

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-

траоперационной ЭХО КГ, шунтографии, показателей КФК и КФК МБ и данных интра- и послеоперационной оценки показателей, позволяющих оценить состояние больных. Было показано, что диффузность поражения и дисфункция эндотелия коронарных артерий у больных ИБС являются важнейшими факторами риска летальности и осложнений после АКШ. У этих больных вероятность развития критического спазма коронарных артерий после АКШ очень высока. Поскольку исходная высокая резистентность микрососудистого русла коронарных артерий вследствие усугубления вазоспазма исключает возможность увеличения кровотока по стенозированной коронарной артерии, увеличение кровотока с помощью шунта оказалось безуспешным. Было показано, что предотвращению вазоспазма микрососудистого русла у больных ИБС с диффузным поражением коронарных артерий способствует операция ТМЛР. Выполнение ТМЛР в сочетании с АКШ у больных ИБС с диффузным поражением коронарных артерий уменьшает летальность в 10 раз, а смертность в этой группе становится вполне сопоставимой с таковой у больных ИБС без диффузного поражения коронарных артерий (1,15%) (Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева).

Впервые изучены эффективность и безопасность использования метода интраоперационной флуоресцентной диагностики и лазерной спектроскопии в хирургии глиом головного мозга Grade I-II различной гистологической природы. Установлены различные пред- и интраоперационные факторы, влияющие на возникновение и оценку флуоресцентного эффекта в хирургии глиом головного мозга различного морфологического строения. Проведена сравнительная количественная оценка накопления протопорфирина IX в глиомах разной степени злокачественности, а также в различных участках глиобластом (зона некроза, солидная часть опухоли, инфильтративная зона) в сопоставлении с данными множественных биопсий. Показана эффективность применения интраоперационной комбинированной спектроскопии в хирургии глиом головного мозга различной степени злокачественности с опциями одновременного измерения светорассеяния, оксигенации, кровенаполнения тканей на отечественном спектроанализаторе ЛЭСА-01-БИО-СПЕК (НИИ нейрохирургии).

Изучены в эксперименте особенности операций на печени с использованием высокоэнергетического лазерного излучения длинами волн 805, 1064 и 10 600 нм. Определены оптимальные рабочие параметры диодного лазера с длиной волны 805 нм для проведения диссекции или коагуляции паренхимы печени. Изучены изменения поверхностной температуры ткани печени в ответ на действие лазерного излучения, которые свидетельствуют о локальном повреждающем действии лазера в очаге воздействия и минимальном повышении температуры ткани на расстоянии до 10 мм от зоны действия лазерного луча. Изучены морфологические изменения ткани печени после операций с применением лазера, подтверждающие его очевидные преимущества перед традиционными хирургическими инструментами, пластическим материалом «ТахоКомб», биологическим клеем «Beriplast P». Впервые разработан в эксперименте (патент на изобре-

тение № 2321372 от 10.04.2008 г.) способ закрытия раневой поверхности печени путем бесшовного соединения ее с ксеногенной брюшиной. Доказана высокая эффективность нового способа за счет статистически значимого снижения уровня кровопотери во время операции и отсутствия осложнений в послеоперационном периоде. Впервые разработан в эксперименте (патент на изобретение № 2160068 от 10.12.2000 г.) новый способ ликвидации остаточных полостей после фенестрации непаразитарных кист и закрытой эхинококкэктомии из печени. Разработанный подход к решению проблемы экссудативных осложнений, связанных с наличием остаточной полости в печени, полностью устраняет возможность их развития по сравнению с существующими методиками. Эффективность клинического применения этого способа подтверждается отсутствием осложнений в послеоперационном периоде и рецидивов очаговых образований (Челябинская госмедакадемия).

Предложен способ облучения печени инфракрасным лазером для лечения острого и обострения хронического холангиогенного гепатита после операции гепатикозентеростомии на сменном транспеченочном дренаже по Гетцу (Патент РФ на полезную модель № 108306). Обоснованы тактика и способы лечения осложнений, развившихся после операций по поводу травм и стриктур гепатикохоледоха (Самарский госмедуниверситет).

В эксперименте на животных изучена динамика морфологических изменений в поджелудочной железе после лазерной туннелизации; получены данные о процессах регенерации и неоангиогенеза, происходящих в поджелудочной железе после лазерного воздействия, что является важным для обоснования применения лазера в хирургии хронического панкреатита. Разработано новое направление в лечении хронического фиброзного панкреатита созданием современного хирургического метода на основе применения высокоэнергетического лазерного излучения. Разработаны малоинвазивные органосохраняющие способы лазерной туннелизации поджелудочной железы у пациентов с хроническим панкреатитом; определены показания и противопоказания к применению данного метода лечения; на достаточном клиническом материале (31 пациент) изучены ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения; показаны эффективность и безопасность предлагаемого способа лечения пациентов с хроническим фиброзным панкреатитом. Результаты могут быть использованы лечебными учреждениями хирургического профиля, учебными заведениями в процессе преподавания хирургических дисциплин (Челябинский институт лазерной хирургии).

Разработаны методики лазерной резекции и соединения тканей при органосберегающих операциях на молочной железе в хирургии доброкачественных узловых образований и фиброзно-кистозной болезни, при хирургическом лечении пациентов с очаговыми образованиями печени, резекции почки с пластикой ксеногенным материалом (Челябинская госмедакадемия).

