взаимодействии с оксидом азота и последующем лазерном облучении (*Российский национальный исследовательский медицинский университет*).

### Направление «Лазерная офтальмология»

Создана новая организационная система оказания высокотехнологичной офтальмологической помощи недоношенным детям с активными стадиями ретинопатии недоношенных (РН), основанная на этапности оказания медицинской помощи с соблюдением единых подходов к срокам и критериям активного скрининга, методикам цифрового диагностического мониторинга, **инновационным технологиям лазерного** (паттерновая лазеркоагуляция сетчатки Паскаль) и хирургического (ранняя витрэктомия) лечения. Внедрение разработанной системы в специализированных офтальмологических учреждениях позволяет достичь регресса РН в 98,5% случаев (*Калужский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова МЗ РФ, НИИ глазных болезней им. Гельмгольца МЗ РФ*).

Разработан алгоритм хирургии роговицы на основе использования фемтосекундного лазера с учетом индивидуального подхода к выбору метода лечения в зависимости от исходных параметров глаза.

Доказан факт биомеханического ответа роговицы в ответ на формирование роговичного клапана и выполнения миопической эксимерлазерной абляции стромы; на значительном клиническом материале научно обосновано преимущество технологии Фемто-Ласик и использование асферического алгоритма абляции роговицы с целью снижения индуцированных оптических изменений периферии роговицы.

Доказана безопасность и эффективность предложенных фемтосекундных технологий (Фемто-ИРС, фемто-кросслинкинг (Фемто-КРК) в лечении кератоконуса, в стабилизации патологического процесса и повышении биомеханических свойств роговицы при значительном снижении риска послеоперационных осложнений.

Показана эффективность усовершенствованного метода фемтосекундной астигматической кератотомии в коррекции астигматизма на тонкой роговице (*МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова МЗ РФ*).

На основе анализа результатов фемтолазерной передней послыонной кератопластики у пациентов с по-

мутнениями роговицы различной этиологии доказано преимущество использования фемтосекундного лазера Femto Ziemer's LDV при послыонной кератопластике по сравнению с мануальной методикой.

Выполнено комбинированное оперативное вмешательство: фемтолазерная передняя послыонная кератопластика и факоэмульсификация катаракты при наличии сопутствующей патологии хрусталика у больных с помутнениями роговицы. Определены показания и противопоказания для проведения комбинированной лазерно-инструментальной операции.

Впервые обоснована необходимость специальной подготовки нагивной донорской роговицы для передней послыонной кератопластики. Разработаны: новая методика подготовки трансплантата, алгоритм проведения фемтолазерной передней послыонной кератопластики, методики расчета толщины и диаметра трансплантата, глубины кератэктомии (*МНИИ глазных болезней имени Гельмгольца МЗ РФ*).

Разработана новая технология глубокой передней послыонной фемто-кератопластики (Ф-ГППК), которая по сравнению с мануальным методом позволяет: ускорить зрительную реабилитацию пациентов, что проявляется в повышении скорректированной и некорректированной остроты зрения на сроке наблюдения шести месяцев; уменьшить послеоперационный астигматизм на сроке наблюдения один год с  $4,8 \sqrt{P} 1,9$  до  $3,7 \sqrt{P} 1,4$  дптр ( $p = 0,04$ ); повысить долю качественного результата лечения (КОЗ 0,5 и выше на сроке наблюдения один год) с 71,4 до 97,1%.

Показано, что Ф-ГППК улучшает биомеханические свойства роговицы, что проявляется в повышении корнеального гистерезиса в 1,5 и фактора резистентности роговицы в 1,9 раза. Впервые методом АСМ определены параметры фемтолазера Inralase 60 kHz для формирования наиболее ровного среза роговицы ( $RMS = 112 \sqrt{P} 17$  нм): энергия 1 мкДж, расстояние между импульсами/рядами – 4 мкм ( $p = 0,01$ ) (*МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова МЗ РФ*).

