

Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и
травматологии Департамента здравоохранения города Москвы

На правах рукописи

Золотов Сергей Александрович

«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНОЙ ДЕРМАБРАЗИИ ИЗЛУЧЕНИЕМ
ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОГО СО₂ ЛАЗЕРА ПРИ УСТРАНЕНИИ
РУБЦОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ КОЖИ У ДЕТЕЙ»

14.01.19-«детская хирургия»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
к.м.н. Горбатова Н.Е.

Научные консультанты:
д.м.н., проф. Елисеенко В.И.
к.ф.- мат.наук Никифоров С.М.

Москва 2014 год.

Оглавление

Введение	5
Актуальность	5
Глава 1. Обзор литературы	11
1.1. Проблема травматизма и его последствий у детей	11
1.2. Проблема устранения рубцовых деформаций кожных покровов	12
1.3. Классификация	14
1.4. Эффективность различных методов лечения	17
1.5. Биофизические свойства лазерного излучения, СО ₂ лазеры	25
1.6. Ремоделирование рубцов с использованием лазерного излучения	29
1.7. Анатомо-физиологические особенности кожи детей	32
Глава 2. Материалы и методы	35
2.1. Материалы и методы экспериментальных медико-биологических исследований	35
2.1.1. Оборудование	35
2.1.2. Модельные биологические объекты.	37
2.1.3. Методы выполнения экспериментальных исследований	38
2.1.3.1. Методика выполнения экспериментального исследования <i>in vitro</i> на образцах биологических моделей (листья растений, кожа свиньи)	39
2.1.3.2. Методика выполнения экспериментального исследования <i>in vivo</i> на кожных покровах мини-свиней.	40
2.1.4. Методы исследования экспериментального материала	44
2.1.4.1. Морфологическое микроскопическое исследование в падающем свете образцов биологических объектов (листьев растений, кожа свиньи)	44

2.1.4.2. Морфологическое гистологическое исследование образцов кожи мини-свиней	44
2.2. Материалы и методы клинических исследований	45
2.2.1. Аппаратура	45
2.2.2. Методы оценки состояния рубцовой ткани	46
Субъективная оценка рубцовых изменений кожных покровов.....	46
2.2.3. Профилактические и лечебные мероприятия, применяемые в дооперационном и послеоперационном периоде у пациентов с рубцовой деформацией кожных покровов	49
2.2.4. Метод операции «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО ₂ лазера	53
3.1. Экспериментальные исследования <i>in vitro</i> режимов абляции при различной длительности импульсов излучения СО ₂ лазеров на модельных биологических тканях (листья растений)	54
3.2. Экспериментальные исследования режимов абляции излучения СО ₂ лазеров с различной длительностью импульсов на кожных покровах модельных биологических объектов (лабораторные животные мини-свиньи)	62
3.2.1. Экспериментальное исследование <i>in vitro</i> режимов абляции сравниваемых СО ₂ лазеров на кожных покровах модельных биологических объектов	64
3.2.2. Экспериментальные исследования <i>in vivo</i> режимов абляции сравниваемых СО ₂ лазеров на кожных покровах модельных биологических объектов	72
3.2.3. Моделирование режима и скорости сканирования излучения импульсно-периодического СО ₂ лазера для лазерной послойной абляции кожных покровов	92
Глава 4. Клинические исследования	101
4.1. Характеристика собственного клинического материала.	101

4.2. Методология ведения пациентов детского возраста с рубцовой деформацией кожных покровов со зрелыми и незрелыми формами различных типов рубцов .	111
4.3. Операция «лазерная» дермабразия излучением импульсно-периодического СО ₂ лазера для устранения рубцовой деформации кожных покровов у детей	120
4.3.1. Показания и противопоказания для использования операции «лазерной» дермабразии у пациентов детского возраста с рубцовой деформацией кожных покровов	120
4.3.2. Методика оптимизированной «лазерной» дермабразии импульсно-периодическим СО ₂ лазером	121
4.4. Особенности ведения пациентов в послеоперационном периоде	131
4.5. Результаты оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО ₂ лазера при устранении рубцовой деформации кожных покровов у детей	133
Заключение	141
Выводы	143
Библиографический список	145

Введение

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.

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. В большинстве случаев рубцовые изменения кожи не приводят к функциональным нарушениям и развитию патологических процессов. Однако выраженные и деформирующие кожные покровы дефекты очень часто вызывают психологические травмы, приводящие к резкому снижению качества жизни пациента. Особенно часто это проявляется у детей, что и определяет интерес к данной теме.

Первое описание избыточного рубцевания обнаружено в египетском папирусе Smith, относящегося к периоду 17 Династии, 1500г. до нашей эры [83].

В настоящее время по литературным данным ежегодно в развитых странах у 100 миллионов пациентов после 55 миллионов факультативных операций и 25 миллионов операций по поводу травмы образуются рубцы [155].

В Российской Федерации ежегодно регистрируется более 12 млн. травм [23]. При этом следует отметить, что социально-экономический и технический прогресс в России оказывает непосредственное влияние на рост травматизма среди всего населения, при этом дети являются категорией населения наиболее подверженной повышенному травматизму из-за своих возрастных особенностей [29,53].

По мнению ряда авторов, детский травматизм в России более чем в три раза превышает уровень Западной Европы.

Избыточное (патологическое) рубцевание, которое приводит к деформации кожных покровов, является отдаленным осложнением факультативных операций и травм. При этом частота образования гипертрофических рубцов составляет от 40% до 70% после хирургических операций и достигает 91% после ожоговой травмы, в зависимости от глубины повреждения тканей [101,130].

При этом 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 устранении их с целью минимизировать заметный окружающим дефект кожи [51,21].

Для решения данной проблемы используются различные физические и терапевтические воздействия на рубцовые ткани, одним из таких методов является лазерная дермабразия [7.8.17.64].

На современном этапе лазерную дермабразию среди всех многочисленных методов лечения можно рассматривать одним из перспективных направлений в реабилитации детей, перенесших ожоговую травму, которое требует дальнейшего углубленного изучения.

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.

Таким образом, изучение возможностей лазерной дермабразии является актуальной задачей в решении многих вопросов реконструктивно-восстановительной хирургии, направленной на устранение рубцовых деформаций кожных покровов у детей.

С физической точки зрения лазерная дермабразия - это процесс взрывного испарения (абляции) ткани под действием мощного лазерного излучения. Лазерное воздействие сопровождается как удалением рубцовой ткани, так и нагревом, иногда значительным. Уменьшение нежелательного нагрева окружающих тканей возможно при уменьшении времени лазерного воздействия путем уменьшения длительности лазерного импульса и увеличении мощности лазера. Для этих целей был разработан принципиально новый лазерный аппарат – импульсно-периодический СО₂ лазер с поперечным разрядом, который впервые в мировой практике был использован в НИИ НДХиТ с целью устранения рубцовых деформаций кожных покровов у детей с достижением хороших и удовлетворительных результатов [35,36,156,107].

Цель работы

Улучшить результаты лечения пациентов детского возраста с посттравматической деформацией кожных покровов путем оптимизации хирургической коррекции методом «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера.

Задачи

- 1) Провести сравнительный анализ результатов и оценку характера воздействия импульсного излучения СО₂ лазеров с различной длительностью импульса на модельных биологических тканях (листья растений, кожа свиньи).
- 2) Выполнить экспериментальное моделирование «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера на модельных биологических тканях (листья растений, кожа свиньи).

3) Разработать методику оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера и определить показания и противопоказания к ее использованию при устранении рубцовой деформации кожи у детей.

4) Доказать клиническую и эстетическую эффективность оптимизированной «лазерной» дермабразии при устранении рубцовых деформаций кожи у детей и целесообразность дальнейшего ее применения в хирургии детского возраста.

Новизна исследования

1) Впервые изучены в эксперименте результаты воздействия излучения импульсно-периодического CO₂ лазера на модельные биологические объекты (листья растений и кожа свиньи) и проведен сравнительный анализ их с модулированным излучением непрерывного CO₂ лазера.

2) Впервые выполнено моделирование «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера в эксперименте на модельных биологических тканях (листья растений, кожа свиньи).

3) Впервые разработана методика оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера и определены показания и противопоказания к ее применению для устранения и эстетической коррекции рубцовых деформаций кожных покровов у детей.

4) Впервые доказана клиническая и эстетическая эффективность оптимизированной методики «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера и определена перспектива ее использования в детской

хирургии для коррекции посттравматических, послеожоговых и других рубцовых деформаций кожных покровов у пациентов детского возраста.

Практическая значимость

Внедрение в широкую клиническую практику детской хирургии разработанной методики «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂ лазера позволит оптимизировать хирургическую коррекцию посттравматических, послеожоговых и других рубцовых деформаций кожных покровов у детей, что будет способствовать улучшению клинических и эстетических результатов, сокращению сроков реабилитационного лечения и потенцированию социальной адаптации данной категории пациентов.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 6 статей в журналах, входящих в список ВАК Министерства образования и науки РФ.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

- 1) С.М. Никифоров, С.С. Алимпиев, Я.О. Симановский, Н.Е. Горбатова, С.А. Золотов. Импульсно-периодический CO₂ лазер с поперечным разрядом для хирургических применений// Биомедицинская электроника.-2012.-№2-с.24-32
- 2) Н.Е.Горбатова, С.А. Золотов, Я.О. Симановский, С.С.Алимпиев, С.М.Никифоров, Л.М.Рошаль, А.В. Гейниц. Абляция биоткани излучением CO₂ лазеров с импульсами различной длительности// Биомедицинская электроника.-2012.-№3-с.12-23
- 3) Н.Е.Горбатова, С.А. Золотов, Я.О. Симановский, С.С.Алимпиев, С.М.Никифоров, Л.М.Рошаль, А.В. Гейниц. Биомедицинское моделирование

абляции биологических тканей излучением импульсно-периодического CO₂ лазера с поперечным разрядом для целей кожно-пластической реконструктивно-восстановительной хирургии.// Московский хирургический журнал.-2012.- №5 С. 5-12

4) Н.Е.Горбатова, С.А. Золотов, Я.О. Симановский, С.С.Алимпиев, С.М.Никифоров, С.В.Голубев, Н.В. Станкова. Моделирование абляции биологических тканей излучением импульсно-периодического CO₂ лазера для целей лазерной дермабразии рубцовых деформаций кожных покровов.// Биомедицина.- 2013. №1. С. 22-41.

