

На правах рукописи

Золотов Сергей Александрович

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНОЙ
ДЕРМАБРАЗИИ ИЗЛУЧЕНИЕМ ИМПУЛЬСНО-
ПЕРИОДИЧЕСКОГО СО₂ ЛАЗЕРА ПРИ УСТРА-
НЕНИИ РУБЦОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ КОЖИ
У ДЕТЕЙ**

14.01.19 – детская хирургия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва - 2015

Работа выполнена в Государственном бюджетном учреждении здравоохранения «НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы

Научный руководитель:

кандидат медицинских наук

Горбатова Наталья Евгеньевна

Научный консультант:

кандидат физико-математических наук

Никифоров Сергей Михайлович

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры детской хирургии ГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» Минздрава РФ

Шафранов Владимир Васильевич

доктор медицинских наук, профессор, руководитель отделения пластической хирургии ФГУ «Государственный научный центр лазерной медицины» Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию

Данилин Николай Алексеевич

Ведущая организация:

ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования» Минздрава РФ

Защита состоится «__» _____ 2015г. в __ часов на заседании диссертационного совета Д 001.023.01 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научный центр здоровья детей» по адресу: 119991, Россия, г. Москва, Ломоносовский проспект, 2, стр.1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ НЦЗД по адресу: 119991, Россия, г. Москва, Ломоносовский проспект, 2, стр.1 и на сайте <http://www.nczd.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор медицинских наук

Винярская И.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность

На современном этапе развития общества клиническая и эстетическая реабилитация детей с рубцовой деформацией кожных покровов приобретает все большую социальную значимость и является одной из важнейших проблем кожно-пластической реконструктивно-восстановительной хирургии, требующих неотлагательного решения с привлечением современных высокотехнологичных и высокоэффективных методов лечения [Шептий О.В., 2010; Карапетян Г.Э., 2013].

В настоящее время посттравматические и послеожоговые рубцовые деформации кожных покровов являются широко распространенной патологией, связанной с последствиями травм и ожоговых повреждений, а также с послеоперационными осложнениями. Частота избыточного (патологического) рубцевания и образование гипертрофических рубцов, в зависимости от глубины повреждения тканей, составляет от 40% до 70% после хирургических операций и достигает 91% после ожоговой травмы, [Lewis W.H., 1990; Gauglitz G.G., 2011].

В большинстве случаев рубцовые изменения кожи не приводят к функциональным нарушениям, но выраженные и деформирующие кожные покровы дефекты, особенно на лице и открытых частях тела, очень часто вызывают психологические травмы и резкое снижение качества жизни, наиболее остро с необратимыми последствиями отражающиеся на пациентах детского возраста. [О.В. Шептий, 2010; Ernst J., 2012].

В Российской Федерации ежегодно регистрируется более 12 млн. травм. При этом, детский травматизм в России более чем в три раза превышает уровень Западной Европы. Практически все дети, получившие травму, в той или иной степени нуждаются в специализированной медико-социальной реабилитации, а при наличии посттравматических, послеожоговых и других рубцовых деформаций кожных покровов в их устранении с целью уменьшения заметных окружающими дефектов кожи [Смирнов Д.В., 2003; WHO, 2013; Калмакова Ж.А., 2014].

Для коррекции рубцовых деформаций кожи, используют различные механические, медикаментозные и физические методы воздействия на рубцовые ткани [Tanzi E.L., 2008; Ernst J., 2012]. Однако некоторые из них не приемлемы для воздействия на кожные покровы детского организма, другие оказывают грубое агрессивное повреждение структур детской кожи и не обеспечивают достижение желаемого клинического и эстетического результата лечения рубцов [Смирнов Д.В., Tanzi E.L., 2008; Ernst J., 2012].

В настоящее время одним из прогрессивных и результативных методов хирургической коррекции рубцовых изменений кожи рассматривают дермабразию лазерным излучением [Воздвиженский С.И., 1987; 1995; Шептий О.В., 2010; Ernst J., 2012]. Этот метод хирургической «лазерной» дермабразии показал свою эффективность в применении и стал перспективным

направлением в реабилитации детей с рубцовой деформацией кожи вследствие ожоговой травмы. [Смирнов Д.В., 2003; Rosa D.S. et al, 2007; Chris L. Owens, 2008].

Однако «лазерная» дермабразия основана на термическом эффекте воздействия на ткани кожи, которое желательно минимизировать, особенно в отношении кожных покровов растущего детского организма, для профилактики повторных рубцовых процессов [Смирнов Д.В., 2003].

Учитывая особенности строения и функций кожного покрова детей, по сравнению с взрослыми, можно предположить что интенсивность, время и глубина воздействия лазерного излучения, будут в различной степени влиять на время заживления поврежденных излучением тканей и выбор оптимальной площади вмешательства в разных возрастных группах [Шептий О.В., 2010; Jill S., 2013].

С физической точки зрения «лазерная» дермабразия - это процесс взрывного испарения (абляции) ткани под действием мощного лазерного излучения. Лазерное воздействие вызывает удаление рубцовой ткани с одновременным нагревом, иногда значительным, не удаленных структур. Уменьшение нежелательного нагрева окружающих тканей возможно при уменьшении времени лазерного воздействия путем уменьшения длительности лазерного импульса и значительном увеличении мощности лазера [Смирнов Д.В., 2003; Jill S., 2013]

Поэтому, изучение возможностей «лазерной» дермабразии, адаптация ее к особенностям кожных покровов детского организма, для увеличения ее эффективности при уменьшении термического воздействия, в настоящее время является актуальной задачей, требующей дальнейшего исследования с целью улучшения результатов лечения детей с посттравматической деформацией кожных покровов.

Цель исследования: улучшить результаты лечения детей с посттравматической деформацией кожных покровов хирургической коррекцией оптимизированной методикой «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера.

Задачи исследования:

1. Сравнить результаты воздействия излучения импульсно-периодического CO₂ лазера и модулированного импульсного излучения непрерывного CO₂ лазера на модельные биологические ткани (листья растений, кожа свиньи).
2. Определить оптимальные параметры «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера в эксперименте на модельных биологических тканях (листья растений, кожа свиньи).
3. Разработать методику «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера для устранения рубцовой деформации кожи у детей.

4. Оценить клиническую и эстетическую эффективность «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера при устранении рубцовых деформаций кожи у детей.