Впервые в эксперименте на основании исследования видимых изменений и при последующем исследовании на атомно-силовом микроскопе определены условия безопасного лазерного воздействия на ткани глаза при коррекции формы роговицы (*НИИ глазных болезней РАМН*).

Подтверждена гипотеза об определяющей роли пор субмикронного размера, образование которых приводит к релаксации напряжений в роговице и к увеличению гидропроницаемости склеры.

Получены зависимости изменения температуры облучаемых тканей роговицы и склеры глаза для варьируемых параметров лазерного облучения при помощи ИК радиометрии.

Проведены исследования динамики светорассеяния в роговице и склере глаза, облучаемых импульсно-периодическим лазерным излучением разной интенсивности, длительности и частоты следования лазерных импульсов. Получены данные об изменении тонкой структуры тканей глаза при неабляционном лазерном воздействии, приводящем к увеличению гидропроницаемости глаза.

Получена информация о влиянии лазерного излучения на микропористую систему тканей переднего отдела глаза и разработаны эффективные (основанные на измерении динамики светорассеяния) методы оптической диагностики, позволяющие оптимизировать режимы лазерного воздействия для управляемого увеличения гидропроницаемости склеры (*Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН*).

Предложены устройства для количественной оценки гидропроницаемости, светорассеяния и светопропускания аутопсийных образцов склеры до и после контактного воздействия на нее импульсно-периодическим излучением Er-glass волоконного лазера на длине волны 1,56 мкм.

Теоретически рассчитаны и использованы в экспериментах *in vitro* и *in vivo* оптимальные энергетические параметры импульсно-периодического излучения Er-glass волоконного лазера на длине волны 1,56 мкм; испытана оригинальная технология контактного лазерного воздействия на склеру в проекции плоской части цилиарного тела, позволяющая повысить ее гидропроницаемость. Изучена микроскопическая картина зоны контактного воздействия импульсно-периодического излучения Er-glass волоконного лазера (1,56 мкм).

На примере лечения больных рефрактерной глаукомой продемонстрированы клиническая эффективность и преимущества использования оригинальной контактной технологии воздействия на склеру импульсно-периодическим излучением Er-glass волоконного лазера (1,56 мкм) по сравнению с традиционной ТСЛЦД излучением диодного лазера (0,83 мкм). Исследован механизм гипотензивного эффекта лазериндуцированного повышения гидропроницаемости склеры путем контактного воздействия на нее в проекции плоской части цилиарного тела импульсно-периодическим излучением Er-glass волоконного лазера на длине волны 1,56 мкм (*НИИ глазных болезней РАМН*).

Предложен комбинированный метод хирургического лечения исходов тромбозов вен сетчатки, включающий проведение микроинвазивной витректомии с удалением задних кортикальных слоев стекловидного тела и эпиретинальных мембран, эндолазерной коагуляции сетчатки в зоне поражения. Метод является патогенетически обоснованным и создает дополнительный путь оттока крови из ретинальных вен в хориоидальное русло путем индуцирования венозных хориоретинальных анастомозов в 79% случаев. При этом его проведение наиболее оптимально в сроки до 6 мес. от момента окклюзии, когда удается избежать рецидива макулярного отека, развития рубцеоза радужки и увеличения ишемических зон в послеоперационном периоде, достигнуть остроты зрения 0,1 и более (в среднем  $0,4 \pm 0,04$ ) и предотвратить развитие осложнений заболевания у всех пациентов (*МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова МЗ РФ*).

Установлено, что комплексное лечение воспалительных окклюзий вен сетчатки должно включать антибактериальные, противовирусные и стероидные противовоспалительные препараты, а также при необходимости – транспупиллярную лазеркоагуляцию сетчатки. Более выраженный клинический эффект отмечается при его

дополнении интравитреальным введением анти-VEGF препарата (Луцентис).