5) Н.Е.Горбатова, С.А. Золотов, Я.О. Симановский, С.М.Никифоров, С.В. Голубев, С.С. Алимпиев, А.В. Гейниц, В.И. Елисеенко. Сравнительная гистологическая оценка эффективности режимов абляции импульсами CO₂-лазеров различной длительности кожных покровов мини-свиней для целей лазерной дермабразии.// Московский хирургический журнал.-2013.- №4 С. 46-53.

6) 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. Экспериментальная сравнительная оценка эффективности режимов абляции различной длительности импульсами CO₂ лазеров на кожных покровах мини-свиней для целей лазерной дермабразии.// Биомедицина.- 2013. №4. С. 90-106.

Объем и структура диссертации

Диссертация изложена на 159 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов и указателя литературы, включающего 165 источников, в том числе 71 отечественных и 94 зарубежных. Текст иллюстрирован 15 таблицами и 55 рисунками.

Глава 1. Обзор литературы

1.1. Проблема травматизма и его последствий у детей

Травматизм и ликвидация его последствий во всем мире продолжают оставаться одной из актуальных проблем здравоохранения [11,13,25,41].

В Российской Федерации ежегодно регистрируется более 12 млн. травм [23,25,41,66]. Социально-экономический и технический прогресс в России оказывает непосредственное влияние на рост травматизма среди всего населения [24,29,31,41].

Дети являются категорией населения, особенно подверженной повышенному травматизму ввиду своих возрастных особенностей, а в ряде случаев незащищенности со стороны взрослых [46,53,57,61].

Среди населения России, в возрасте до 17 лет включительно, ежегодно регистрируют около 10 млн. травматических повреждений, из них у мальчиков до 5,5 млн., у девочек до 4,5 млн. [17,46,53]. К сожалению, детский травматизм в России в три раза превышает уровень травматизма в Западной Европе

Различные травматические повреждения у детского контингента отмечают в среднем у 50 (5%) детей на 1000 детского населения [6,9,46,53]. В детском возрасте приблизительно в 90% случаев травмы связаны с механическим повреждающим агентом - бытовым, автомобильным, падением с высоты и т.д. [9,46,53,61]. Травма в результате ожогов констатирована в среднем у 10% детей с различными повреждениями [9,46,51,53].

После травматических повреждений нередко возникают грубые деформирующие рубцовые изменения кожных покровов [6, 9,19, 51, 67,77]. Следует отметить, что к образованию гипертрофических рубцов, независимо от повреждающего агента склонны от 1,5 до 4,5% всей популяции [51, 67,77]. Особенно часто гипертрофические рубцы в 70 – 80% случаев развиваются после ожоговой травмы [6,7,10,19,51]. Практически все дети, получившие травму, в той

или иной степени нуждаются в специализированной медико-социальной реабилитации, причем при наличии посттравматических, послеожоговых и другой этиологии рубцовых деформаций кожных покровов и в их устранении [29,41,46, 50]. Поэтому проблема ликвидации последствий травматических повреждений у детей и в настоящее время продолжает оставаться актуальной.

1.2. Проблема устранения рубцовых деформаций кожных покровов

До настоящего времени, несмотря на использование многих хирургических методов, различных видов механического, физического и медикаментозного воздействия, радикальное устранение рубцовых изменений кожи с оптимальным клиническим и эстетическим результатом остается весьма проблематичным [51].

Среди всех многочисленных методов лечения, лазерную послойную шлифовку кожи (лазерную дермабразию), основанную на реализации режима абляции ткани импульсным лазерным излучением, считают самым перспективным направлением в кожно-пластической реконструктивно-восстановительной хирургии для устранения рубцовых посттравматических деформаций кожных покровов у детей. [1,14,15,20,43,44,72,78,79,81,82,116,147,160,161].

В России в клинической практике, а именно в кожно-пластической, реконструктивно-восстановительной хирургии у пациентов детского возраста, впервые метод лазерной послойной шлифовки кожи (лазерной дермабразии), был применен для устранения рубцовых послеожоговых дефектов кожи в 2003 году [51]. Метод реализовывали с помощью лазерного хирургического аппарата «Ланцет-2», на основе непрерывного углекислотного лазера мощностью 50 Вт с модуляцией выходного излучения импульсами длительностью 1 мс. В результате лечения методом лазерной дермабразии были получены достаточно хорошие клинические и эстетические результаты, оптимально возможные при использовании непрерывного углекислотного лазера (аппарата «Ланцет-2») [51].

При этом было отмечено, что для эффективной коррекции рубцовых изменений кожи необходимо применение более щадящих режимов лазерного излучения, обеспечивающих минимальное термическое повреждение тканей [33,51,78,147,161,163]. Однако такие режимы не могут быть реализованы при использовании модулированных импульсов излучения непрерывного СО₂ лазера [1,43,44,51,135,147,161].

Необходимо отметить, что кожные покровы у детей, особенно до восьмилетнего возраста, имеют свои возрастные особенности, что диктует необходимость выбора специальных для этой возрастной группы режимов лазерного излучения, реализующих дермабразию [7,26,28,41,43,51]. Устранение таких дефектов в раннем детском возрасте не только гораздо эффективнее вследствие особенностей развития детского организма, но и необходимо с точки зрения быстрой социальной адаптации ребенка после полученной травмы [9,15,43,44,51,69].

В связи с вышесказанным, становится очевидным, что у детей, особенно до 8 лет, необходим выбор и применение оптимизированных режимов излучения углекислотных лазеров, обеспечивающих при реализации метода лазерной дермабразии оптимальный клинический и эстетический результат. Методы лазерной дермабразии с оптимизированными режимами абляции лазерного излучения с минимальным термическим периферическим воздействием, позволят предотвратить возможные осложнения, сократить сроки и значительно улучшить клинические и эстетические результаты лечения [26,28,41,51].

Лазерную медицинскую аппаратуру на основе непрерывных углекислотных лазеров (СО₂ лазеров) давно и эффективно применяют в хирургии: в неотложной хирургии, абдоминальной и гнойной хирургии, в ожоговой хирургии и травматологии, в гинекологии и урологии, в кожно-пластической реконструктивно-восстановительной хирургии, а также в отоларингологии и др. [16,33,40,42,49,50, 51,60].

Излучение непрерывных углекислотных лазеров бесконтактно обеспечивает необходимую диссекцию тканей, антибактериальное действие, профилактику метастазирования и хороший гемостаз, за счет образования выраженной краевой зоны коагуляции, возникающей в результате активного термического воздействия.

Однако, во многих областях медицины, таких как ожоговая и гнойная хирургия, кожно-пластическая реконструктивно-восстановительная хирургия, гинекология, отоларингология и других, при ряде хирургических вмешательств и манипуляций, требуется послойное и прецизионное удаление патологических тканевых структур. Выраженный эффект коагуляции при этом наоборот нежелателен, и может только значительно ухудшить результаты лечения.

Для этой цели наиболее перспективным режимом воздействия излучения CO₂ лазеров на биологическую ткань является так называемый режим абляции, когда удаление ткани происходит в строго ограниченном слое, без термического повреждения ее по периферии зоны испарения.

Режим абляции реализуется только при воздействии импульсного лазерного излучения на обрабатываемую ткань, для осуществления такого режима требуются импульсные CO₂ лазеры с длительностью импульса менее 100 мкс и мощностью в импульсе более 500 Ватт, обеспечивающие плотность энергии излучения в зоне воздействия более 2 Дж/см² [1,103,120,135,147,161].

1.3. Классификация

Учитывая широкое распространение рубцовых деформаций кожных покровов и многообразие их клинических проявлений, возникает необходимость их классификации. Она вызвана практической необходимостью для лечения рубцовых деформаций кожных покровов в зависимости от течения рубцового процесса и последующей объективной оценки результатов лечения.

Классификационные клинические признаки рубцов, используемые разными авторами различны. Так некоторые из них подразделяют рубцы по их форме : линейные, дугообразные, веерообразные и др. [47].

Ряд авторов разделяют рубцы по их влиянию на функции, контрактуры различной локализации: области рта, глаза, шеи, суставов и конечностей [2].

Некоторые из авторов считают необходимым подразделение на рубцы нарушающие анатомические области и требующие лечения у пластических хирургов и рубцы являющиеся, обращающим на себя внимание косметическим дефектом и требующим его устранения, для достижения эстетической нормы

При всем многообразии классификаций рубцов следует отметить, что на сегодняшний день не существует классификации рубцовых деформаций кожных покровов, которая учитывала бы все их характеристики и при этом удовлетворяла всех специалистов (хирургов, дерматологов, косметологов, морфологов), которые занимаются проблемами лечения рубцовых изменений кожных покровов [37].

Для практической работы дерматохирургов наиболее приемлемыми являются классификации рубцов, которые учитывают патогенез рубцов и соотношение уровня поверхности рубца по отношению к уровню прилегающих кожных покровов.