Разработан в эксперименте и изучен в клинической практике новый способ лечения фиброаденом молочной железы с помощью лазериндуцированной интер-

стициальной термотерапии (ЛИТТ), установлены его эффективность и особенности выполнения. Выявлены ультразвукографические критерии девитализации фиброаденомы при проведении ЛИТТ. Экспериментально-морфологическим путем обоснована возможность формирования соединения паренхимы молочной железы с использованием высокоэнергетического лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона, и разработан способ облитерации кистозной полости, основанный на соединении противостоящих стенок кисты с помощью лазерного излучения у пациенток с фиброзно-кистозной болезнью молочной железы (Справка о приоритете ФИПС РФ № 2012102298 от 23.01.2012 г.); проведена оценка его эффективности на основании сравнительного анализа с результатами традиционных способов склерозирования кист молочной железы. Впервые использована в эксперименте на животных и внедрена в клиническую практику методика секторальной резекции молочной железы с использованием высокоэнергетического лазерного излучения длиной волны 805 и 970 нм, доказаны преимущества разработанной технологии по сравнению с традиционным способом выполнения секторальной резекции с помощью скальпеля (Челябинская госмедакадемия).

В кожно-пластической хирургии разработаны неинвазивные методы диагностики (дерматоскопия, оптическая когерентная томография, радиотермометрия) и лечения с помощью высокоэнергетического лазерного излучения себорейной кератомы, базально-клеточной папилломы, пигментированной эпителиомы, старческой бородавки и других образований кожи (ГНЦ лазерной медицины).

Предложен новый в дерматологии и радиологии метод лечения – лазероиндуцированная термотерапия (ЛИТТ) злокачественных новообразований кожи, – позволяющий улучшить результаты лечения больных поверхностным (T1N0M0) и микронодулярным базально-клеточным раком кожи и повысить качество жизни пациентов. Разработана схема проведения ЛИТТ при поверхностной T1N0M0 и микронодулярной формах базально-клеточного рака кожи различных локализаций. Показана более высокая эффективность лазероиндуцированной термотерапии поверхностного T1N0M0 и микронодулярного базально-клеточного рака кожи по сравнению с фотодинамической терапией, с существенно меньшей частотой побочных реакций, укорочением сроков эпителизации очагов поражения и улучшением косметических результатов. ЛИТТ может проводиться как в стационарных, так и в амбулаторных условиях (МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского).

Предложена система оптимизации 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 формиро-

вание различных лечебных эффектов комбинированной лазерной терапии при различных осложнениях после контурной инъекционной пластики лица происходит при избирательном преимущественном участии одного из методов лазерной монотерапии. Так, 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. Устранение же иммунного дисбаланса в клеточном и гуморальном звеньях иммунной системы, а также повышение функциональной активности нейтрофилов, обеспечивается прежде всего надвенным облучением крови лазерным излучением красного диапазона (ФГУЗ КБ № 119 ФМБА).

В области травматологии разработаны лазерные технологии посттравматических и дегенеративно-дистрофических заболеваний коленного сустава. Выявлены оптимальные режимы работы и мощности лазерного излучения при воздействии на гиалиновый хрящ и субхондральную кость. Сравнительная характеристика лазерной и механической (спицевой) туннелизации субхондральной кости свидетельствует о малой травматичности лазерной технологии. Туннелизация субхондральной кости лазерным излучением (под визуальным контролем) способствует регенерации утраченного хрящевого покрова за счет активизации процессов регенерации в перфорационной зоне. Определены показания к лазерным артроскопическим операциям при различных видах посттравматических изменений и дегенеративно-дистрофических заболеваний коленного сустава. Рекомендованные способы применения лазерного излучения повышают эффективность эндоскопических вмешательств (ГУЗ, ГКБ № 79 Департамента здравоохранения г. Москвы).

В области гинекологии разработан метод локальной санации, включающий активное аспирационно-промывное дренирование полости матки с использованием приставки ВАЦ-01 к аппарату АМУС-01-«Интрамаг» при помощи разработанного маточного наконечника (патент на изобретение № 2429792 от 27.09.2011 г.) с применением 0,01%-ного раствора мирамистина в сочетании с внутриматочной лазеротерапией (ЛАСТ-02) у женщин с послеродовым эндометритом (ПЭ). Комплекс проводимых мероприятий при ПЭ позволяет сократить сроки лечения и снизить необходимость радикальной операции до 0% (Саратовский госмедуниверситет).

В области урологии разработана методика комбинированного эндоскопического вмешательства с последовательным применением ТУР, ФДТ и Nd-YAG-лазерной деструкции немышечно-инвазивного рака мочевого пузыря (НМИРМП). Было показано, что после проведенного оперативного лечения происходит значительное снижение количества рецидивов заболевания у пациентов с промежуточным и высоким риском рецидива. Анализ полученных результатов позволил выявить корреляционные связи между сроком наступления рецидивов заболевания и клинико-морфологическими показателями

опухоли при НМИРМП преимущественно после 12 мес., что позволяет рекомендовать этим пациентам длительные курсы адьювантной терапии (МРНЦ, г. Обнинск).