Научная новизна:

Впервые в эксперименте изучено воздействие и доказано несомненное преимущество излучения импульсно-периодического CO₂ лазера по сравнению с модулированным излучением непрерывного CO₂ лазера для эффективной, термически щадящей, и послышной абляции кожных покровов.

Впервые выполнено экспериментальное моделирование «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера и определены оптимальные параметры его излучения для ее реализации в клинической практике.

Впервые разработана методика оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера и определены показания и противопоказания к ее применению для устранения рубцовой деформации кожи у детей.

Впервые доказана клиническая и эстетическая эффективность использования методики оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера для улучшения результатов лечения детей с посттравматической деформацией кожных покровов и определена целесообразность ее использования в хирургии детского возраста.

Практическая значимость:

Внедрение в широкую клиническую практику детской хирургии разработанной методики оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера позволит у всех пациентов детского возраста с посттравматическими, послеожоговыми и другими рубцовыми деформациями кожных покровов достичь положительного клинического и эстетического результата коррекции рубцовых деформаций, с сокращением сроков их реабилитационного лечения.

Личный вклад автора:

Автору принадлежит ведущая роль в выборе направлении исследования, анализе и обобщении полученных результатов. В печатных работах, выполненных в соавторстве, лично проведена аналитическая и статистическая обработка, научное обоснование и обобщение полученных результатов. Вклад автора является определяющим и заключается в непосредственном участии на всех этапах исследования: от постановки задач исследования и их клинической реализации до обсуждения результатов в научных публикациях и докладах, их внедрения в практику.

Апробация работы:

Основные положения работы доложены на:

1. IV съезде амбулаторных хирургов РФ «Стационарзамещающие технологии». (Москва, 2011г.);

2. Международном конгрессе «Реабилитация и санаторно-курортное лечение». (Москва, 2011г.);
3. Научно-практической конференции с международным участием «Лазерные технологии в медицине: настоящее и будущее» при ФБГУ «Государственный научный центр лазерной медицины Федерального медико-биологического агентства» (Москва, 2014г.);

Внедрение в практику

Разработанная методика «лазерной» дермабразии, излучением импульсно-периодического СО₂ лазера внедрена и используется с целью устранения рубцовых деформаций кожных покровов у детей в ГБУЗ «НИИ Неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы и в отделении Неотложной хирургии и травмы детского возраста ФГБНУ «Научный центр здоровья детей».

Публикации:

По материалам исследования опубликовано 11 научных работ, 6 из них в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертаций.

Объем и структура диссертации:

Работа изложена на 156 страницах компьютерного текста, содержит 40 рисунков и 15 таблиц. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, 4 глав собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка использованных источников. Библиографический указатель включает 165 источников, из которых 71 на русском и 94 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалы и методы экспериментальных исследований

Для экспериментов использовались два СО₂-лазера–импульсно-периодический СО₂-лазерный хирургический аппарат «Ангор» и непрерывный СО₂-лазерный хирургический аппарат «Ланцет-2». Импульсно-периодический СО₂-лазер с поперечным разрядом (длина волны 10,6 мкм) обеспечивал длительность импульса 20 мкс, энергию в импульсе от 20 до 40 мДж, частоту следования импульсов от 1 до 50 Гц при пиковой мощности в импульсе более 2 кВт [Белоусов А.Е., 1998]. Непрерывный СО₂-лазерный хирургический аппарат «Ланцет-2» (длина волны 10,6 мкм) использовали в режиме импульсной модуляции выходного излучения с длительностью импульса 500 мкс при мощности лазера 50 Вт, энергии в импульсе 25 мДж и частоте следования импульсов от 1 до 50 Гц.

Излучение лазеров фокусировалось линзами с фокусным расстоянием 100 мм. Диаметр пятна лазерного излучения на обрабатываемой поверхности составлял 0,8–1 мм для обоих лазеров. Результаты воздействия излучения на поверхности модельных биологических тканях (листьях растений) анализи-

ровали при помощи Цифрового USB микроскопа System Anyview MV200UA. Измерение линейных размеров лазерных кратеров выполняли с использованием программного обеспечения микроскопа. Поперечные срезы области воздействия получали при помощи лезвия Gillette Rubie platinum. При анализе экспериментального материала было использовано увеличение 200х.

Результаты воздействия каждого режима лазерной абляции анализировали на 6-ти кратерах, полученных в одинаковых условиях. В качестве моделей экспериментальных объектов были выбраны листья растений Сансевиерия (*Sansevieria*) с плотностью 0,99 г/см³ и Каланхоэ (*Kalanchoe daigremontiana*) - 0,85 г/см³, а также образцы охлажденной кожи мини-свиней светлогорской популяции, которая имеет наибольшее сходство с кожей человека по строению [Калантаевская К.А., 1972; Гельфанд В.Б., 1986]. Эти эксперименты выполняли *in vitro*.

В экспериментах *in vitro* и *in vivo*, в зависимости от поставленной конкретной задачи исследования режимов абляции, использовали определенные рабочие характеристики сравниваемых СО₂ лазеров: энергию в импульсе, длительность импульса, количество импульсов в одну точку за время равное 1 секунде. Эффективность абляции биологических тканей оценивали на основании объективных критериев, включающих объем и форму кратера, размер зоны термического периферического повреждения, сроки заживления абляционных ран, а также возможность сканирования.

Для гистологического исследования образцы кожи фиксировали в 10% водном растворе формалина и затем готовили по установленной технологии с окраской гематоксилином - эозином. Гистологические препараты исследуемых образцов кожи изучали при помощи лабораторного микроскопа с цветной цифровой фотокамерой в проходящем свете. Морфометрические исследования глубины повреждения тканей при воздействии лазерного излучения выполняли с использованием окулярмикрометра МОВ-1-15 X. При анализе гистологического материала, было использовано увеличение: X 80; X 100, X 120, X 180, (объектив 3, 5, 7, 10; окуляр – 10).

Материалы и методы клинических исследований

В клинической работе использовали «Аппарат СО₂ лазерный импульсный хирургический для кожно-пластической хирургии и косметологии «АНГОР», на основе импульсно-периодического СО₂ лазера с поперечным разрядом, созданный в Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН. [Никифоров С.М., 1998].

Клиническое исследование было выполнено с применением собственной методики оптимизированной «лазерной» дермабразии, ориентированной на устранение рубцовой деформации кожных покровов у детей.

Определяли и фиксировали размеры рубцов, с помощью электронного штангенциркуля ШЦЦ-1-125X0,01ММ. Фиксировали наибольшую высоту,

экзофит кожи, его длину, ширину, обозначали форму и определяли приблизительную площадь рубцовых изменений на коже.