Так в классификации рекомендованной коллективом авторов для ведения пациентов с патологическими рубцами были выделены следующие типы рубцов:

Зрелый рубец - плотный плоский светлый рубец;

Незрелый рубец – рубец ярко – красного цвета, иногда болезненный или зудящий, слегка приподнимающийся над поверхностью кожи в процессе созревания. Многие из незрелых рубцов со временем становятся плоскими и приобретают окраску, близкую к цвету окружающей кожи, хотя могут быть несколько светлее или темнее.

Линейный гипертрофический рубец (образовавшийся после травмы или операционного разреза) – красный, приподнимающийся над поверхностью кожи, иногда зудящий, не выходит за исходные границы операционного разреза.

Обычно такие рубцы развиваются через несколько недель после операции, могут быстро увеличиваться в размерах в течение 3-5 месяцев, и далее после статической фазы начинают регрессировать. В стадии созревания приобретают вид приподнятого над поверхностью кожи жгута различной ширины. Процесс созревания может длиться до 2-х лет.

Распространенный гипертрофический рубец (образовавшийся после ожоговой травмы) распространенный, приподнимающийся над поверхностью кожи, иногда зудящий рубец красного цвета, не выходящий за границы площади ожога.

Небольшой келоид – возвышающийся над поверхностью кожи зудящий рубец, распространяющийся на здоровые окружающие ткани. Развивается обычно в течение года после травмы и сам по себе не подвергается обратному развитию. После хирургического лечения часто рецидивирует. Возможно имеется генетическая предрасположенность к развитию келоидов. Типичная локализация ушные раковины.

Большой келоид – крупный рубец, возвышающийся более чем на 0,5 см над поверхностью кожи, иногда болезненный или зудящий, распространяющийся на здоровую ткань. Часто образуется после небольших травм, может расти годами [133].

Для дерматохирургии дифференцировка рубцов по отношению к окружающим кожным покровам позволяет выбрать наиболее адекватный способ лечения с учетом того, что конечной целью лечения рубцовых деформаций кожи является выравнивание деформированной поверхности в соответствии с уровнем здоровых тканей.

Для определения состояния рубцовой ткани в дерматохирургии помимо визуального и тактильного осмотра используют такие инструментальные методы исследования, как клиренс радиоизотопов, термография, магнитно-резонансная томография, лазерная доплеровская флоуметрия. Все вышеперечисленные методики направлены прежде всего на определение степени васкуляризации рубца.

Развитие ультразвуковой техники и появление высокочастотных датчиков способствовало внедрению ультразвукового исследования в дерматологию, косметологию, реконструктивную и пластическую хирургию [62].

Ультразвуковое исследование кожи позволяет оценить такие параметры как: толщина рубцово-измененных кожных покровов (толщина эпидермиса и толщина собственно рубцовой ткани), степень дифференцировки, эхогенность, особенности структуры слоев кожи и их однородность на пораженном участке [55].

В качестве эталона нормы при этом выступают здоровые участки кожи пациентов, симметричные участкам поражения.

В режиме ЦДК возможна оценка особенности кровоснабжения всех типов рубцов. Определяется интенсивность кровоснабжения различных типов рубцовой ткани относительно здоровой кожи, тип преобладающих кровеносных сосудов (артериальный или венозный) и их топическое расположение относительно слоев кожи [56].

1.4. Эффективность различных методов лечения

На сегодняшний день совершенно очевидно, что только комплексное лечение пациентов с рубцовыми деформациями кожных покровов позволяет достичь оптимального, максимально возможного результата, который в свою очередь удовлетворял бы пациента. Необходимость комплексного подхода связана с тем, что все существующие на сегодняшний день методы нивелирования рубцовых изменений кожных покровов не являются универсальными [114,136,140].

Выбор метода лечения зависит от этапов рубцового процесса, для каждого из которых имеются характерные клинические проявления [133].

На ранних этапах лечения рубцов используются терапевтические методы лечения, целью которых является уменьшить вероятность появления и степень проявления гипертрофии рубцовой ткани. К этим методам относятся:

ферментотерапия, локальная компрессионная терапия, покрытие силиконовым гелем, инъекции кортикостероидов [63,76].

Ферментотерапия

Для борьбы с несформированными рубцовыми деформациями достаточно часто используют ионофорез с такими ферментами как лидаза, ронидаза [63,71,76]. Лидаза оказывает гиалуронидазное действие, которое способствует размягчению и уменьшению фиброзных очагов [38].

Компрессионная терапия

Первые упоминания о использовании компрессионной терапии с целью предотвращения патологического рубцевания по литературным данным отмечаются с 1947 года [4]. Так Niessen F.V., в 1999 году констатировал успешное применение давящих повязок на послеоперационные раны с целью предотвращения патологического рубцевания [138]. Некоторые более поздние исследования имеют отличные результаты, так в проспективном рандомизированном исследовании, в котором приняли участие 122 пациента перенесшие ожоги, использование давящих повязок не способствовало созреванию рубцов и не уменьшало длительности пребывания больных в стационаре [96]. Позже с развитием производства синтетических материалов в качестве альтернативы давящим повязкам стали использовать силиконовые покрытия, которые в свою очередь оказались более простыми и эффективными в использовании [34]. На сегодняшний день эффективность использования силиконовых гелей и пластин достаточно широко представлена в литературе [105,150]. Однако, использование силиконовых покрытий при массивных поражениях затруднено из-за проблем с их фиксацией [153].

Наружное и внутриочаговое применение кортикостероидов

В клинической практике для коррекции патологического рубцевания достаточно широко используются стероидные препараты, применение которых обусловлено тем, что они оказывают противовоспалительное, противоаллергическое и противозудное действие [45]. В случаях использования

стероидных препаратов для коррекции патологических рубцов их эффективность обусловлена воздействием на три звена воспаления - экссудацию, пролиферацию и вторичную альтерацию. Механизмы их действия описаны в многочисленных работах [133]. По мнению ряда авторов, использование наружной стероидной терапии сопровождается рядом побочных эффектов, в частности подавлением глюкокортикостероидной функции коры надпочечников, повышением артериального и внутричерепного давления, а также гипокалиемией, глюкозурией гипергликемией [52,59]. Поэтому использование наружных стероидных препаратов при лечении детей рекомендуется проводить непродолжительным курсом препаратами слабой и средней активности.

Общепринято считать, что основным показанием для локальной гормональной терапии являются несформированные гипертрофические и келоидные рубцы. Вместе с тем, нередко подчеркивается, что до сих пор недостаточно разработаны критерии отбора пациентов и оценки результатов проведенного лечения [100,132,137,97].

Многочисленные сообщения свидетельствуют о том, что эффективность внутриочагового введения кортикостероидов при патологических рубцах составляет от 50 до 100% [138,111,117,102].

Обычно результаты лечения оказываются лучше при комбинации с другими методами лечебного воздействия - хирургическим иссечением, криохирургией, компрессионной и лучевой терапией [97,68,39,85,73].

Побочные реакции в зоне внутриочагового применения этих препаратов характеризуются многообразием клинических проявлений: атрофия кожи и подкожной жировой клетчатки, нарушение пигментации, застойная гиперемия (эритема), образование телеангиэктазий, аллергический контактный дерматит, акнеподобные изменения, вульгарные и розовые угри, фолликулит, замедление процессов регенерации и повышение чувствительности к инфекциям в послеоперационной ране, изъязвления кожи и экхимозы. Частота их развития может достигать 63% [136,133,70,83,146,159].

Покрытие силиконовым гелем

С 1980-х годов местное покрытие силиконовым гелем- является хорошо зарекомендовавшим себя методом лечения рубцов, терапевтическая эффективность которого широко представлена в литературе [150,106].

Использование всех терапевтических методов позволяет добиться снижения высоты гипертрофических рубцов, но не позволяет устранить деформацию кожных покровов.

Для окончательного достижения желаемого результата при устранении рубцовых изменений используются методы удаления тканей, к которым относятся химический пилинг, хирургическое иссечение, криохирургия, механическая шлифовка абразивным материалом и различные методы лазерной дермабразии.

Химический пилинг

Для коррекции поверхностных нарушений рельефа кожных покровов, преимущественно обусловленных возрастными изменениями, широкое применение получает химический пилинг. По современным литературным данным, основными показаниями к его применению- являются: атрофические и гиперпигментированные рубцы, морщины, нарушения пигментации, актинические кератозы, и поверхностные рубцы после угревой болезни [32,119,93,149].

Он представляет собой процесс отшелушивания поверхностных слоев кожи с помощью кератолитических веществ. Химический, пилинг стимулирует рост эпидермиса вызывает воспаление, которое в свою очередь может способствовать правильному отложению коллагена.

В зоне проведенного пилинга могут наблюдаться» следующие побочные эффекты: повышенная чувствительность кожи к свету, стойкая эритема, гипо- и/или гиперпигментации, потемнение уже имеющихся невусов, увеличение кожных пор, образование милиумов, усиление рисунка телеангиэктазий, инфицирование и рубцевание кожного покрова [92,98].

В публикации M.Spiga с соавторами представлен детальный анализ результатов химического пилинга лица и шеи за 10-летний период, согласно которому неизбежным следствием процедуры является уменьшение интенсивности окраски (осветление) кожи и образование демаркационной линии вокруг зоны воздействия [152].

Помимо этого, ввиду кардиотоксичности фенола (фенольный пилинг запрещено использовать на территории России), у пациентов могут отмечаться изменения на ЭКГ по типу сердечной аритмии [113,99].

Хирургическое иссечение

Хирургическую коррекцию рубцов обычно проводят только после полного окончания их роста при безуспешности консервативного лечения и при наличии функциональных нарушений, т.е. при рубцовых стяжениях, препятствующих выполнению функциональных «обязанностей», возложенных на ту или иную область тела и конечностей [133,102,5,126].