Выявлены клинические особенности окклюзий ретинальных вен, протекающих на фоне офтальмотропной инфекции: клеточная реакция в стекловидном теле, «полосы сопровождения» и «муфты» по ходу сосудов; экстравазальный выход флюоресцеина из сосудов различного калибра с прокрашиванием их стенок по данным флюоресцентной ангиографии глазного дна. У всех пациентов обнаружено микстинфицирование различными офтальмотропными микроорганизмами, преобладает инфицированность вирусами группы герпеса с серологическими признаками их реактивации и токсоплазмой гондии. Заболевание не ассоциировано с повышенной агрегацией тромбоцитов и развивается при сниженном содержании компонентов фибринолиза. Комплексное лечение приводит к повышению агрегационной активности тромбоцитов и активности локального фибринолиза, а через 1–6 мес. – системного фибринолиза. В парном глазу отмечаются изменения, аналогичные пораженному глазу (*МНИИ глазных болезней имени Гельмгольца МЗ РФ*).

Проведены исследования по изучению агрегации тромбоцитов, уровня плазминогена и активатора плазминогена урокиназного типа в крови и слезе для оптимизации комплексного лечения больных с тромбозами вен сетчатки, протекающими на фоне воспалительных заболеваний сетчатки. Выявлено, что ИАГ-лазерный витреолизис усиливает эффект консервативной фибринолитической терапии у больных с гемофтальмами на фоне посттромботической ретинопатии (*МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца МЗ РФ*).

Разработан метод микроимпульсного лазерного воздействия длиной волны 577 нм для лечения макулярного отека после хирургического удаления идиопатической эпиретинальной мембраны.

Подтверждено, что идиопатическая эпиретинальная мембрана представляет собой серьезную патологию органа зрения, способную приводить к необратимой потере зрительных функций. Хирургическое удаление идиопатической эпиретинальной мембраны является эффективным методом устранения тракционного воздействия ее на сетчатку, однако восстановление тонкой структуры и функции макулярной области сетчатки после хирургического удаления идиопатической эпиретинальной мембраны происходит не всегда, что отражается в жалобах пациента на «расплывчатость» предметов, несмотря на высокие показатели остроты зрения, что вызывает у него неудовлетворенность результатом операции.

Определены безопасные и наиболее эффективные параметры микроимпульсного лазерного воздействия с использованием длины волны 577 нм для лечения макулярного отека у пациентов после хирургического удаления идиопатической эпиретинальной мембраны (*МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова МЗ РФ*).

Выявлены особенности локальной цитокиновой регуляции при разных формах глаукомы и определены иммунологические критерии эффективности патогенетической терапии.

Проведено комплексное исследование локальных цитокиновых и биохимических показателей, дана оценка их взаимосвязи. Установлен противовоспалительный локальный профиль цитокинов при первичной открытоугольной глаукоме с переключением типов иммунного ответа. Определены дополнительные дифференциально-диагностические критерии стадий заболевания пациентов с первичной открытоугольной (ПОУГ) и первичной закрытоугольной глаукомой (ПЗУГ) по уровню IL-17, IL-2, TGF бета 1 и TGF бета 2.

Разработан метод ранней диагностики ПОУГ и дополнительные иммуно-биохимические критерии тяжести ПОУГ и ПЗУГ. Определены наиболее информативные маркеры прогнозирования течения болезни при разных формах глаукомы. Выявлены иммунологические критерии эффективности лазерной трабекулопластики при ПОУГ и лазерной иридэктомии при ПЗУГ (*Тихоокеанский государственный медицинский университет МЗ РФ*)

Разработана и внедрена в практику техника диод-лазерной транссклеральной циклодеструкции в режиме термотерапии для лечения пациентов с рефрактерной глаукомой.

В эксперименте доказана безопасность и эффективность диод-лазерной транссклеральной циклодеструкции в режиме термотерапии. Методом твердофазного иммуоферментного анализа определено состояние интраокулярного иммунного статуса в различные сроки послеоперационного периода в зависимости от способа выполнения циклодеструкции.

Доказано преимущество выполнения диод-лазерной циклодеструкции в режиме термотерапии. В клинике определена эффективность диод-лазерной транссклеральной циклодеструкции в режиме термотерапии при лечении пациентов с рефрактерной глаукомой (*Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова*).