Всем пациентам, неоднократно, при первичном осмотре и при последующем наблюдении, осуществляли фотографическое документирование и субъективную клиническую оценку области рубцовой деформации. В качестве объективных методов оценки рубцовых изменений кожных покровов применяли ультразвуковое исследование рубцовых изменений кожных покровов с помощью аппарата Philips IU 22, частотой датчика 12 МГц и 17 МГц и методик силиконовых реплик (силикон марки «Юнисил 9560-6»).

В дооперационном и послеоперационном периоде с целью подготовки рубцовой ткани к «лазерной» дермабразии и профилактики повторной рубцовой деформации проводили лечебные и профилактические мероприятия, включающие местную медикаментозную терапию и курсовое физиотерапевтическое лечение.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования режимов абляции при различной длительности импульсов излучения сравнимаемых CO₂ лазеров на модельных биологических объектах *in vitro* и *in vivo*.

Абляция модельных биологических объектов (листья растений) единичными импульсами импульсно-периодического CO₂ лазера (*in vitro*)

Изучены результаты воздействия излучения импульсно-периодического CO₂-лазера на поверхность листьев Сансевиерия и Каланхоэ, сопоставление их с соответствующими данными, полученными при использовании непрерывного CO₂-лазера, а также смоделирован эффект абляции в режиме сканирования излучения импульсно-периодического CO₂-лазера.

На рис. 1 (а, б) приведены фотографии кратера, образующегося на поверхности листа, после разового воздействия импульсно-периодического CO₂-лазера с пиковой мощностью более 2 кВт и длительностью 20 мкс. Кратер отличается плавным дугообразным профилем с уплощенным дном. Глубина кратера, полученного за один импульс излучения, составляет 300 мкм. Поглощение излучения на длине волны 10,6 мкм в биологических тканях составляет порядка 10³ см⁻¹, то есть излучение поглощается на глубине порядка 10 мкм. Глубина формируемого при импульсном воздействии кратера в 30 раз превышает длину поглощения излучения.



Рисунок 1. Абляция листа Сансевиерия одиночным импульсом излучения импульсно-периодического CO₂ лазера а) энергия 40 мДж, длительность 20

мкс, вид сверху, Ув. 200х; б) энергия 40 мДж, длительность 20 мкс, поперечное сечение; Ув. 200х

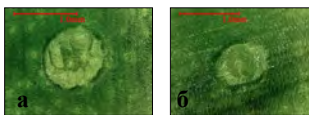


Рисунок 2. Результат воздействия на лист Сансевиерия одного импульса
а) импульсно-периодического CO₂ лазера с энергией 30 мДж и длительностью импульса 20 мкс;
б) модулированного импульса непрерывного CO₂ лазера с энергией 25 мДж и длительностью 500 мкс., вид сверху. Ув. 200 х.

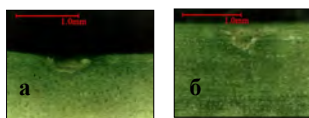


Рисунок 3. Результат воздействия на лист Сансевиерия 10-ти импульсов
а) импульсно-периодического CO₂ лазера с энергией в импульсе 30 мДж и длительностью 20 мкс
б) модулированного импульса непрерывного CO₂ лазера с энергией 25 мДж и длительностью 500 мкс, поперечное сечение, Ув. 200 х.

В результате экспериментальных исследований *in vitro* на модельных биологических тканях (листья растений) было отмечено, что в режиме абляции импульсом CO₂ лазера длительностью 20 мкс формируется кратер с плавным дугообразным профилем, глубина которого превышает глубину поглощения излучения на длине волны 10.6 мкм более чем в 30 раз, зона периферического термического воздействия минимальная и составляет 0,15–0,25 мм. При длительности импульса CO₂ лазера 500 мкс и энергии импульса 25 мДж при всех режимах воздействия кратер имеет коническую форму и присутствуют выраженные термические изменения на стенках кратера, включая элементы карбонизации (рис. 1,2,3).

Таким образом исследования на листьях растений показали, что импульсно-периодический CO₂ лазер, в сравнении с непрерывным CO₂ лазером, имеет несомненное преимущество в реализации эффекта абляции биоткани.

Исследования режимов абляции излучения CO₂ лазеров с различной длительностью импульсов *in vitro* на кожных покровах мини-свиной светлогорской популяции

В этом разделе экспериментов были исследованы результаты воздействия излучения лазеров с длительностью импульса 20 мкс и 500 мкс на охлажденные образцы кожи мини-свиной светлогорской популяции. Эксперименты

были выполнены в условиях *in vitro*. Сравнение лазеров проводили при сопоставимых режимах (таблица 1).

Таблица 1

Параметры сравниваемых CO₂ лазеров

Параметры	CO ₂ лазеры	
	1	2
Длительность импульса по уровню 0.1	20 мкс	200мкс, 500 мкс
Энергия в импульсе	20, 30, 40 мДж	10 мДж (200мкс) 25 мДж (500 мкс)
Длина волны излучения	10.6 мкм	10.6 мкм
Импульсная мощность	более 2000 Вт.	50 Вт
Количество импульсов в одну точку, однократно за 1 секунду	1, 5, 10, 25, 50	10
Режим непрерывного излучения	нет	есть
Диаметр пятна излучения на поверхности по уровню 0.5	0.8 -1мм	0.8 -1мм

Примечание: 1 - импульсно-периодический CO₂ лазер; 2 - модулированный импульсный режим, непрерывный CO₂ лазер

Экспериментальные исследования *in vitro* на охлажденных образцах кожных покровов лабораторных животных, мини-свиней светлогорской популяции были выполнены с целью уточнения оптимальных параметров режимов абляции излучения импульсно-периодического CO₂ лазера для эффективной и термически щадящей абляции кожи, а также проведено сравнение с модулированным импульсным излучением непрерывного CO₂ лазера. Эффективность абляции оценивали на основании результатов морфологических исследований образцов кожи мини-свиней после воздействия в режиме абляции импульсов сравниваемых CO₂ лазеров.