Общая тенденция при этом сводится к тому, что ревизию рубцового поражения целесообразно проводить через 9-12 мес. после первичного травматического повреждения или заживления раны, так как в более ранние сроки ткани находятся в стадии инфильтрации и уплотнения, что ухудшает условия для приживления пересаженных и перемещенных лоскутов и, кроме того на протяжении данного периода времени продолжается ремоделирование коллагена и возможно изменение конечного вида формирующегося рубца.

Вместе с тем, в отдельных случаях требуется ранняя ревизия рубца, чтобы избежать развития функционального нарушения. Считается, что в области лица и шеи нарушение функции является прямым показанием к операции, даже при молодых келоидах, однако ввиду высокой вероятности рецидива не следует прибегать к хирургическому лечению пациентов с поствоспалительными и множественными рубцовыми поражениями, не использовав максимально возможности терапевтических мероприятий [90,91].

Необходимо учитывать при этом, что полное удаление обширного рубцового поражения не всегда выполнимо, так как могут быть ограничены возможности пластики местными тканями [4].

Кроме того, ушивание мобилизованных краев образовавшейся раны «на себя» зачастую не представляется рациональным из-за неизбежного чрезмерного натяжения тканей, а пластическое замещение раневого дефекта чревато нежелательным повреждением прилегающих интактных участков кожи с рецидивом патологического рубцевания [30].

Частота рецидивов келоидов после изолированного хирургического иссечения составляет от 50 до 100%. Авторами обращено внимание на то обстоятельство, что, несмотря на активную терапию в послеоперационном периоде, рецидив нередко может превосходить размер первоначального поражения, когда рост его выходит за пределы участка иссечения, распространяясь на окружающие ткани [3,128,84,159].

К тому же, при сочетании хирургического иссечения со свободной кожной пластикой для закрытия образовавшегося раневого дефекта имеется вероятность развития поражения на донорском участке или на границе пересаженного трансплантата [4,80].

Криохирургия

Клинический эффект криохирургии обусловлен воздействием низкой температуры на микроциркуляцию рубцовых тканей, которое приводит к их деструкции [102,22,18,95].

Исследования E.Muti показали, что в первые 30 часов, после криовоздействия, возникающая трансудация из поврежденных сосудов приводит к отслойке эпителиального слоя кожи с образованием волдырей, которые через несколько дней самостоятельно вскрываются, а к 7-му дню рана покрывается струпом, отторгающимся частями примерно в течение месяца [134].

Во многих публикациях отмечается, что независимо от возраста пациента, лучше поддаются криовоздействию молодые - особенно давностью до 1 года и небольшие келоиды [102,48,165].

Вместе с тем, J.P. Shepherd с соавторами обратили внимание на тот факт, что относительно хуже реагируют на криохирургическое воздействие более плоские рубцовые поражения- на широком основании [151].

Помимо этого, среди специалистов превалирует мнение о том, что наиболее эффективна криохирургия в сочетании с внутриочаговой гормональной терапией [84,122,127,164].

Наряду с этим, сообщается и о неудовлетворительных конечных результатах криохирургии келоидов.[133,87] ,что может быть следствием нарушения техники выполнения процедуры, в частности, использования неадекватного времени замораживания и/или количества сеансов [148].

По мнению K.L. Grossman, криовоздействие при рубцах на лице, за исключением мочки ушной раковины, оказывается менее успешным, чем на других частях тела [114].

Среди недостатков метода преимущественно указываются наличие длительно заживающей открытой раневой поверхности после вмешательства, локальной болезненности в результате применения жидкого азота, что вызывает определенные неудобства при больших рубцовых поражениях; затруднения при выборе адекватного времени замораживания и количества процедур [87].

Согласно ряду публикаций, в зоне проведенного криовоздействия практически неизбежны следующие побочные эффекты: а) воспаление и болезненность открытой раневой поверхности, которая заживает в течение нескольких недель; б) некоторая степень атрофии и стойкая гипопигментация в результате повреждения меланоцитов при замораживании [133,102,48,87].

Лечению пациентов с атрофическими (втянутыми, вдавленными) рубцами посвящено значительное число публикаций, в которых преимущественно отражены вопросы их хирургической коррекции. Однако, полученные результаты

не всегда можно считать удовлетворительными, что вызывает необходимость усовершенствования техники и способов оперативных вмешательств [54].

Механическая дермабразия

Как известно, дермабразия основана на способности кожи к спонтанной повторной эпителизации после удаления ее поверхностных слоев - эпидермиса и верхней трети дермы [153].

Резэпителизация абразированной поверхности происходит через сохранившиеся концевые отделы придатков кожи: волосяных: фолликулов; сальных и потовых желез. При их дефиците в зоне коррекции замедляется заживление раны и повышается риск рубцевания, что ухудшает полученные результаты [141].

Поэтому основным условием для проведения вмешательства является сохранность придатков кожи, что, впрочем, ограничивает возможности его применения у пациентов с рубцовыми поражениями, ввиду травматичности механической дермабразии [94].

Ряд авторов для уплощения выступающих контуров послеоперационных рубцов давностью до 8 нед. предлагают использовать ручную абразию поверхности рубцовой ткани с помощью стерильных полосок наждачной бумаги, при которой значительно меньше выражены побочные эффекты и осложнения [142,158,110,88].

Тем не менее, несмотря на доступность, простоту технического выполнения и широкое распространение в клинической практике, эти методики имеют весьма ограниченные показания для коррекции рубцовых поражений, так как данная процедура противопоказана при патологических рубцах [122,143].

В специальной литературе подчеркивается, что глубокие вдавленные рубцы, в частности, в форме «ледоруба» обычно не поддаются коррекции с помощью абразии [125].

Согласно мнению ряда авторов, те рубцы, которые сглаживаются при мануальном растягивании кожи, в 50-75% случаев способны корригироваться посредством абразии, проведенной на требуемой глубине [141].

Многие авторы полагают, что между двумя вмешательствами требуется не менее 6 мес. с учетом особенностей заживления раневой поверхности и ожидаемых побочных реакций в послеоперационном периоде [141,58].

После механической дермабразии могут отмечаться побочные эффекты и осложнения: длительная эритема наблюдается - практически у всех пациентов в течение 1-2 мес; милиумы - примерно у 50% пациентов; телеангиэктазии и петехии - наблюдаются чаще при физической нагрузке, избыточном весе; гипо- или гиперпигментация - у 20-30%; гипертрофическое рубцевание и инфицирование раневой поверхности - у 10% [141,104,112]

В сообщении N. Orentreich, частота гипертрофического рубцевания после абразии колеблется от 2 до 5% соответственно при рубцах постакне и возрастных изменениях лица, а при удалении данным способом татуировок доходит до 90%, что связано по всей видимости с травматичностью механической дермабразии по отношению к кожным покровам [141].

Предполагается, что растяжимые рубцы после угревой болезни и динамические морщины лучше поддаются коррекции лазером [157].

1.5. Биофизические свойства лазерного излучения, CO₂ лазеры

Для понимания механизма действия лазерного излучения на кожу коротко остановимся на физических аспектах лазерных методик.

Лазеры являются источником оптического излучения, которое отличается от привычного нам излучения ламп исключительно малой расходимостью лазерного луча. Луч лазера видимого диапазона распространяется на десятки метров с очень небольшим изменением диаметра пучка. Это обстоятельство – малая расходимость излучения – позволяет сфокусировать излучение в небольшое

пятно. Для лазеров с высоким качеством излучения диаметр этого пятна может достигать нескольких длин волн лазерного излучения.

Излучение лазера характеризуется длиной волны – в медицине используются лазеры как видимого диапазона, например аргоновый лазер с длиной волны 514 нм, так и лазеры инфракрасного диапазона. Наиболее распространены CO₂ лазеры с длиной волны 10.6 мкм.

Длина волны лазера обозначается λ и обычно приводится в микронах (мкм). Вторым параметром является мощность излучения, обозначаемая P и измеряемая в Ваттах. Мощность медицинских лазеров лежит в диапазоне от единиц милливатт до сотен Ватт. Лазеры с мощностью в несколько милливатт применяются для терапевтического лечения. Более мощные лазеры – для хирургических манипуляций.

Характер воздействия лазера на биологическую ткань определяется потоком мощности излучения на обрабатываемую поверхность. Поток мощности измеряется в Ватт/м² или в Ватт/см² и равен

$$W = \frac{P}{A}$$

Где A = площадь лазерного пятна на поверхности. Для круглого пятна площадь равна

$$A = \pi r^2$$

Где r – диаметр пятна лазерного излучения, измеренный по некоторому уровню. Обычно диаметр пятна измеряют по уровню половинной мощности относительно максимальной мощности в центре пятна.

Характер воздействия лазерного излучения на ткань определяется не только потоком мощности, но и коэффициентом поглощения излучения в ткани. Очевидно, что лазер не может воздействовать на абсолютно прозрачную для излучения ткань. Биологические ткани в различной степени поглощают излучение с различной длиной волны. Степень поглощения излучения определяется коэффициентом поглощения α , который равен обратной толщине слоя ткани, при прохождении которого мощность излучения уменьшается в e раз

(приблизительно 3 раза). Обычно коэффициент поглощения приводится в обратных сантиметрах см^{-1}

В видимом диапазоне коэффициент поглощения составляет менее 10 см^{-1} , что соответствует распространению излучения на глубину в $1/10 \text{ см} = 1 \text{ мм}$. В ИК диапазоне на длине волны CO_2 лазера 10.6 мкм коэффициент поглощения составляет 1000 см^{-1} и мощность излучения CO_2 лазера падает в 3 раза при прохождении слоя ткани толщиной всего $1/1000 \text{ см} = 10 \text{ мкм}$. Рекордным поглощением обладает излучение с длиной волны 3 мкм , для которого коэффициент поглощения составляет $10\,000 \text{ см}^{-1}$.