В области оториноларингологии изучена эффективность хирургического лечения 100 больных отосклерозом посредством совершенствования методик стапедопластики с использованием современной, бесконтактной CO₂-лазерной системы (Acuspot 712, Lumenis, USA): модифицирована поршневая стапедопластика с использованием титановых и платино-титановых протезов различного диаметра и разработана частичная стапедэктомия с использованием аутоканеи, частичная стапедэктомия с использованием аутохряща на аутовену. Представлена аудиологическая характеристика в динамике результатов поршневой и аутоканевой методик стапедопластики с лазерной ассистенцией и их сравнительная эффективность. Выявлено влияние размера перфорации подножной пластики стремени и диаметра используемого протеза стремени на результат слуховой функции. Разработаны показания к выполнению обеих методик стапедопластики (Московский научно-практический центр оториноларингологии Департамента здравоохранения г. Москвы).

Научно обосновано комплексное применение внутривенного лазерного облучения крови и спектральной фототерапии у больных хроническим тонзиллитом, осложненным пиелонефритом. Установлено, что применение разработанного лечебного комплекса способствует более выраженному по сравнению с медикаментозной терапией купированию клинической симптоматики, проявляющейся уменьшением прежде всего болевого синдрома в области небных миндалин, уменьшению болезненности лимфоузлов, а также уменьшением признаков воспаления небных миндалин по данным фарингоскопического исследования. Доказано, что разработанный лечебный комплекс обладает выраженным детоксикационным эффектом, что проявляется уменьшением явлений эндогенной интоксикации по данным лейкоцитарного индекса интоксикации и уровня ЦК в моче. Установлено, что применение лечебного комплекса у больных хроническим тонзиллитом, осложненным пиелонефритом, вызывает улучшение васкуляризации паренхимы почек, что подтверждается результатами ультразвукового дуплексного картирования в виде увеличения плотности сосудов в изучаемой области и повышения скорости кровотока по артериальным и венозным сосудам (Ростовская областная детская больница).

Разработана методика применения НО-терапии в раннем послеоперационном периоде у больных мезотимпанитом после тимпанопластики, которая обеспечивает более быстрое приживание неотимпанального трансплантата, сокращает сроки приживания, усиливает неогенез, репаративные процессы. Данная методика может использоваться как в стационаре, так и в условиях поликлиники (МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского).

Разработаны прогностические критерии возможных рубцовых послеоперационных осложнений по данным лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) у больных с врожденными и приобретенными пороками развития наружного и среднего уха. Оптимизировано хирургиче-

ское лечение пороков уха с учетом микрогемодинамики. Определены нормальные флоуметрические показатели в околоушной области, факторы риска развития рубцовых осложнений по результатам исходных показателей ЛДФ, модифицированы хирургические способы аурикуломеатотимпанопластики с учетом прогноза патологического рубцевания в послеоперационном периоде (Научно-клинический центр оториноларингологии ФМБА России).

Предложена новая методика комплексного лечения аллергического ринита у детей с применением НИЛИ, доказана ее высокая эффективность. Получен патент на изобретение № 2410134 от 27.01.2011 г. (Северо-Кавказский многопрофильный медицинский центр МЗ РФ, г. Беслан).

В области стоматологии предложена методика сочетанного применения эрбиевого лазера длиной волны 2940 нм, мощностью 4 Вт, длительностью импульса 700 мкс в режиме long, с энергией 300 мДж, частотой 20 Гц, временем экспозиции 15 с на 1 см² с водно-воздушным спреем и углекислого лазера с длиной волны 10 600 нм, мощностью 3 Вт, частотой 15 Гц для хирургического лечения веррукозной формы лейкоплакии слизистой оболочки полости рта. При применении эрбиевого лазера возможно безболезненное и щадящее получение материала для биопсии во время операции. Обработка раны углекислым лазером на втором этапе вследствие глубокого проникновения лазерного луча позволяет избежать рецидивов заболевания (Московский государственный медико-стоматологический университет).

Изучена подробная клинико-лабораторная характеристика патологии пародонта при системной красной волчанке (СКВ). Установленоотягщающее влияние на пародонт очагов васкулита, нарушений минерального обмена, корреляции с основными иммунологическими факторами СКВ. Морфологически доказано разрушение пародонта из-за васкулита, патологии сосудов, гомогенизации коллагеновых волокон, склероза и гиалиноза, срыва регенераторных процессов (эпителиальные нарушения дистрофического, склеротического и атрофического характера, явления гиперкератоза и паракератоза), иммунного воспаления стромы. Впервые подробно проанализированы микроциркуляторные гемодинамические нарушения в пародонте, доказана их роль в развитии пародонтита. Впервые применен метод ВЛОК для коррекции микроциркуляторных нарушений при пародонтите, оценена его эффективность в разных режимах использования (Московский государственный медико-стоматологический университет).

Разработана методика лазеротерапии по циркадианным ритмам человека с применением лазерного излучения посредством аппарата «Матрикс» отечественного производства, способствующая снижению концентрации грибковых элементов рода *Candida*, уменьшению степени атрофических процессов тканей протезного ложа и усилению репаративных процессов, что обеспечивает повышение функциональной эффективности съемных протезов и качество жизни пациентов (ВГМА им. Н.Н. Бурденко).

Проведен сравнительный анализ эффективности использования различных остеопластических материалов

(«Bio-Oss», «Syntho-Graft», «Vita-Oss», «КГА») для заполнения дефектов костной ткани при хирургическом лечении периимплантита в эксперименте на животных. На основании комплекса экспериментальных, морфологических, лабораторных и клинических исследований разработана тактика хирургического лечения периимплантита с использованием эрбиевого лазера, которая приводит к долгосрочному положительному результату и отсутствию рецидива воспалительного процесса. Эффективность проведенного хирургического лечения периимплантита подтверждена положительной динамикой клинических и микробиологических показателей у пациентов (Центральный НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, г. Москва).