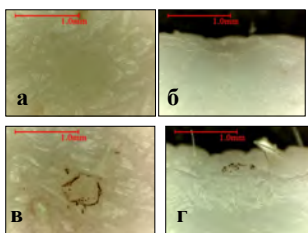


Рисунок 4. Результат воздействия на кожу 10-ти импульсов а) импульсно-периодического CO₂ лазера (энергия 30 мДж, длительность 20 мкс) вид сверху б) сечение через центр кратера; в) импульсов лазера «Ланцет-2» (энергия 25 мДж, длительность 500 мкс) вид сверху г) сечение через центр кратера Увеличение 200 х

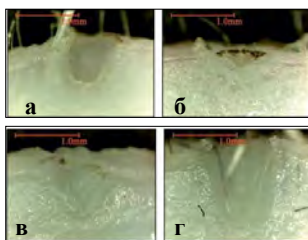


Рисунок 5. Результат воздействия на коже (поперечное сечение области воздействия) 50-ти импульсов: а) импульсно-периодического

СО₂ лазера (30 мДж, длительность 20 мкс); б) лазера «Ланцет-2» (25 мДж, длительность 500 мкс); в) импульсно-периодического СО₂ лазера (20 мДж, длительность 20 мкс); г) лазера «Ланцет-2» (40 мДж, длительность 20 мкс); д) импульсно-периодического СО₂ лазера (40 мДж, длительность 20 мкс); е) лазера «Ланцет-2» (25 мДж, длительность 500 мкс). Увеличение 200 х.

Результаты микроскопического исследования сравниваемых абляционных кратеров кожи, определили явные преимущества импульсно-периодический СО₂ лазер, заключающиеся в реализации более выраженного эффекта абляции биоткани и формированием кратера, почти цилиндрической формы с уплощенным дном и большего объема, а также в наличии минимальной зоны периферического термического повреждения без признаков карбонизации (рис. 4,5).

Таким образом, на основании экспериментального *in vitro* исследования сравниваемых абляционных кратеров кожи мини-свиней, было отмечено несомненное преимущество воздействия короткоимпульсного излучения 20 мкс импульсно-периодического СО₂ лазера, по сравнению с длинным модулированным импульсом 500 мкс, непрерывного СО₂ лазера, для реализации режима лазерной абляции кожных покровов.

Экспериментальные исследования *in vivo* режимов абляции сравниваемых СО₂ лазеров на кожных покровах модельных биологических объектов

В процессе исследований *in vivo* было выполнено моделирование абляции кожных покровов модельных биологических объектов мини-свиней светлогорской популяции при точечном воздействии и в режиме сканирования импульсов излучения импульсно-периодического СО₂ лазера. Результат абляции и регенеративные процессы абляционных ран проводили на основании объективных данных морфологических гистологических исследований образцов кожи, взятых сразу после воздействия лазерного излучения (0 срок) и в отдаленные сроки, включая 3-и, 4-е, 7-е, 14-е, 21-ые и 30-е сутки, а также через 6 месяцев.

На основании анализа результатов гистологических исследований были определены возможные оптимальные энергетические параметры импульсно-периодического СО₂ лазера, равные 20 мДж и 30 мДж в импульсе, при которых, даже при 10 кратном перекрытии лазерных пятен, абляции подвергаются только верхние слои эпидермиса и не затрагивая его базальных ростковых структур.

Сравнительные результаты гистологических исследований подтвердили, что эффект абляции значительно более выражен при использовании короткого импульса 20 мкс импульсно-периодического СО₂ лазера и показали, что регенерация таких абляционных ран, происходит значительно активнее и в более короткие сроки по сравнению с модулированными импульсами 500 мкс и даже 200 мкс непрерывного СО₂ лазера (рис 6-8).

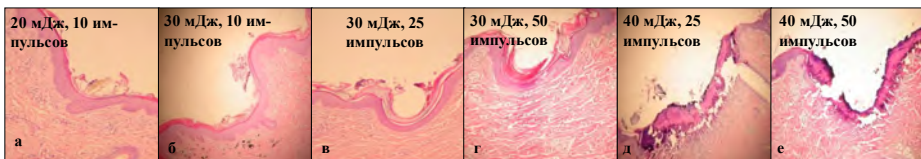


Рисунок 6. Гистопрепараты образцов кожи мини-свиней после воздействия импульсно-периодического CO₂ лазера при режимах абляции а) 20 мДж, 10 импульсов, увеличение 80 х; б) 30 мДж, 10 импульсов, увеличение 80 х; в) 30 мДж, 25 импульсов, увеличение 100 х; г) 30 мДж, 50 импульсов, увеличение 120 х; д) 40 мДж, 25 импульсов, увеличение 120 х; е) 40 мДж, 50 импульсов, Ув. 120 х

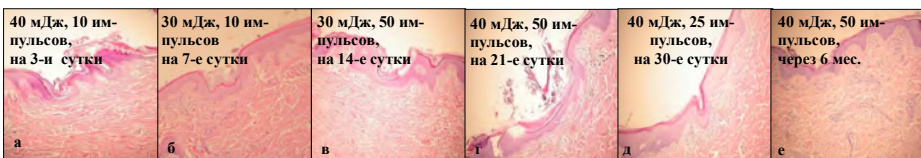


Рисунок 7. Гистопрепараты образцов кожи мини-свиней после воздействия импульсно-периодического CO₂ лазера при режимах абляции а) 40 мДж, 10 импульсов на 3-и сутки, увеличение 100 х; б) 30 мДж, 10 импульсов на 7-е сутки, увеличение 120 х; в) 30 мДж, 50 импульсов на 14-е сутки, увеличение 80 х; г) 40 мДж, 50 импульсов на 21-е сутки, увеличение 80 х; д) 40 мДж, 50 импульсов на 30-е сутки, увеличение 80 х; е) 40 мДж, 50 импульсов через 6 мес., Ув.80 х.

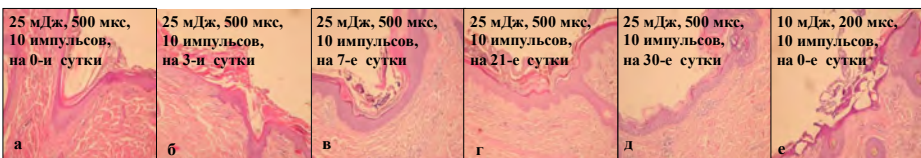


Рисунок 8. Гистопрепараты образцов кожи мини-свиней после воздействия излучения лазерного хирургического аппарата «Ланцет-2 при режимах абляции а) 25 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, на 0-и сутки, увеличение 100 х; б) 25 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, на 3-и сутки, увеличение 100 х; в) 25 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, на 7-е сутки, увеличение 100х; г) 25 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, на 21-е сутки, увеличение 80х; д) 25 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, на 30-е сутки, увеличение 100х; е) 10 мДж, 200 мкс, 10 импульсов, на 0-сутки., Ув. 120 х.