Импульсный и непрерывный режим воздействия излучения.

Для понимания характера воздействия лазерного излучения на ткань необходимо понять отличие непрерывного и импульсного режимов воздействия. Поглощение излучения лазера в ткани всегда приводит к ее нагреванию. Если воздействовать на ткань длительное время, то нагреванию будет подвергаться не только сама область лазерного луча, но и окружающие ткани за счет теплопроводности материала. Нагретый участок ткани передает тепло подлежащим слоям, которые не подвергаются непосредственно облучению. Обычно такое воздействие является непрерывным и характерно для классических хирургических лазеров, которое используется для рассечения тканей.

Если мы уменьшим длительность воздействия (длительность лазерного импульса) то можем реализовать случай, когда за длительность (время) воздействия лазерного импульса тепло не успевает уйти из области лазерного пятна. То есть, к моменту окончания лазерного импульса, нагретой остается только область лазерного пятна, а остальные слои не изменяют исходную температуру. Если температура в лазерном пятне не превысила температуру, при которой происходят необратимые изменения, в тканях, то после окончания импульса температура в области воздействия быстро вернется к исходной. Режим воздействия, при котором за время лазерного импульса не происходит уход тепла из зоны облучения, называется импульсным.

Слой ткани, нагреваемый лазером, по порядку величины приблизительно равен длине поглощения. Обычно для определения режимов воздействия сравнивается длина поглощения излучения и длина диффузии тепла за время лазерного импульса. Известно, что длина, на которую прогревается необлученная лазером часть материала, пропорциональна квадратному корню из длительности лазерного импульса. Таким образом, для сокращения зоны прогрева надо сильно уменьшать длительность импульса. Сокращение длительности импульса в 10 раз обеспечивает уменьшение длины прогрева приблизительно в 3 раза.

Лазерная абляция

При лазерном воздействии температура ткани может превысить точку, при которой начинается ее разрушение. Это приводит к удалению ткани и образованию кратера на обрабатываемой поверхности. Этот процесс принципиально отличается при импульсном и непрерывном воздействии. При непрерывном воздействии происходит сильный прогрев окружающих тканей, и их термическое повреждение (некроз, тромбирование сосудов и пр...) Поэтому кратер в области воздействия в непрерывном режиме излучения всегда больше размеров лазерного пятна на поверхности.

При импульсном воздействии происходит быстрый нагрев строго в пределах лазерного пятна до температуры, превышающей температуру разрушения ткани. Это приводит к росту давления в зоне воздействия и взрывному выбросу материала из кратера. Этот процесс, как уже отмечалось, происходит гораздо быстрее, чем диффузия тепла и приводит к формированию кратера, соответствующего размеру пятна лазера без зоны термического поражения вокруг. Этот режим принято называть лазерной абляцией, хотя во множестве работ абляцией называют и удаление ткани непрерывным излучением, что на наш взгляд не является правильным.

Импульсный режим работы лазера определяется следующими параметрами:

Длительность импульса излучения τ микросекунд

Частота следования импульсов - F Герц

Период следования $T=1/F$ секунда

Энергия одиночного импульса E Джоуль (миллиджоуль)

Импульсная мощность лазера $P_i = E/\tau$ Ватт

Средняя мощность лазера $P_s = P_i * \tau/T$

Таким образом, очень краткое рассмотрение физики процесса приводит к выводу, что применение лазера с коротким импульсом излучения должно приводить к абляционному удалению ткани и минимизировать термическое повреждение окружающих слоев, что может быть полезно для решения поставленной задачи.

1.6. Ремоделирование рубцов с использованием лазерного излучения

Существуют различные мнения относительно возможного механизма лечебного воздействия CO_2 -лазера на рубцовую ткань. Исследования показали, что указанный метод вызывает прямую деструкцию или избирательный фототермолиз микрососудов рубцовой ткани, в результате чего уменьшаются эритема и плотность поражения, что способствует улучшению внешнего вида кожи [144,129].

Установлено, что сразу же после воздействия CO_2 лазера на рубцово-измененную кожу начинается воспалительная реакция с продуцированием грануляционной ткани, увеличением количества макрофагов и фибробластов [156].

Клинический эффект после лазерной абразии обусловлен уменьшением размеров и количества пучков коллагена и ремоделированием дермы [107].

Сравнительную эффективность сканирующего CO_2 -лазера с непрерывным излучением при послеоперационных формирующихся рубцах отмечают и другие клиницисты [89].

Можно встретить также сведения об успешном использовании импульсного лазера при вдавленных рубцах с резко выступающими контурами, при которых не показаны или оказываются менее эффективными другие способы изменения рельефа поверхности кожи [125,108].

Представляют интерес исследования, в которых подтверждается целесообразность использования импульсного лазера в сочетании с последующими внутриочаговыми инъекциями кортикостероидных препаратов и интерферона [75,121,109].

Однако сравнительный анализ результатов лечения пациентов с патологическими рубцами с помощью CO₂ — лазера затруднен из-за использования различными авторами разных технических параметров [114,133,154,139,86].

Использование CO₂ лазера было одобрено многими хирургами. До сих пор, встречалось немного сообщений о случаях осложнений с использованием CO₂ лазера.

Но по результатам исследований Гроссмана (с соавторами) из ожогового центра Гроссмана (Оукс, Калифорния). CO₂ лазер - машина высокой энергии, которая, может действительно причинять термические повреждения, которые могут приводить к глубоким ожогам кожи и гипертрофическому рубцеванию [115].

Неудовлетворительные результаты были констатированы при использовании аргонового лазера [118,80].

Nd-YAG-лазер, как было показано, вызывает *in vitro* избирательное образование неоколлагена, но частота рецидивов *in vivo* остается очень высокой [131].

Ряд авторов отмечают аналогичные результаты и частоту рецидивов после изолированного использования различных видов лазеров: импульсного лазера на красителях - от 39 до 92%; аргонового - от 45 до 93%; Nd-YAG - от 53 до 100% [83].

Применение импульсного лазера на красителях (PDL-585 nm) оказалось более эффективным при несформированных гипертрофических и вдавленных рубцах - улучшение внешнего вида рубцового поражения отмечено в пределах 60-80% клинических наблюдений [76,74,124].

Для подтверждения результатов проведенного лечения в большинстве публикаций выводы основывали на периодических клинических осмотрах с фотографическим документированием выраженности основных параметров, определяющих внешний вид и свойства рубцового поражения - размера, формы, окраски и локализации, хотя очевидно, что подобная оценка не лишена некоторой субъективности в отношении ее достоверности.

Трудности в количественной оценке внешнего вида рубцов подчеркнуты в аналитической статье Т.А.Mustoe с соавторами, в которой приведен качественный обзор свыше 300 опубликованных работ с использованием стандартизированных методов определения эффективности проведенного лечения [133].

Ряд авторов для объективизации размера и формы рубца до и после криохирургического воздействия изучали слепки с рельефа поверхности кожи [151,148].

T.S. Alster, с этой же целью использовали методику оптической профилометрии, сущность которой заключается в проведении измерений по силиконовым слепкам с поверхности, рубца и окружающей кожи. Слепки анализировались с помощью компьютерной программы, что, позволило обеспечить количественную оценку рельефа кожи с значительной степенью корреляции [76].

Анализ литературных данных показывает, что нередко авторы объединяют результаты лечения пациентов с двумя разновидностями патологических рубцов, что еще в большей степени вносит неясность в проблему [153].

1.7. Анатомо-физиологические особенности кожи детей

Кожа (cutis) - сложный орган, являющийся наружным покровом тела животных и человека, выполняющий разнообразные физиологические функции. У человека площадь поверхности кожи равна 1,5-2 кв. м. (в зависимости от роста, пола, возраста). Масса кожи без гиподермы составляет 4-6% от общей массы тела, с гиподермой - 16-17% в зависимости от толщины подкожной клетчатки, которая на животе и ягодицах может быть до 10 см и более. Толщина дермы варьирует от 0,5 до 5 мм. Наибольшей толщины она бывает на спине, разгибательной поверхности бедер и плеч. Толщина эпидермиса особенно колеблется (от 35 мкм до 1,5 мм) на подошвах и ладонях. Физиология и морфология кожи от рождения до полового созревания меняются довольно значительно, что накладывает отпечаток на особенности патологии кожи в различные периоды детства. Изменение кожи детей связано с ростом, дифференцировкой тканей, воздействием окружающей среды. У новорожденных масса кожи (с подкожной клетчаткой) составляет 17,7% массы тела, поверхность ее равняется в среднем $0,25 \text{ м}^2$, она в 6-8 раз меньше поверхности кожи взрослого. Содержание воды в коже ребенка достигает 82%, с возрастом оно снижается до 65%, и менее. Газо-обменная функция кожи у детей весьма выражена, поглощение и выделение кислорода и углекислого газа превосходят аналогичные у взрослых на 40 - 50%.. Кожа в грудном возрасте и в течение первых лет жизни розовая, отличается бархатистостью, мягкостью. В раннем детском возрасте толщина различных слоев кожи в 1,5 - 3 раза тоньше, чем у взрослого. Толщина подкожной клетчатки в течение первых 9 мес. жизни быстро увеличивается, затем (до 5 лет) постепенно уменьшается, достигая половины своей толщины на 9-м месяце жизни. В пубертатном периоде подкожная клетчатка начинает снова утолщаться. Эпидермис и дерма с возрастом постепенно утолщаются и у 7-летнего ребенка мало отличаются по толщине от эпидермиса и дермы взрослого. Митотическая активность клеток базального слоя эпидермиса у детей выше, отторжение

роговых чешуек с поверхности кожи происходит быстрее, чем у взрослых. Роговой слой рыхлый, легко ранимый; дерма богаче клеточными элементами и недифференцированными клетками соединительной ткани, коллагеновые волокна ее тоньше [26]. В коже грудных детей содержится 80-82% воды; с возрастом ее количество постепенно уменьшается, главным образом за счет внеклеточной жидкости. У ребенка количество волос, сальных и потовых желез на единицу площади кожи в 4-8 раз больше, чем у взрослых. Защитные функции кожи у ребенка развиты слабее, чем у взрослого, что, очевидно, связано с тенденцией кощелачиванию кожи (РИ от 6,12 до 6,72), ее низкими бактерицидными свойствами, тонкостью и ранимостью рогового слоя, а также меньшей способностью к выработке антител и гормонов [26]. Таким образом, уже в 7 лет кожа ребёнка по своим анатомическим характеристикам практически не отличается от кожи взрослого ни по толщине не по составу и степени зрелости слоёв, однако функциональные и физиологические различия имеются. Часть из них (высокая митотическая активность эпидермиса, относительно большее количество волос, сальных и потовых желёз, активный газообмен), что позволяет надеяться на более быстрое, чем у взрослых заживление, однако менее дифференцированная и массивная выработка антител, ряда гормонов, щелочная реакция РН и склонность рогового слоя к травмированию вследствие тонкости и рыхлости последнего - указывают нам на необходимость настороженности в отношении раневой инфекции [51].