Обосновано использование Nd YAG лазера с длиной волны 1,44 мкм в технологии переднего капсулорексиса, дистанционного гемостаза и анемизации тканей в зоне планируемого разреза.

В эксперименте выполнен лазерный капсулорексис при помощи аппарата «РАКОТ» с использованием 10 различных параметров энергии лазера. Проведена оценка морфологических изменений и эластичности края капсулы по линии разрыва после лазерного, мануального и диатермического капсулорексиса в сравнительном аспекте при помощи специального устройства, изготовленного группой инженеров ЭТП ФГБУ МНТК «Микрохирургия глаза». Подбор параметров лазерного гемостаза в зоне конъюнктивальных и склеральных сосудов при помощи аппарата «РАКОТ» выполнен с использованием 20 различных режимов энергии лазера с дальнейшим морфологическим исследованием (*МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова МЗ РФ*).

Разработан количественный способ анализа функции слезоотведения – гидродинамическое исследование, основанное на определении давления в слезоотводящих путях при введении в них заданного объема жидкости в определенное время. Результаты экспериментальных и комплексных исследований позволили обосновать возможность использования гольмиевого лазера на длине

волны 2,08 мкм в дакриологии и выбрать необходимые параметры его применения (*МНИИ глазных болезней РАМН*).

#### **Направление «Лазерная медицинская техника»**

В целях повышения уровня метрологического обеспечения приборов лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), построенных с использованием волоконного зонда с одним зондирующим и двумя приемными оптическими волокнами, разработан метод метрологического контроля состояния приборов ЛДФ, базирующийся на математической модели процесса воспроизведения показателя микроциркуляции и алгоритмах проверки метрологических характеристик приборов ЛДФ.

Результаты работы получены на основе математических теорий дифференциального и интегрального исчисления, интегрального преобразования функции вещественной переменной, геометрической и волновой оптики, теории точности, методов регрессионного и корреляционного анализа (*Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс*).

Изучены наноструктурные особенности (субфракционного состава) плазмы крови здоровых людей, онкологических больных и больных соматическими заболеваниями. Выявлены диагностически значимые признаки: изменение соотношения компонентов субфракционного состава и появление крупноразмерных комплексов при патологии, подтвержденное методами зондовой микроскопии.

Разработаны базовая конструкция лазерного корреляционного спектрометра и методика, обеспечивающая возможность одновременного измерения распределения по размерам наночастиц разного типа в коллоидных растворах липосомальных, мицеллярных и наномасляных дисперсий различных веществ, в том числе противоопухолевых препаратов, и их динамического поведения. Показаны возможности применения созданного комплекса аппаратуры для исследования микроорганизмов и вирусов (*Российский онкологический научный центр РАМН*)

Изготовлен оптико-механический модуль для офтальмологического фемтосекундного лазерного комплекса. Модифицированная система существенно расширит область микрохирургических вмешательств: кроме лазерной кератопластики для проведения операции ЛАЗИК новая система позволит проводить также пересадку роговицы (сквозная и ламеллярная кератопластика). Офтальмологический фемтосекундный лазерный комплекс, в состав которого входит разработанный оптико-механический модуль, по своим основным параметрам (размеру пятна в фокусе, качеству реза, скорости сканирования, точности позиционирования и гибкости управления) соответствует лучшим мировым образцам. Созданный фокусирующий объектив FS-30 обеспечивает превосходное качество фокусировки, достигая дифракционного предела для данной длины волны (*ООО «Оптосистемы»*).

Проведены работы по созданию фемтосекундного лазера для целей микрохирургии глаза: доработаны и усовершенствованы узлы и алгоритмы действия существующей фемтосекундной установки; разработана принципиально новая система на основе сканирующего

объектива с полным полем сканирования; проведено экспериментальное исследование пространственных характеристик филаментов, образующихся в ходе облучения образцов из поликарбоната с помощью фемтосекундного лазера; исследована возможность использования фемтосекундного лазера для новых типов офтальмологических операций, в частности, для катаракты; разработан собственный фемтосекундный лазер (*Центр физического приборостроения Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН*).