Таблица 2

Характеристики абляционных кратеров сравниваемых CO₂ лазеров с различной длительностью импульсов (10 импульсов в 1 точку)

Качественные характеристики абляцион-	Импульсно-периодический CO ₂	Непрерывный CO ₂ лазер, модулирован-
---------------------------------------	---	---

ных кратеров	лазер	ный импульс.
Форма кратера	Цилиндр с уплощенным дном	Конус с клиновидным дном
Ширина термического некротического слоя поверхности стенок и дна кратера	10-30 мкм	50-100 мкм
Наличие карбонизированных элементов	Отсутствуют	Присутствуют
Границы термического коагуляционного некроза	Четкое разграничение с неизменными тканями	Нет определяемых четких границ
Повреждение базальных ростковых структур эпидермиса и сосочкового и сетчатого слоев дермы	Отсутствует	Присутствует
Начало и полное отторжения некротического струпа	С 3-7-х по 14-21-е послеоперационные сутки	С 7- 14-х по 21-30-е послеоперационные сутки
Начало формирования грануляционной ткани	3-и послеоперационные сутки	5-е послеоперационные сутки
Начало и завершение эпителизации	С 7-х по 14-е сутки центральный характер	С 14-х по 21-е сутки краевой характер
Полное восстановление структуры эпидермиса	21-е сутки	30-е сутки

Таким образом, эта серия экспериментальных исследований *in vivo*, представлено в таблице №2, доказала значительное преимущество импульсно-периодического CO₂ лазера по сравнению с непрерывным CO₂ лазером для абляции кожных покровов, обусловленное значительно меньшей глубиной термического повреждения не испаренных тканей, более ранним отторжением некротического струпа и развитием грануляционной ткани с новообразованными капиллярами, возможностью сохранения ростковых структур эпидермиса, обеспечивающих ускорение реэпителизации раневых дефектов, а также цилиндрической формой раневого дефекта с уплощенным дном.

Моделирование *in vivo* режима и скорости сканирования излучения импульсно-периодического CO₂ лазера для лазерной послыонной абляции кожных покровов

Толщина кожи человека в среднем составляет от 1,0 мм до 3,0 мм; эпидермиса - от 0,06 до 0,15 мм, а средняя толщина его рогового слоя примерно от 0,025 до 0,05 мм.

Однократное сканирование излучения с энергией импульса 20 мДж и 30 мДж при небольшом перекрытии лазерных пятен (менее 1/4 площади) вызывает абляцию только рогового слоя эпидермиса. При 10 кратном перекрытии лазерных пятен абляции подвергается весь эпидермис, но сохраняется базальная зона роста. Степень перекрытия может изменяться как за счет скорости перемещения пятна по поверхности кожи, так и за счет увеличения частоты повторения лазерных импульсов. Как показали наши исследования, увеличение количества импульсов в одну точку как минимум до 10 в течение одной секунды не приводит к заметному росту зоны термического повреждения кожи.

Для достижения более глубокого эффекта лазерной абляции при устранении относительно глубоко расположенных в толще кожи патологических структур, будет необходим выбор режима абляции с энергией в импульсе 30 мДж и 40 мДж, при частоте следования импульсов от 25 и 50 Герц. Более глубокий эффект лазерной абляции при этих энергетических параметрах подтверждает стойкая депигментация пигментированного (черного) участка кожи мини-свиньи (рис.9, 10). Пигмент находится в самом глубоком, базальном, ростковом слое эпидермиса, граничащего с дермой.



Рисунок 9. Зоны лазерной абляции в режиме сканирования на темной, пигментированной коже мини-свиней а) сразу после воздействия излучения; б) через 30 суток после воздействия излучения. Увеличение X 5.



Рисунок 10. Зоны лазерной абляции в режиме сканирования через 6 месяцев после воздействия излучения а) на темной, пигментированной коже мини-свиней; б) на розовой коже мини-свиней. Увеличение X 5.

Эффект абляции хорошо определялся на поверхности кожи, в виде розового цвета прямоугольника, соответствующего по размеру зоне лазерной обработки (рис. 9 а.). Воспалительные проявления в окружающих тканях отсутствовали в течение всего послеоперационного периода. Начало отторжения послеоперационных корочек было отмечено с 7 суток, а реэпителизации раневых поверхностей имела место к 14 суткам, причем она преимущественно носила центральный характер. Окончательное восстановление кожного покрова и выравниванием текстуры его поверхности отмечали к 21-30 послеоперационным суткам (рис. 9 б.). В отдаленные послеоперационные сроки,

через шесть месяцев, кожа в зоне обработки продолжала оставаться без патологических изменений и сохранять слегка более гладкую и светлую поверхность по сравнению с окружающими кожными покровами (рис.10).

На основании анализа результатов моделирования лазерной послойной абляции при сканировании в режиме абляции излучением импульсно-периодического CO₂ лазера отмечается реализация послойного эффекта абляции с полным восстановлением и выравниванием кожного покрова, при отсутствии выраженного термического повреждения и воспалительного процесса в окружающих тканях.

Следовательно, клинически обоснованный выбор техники сканирования, заданная импульсная энергия, количество проходов и скорость сканирования, позволят прогнозировать глубину лазерной абляции, что обеспечит прецизионное, послойное удаление патологических тканевых структур кожных покровов и их равномерную обработку.

Таким образом, выполненные экспериментальные медико-биологические исследования доказали несомненное преимущество импульсно-периодического CO₂ лазера для целей «лазерной» дермабразии и это служило основанием для применения оптимизированной «лазерной» дермабразии, реализуемой импульсно-периодическим CO₂ лазером, в клинических условиях при устранении рубцовой деформации кожных покровов у пациентов детского возраста.

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В НИИ НДХиТ за период с июля 2011 года по апрель 2014 года была оказана комплексная специализированная медицинская помощь 108 пациентам детского возраста с рубцовой деформацией кожных покровов, различной этиологии. Всем детям было проведено диагностическое обследование, включающее клинические методы субъективной и объективной оценки и расширенное ультразвуковое исследование состояния рубцовой ткани с фиксацией фотографиями и методом силиконовых реплик.

В большинстве своем у 82 пациентов имели место посттравматические и послеоперационные рубцы, из них у 54 детей после травматических повреждений и у 28 - после оперативных вмешательств, вследствие ожоговой травмы у 26 детей, из них у 21 ребенка в результате термического ожога и у 5 пациентов после химического повреждения. Все пациенты были различного возраста от 1 года до 17 лет, большая часть детей была в возрасте от 8 до 17 лет, от общего количества детей девочек было 52 и 56 мальчиков (табл.3).