Изучены показатели проницаемости эмали до и после отбеливания девитальных зубов с использованием диодного лазера и применения профилактических средств. Проведена сравнительная оценка эффективности внутреннего и комбинированного отбеливания девитальных зубов с использованием диодного лазера. Разработан комплекс лечебно-профилактических мероприятий для лиц с девитальными зубами, который позволил оказывать им стоматологическую помощь на принципиально новом уровне (Московский государственный медико-стоматологический университет).

Обосновано применение различных режимов углекислотного и эрбиевого лазеров при проведении хирургического лечения гнойно-воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области (ЧЛЮ). Доказана высокая эффективность применения эрбиевого лазера при проведении операции секвестрэктомии при одонтогенном остеомиелите челюсти и в комплексном лечении пациентов гнойно-воспалительными заболеваниями. Установлено влияние излучения углекислотного и эрбиевого лазеров на количественный и видовой состав микрофлоры гнойной раны пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями ЧЛЮ. Впервые установлены разнонаправленные изменения показателей местного иммунитета при применении хирургических лазерных технологий и традиционных методов лечения и доказано отсутствие иммуносупрессии в послеоперационном периоде при использовании углекислотного и эрбиевого лазеров. По данным рентгенологического метода исследования выявлено, что излучение эрбиевого лазера способствует более раннему восстановлению послеоперационного костного дефекта у пациентов с хроническим одонтогенным остеомиелитом челюстей после секвестрэктомии (Московский государственный медико-стоматологический университет).

В области фотодинамической терапии (ФДТ) разработаны методики антимикробного фотодинамического воздействия фотосенсибилизатором второго поколения «Фотодитазин» (N-диметилглукामीновая соль хлорина Е6) в сочетании с лазероантибиотикотерапией, позволившие ускорить элиминацию микрофлоры, раннее снижение количества микроорганизмов в остаточных гнойных полостях, желчи и ранах ниже клинически значимого порога и улучшить микроциркуляцию в зоне раневых изменений. Установлено, что при использовании данного метода происходит снижение повторного нагноения

остаточных полостей после эхинококкэктомий, сокращение сроков лечения на первом декомпрессивном этапе у больных гнойным холангитом и сокращение частоты послеоперационных осложнений, снижение количества случаев применения широких лапаротомий у больных с пункционно-дренирующими вмешательствами и сокращение сроков нормализации лабораторных показателей у больных с широкими лапаротомиями при остром деструктивном панкреатите, а также снижение послеоперационной летальности; сокращение сроков подготовки раневой поверхности к аутодермопластике и улучшение приживления кожных трансплантатов за счет усиления микроциркуляции (ГУЗ РКБ им. Г.Г. Куватова, г. УФА).

Проведено клинико-экспериментальное изучение противоопухолевого действия ФДТ с внутривенным и внутриочаговым применением ФС «Фотодитазин» и «Радахлорин» в сравнительном аспекте с криодеструкцией разных клинических форм, гистологических типов, локализации и стадий базально-клеточного рака (БКР). Установлена высокая противоопухолевая активность ФДТ с ФС «Фотодитазин» и плотностью энергии лазерного излучения, равной 300 Дж/см², с реализацией всех основных механизмов избирательного фотодинамического разрушения опухоли при лечении экспериментальной перевиваемой опухоли саркомы М-1. Установлено преобладание отличных и хороших косметических результатов ФДТ БКР с использованием внутриочагового введения ФС хлоринового ряда. ФДТ с внутриочаговым введением ФС хлоринового ряда является эффективным методом лечения разных клинических форм БКР стадии T1-T2N0M0, улучшает ближайшие, отдаленные и косметические результаты лечения. Преимуществом метода является увеличение концентрации ФС непосредственно в опухоли, 10-кратное уменьшение разовой дозы введенного в организм ФС, отсутствие системного действия, связанных с ним побочных эффектов и существенно большей экономической выгоде. Предлагаемая методика ФДТ с внутриочаговым введением ФС может быть использована для лечения БКР (МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского).

Изучены особенности накопления фотосенсибилизаторов в аорте кроликов с экспериментальным атеросклерозом, в АСБ человека, удаленных во время каротидной эндартерэктомии и в сонных артериях у пациентов при помощи лазерной электронной спектроскопии. В результате было продемонстрировано преимущественное накопление ФС в атеросклеротически измененной интима артерий по сравнению с нормой. При апробации метода флуоресцентной диагностики атеросклероза было показано, что различий между интенсивностью флуоресценции в проекции общей сонной артерии и прилежащей мышцы обнаружено не было (Российский кардиологический научно-производственный комплекс).