Проведен анализ зависимости глубины проникновения лазерного луча в ткани человека от длины его волны. Исследована возможность совместного использования лазеров с различными длинами волн и имеющимися на рынке видами сенсibilizаторов. Выбран оптимальный режим работы разрабатываемого лазера. Создана оптическая схема лазера. Осуществлен выбор оптимальной схемы из нескольких предложенных. Изготовлена оптическая головка экспериментального образца лазера и выполнена ее юстировка. Рассмотрены и проанализированы различные типы электрических компонентов, подходящие для создания лазера. Из подобранных электрических компонентов составлена схема электропитания экспериментального образца.

Собран экспериментальный образец лазера для ФДТ онкологических заболеваний с учетом технических требований на лазер. Выполнены проверка работоспособности экспериментального образца лазера, а также его проверка на соответствие параметрам (*ООО «Лазерные технологии»*).

Созданы лабораторный макет и опытный образец твердотельного лазера на основе керамики  $Tm\#23+\#1:Lu\#32\#1O\#33\#1$  с диодно-лазерной накачкой, генерирующего как в непрерывном, так и в импульсно-периодическом режиме излучения на длине волны около 2070 нм мощностью более 15 Вт. Проведены исследования физических принципов создания мощных и эффективных лазеров на керамике  $Tm\#23+\#1:Lu\#32\#1O\#33\#1$  с диодно-лазерной накачкой; оптимизированы параметры лабораторного макета такого лазера в непрерывном и импульсно-периодическом режимах; разработаны отдельные узлы, блоки и комплектующие и собран опытный образец лазера; проведены его предварительные испытания и апробация для резки биологических тканей. Опытный образец лазера готов к проведению детальных исследований по его применению в хирургии, а также к сертификации для использования в медицинских уч-

реждениях России (*ООО «Лаборатория хирургических и технологических лазеров»*).

Исследованы генерационные и шумовые характеристики одномодового волоконного Ег-лазера и проанализирована возможность детектирования обратно рассеянного излучения методом автодинного приема. Экспериментально и теоретически исследован автодинный эффект, возникающий в таком лазере при наличии внешнего рассеивающего объекта. Рассчитаны и экспериментально исследованы амплитудно-частотная характеристика автодинного усиления, глубина модуляции в зависимости от выходной мощности. Измерены отношение сигнал/шум и предельная чувствительность к рассеянному излучению такого метода для одномодового эрбиевого волоконного лазера.

Показано, что за счет многочастотного режима генерации этого лазера автодинный сигнал при рассеянии поверхностью вращающегося диска сильно нестабилен (флуктуации мощности сигнала в 1–100 раз), а зависимость средней мощности автодинного сигнала от расстояния имеет локальные максимумы.

Разработана специализированная программа под Windows (XP, Win 7), позволяющая в реальном режиме времени записывать и анализировать автодинный сигнал, возникающий в волоконном Ег-лазере с целью создания канала обратной связи в хирургической установке. В программе используются оригинальные алгоритмы, позволяющие устранить влияние сильных флуктуаций мощности автодинного сигнала на процесс мониторинга лазерной абляции биотканей.

Проведены эксперименты по регистрации автодинного сигнала, возникающего в Ег-волоконном лазере при воздействии его излучения на биомодели и биоткани. Показано различие в спектрах обратного рассеянного излучения, возникающего в процессе выпаривания разных биомоделей. Проведен анализ и оценка возможности детектирования момента перехода от испарения излучением Ег-волоконного лазера одного типа ткани к другому (*Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН*).

Созданы и испытаны опытные образцы «Портативного многофункционального устройства лазерной стимуляции зрения» (*ООО «Эйра»*).

*Поступила в редакцию 06.09.2015 г.*

*Для контактов: Цыганова Галина Ивановна  
E-mail: ziganova@yandex.ru*