Таблица 3

Распределение пациентов по этиологическому фактору, возрасту, полу

Этиологический фактор	Распределение по возрасту		Пол		Все го
	1-8 лет	8-17 лет	м	ж	
Механическая травма	22	32	26	28	54

Оперативное вмешательство	3	24	10	18	28
Термический ожог	16	5	13	8	21
Химический ожог	2	4	3	2	5
Итого	43	65	52	56	108

У детей рубцовая деформация кожных покровов имела локализацию в 62,7% случаев на открытых областях, в основном лице у 24,5% пациентов, в 32,3% на конечностях, а у 21,6% детей - на различных анатомических областях.

Большинство пациентов имело гипертрофический тип рубцовых изменений кожи, значительно меньше - нормотрофические рубцы, атрофический тип присутствовал у наименьшего количества пациентов (таблица 4). Смешанные рубцы, то есть наличие нескольких типов рубцов в одной зоне или в нескольких областях, были у 36 детей из всех пациентов.

Таблица 4

Группы пациентов по типу рубца и возрасту

Тип рубцов кожных покровов	Возраст от 1 года до 8 лет	Возраст от 8 лет до 17 лет	Всего
Гипертрофические	16	58	74
Нормотрофические	11	13	24
Атрофические («мраморные»)	7	3	10
Итого	34	74	108

Независимо от типа рубцов выделяли зрелые формы, в которых закончился воспалительный процесс и формирование рубцовой ткани, и незрелые формы, в которых воспалительный и продуктивный процессы продолжались, представлено в таблице 5.

Таблица 5

Распределение пациентов по форме, зрелой и незрелой, различных типов рубцов

Тип рубцов кожных покровов	Зрелая форма	Незрелая форма	Всего
Гипертрофические рубцы	18	56	74
Нормотрофические рубцы	13	11	24
Атрофические («мраморные»)	10	0	10
Итого пациентов	41	67	108

Форма рубца непосредственно была связана с индивидуальными особенностями тканей ребенка, а также с давностью травматических повреждений. Больше чем у половины из всех пациентов с незрелыми формами рубцов давность травматических повреждений была меньше 6 месяцев, у трети – менее 3 месяцев. Примеры форм и типа рубцов представлены на рисунке 11.

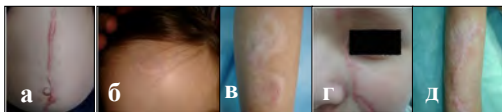


Рисунок 11. а) незрелый гипертрофический рубец; б) зрелый нормотрофический рубец; в) атрофический рубец; г) незрелый смешанный гипертрофический, нормотрофический рубец; д) площадной атрофический рубец.

Особенности ведения и комплекс лечебных мероприятий в предоперационном периоде

Форма рубцов, зрелая или незрелая, служили принципиальной основой для объема предоперационной подготовки перед хирургическим лечением оптимизированной «лазерной» дермабразией. Пациентам со зрелыми формами рубцов превентивное физиотерапевтическое и местное аппликационное лечение проводили только при наличии плотных, неэластичных гипертрофических рубцов, резко деформирующих кожные покровы, для улучшения морфофункциональных процессов и размягчения рубцовой ткани. Всем пациентам с незрелой формой гипертрофического и нормотрофического типа рубцов в обязательном порядке осуществляли комплекс лечебных мероприятий, включающий курсовое физиотерапевтическое лечение, местное аппликационное и инъекционное медикаментозное лечение, направленные на уменьшение гипертрофии рубцов и скорейшее их созревание. Предоперационная подготовка пациентов с незрелыми формами рубцов в среднем длилась от 3 до 6 месяцев и обеспечила хорошую положительную динамику и подготовку рубцовой ткани к «лазерной» дермабразии (таблица 6).

Таблица 6

Результаты предоперационной подготовки пациентов с незрелыми формами гипертрофического и нормотрофического типа рубцов

Незрелая форма типов рубцов	Кол-во пациентов	Положительная динамика		Подготовлены к «лазерной» дермабразии	
		абс	%	абс	%
Гипертрофический тип	55	19	34,5	36	65,5
Нормотрофический тип	12	3	25	9	75
Итого	67	22	32,8	45	67,2

Пример результата предоперационной подготовки пациента с незрелым гипертрофическим рубцом представлен на рисунке 12.

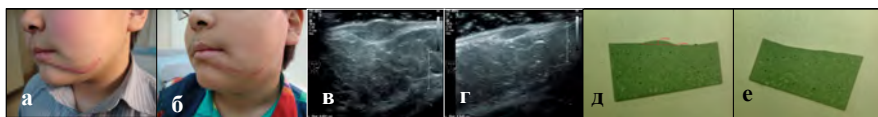


Рисунок 12. Больной М, 12 лет. Механическая травма. Давность травмы: 3 месяца назад. Диагноз: Незрелый гипертрофический рубец левой щеки. Проведено два курса физиотерапевтического лечения (электрофорез с гидрокортизоном и электрофорез с лидазой) а) до предоперационной подготовки; б) после предоперационной подготовки; в) УЗИ рубца до предоперационной подготовки; г) УЗИ рубца после предоперационной подготовки; д) поперечный срез прямой силиконовой реплики до предоперационной подготовки; е) поперечный срез прямой силиконовой реплики после предоперационной подготовки.

После достижения желаемого результата предоперационной подготовки решали вопрос о порядке выполнения оптимизированной «лазерной» дермабразии, планированной в индивидуальном порядке на основании объективной оценки рубцовой деформации и в соответствии с особенностями кожных покровов пациентов детского возраста.

Операция «лазерная» дермабразия излучением импульсно-периодического CO_2 лазера для устранения рубцовой деформации кожных покровов у детей

Все пациенты, в количестве 90 человек, подготовленные в предоперационный период к операции «лазерной» дермабразии, были разделены на три основные группы, в соответствии с имевшимися у них типами рубцов, а именно гипертрофический с четырьмя подгруппами по высоте экзофита кожи, нормотрофический и атрофический тип.