Разработаны и внедрены в медицинскую практику методы гипертермии для лечения онкологических и других заболеваний. Завершены клинические испытания по протоколу «Сочетанная фотодинамическая терапия с препаратом «Фотосенс» и лазерная гипертермия для лечения базальноклеточного рака кожи и кожных метастазов рака молочной железы». По этой методике пролечено

90 пациентов. Полная регрессия опухоли достигнута у 55 больных, частичная – у 20, у 14 получена стабилизация опухоли. Всего с использованием методов гипертермии в рамках Программы получили лечение 428 больных с различными злокачественными образованиями (лазерная гипертермия – 205, УЗГТ – 5, СВЧ-гипертермия – 218). Непосредственный результат практически всегда был положительным (от полной регрессии опухоли до улучшения состояния, в зависимости от тяжести заболевания). Разработана технология получения нового препарата «Наносенс» для лечения опухолей высокоэффективными инновационными методами импульсной лазерной гипертермии (ИЛГ) и ИЛГ+ФДТ, преимуществом которых перед традиционной ФДТ является отсутствие кожной фототоксичности (ГНЦ «НИОПИК»).

Разработаны и созданы структуры «ядро-оболочка для капсуляции фотодинамических красителей». Продукт представляет собой микронные и субмикронные контейнеры для адресной доставки фотодинамических красителей, применяемых при фотодинамической терапии раковых опухолей, ожогов и ран. Контейнеры выполнены методом полиионной сборки и обеспечивают локализацию красителя в пораженной области, тем самым снижая токсический эффект и фотосенсибилизацию здоровых тканей. Структуры обладают существенными преимуществами, позволяя управляемо высвобождать краситель, получать синергетические эффекты. Многовариантность состава и структуры оболочки упрощает процесс изготовления структур. Отработаны методики синтеза микронных и субмикронных микрочастиц карбоната кальция различными способами. Опробованы различные методы инкапсуляции фотодинамического красителя и выбран оптимальный. Оценены концентрации красителя, содержащегося в структурах. Показана возможность разрушения структур с помощью терапевтического ультразвука и обеспечения релиза красителя. Показана успешность применения структур при сочетанном ультразвуковом и лазерном воздействии на перевитых опухолях крыс (Саратовский госуниверситет им. Н.Г. Чернышевского).

Направление «Лазерные методы диагностики и терапии»

Проведено комплексное изучение состояния простагландиновой системы, микроциркуляции и вегетативного статуса под влиянием внутривенного лазерного облучения крови (ВЛОК) у больных гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью (ГЭРБ). Обоснована возможность использования ВЛОК для нормализации уровня простагландинов, а также для коррекции нарушений в системе ПОЛ-АОЗ и микроциркуляторном русле у больных ГЭРБ (патент на изобретение по заявке № 2011150386/14(075618). Полученные результаты внедрены в работу терапевтического и гастроэнтерологического отделений Клинической больницы скорой медицинской помощи г. Владикавказа (Северо-Осетинская госмедакадемия).

Изучена специфичность газовой выделений (выдыхаемый воздух, испарения с поверхности кожи, испарения соскоба с языка и испарения мочи) у больных очаговым

вирусным гепатитом (ОВГ) А, В, С методом оптико-акустической лазерной спектроскопии. Показана идентичность спектров поглощения газовой выделений (выдыхаемый воздух, испарения соскоба с языка, испарения мочи) в области 9–11 мкм у больных ОВГ средней степени тяжести в желтушный период вне зависимости от этиологии гепатита и их отличие от спектров поглощения газовой выделений у здоровых добровольцев. Спектры поглощения испарений с кожных покровов живота, груди и спины у пациентов с ОВГ в области 9–11 мкм различаются в зависимости от выявления маркеров вирусных гепатитов (анти-HAV IgM, HBsAg и суммарные анти-HCV). Установлена взаимосвязь спектров поглощения газовой выделений у пациентов с ОВГ в области 9–11 мкм с клиническими синдромами (синдром желтухи и интоксикации), а также с биохимическими показателями крови (билирубин, АЛТ, АСТ, общий белок, ПТИ). Получены высоковалидные математические уравнения, позволяющие диагностировать ОВГ в период желтухи, на основе коэффициентов поглощения выдыхаемого воздуха, испарений с кожных покровов груди, испарений с кожных покровов живота, испарений с кожных покровов спины в области 9–11 мкм (диагностическая эффективность более 85%) (Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН).

Разработанная методика исследования кровотока в микрососудах слизистой бронхов – пристеночная лазерная доплеровская флоуметрия позволила установить тип регионарной микроциркуляции у больных бронхитом различной этиологии, осложненным легочным кровотечением. Использование эндобронхиальной лазерной и NO-терапии в комплексном лечении больных бронхитом различного генеза, осложненным легочным кровотечением, позволило улучшить результаты лечения больных, снизив лекарственную нагрузку на больного и уменьшить количество койко-дней в 1,5 раза. Применение терапевтического лазерного излучения для профилактики прогрессирования атрофического бронхита, осложненного легочным кровотечением, позволило добиться длительной ремиссии заболевания до 5 лет (ГКБ им. С.П. Боткина, г. Москва).

Предложена схема комплексной коррекции метаболического синдрома с использованием комбинации низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) и медикаментозной терапии у больных бронхиальной астмой смешанного генеза средней степени тяжести, неконтролируемой, в фазе обострения. Показано, что надвенозное лазерное облучение крови красным светом в сочетании с лекарственными препаратами, применяемыми в лечении метаболического синдрома у больных бронхиальной астмой, сопровождается не только более эффективным снижением инсулинорезистентности, атерогенности плазмы крови, а также показателей артериального давления, но и способствуют более выраженному улучшению бронхиальной инсулинорезистентной проходимости. Использование комплексной коррекции метаболического синдрома с использованием НИЛИ у больных бронхиальной астмой способствуют улучшению основных клинических, лабораторных и инструментальных показателей и содействуют снижению лекарственной нагрузки на

больных и удлинению сроков ремиссии бронхиальной астмы (ВГМА им. Н.Н. Бурденко).