Анализ литературы показывает, что совершенствование методов дермабразии применительно к пациентам – детям является актуальной задачей особенно в условиях повышенного детского травматизма в России.

Лазерные методы занимают значительную часть в методах коррекции рубцовых изменений кожи. Эти методы обеспечивают наилучшие медицинские и эстетические результаты при минимальных сроках реабилитации пациентов. В то же время нет единого подхода к применению методов при патологиях различной этимологии.

Физические основы лазерных методов дермабразии основаны на явлении взрывного удаления ткани при быстром нагревании лазерным излучением. Как показано рядом авторов эффективность метода повышается при уменьшении длительности лазерного воздействия, что связано с уменьшением нежелательного при дермабразии нагревания окружающих тканей.

Эффективным направлением в улучшении качества дермабразии является применение CO₂ лазеров с минимально возможной длительностью импульса и высокой мощностью, которые должны обеспечить режим абляции с минимальным повреждением окружающих тканей.

Глава 2. Материалы и методы

2.1. Материалы и методы экспериментальных медико-биологических исследований

2.1.1. Оборудование

В эксперименте использовали два CO₂ лазера - импульсно-периодический CO₂ лазер с поперечным разрядом, «Аппарат CO₂ лазерный импульсный хирургический для кожно-пластической хирургии и косметологии «АНГОР» и непрерывный CO₂ лазерный хирургический аппарат «Ланцет-2».

Непрерывный CO₂ лазерный хирургический аппарат «Ланцет-2», длина волны 10,6 мкм, использовали в режиме импульсной модуляции выходного излучения с длительностью импульса 500 мкс и 200 мкс, при мощности лазера 50 Вт, энергии в импульсе соответственно 25 мДж и 10 мДж и частотой следования импульсов от 1 до 50 Гц.

Импульсно-периодический CO₂ 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 Герц при пиковой мощности в импульсе более 2 кВт.

«Аппарат CO₂ лазерный импульсный хирургический для кожно-пластической хирургии и косметологии «АНГОР», на основе импульсно-периодического CO₂ лазера с поперечным разрядом, был создан в Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН [35,36].

Физические характеристики импульсно-периодического CO₂ лазера ориентированы на реализацию оптимального режима абляции биологических тканей - послойного и прецизионного удаления патологически измененных тканей без термического повреждения тканевых структур по периферии зоны

абляции. Физический механизм, приводящий к возникновению термического повреждения окружающих зону абляции структур - это передача тепла за счет теплопроводности ткани. При лазерном импульсе длительностью 200-500 мкс происходит довольно медленный нагрев ткани и диффузия тепла из области воздействия. Следствием этого становится снижение эффективности абляции и более значительное термическое поражение близлежащих окружающих тканей. Известно, что длина диффузии тепла пропорциональна корню квадратному из длительности импульса. Поэтому для уменьшения глубины термического поражения в 3 раза длительность импульса должна быть уменьшена в 10 раз, то есть до 20 - 50 мкс. Именно такой длительностью импульса обладает используемый в данной работе импульсно - периодический CO₂ лазер [35,36].

Общий вид импульсно-периодический CO₂ лазерного медицинского Аппарата с поперечным разрядом приведен на рисунке 1.



Рисунок 1. «Аппарат CO₂ лазерный импульсный хирургический для кожно-пластической хирургии и косметологии «АНГОР».

Для измерения энергии импульсов использовали цифровой лазерный измеритель мощности Gentec Solo PE. Излучение лазеров фокусировали линзами

с фокусным расстоянием 100 мм. Диаметр пятна лазерного излучения на обрабатываемой поверхности составлял 0,8 – 1 мм для обоих лазеров.

2.1.2. Модельные биологические объекты.

В качестве моделей экспериментальных объектов были выбраны листья растений: листья Сансевиерия (*Sansevieria*), листья Каланхоэ (*Kalanchoe daigremontiana*) и лабораторные животные, мини-свиньи светлогорской популяции.

Листья растений с различной плотностью: листья Сансевиерия (*Sansevieria*), плотность 0,99 г/см³, листья Каланхоэ (*Kalanchoe daigremontiana*), плотность 0,85 г/см³. обусловлена особенностями строения их анатомических элементов, а именно: толщиной эпидермы, количеством и толщиной сети жилок сердцевины листа и, соответственно, содержанием в них воды.

Известно, что поглощение излучения с длиной волны 10.6 мкм объектом в основном определяется поглощением воды и составляет 10³ см⁻¹. В то же время результат лазерного воздействия на биологический объект, преимущественно обусловленный коэффициентом поглощения лазерного излучения водой, зависит и от плотности материала.

Лабораторные животные, мини-свиньи светлогорской популяции были использованы в количестве 6 особей. В возрастном аспекте все лабораторные животные были одного помета в возрасте 6 месяцев, с кожей розового цвета, толщина которой соответствует средней толщине кожных покровов человека 14 - 25 летнего возраста. Так как розовые кожные покровы мини свиной имеют наибольшее сходство с кожей человека по анатомическому строению, элементам и содержанию воды, они признаны оптимальным объектом для исследования процессов абляции и заживления абляционных ран [27,65].

Фотографии лабораторных животных, мини-свиньи светлогорской популяции, приведены на рисунке 2.



Рисунок. 2 Лабораторные животные, мини-свиньи светлогорской популяции в возрасте 6 месяцев.

2.1.3. Методы выполнения экспериментальных исследований

В эксперименте *in vitro* и *in vivo*, в зависимости от поставленной конкретной задачи исследования режимов абляции, использовали определенные рабочие характеристики сравниваемых CO₂ лазеров, а именно, энергию в импульсе, длительность импульса, количество импульсов в одну точку за время равное 1 секунде.

При проведении экспериментов соблюдали воспроизведение заданных параметров излучения на обрабатываемой поверхности. Для сохранения размеров пятна оконечную часть лазерного манипулятора фиксировали на штативе, что позволяло сохранять необходимое расстояние от фокусирующей линзы до поверхности объекта воздействия. Затем осуществляли последовательное воздействие заданным количеством лазерных импульсов на одну и ту же точку на поверхность тканей. Количество импульсов в серии изменяли от 1 до 50. Ряд экспериментальных исследований выполняли в режиме сканирования.

Результаты каждого режима абляции лазерного излучения оценивали на

основании результатов объективных методов исследования образцов модельных биообъектов после воздействия в режиме абляции импульсов сравниваемых CO₂ лазеров. Изучали форму абляционного кратера - дефекта, размер и выраженность зоны термического периферического повреждения, а также характер и сроки заживления абляционных ран.

Результат абляции и регенеративные процессы абляционных точечных ран кожи мини-свиней оценивали на основании объективных данных морфологических исследований, 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.

2.1.3.1. Методика выполнения экспериментального исследования *in vitro* на образцах биологических моделей (листья растений, кожа свиньи)

Результаты воздействия каждого режима лазерной абляции на образцы биологических моделей (листья растений, кожа свиньи) анализировали на 6-ти кратерах, полученных в одинаковых условиях. Сначала изучали зону воздействия излучения на поверхности экспериментального объекта и проводили измерения ширины кратера и периферической зоны повреждения не менее чем в 8 точках по окружности. Затем выполняли 6 поперечных разрезов, проходящих через центр кратера, и на срезах измеряли его глубину, а также зону периферического воздействия не менее чем в 8 точках. Схема замеров кратеров после воздействия лазерного излучения приведена на рисунке 3.

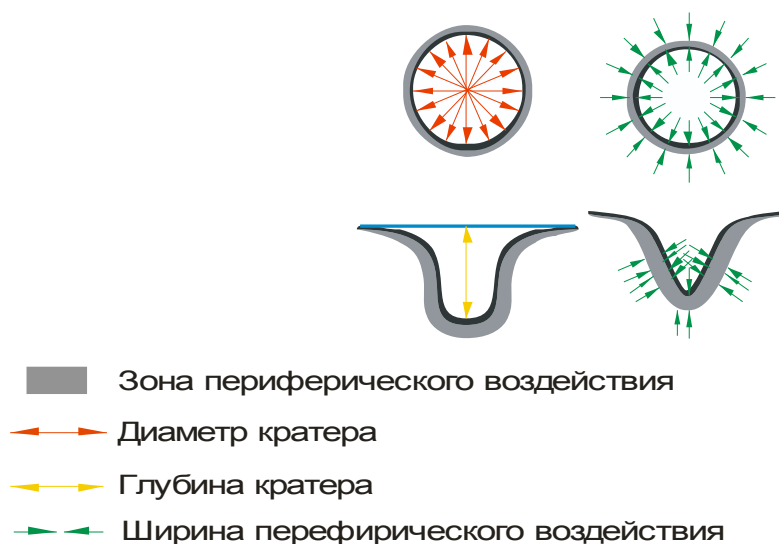


Рисунок 3. Схема замеров кратеров после воздействия лазерного излучения.