Операцию «лазерную» дермабразию выполняли в режиме сканирования излучения импульсно-периодического CO_2 лазера с использованием режимов абляции, уточненных на основании результатов предварительных «лазерных» проб для конкретной клинической задачи, обусловленной типом рубцов, высотой экзофита, а также стремлением получить оптимально возможный клинический и эстетический результат при минимальном операционном повреждении тканей кожи у пациентов детского возраста. Этим служило основанием для выполнения у всех пролеченных 90 пациентов поэтапного устранения рубцовой деформации кожных покровов, всего 173 этапа «лазерной» дермабразии, в среднем 1,9 этапа на одного пациента, а при гипертрофическом типе каждому пациенту в среднем выполняли от 3-х до 4-х этапов «лазерной» дермабразии. Повторные этапы «лазерной» дермабразии, выполняли не ранее чем спустя 3 месяца, при наличии остаточных проявлений рубцовой деформации кожи, либо не обработанных ранее ее участков, в виду большой площади или глубины рубцовых изменений, что непосредственно взаимосвязано с типом рубцов.

Послеоперационную раневую поверхность вели под концентрированным 5% раствором перманганата калия, для усиления антибактериальной защиты коагуляционной «лазерной» пленки покрывающей послеоперационную рану.

Пациентов наблюдали в ближайшие и отдаленные сроки после «лазерной» дермабразии не менее 12 месяцев. Осложнений ни у одного ребенка не было отмечено.

В результате выполнения нескольких этапов оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера у всех оперированных 90 пациентов был отмечен положительный клинический и эстетический результат. Однако, при различных типах рубцов, их размеров, глубины и площади длительность лечения и количество этапов «лазерной» дермабразии было различными, соответственно общая длительность лечения до максимально возможного устранения рубцовой деформации кожных покровов, также разная. Поэтому оценка результатов клинической и эстетической эффективности оптимизированной «лазерной» дермабразии была проведена при завершеном лечении, а также на этапах его продолжения (таблица 7).

Таблица 7

Результаты эффективности «лазерной» дермабразии

Тип рубца	Всего пациентов	Лечение закончено хороший результат		На этапе лечения, положительная динамика	
		абс	%	абс	%
Гипертрофический	54	33	61	21	39
А) экзофит кожи от 0,5 до 1,0 мм	31	20	63	11	37
Б) экзофит кожи от 1,0 до 2,0 мм	15	8	56	7	44
В) экзофит кожи от 2,0 до 3,0 мм	5	2	33	3	67
Г) экзофит кожи более 3,0 мм	3	0	0	3	100
Нормотрофический	26	17	65	9	35
Атрофический	10	7	70	3	30
Итого	90	52	57,7	38	42,3

Из таблицы 7 следует, что лечение закончено у 57,7 % пациентов с достижением хорошего клинического и эстетического результата, а также на этапе лечения у остальных 42,3% больных отмечена положительная динамика. Хороший клинический и эстетический результат был представлен разглаживанием поверхности и значительным уменьшением деформации кожи с визуальным восстановлением нормальной кожной структуры. Положительную динамику подтверждала тенденция к уменьшению деформации и восстановлению нормальной структуры кожных покровов. Субъективное восприятие подтверждало сравнение объективных результатов фотографического документирования, ультразвукового исследования и метода силиконовых реплик.

Примеры результатов оптимизированной «лазерной» дермабразии представлены на рисунках 13 и 14.



Рисунок 13. Больной А., 7 лет. Химический ожог. Давность травмы: 4 месяца. Диагноз: Множественные гипертрофические рубцы области правого плеча, тыла правой кисти и тыла левой стопы;

а) на момент обращения; б) через 6 месяцев после «лазерной» дермабразии; в) УЗИ рубца до «лазерной» дермабразии; г) УЗИ рубца после «лазерной» дермабразии; д) поперечный срез прямой силиконовой реплики рубца до «лазерной» дермабразии; е) поперечный срез прямой силиконовой реплики рубца после «лазерной» дермабразии; ж) на момент обращения; и) после «лазерной» дермабразии через 8 месяцев; к) на момент обращения; л) после «лазерной» дермабразии через 12 месяцев.

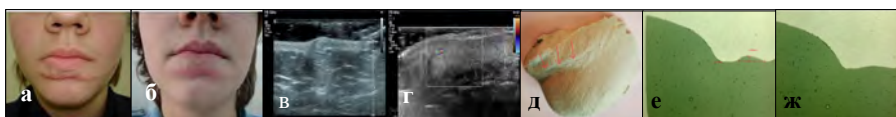


Рисунок 14. Больной Д., 16 лет. Механическая травма. Давность травмы: 12 месяцев. Диагноз: Незрелый гипертрофический рубец нижней губы: а) на момент обращения; б) через 4 месяца после последнего этапа «лазерной» дермабразии; в) УЗИ рубца до «лазерной» дермабразии; г) УЗИ рубца после «лазерной» дермабразии; д) общий вид прямой силиконовой реплики перед проведением лазерной дермабразии; е) поперечный срез прямой силиконовой реплики области рубца до «лазерной» дермабразии; ж) поперечный срез прямой силиконовой реплики области рубца после «лазерной» дермабразии.

Выполненное клиническое исследование показало, что разработанная методика оптимизированной «лазерной» дермабразии, реализуемая экспериментально установленными оптимальными режимами абляции излучения импульсно-периодического CO_2 лазера, обеспечивает эффективное и одновременно щадящее, с сохранением ростковых структур кожи, клинически и эстетически результативное устранение рубцовой деформации кожных покровов у пациентов детского возраста.

Таким образом, результаты экспериментальных и клинических исследований настоящей работы доказали очевидное преимущество использования абляционных свойств излучения импульсно-периодического CO₂ лазера для реализации методики оптимизированной «лазерной» дермабразии, улучшающей результаты лечения детей с рубцовой деформации кожных покровов.

ВЫВОДЫ

1. Импульсно-периодический CO₂ лазер по сравнению с непрерывным CO₂ лазером реализует эффективную абляцию, формируя раневый дефект цилиндрической формы, с минимальным термическим повреждением, сохранением зоны роста эпидермиса и более ранним отторжением некротических тканей, что обеспечивает значительное сокращение сроков раневой реэпителизации.
2. Экспериментальное моделирование «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера установило оптимальные параметры воздействия, обеспечивающие послойное, прогнозируемое по глубине и параллельное поверхности удаление тканей, с сохранением росткового базального слоя эпидермиса: энергия в импульсе 20-30 мДж при диаметре пятна 0,8-1,0 мм, частота следования импульсов 1-10 Гц, скорость сканирования 1-10 мм/сек.
3. Методика «лазерной» дермабразии, излучением импульсно-периодического CO₂ лазера, должна быть обеспечена соблюдением методологии предоперационной подготовки, в зависимости от зрелой или незрелой формы рубцов, порядком выполнения ее этапов и выбором необходимых режимов абляции, с учетом высоты гипертрофического или нормотрофического типа рубца.
4. Оптимизированная методика «лазерной» дермабразии позволила у всех оперированных пациентов достичь положительного клинического и эстетического результата, из них лечение полностью было успешно закончено в 57,7% случаев, а в 42,3% на этапе лечения отмечена положительная динамика.