Разработаны для лечения больных гипертонической болезнью II ст. комбинированная низкоинтенсивная лазерная терапия красного и инфракрасного диапазонов в сочетании с лечебной физической культурой. Установлен высокий гипотензивный эффект их применения. Доказано, что в формировании гипотензивного эффекта у больных гипертонической болезнью II ст. при применении комбинированной лазерной терапии и лечебной физической культуры важная роль принадлежит улучшению нейрогуморальной регуляции артериального давления в виде снижения прессорных гормонов в сыворотке крови (ренин/ангиотензин, альдостерон, кортизол), устраняется диастолическая дисфункция левого желудочка, улучшается трансмитральный кровоток и улучшается психоэмоциональный статус пациентов (МУЗ «Городская поликлиника № 2», г. Рязань).

Изучено влияние лазерной терапии на цитокиновую систему, функцию эндотелия сосудов и микроциркуляцию, а также на некоторые показатели гемостаза у больных хроническими гепатитами (ХГ). Раскрыты механизмы действия лазерного излучения при ХГ, что позволило обосновать показания к назначению различных методов лазерной терапии; расширить спектр лечебных средств патогенетической направленности в терапии данной патологии, а также снизить медикаментозную нагрузку пациента и улучшить качество лечения и жизни в целом (Северо-Осетинская госмедакадемия).

Проведено комплексное изучение состояния микроциркуляции и гемореологии с помощью метода ЛДФ и лабораторного исследования плазменных и клеточных факторов гемостаза под влиянием ВЛОК у больных пневмонией. Обоснована возможность использования ВЛОК для коррекции нарушений в системе регуляции агрегатного состояния крови. Показано снижение сроков госпитализации и уменьшение медикаментозной нагрузки при проведении сеансов ВЛОК у больных пневмонией (Северо-Осетинская госмедакадемия, г. Владикавказ).

Разработана методика лечения НИЛИ синего спектра излучения в комплексе с хромотерапией зеленым светом больных гипертонической болезнью с сопутствующей ИБС, стабильной стенокардией напряжения, ФК II, а также больных гипертонической болезнью с сопутствующей ХОБЛ II ст. Доказано, что накожное воздействие лазерного излучения синего спектра излучения и хромотерапии зеленым светом в комплексном лечении гипертонической болезни с сопутствующей патологией способствует более быстрой нормализации клинической симптоматики, более эффективному снижению артериального давления, увеличению сократительной функции миокарда, уменьшению ишемических изменений и улучшению бронхиальной проходимости, а также позволяет снизить медикаментозную нагрузку у больных при увеличении длительности ремиссии, тем самым повысить качество жизни пациентов (Воронежская госмедакадемия им. Н.Н. Бурденко).

Разработана методика с использованием низкоинтенсивной инфракрасной лазерной терапии и системной трансплантации аутологичных стволовых клеток

(кардиомиобластов) в лечении ХСН II–IV ФК. Методы лазерной и клеточной терапии повышают эффективность лечения ХСН, улучшают качество жизни пациентов, уменьшают потребность в лекарственной терапии, хирургических вмешательствах, госпитализации, что позволяет рекомендовать их для внедрения в кардиологическую практику (МРНЦ, г. Обнинск).

Установлено, что лазерофорез гиалуроновой кислоты способствует более эффективному улучшению микроциркуляции в коже, о чем свидетельствует повышение показателя микроциркуляции на 39%, а также эффективности кислородного обмена клеток кожи на 48%, что сопровождается восстановлением коллаген-эластинового матрикса по данным коэффициентов флуоресцентной контрастности липофусцина, коллагена и эластина. Разработана методика применения лазерофореза гиалуроновой кислоты с целью коррекции инволюционных изменений кожи (Самарский мединститут «РЕАВИЗ»).

Проведено генетическое исследование системы AP1 в биоптатах кожи у больных псориазом. При псориазе имеются изменения всех оксидативных процессов в коже, которые можно оценивать, исследуя уровень экспрессии генов, кодирующих компоненты транскрипционного фактора AP1 под влиянием проводимой терапии, что представляет большой интерес с практической точки зрения, как точный способ оценки эффективности того или иного лечебного воздействия при псориазе. Впервые изучено значение возможных ассоциаций полиморфизма генов JUNB, JUND, cJUN, cFOS, FOSL2 и ATF4 при псориазе. Изучена связь активизации цитокинов с тяжестью процесса при псориазе исследованием сывороточных уровней воспалительных и противовоспалительных цитокинов: интерлейкина-17 (IL-17), интерлейкина-15 (IL-15), интерлейкина-10 (IL-10), интерлейкина-13 (IL-13) и фактора некроза опухоли-альфа (TNF-α). На основании клинико-иммунологических различий псориаза разработан алгоритм применения лазерного излучения в комплексной терапии и оценена клиническая эффективность предлагаемых вариантов комплексной терапии (Первый Московский госмедуниверситет им. И.М. Сеченова).