2.1.3.2. Методика выполнения экспериментального исследования *in vivo* на кожных покровах мини-свиней.

Эксперимент *in vivo* выполняли на базе ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий ФМБА России», в условиях экспериментальной операционной с соблюдением установленных хирургических принципов при работе с лабораторными животными. Все инвазивные вмешательства на лабораторных животных были выполнены под общей анестезией препаратом Золетил, внутримышечно из расчета 15 – 25 мг/кг веса животного.

В эксперименте предварительно на коже мини-свиней была произведена методом татуировки разметка планируемых зон лазерного воздействия, представлено на рисунке 4.



Рисунок 4. Мини свинья с отмеченными татуировкой зонами для выполнения лазерной абляции.

Формирование лазерных абляционных ран, проводили не ранее чем через 2 недели после стихания воспалительного процесса в местах нанесения татуировки. Для каждого абляционного режима выполняли 6 точечных ран, по 3 воздействия на каждую зону.

Образцы для исследования забирали хирургическим иссечением в форме «лодочки», на рисунке 5.



Рисунок 5. Образец кожи мини-свиньи для морфологического исследования.

Забор образцов кожи осуществляли сразу после воздействия лазерного излучения (0 срок) и в отдаленные сроки, включая 3-и, 4-е, 7-е, 14-е, 21-ые, 30-е сутки и в отдаленные сроки, через 6 месяцев. После взятия образцов кожи операционные раны ушивали, швы снимали в общепринятые сроки; все раны зажили первичным натяжением.

Моделирование абляции кожных покровов мини-свиней выполняли при точечном импульсном воздействии и в режиме сканирования импульсов

лазерного излучения.

Точечные абляционные раны формировали воздействием излучением импульсно-периодического CO₂ лазера с длительностью импульса 20 мкс и с использованием трех параметров энергии импульса 20, 30 и 40 мДж.

Для сравнительных исследований формировали точечные абляционные раны модулированным импульсным излучением непрерывного CO₂ лазера с длительностью импульса 500 мкс и 200 мкс, и соответственно энергией в импульсе 25 мДж и 10 мДж.

Воздействие осуществляли в точке фокуса на поверхности объекта, с сохранением относительно постоянного расстояния, составляющего 1,0 – 2,0 мм, от конца лазерной указки до поверхности кожи.

Количество импульсов изменяли от 1 до 50 в одну точку при общем времени воздействия (длительности серии) 1 секунда, что соответствует частоте следования импульсов 1-50 Гц.

Методика моделирование абляции и параметры CO₂ лазеров, используемые в эксперименте, обеспечивали корректность выполнения исследования.

Моделирование абляции кожных покровов мини-свиней проводили с использованием импульсно-периодического CO₂ лазер в режиме его излучения с энергией импульса 30 мДж и частотой следования импульсов 1 Герц и 10 Герц.

Сканирования импульсов излучения импульсно-периодического CO₂ лазера выполняли в ручном режиме с фиксацией оконечной части лазерного манипулятора на кронштейне, что обеспечивало относительно постоянное расстояние, составляющее 1,0 – 2,0 мм, от конца лазерной указки до точки фокуса на поверхности кожи. Обработку поверхности кожи проводили в режиме однократного сканирования, с перекрытием на 0,25 площади пятна воздействия, при небольшой частоте следования импульсов (1 Герц), для возможности визуального контроля области перекрытия. На поверхности кожи формировали линейные полосы, состоящие из последовательно организованных пятен лазерного воздействия, почти с ровным линейным краем, представлено на

рисунке 6. Ширина их соответствовала диаметру пятна лазерного излучения 0,8 – 1,0 мм, длина - до 20 мм. При обработке более широкой зоны, параллельно друг другу располагали несколько аналогичных полос, со смещением пятен относительно друг друга по длине полосы на 0,5 их диаметра, показано на рисунке 7. Ширину зоны лазерной абляции формировали в среднем до 10 мм, соответственно, площадь лазерной однослойной абляции (один проход) составляла в среднем 200 кв.мм.

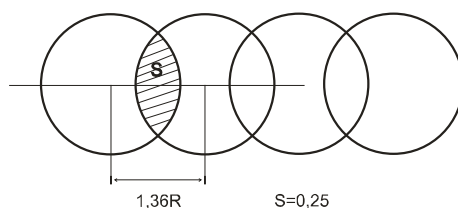


Рисунок 6. Схема линейной организации лазерных пятен пунктурного режима абляции при сканировании с частотой 1 Герц.

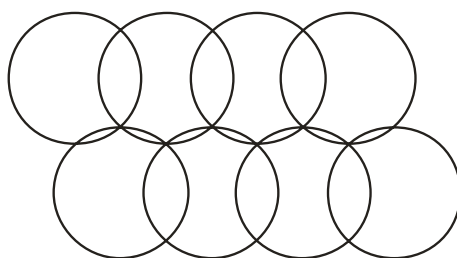


Рисунок 7. Схема зональной организации лазерных пятен пунктурного режима абляции при сканировании с частотой 1 Герц.

Зоны лазерной абляции сразу после сканирования излучением импульсно-периодического СО₂ лазера на коже мини-свиней представлены на рисунке 8.

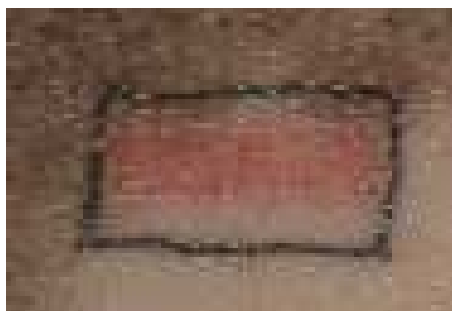


Рисунок 8. Вид зон лазерной абляции в режиме сканирования. Увеличение X 5.

Данная модель лазерной послойной абляции при указанной организации

лазерных пятен позволяет обеспечить равномерную и полную обработку всей заданной поверхности кожи в режиме послойного удаления тканей на глубину, соответствующую абляции одним импульсом и объективно оценить макроскопические изменения в зонах лазерного воздействия.

2.1.4. Методы исследования экспериментального материала

2.1.4.1. Морфологическое микроскопическое исследование в падающем свете образцов биологических объектов (листьев растений, кожа свиньи)

В эксперименте *in vitro* результаты воздействия излучения на поверхности модельных биологических тканей (листья растений) анализировали в падающем свете при помощи 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 материал было использовано увеличение 50x; 100x; 200x.

2.1.4.2. Морфологическое гистологическое исследование образцов кожи мини-свиней

Морфологические гистологические исследования выполняли под руководством доктора медицинских наук, профессора, Елисеенко В.И.

В экспериментальном исследовании результаты каждого режима абляции кожи оценивали на основании морфологического гистологического исследования трех соответствующих образцов кожи биологических моделей, с лазерными абляционными точечными ранами. Для морфологического 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 Х. При анализе гистологического материала, было использовано увеличение: Х 80; Х 100, Х 120, Х 180, (объектив 3, 5, 7, 10; окуляр – 10).

2.2. Материалы и методы клинических исследований

2.2.1. Аппаратура

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 [35,36].

Импульсно-периодический СО₂ лазер, с поперечным разрядом, имеет длину волны излучения 10,6 мкм, обеспечивает длительность импульса 20 мкс, энергию в импульсе 20 мДж, 30 мДж и 40 мДж и частоту следования импульсов от 1 до 50 Герц при пиковой мощности в импульсе более 2 кВт.

В работе для измерения энергии импульсов применяли цифровой лазерный измеритель мощности Gentec Solo PE. Излучение лазеров фокусировали линзами с фокусным расстоянием 100 мм, при этом диаметр пятна лазерного излучения составлял 0,8 – 1 мм на обрабатываемой поверхности.

2.2.2. Методы оценки состояния рубцовой ткани

Субъективная оценка рубцовых изменений кожных покровов

Субъективную оценку состояния рубцовых изменений кожных покровов проводили на основании данных анамнеза, с уточнением характера, давности травматических повреждений и развития рубцовой деформации кожных покровов, проведенного лечения, а также на основании результатов клинического осмотра.

Визуально оценивали выраженность рубцовой деформации кожных покровов в области локализации рубцов. Определяли возможность ее устранения с наименьшим объемом оперативного лечения, что особенно важно для пациентов детского возраста.

Типовую принадлежность рубцов [133] определяли на основании клинических данных визуального осмотра, таких как: высота над уровнем окружающей неизменной кожи, цвет кожных покровов и выраженность или отсутствие сосудистого рисунка в месте локализации рубцовой ткани. При тактильном исследовании определяли наличие или отсутствие гипертермии и болезненности рубцов, а также уточняли характер эластичности рубцовых тканей и подвижность их по отношению к окружающим и подлежащим тканевым структурам.

При клиническом исследовании определяли и фиксировали размеры рубцов, с помощью электронного штангенциркуля ШЦЦ-1-125X0,01ММ. Независимо от характера рубца, линейного или площадного, фиксировали наибольшую высоту, экзофит кожи, его длину, ширину, обозначали форму и определяли приблизительную площадь поверхности рубцовых изменений на коже.

Всем пациентам, неоднократно, при первичном осмотре и в последующем, при любом внешнем изменении состояния рубцов, осуществляли фотографическое документирование данного факта.