Практические рекомендации

Методику оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера показано применять у пациентов детского возраста для хирургической коррекции посттравматической рубцовой деформации кожных покровов с целью улучшения клинических и эстетических результатов лечения.

У пациентов детского возраста рекомендуется использовать методику оптимизированной «лазерной» дермабразии для устранения гипертрофических и нормотрофических деформирующих кожные покровы рубцов, в первую очередь на лице, шеи, конечностях и открытых участках тела.

Перед хирургической коррекцией с использованием методики оптимизированной «лазерной» дермабразии необходимо оценить состояние рубцовой

ткани, организующей деформацию кожных покровов, форму рубцов, зрелую или незрелую, а также тип рубца, гипертрофический, нормотрофический или иной. На основании клинической и ультразвуковой оценки состояния рубцовой ткани решать вопрос о тактике и сроках выполнения «лазерной» дермабразии.

Наличие незрелой формы рубцов требует предоперационной подготовки, включающей физиотерапевтические и медикаментозные методы, до полного созревания рубцовой ткани.

При наличии зрелой формы рубцов, организующих рубцовую деформацию кожных покровов, рекомендуется выполнить лазерные пробы на деформированных участках разного характера и с использованием нескольких рекомендованных оптимальных режимов. Не ранее через два месяца при положительном результате лазерных проб рекомендуется выполнение этапа основной «лазерной» дермабразии с использованием режима лазерного излучения обеспечивавшего наилучший результат. Количество этапов «лазерной» дермабразии обусловлено размерами площади и выраженности рубцовой деформации кожных покровов.

Возможно выполнение всех этапов «лазерной» дермабразии под местным аппликационным обезболиванием препаратом - мазь ЭМЛА.

В послеоперационном периоде рекомендуется с целью профилактики повторного избыточного рубцевания в зоне «лазерной» дермабразии проведение местного медикаментозного мазевого и физиотерапевтического лечение.

Список публикаций

1. Никифоров С.М. Импульсно-периодический СО₂ лазер с поперечным разрядом для хирургических применений / С.М. Никифоров, С.С. Алимпиев, Я.О. Симановский, Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов // Биомедицинская электроника.-2012.-№2-с.72-76
2. Горбатова Н.Е. Абляция биоткани излучением СО₂ лазеров с импульсами различной длительности / Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов, Я.О. Симановский, С.С.Алимпиев, С.М. Никифоров, Л.М.Рошаль, А.В. Гейниц // Биомедицинская электроника.-2012.-№3-с.37-45
3. Горбатова Н.Е. Биомедицинское моделирование абляции биологических тканей излучением импульсно-периодического СО₂ лазера с поперечным разрядом для целей кожно-пластической реконструктивно-восстановительной хирургии / Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов, Я.О. Симановский, С.С.Алимпиев, С.М.Никифоров, Л.М.Рошаль, А.В. Гейниц // Московский хирургический журнал.-2012.- №5 С. 17-24
4. Горбатова Н.Е. Моделирование абляции биологических тканей излучением импульсно - периодического СО₂ лазера для целей лазерной дермабразии рубцовых деформаций кожных покровов / Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов, Я.О. Симановский, С.С.Алимпиев,

- С.М.Никифоров, С.В.Голубев, Н.В. Станкова // Биомедицина.- 2013. №1. С. 22-41.**
5. Горбатова Н.Е. Сравнительная гистологическая оценка эффективности режимов абляции импульсами СО₂-лазеров различной длительности кожных покровов мини-свиней для целей лазерной дерматологии / Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов, Я.О. Симановский, С.М.Никифоров, С.В. Голубев, С.С. Алимпиев, А.В. Гейниц, В.И. Елисеенко // Московский хирургический журнал.-2013.- №4 С. 46-53.
 6. Горбатова Н.Е. Экспериментальная сравнительная оценка эффективности режимов абляции различной длительности импульсами СО₂ лазером на кожных покровах мини-свиней для целей лазерной дерматологии / Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов, Я.О. Симановский, С.М.Никифоров, С.В. Голубев, С.С. Алимпиев, А.В. Гейниц, В.И. Елисеенко., Н.В. Станкова // Биомедицина.- 2013. №4. С. 90-106.
 7. Рошаль Л.М. Опыт применения лазерных медицинских технологий в амбулаторной детской хирургии / Л.М. Рошаль, С.А. Валиуллина, А.В. Гейниц, Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов В.А. Плякин, С.М. Никифоров // Мат. IV съезда амбулаторных хирургов РФ «Стационарозамещающие технологии» Амбулаторная хирургия-М.,-2011-№3-4-С. 155-156.
 8. Рошаль Л.М. Перспектива применения лазерных хирургических методов для оказания высокотехнологичной медицинской помощи в детской хирургии / Л.М. Рошаль, С.А. Валиуллина, А.В. Гейниц, Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов, В.А. Плякин, А.В. Брянцев, С.М. Никифоров // Мат. X Московской ассамблеи «Здоровье Столицы» -М.,- 2011.-С. 155.
 9. Горбатова Н.Е. Особенности и перспектива использования лазерного излучения в хирургии кожи у детей / Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов, А.Г. Дорофеев // Материалы I Всероссийской конференции «Неотложная детская хирургия и травматология» - М.,-2013.-С. 35.
 10. Горбатова Н.Е. Актуальность лазерных хирургических методов в реабилитации детей с посттравматическими и послеожоговыми дефектами кожи / Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов, М.А. Чернышев, С.М. Никифоров, Л.М. Рошаль, С.А. Валиуллина // Мат. Международного конгресса «Реабилитация и санаторно-курортное лечение». М.,-2011.-С. 40-41.
 11. Горбатова Н.Е. Эстетическая коррекция рубцовой деформации кожных покровов у детей импульсным излучением СО₂-лазера малой длительности / Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов, С.М. Никифоров, Я.О. Симановский, С.С. Алимпиев, А.В. Гейниц, В.И. Елисеенко // Лазерная медицина-2014. №4-С. 49.