Разработаны инструментальные критерии жизнеспособности и нежизнеспособности кишечника с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии, которые были применены в лечении пациентов с острой тромботической или тромбозомболической окклюзией брыжеечных артерий, осложненных некрозом кишечника. В результате снижена частота прогрессирования некроза кишечника в раннем послеоперационном периоде, и как следствие, послеоперационных осложнений и летальности у пациентов с острым нарушением мезентериального кровообращения (Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова).

Разработана универсальная технология введения в клетки различного типа заданных внеклеточных субстанций. Основной принцип технологии – временная оптоперфорация мембраны клеток с помощью остросфокусированных лазерных импульсов ультракороткой

длительности. При воздействии лазерных импульсов в мембране клетки кратковременно формируется отверстие субмикронного размера, через которое в клетку проникают требуемые вещества. Фемтосекундные лазерные импульсы оказывают наиболее щадящее воздействие на клетку, при этом эффективность доставки внеклеточного материала остается на высоком уровне. Разработаны основы технологии фемтосекундной лазерной трансфекции клеток как стандартных клеточных линий, так и стволовых клеток: разработана методика эффективной диагностики фемтосекундной лазерной перфорации клеточной мембраны; экспериментально определены оптимальные параметры лазерного излучения и режимы лазерного воздействия на клетки различных линий; при данных параметрах достигнута эффективная фемтосекундная лазерная трансфекция клеток различного типа, в том числе стволовых, с сохранением жизнеспособности последних (ООО «БИМЕЛ Технолоджис», г. Москва).

Оптимизирован новый способ динамического моделирования опухолевого роста при лазерной гипертермии. Построение **математической модели злокачественного роста опухоли** с учетом действия конкретного вида терапии позволяет предсказать поведение опухоли после прекращения лечения, и следовательно, определить наиболее подходящий для пациента курс терапии. Проведены оптимизация алгоритма клеточной модели иммунного ответа на основе клеточных автоматов; верификация алгоритма клеточной модели иммунного ответа. Смоделирована динамика показателей иммунитета и опухолевого роста при лазерной гипертермии., проведены экспериментальные исследования по верификации разработанного алгоритма на моделях лабораторных животных (Саратовский госуниверситет им. Н.Г. Чернышевского).

Разработаны методики повышения эффективности диагностики и фототерапии с помощью оптического просветления. Разработана неинвазивная методика применения полученного ранее просветляющего агента с целью увеличения глубины проникновения и точности фокусировки лазерного луча при диагностике и фототерапии подкожных новообразований. Проведены экспериментальные исследования эффективности просветляющих агентов и их композиций на коже лабораторных крыс *in vivo*, оценка временной зависимости оптической глубины зондирования кожи при воздействии иммерсионных агентов, оценка параметров диффузии исследуемых агентов в коже. Проведены микроскопические исследования образцов кожи и анализ механизмов воздействия исследуемых агентов на структуру кожи. Проведена теоретическая оценка снижения мощности лазерного излучения при использовании иммерсионных агентов при фототерапии подкожных новообразований (Саратовский госуниверситет им. Н.Г. Чернышевского).

Направление «Механизмы взаимодействия лазерного излучения с биотканью»

Изучено влияние лазерного и светодиодного излучения на митохондрии, которые были подвергнуты воздействию эндогенного и экзогенного оксида азота (II). Показано образование негемовых нитрозильных ком-

плексов в митохондриях животных, подвергавшихся действию липополисахарида, в присутствии оксида азота (II) и восстановителя. Измерены параметры дыхания митохондрий при облучении лазерами длиной волны 442, 532 и 650 нм для контрольной группы и группы с введением липополисахаридов; измерены зависимости супероксиддисмутазной активности плазмы крови крыс и функциональной активности лейкоцитов от содержания эндогенных порфиринов в плазме крови при облучении лазерным светом с длиной волны 632,8 нм. Полученные в ходе работы результаты при дальнейшем изучении могут быть использованы в клинической практике для лечения и диагностики такого патологического состояния, как эндотоксический шок (Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова).

Разработана методика оценки прижизненного лазер-индуцированного тромбообразования при использовании полупроводникового лазера в режиме непрерывной генерации в видимой области, и проведено экспериментальное моделирование разных стадий тромбообразования в микрососудах. Усовершенствована **математическая модель лазер-индуцированного тромбообразования**. Исследовано действие отечественного кардиопротектора мерсикор на прайминг тромбоцитов при использовании методики лазерной светодиодной модификации крови (Санкт-Петербургский медуниверситет им. И.П. Павлова).

Направление «Лазерная офтальмология»

Разработана и обоснована в эксперименте фото-индуцированная модель тромбоза ветви центральной вены сетчатки с помощью методов биомикроскопии, офтальмоскопии, оптической когерентной томографии, фоторегистрации изображений глазного дна, электроретинографии, флюоресцентной ангиографии, лазерной доплеровской флоуметрии, морфологических и иммуногистохимических исследований. С помощью иммуногистохимических исследований определены сроки неоваскуляризации, применения усовершенствованной интраокулярной лазерной доплеровской флоуметрии. Изучен хориоретинальный кровоток, и разработаны методы лечения заболевания, которые позволят повысить их эффективность и улучшить качество медицинской реабилитации данного контингента больных (Калужский филиал ФГБУ «МНТК «Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Федорова» Минздрава России).

Разработана технология фемтосекундной сквозной кератопластики с комбинированным роговичным профилем при лечении кератоконуса III–IV ст. по Амслеру (патент РФ на изобретение № 2424786). Разработанная оригинальная технология способствует полному иссечению зоны эктазии при максимальном сохранении собственного эндотелия, точному сопоставлению краев операционной раны, правильному расположению трансплантата в ложе реципиента, снижению индуцированного послеоперационного астигматизма до 3,0 дптр и суммарных аберраций, повышению скорректированной остроты зрения до 0,8 и выше у 63,6% пациентов, уменьшению степени выраженности послеоперацион-

ной воспалительной реакции в раннем послеоперационном периоде в 4,7 раза. Способствует формированию послеоперационного роговичного рубца, обладающего в 4,8 раза большей биомеханической прочностью в сравнении с рубцом после традиционной сквозной кератопластики (МНТК «Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Федорова» Минздрава России, г. Москва).

Разработан хирургический способ, дополняющий стандартную факоэмульсификацию с имплантацией интраокулярной линзы, позволяющий полностью или в большинстве случаев предупреждать развитие вторичной катаракты. Доказано, что первичный задний капсулорексис позволяет избежать развития вторичной катаракты у взрослых независимо от возраста и достичь высоких и стабильных функциональных показателей в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде. Впервые определен оптимальный диаметр вскрытия задней капсулы хрусталика, обеспечивающий стабильное положение интраокулярной линзы в капсульном мешке. Определены пути совершенствования существующей техники экстракции катаракты за счет вскрытия прозрачной задней капсулы хрусталика. Результаты проведенного исследования могут быть использованы в работе офтальмологических клиник, научной и учебно-методической деятельности (Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова).

Направление «Лазерная медицинская техника»

Разработан и изготовлен **новый тип лазерной медицинской установки бактерицидного действия** для применения в комплексном лечении заболеваний микробной природы, включая деструктивные формы туберкулеза легких. Изготовлен макет аппарата в целом, включающий в себя микропроцессорную систему управления, собственно твердотельный лазер с диодной накачкой, блок питания лазера, блок термостабилизации, преобразователь во вторую гармонику, преобразователь в четвертую или третью гармонику, устройство выделения спектрального диапазона (систему сменных фильтров). Проведенные испытания макета аппарата показали, что характеристики макета аппарата соответствуют требованиям технического задания (ООО «Плазмоника», г. Москва).

Разработан высокоэффективный **экспортно-ориентированный портативный полупроводниковый лазерный аппарат** для лечения социально значимых заболеваний, в том числе травматических, ожоговых, раневых и радиационных повреждений. Лазеротерапия внедрена в программы оперативных вмешательств. Аппарат применяют у постели больного, в операционной, перевязочной, на средствах передвижения. Внедрение стационарзамещающих технологий позволило 80% больным провести лечение на амбулаторном этапе, уменьшить сроки пребывания на больничном листе. Лазерная терапия успешно применяется в детской практике, у пациентов, перенесших операцию межпозвоноковых грыж. Наиболее востребованы аппараты с мощностью

6–15 Вт/имп. ИК спектра, что реализовано в аппаратах ВНПП «ЖИВА». Изготовлены **опытные образцы** аппаратов, проведены технические испытания по безопасности, улучшению эксплуатационных и потребительских свойств (ООО «ВНПП «ЖИВА»).

Создан экспериментальный **макет дерматоскопа** для оптического контроля новообразований, совмещающий две оптические схемы на основе методов обратного рассеяния и спектроскопии комбинационного рассеяния, который позволяет выделять границы патологической и нормальной ткани (Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева).

Модернизирован рабочий орган и электронный блок аппаратно-программного комплекса, обеспечивающего воздействие пятью физическими факторами с пространственным и временным совмещением: лазерного и теплового излучений, магнитного поля, электростимуляции и ультразвуковых колебаний, а также позволяющий проводить оценку параметров кожного покрова в области биологически активных точек. Отработано программное обеспечение для функционирования комплекса. Проведены исследования комплекса при непосредственной работе на биоткани (Новосибирский государственный технический университет).

Разработан прототип оригинального фемтосекундного волоконного лазера, изучен процесс создания микроканалов в прозрачных диэлектриках. Изготовлен и проверен фокусирующий объектив с изменяемым фокусным расстоянием, оптимизирован алгоритм сканирования и равномерности обработки. Исследование порогов взаимодействия фемтосекундного лазера с прозрачными материалами полиметилметакрилат, поликарбонат, исследованы пороги взаимодействия импульсов фемтосекундного лазера с роговицей глаза. Улучшен алгоритм сканирования, что привело к значительному увеличению равномерности обработки поверхности. По окончании проведения доработок и оптимизации алгоритмов установка «Фемтовизум» была направлена в МНТК «Микрохирургия глаза» для проведения очередного этапа клинических испытаний. Всего было проведено 14 офтальмологических операций (Центр физического приборостроения, ФГБУ науки Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Троицк).

Разработана установка оптического микропинцета на диодных лазерах для диагностики характеристик форменных элементов крови. Проведена сборка и отладка установки оптического микропинцета на диодных лазерах, совмещенной с установкой оптического микроскопа и системой детектирования нанометровых смещений микрообъектов. Создана модель-прототип лабораторного прибора, предназначенная для изучения свойств одиночных клеток в естественном окружении, в частности форменных элементов крови (ООО «Центр инновационного предпринимательства», г. Москва).

Поступила в редакцию 13.04.2015 г.

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