Субъективная оценка рубцовой деформации кожных покровов в обязательном порядке проводилась пациентам при первичном осмотре, а также и во время наблюдения в динамике в предоперационном и послеоперационном периодах.

Объективные методы оценки рубцовых изменений кожных покровов.

Ультразвуковое исследование рубцовых изменений кожных покровов.

Ультразвуковое исследование рубцовой деформации кожных покровов, рубцов, выполняли с целью уточнения типа рубца, и определения оптимальной тактики терапевтического и хирургического лечения рубцов при устранении рубцовой деформации кожных покровов у детей [55].

Ультразвуковое исследование проводили с помощью ультразвукового аппарата, Philips IU 22, частотой датчика 12 МГц и 17 МГц. Датчики данного аппарата имеют большое разрешение и позволяют выполнить исследование на тканевом уровне. Ультразвуковое исследование области рубцовой деформации кожи, выполняли для оценки толщины и структуры эпидермиса, определения поперечных и продольных размеров собственно рубцовой ткани, высоты элевации эпидермиса; изучали также дифференцировку слоев эпидермиса и характер рубцовых тканей, определяли соотношение их локализации по отношению к окружающим тканевым структурами и вовлечение их в рубцовый процесс. Сравнение проводили с неизменными окружающими участками кожи [55,56].

В режиме цветового доплеровского картирования исследовали особенность и интенсивность внутритканевого кровоснабжения рубца и его периферического кровоснабжения, топическое расположение кровеносных сосудов относительно слоев кожи и рубцовой ткани [62] .

Ультразвуковое исследование области рубцовой деформации кожи выполняли пациентам перед началом лечения и впоследствии, с целью объективного контроля в динамике за состоянием местного рубцового процесса в дооперационном и послеоперационном периоде.

Методика силиконовых реплик.

Методику силиконовых реплик проводили с целью объективной оценки рельефа поверхности кожных покровов с рубцовой деформацией [148,151].

В работе методику силиконовых реплик выполняли в собственной модификации «прямых силиконовых реплик». Методика заключалась в том, что первоначально делали гипсовые слепки с поверхности деформированной кожи, использовали медицинский гипс четвертого класса. В гипсовые формы заливали силикон марки «Юнисил 9560-6», затем сформированные силиконовые слепки, освобождали от гипсовой формы. Силиконовые слепки полностью повторяли рельеф поверхности участка кожи, с которого были сделаны соответствующие гипсовые формы, представлено на рисунке 9 (А,Б).



Рисунок 9 (А) Образец прямой силиконовой реплики.

Рисунок 9 (Б) Образец поперечного среза прямой силиконовой реплики.

Объективную оценку размеров рубца, включающих максимальную высоту элевации кожи в области рубца, и максимальную его ширину, проводили на основании определения соответствующих количественных параметров на поперечных срезах прямых силиконовых реплик. Поперечные срезы получали при помощи лезвия Gillette Rubie platinum.

Измерение линейных размеров, высоту и ширину, поперечных срезов силиконовых реплик выполняли при помощи микроскопа System Anyview

MV200UA с использованием программного обеспечения микроскопа. При анализе материала было использовано увеличение 10х.

Оценку размеров рубцов методикой «прямых силиконовых реплик» выполняли пациентам до лечения и оперативной коррекции рубцов, а также после нее, с целью объективного контроля в динамике за изменениями параметров рубцов для оценки эффективности лечения.

2.2.3. Профилактические и лечебные мероприятия, применяемые в дооперационном и послеоперационном периоде у пациентов с рубцовой деформацией кожных покровов

В дооперационном и послеоперационном периоде, на основании оценки состояния рубцовой ткани, в соответствии с показаниями, были проведены лечебные и профилактические мероприятия с целью подготовки рубцовой ткани к «лазерной» дермабразии и профилактики повторного развития патологических рубцов после нее. Комплекс мероприятий включал местную медикаментозную терапию и курсовое физиотерапевтическое лечение.

Местное медикаментозное лечение.

Все используемые медикаментозные методы направлены на лечение рубцов на разных этапах процесса, купирование воспаления в рубцовой ткани, рассасывание ее и скорейшее созревание рубцов.

В предоперационном периоде с лечебной целью применяли терапевтические методики, при которых лекарственные препараты при местном применении оказывали непосредственное воздействие на рубцовую ткань.

Препараты для наружного применения.

Контрактубекс - гель для наружного применения, имеющий в своем составе 10% водный экстракт лука, имеющий в своем составе 10% водный экстракт лука Серая, аллантоин и гепарин (производство фирмы «Мерц+Ко ГмБХ и Ко» (Германия). Комбинированный препарат, оказывающий фибринолитическое, противовоспалительное, антитромботическое и кератолитическое действие, а также стимулирует клеточную регенерацию и ингибирует пролиферацию келоидных фибробластов. Показано применение для лечения свежих, незрелых рубцов и для профилактики повторного развития патологических рубцов после оперативного лечения, дермабразии. Курс лечения при свежих рубцах и в профилактических целях повторного патологического рубцевания составлял в среднем 4 недели. При более застарелых, зрелых, плотных рубцах рекомендуется накладывание окклюзионной повязки с гелем, возможно предварительное распаривание кожи, курсовое применение по 4 недели, с 2 недельным интервалом, длительность курсового лечения в соответствии с клиническими показаниями от 3 до 6 месяцев.

Дерматикс - силиконовый гель для наружного применения, из смеси полимерных кремний органических соединений (полисилоксанов) с добавлением неорганического кремниевого соединения – двуоксида кремния, (производство фирмы хансон медикал (hanson medical inc. США), предназначен для ремоделирования рубцов и предотвращения их образования. Оказывает противовоспалительное, регенерирующее действие, препятствует формированию гипертрофированных рубцов, предотвращает гиперпигментацию. Показано применение для уменьшения размеров кожных рубцов после заживления ран, профилактики образования гипертрофических рубцов после хирургических операций. После заживления раневой поверхности, минимальный лечебно - профилактический курс 2 месяца, повторный курс, в соответствии с показаниями до 6 месяцев.

Солкосерил мазь и солкосерил гель, (актовегин - мазь) – препарат для наружного применения из депротеинизированного гемодиализата, содержащего широкий спектр низкомолекулярных компонентов клеточной массы и сыворотки крови молочных телят, предназначен для повышения интенсивности репаративных и регенеративных процессов. Показано применение в послеоперационном периоде для ускорения заживления и эпителизации раневых поверхностей в начале появления элементов реэпителизации ран и продолжение в течение 2-3 недель, до полного восстановления кожного покрова.

Внутриклеточное инъекционное лечение рубцов кортикостероидами

Препараты кортикостероиды, (флостерон, кеналог, дипроспан), на основе бетаметазона, в том числе, предназначены для внутриклеточного инъекционного лечения рубцов, обладают противовоспалительным, противоаллергическим действием, нормализуют внутриклеточные обменные процессы и уменьшают активность развития патологических рубцов.

Флостерон - суспензия для инъекций, на основе бетаметазона дипропионата; препарат, предназначен, в том числе, для инъекционного внутриклеточного введения в рубцовую ткань. Обладает противовоспалительным, противоаллергическим действием, нормализует внутриклеточные обменные процессы и купирует патологическое гипертрофическое формирование рубцовой ткани. Показано применение при незрелых гипертрофических рубцах, при наличии воспалительного и пролиферативного компонента в рубцовой ткани. Методика применения и режим дозирования: инъекционное, строго внутриклеточное, в рубцовую ткань, введение препарата, в разведении с обезболивающей целью с раствором новокаина 2%, в соотношении 1 : 1 с суспензией флостерона, в количестве при единовременном применении для детей: в возрасте от 1 до 5 лет не более 2 мг, в возрасте 6 - 12 лет не более 4 мг, более старшего возраста не более 8 мг, (из расчета 1-2 мг в 0,25 – 0,5 мл). Повторное инъекционное введение препарата в ткань рубца, рекомендуется проводить через 1 – 2 недели, при наличии соответствующих показаний.

Физиотерапевтическое лечение рубцов.

Физиотерапевтическое лечение рубцов возможно на любом этапе существования рубца, но особенно эффективно на ранних стадиях созревания рубцовой ткани. Правильно обоснованный выбор физиотерапевтического метода лечения и профилактики развития патологического рубцового процесса позволяет значительно улучшить состояние и ускорить созревание рубцов, а также обеспечить подготовку рубцовой деформации кожных покровов к выполнению хирургического лечения методом «лазерной» дермабразии.

Лекарственный электрофорез - метод обеспечивающий введение препаратов, обладающих противовоспалительным и рассасывающим действием: преднизолон, гидрокортизон, лидаза, ронидаза и другие. С целью профилактики гипертрофического или скорейшего созревания рубца наиболее эффективно чередование курсов электрофореза протеолитических ферментов – лидазы, ронидазы, по 12 – 15 процедур, которые рекомендуется назначать в ранние сроки, не позднее 6 – 9 месяцев после травмы, на стадии еще несформировавшегося рубца, с курсами по 5 процедур гормональных препаратов - гидрокортизона и других. Назначение электрофореза с противовоспалительной целью показано в предоперационный период и подготовки рубцов для хирургического лечения - «лазерной» дермабразии. В послеоперационный период целесообразно проведение курсов физиотерапии для профилактики повторного формирования патологических гипертрофических рубцов и развития рубцовой деформации кожных покровов.

Лазерная физиотерапия - основана на физиотерапевтическом фотохимическом и фотофизическом механизме воздействия низкоинтенсивным излучением полупроводниковых инфракрасных лазеров (длина волны 0,63 – 0,93 мкм, мощность от 10 мВт до 50 мВт) с противовоспалительной и стимулирующей целью.

Лечебно - профилактический эффект лазерной физиотерапии основан на активации и нормализация местных морфофункциональных процессов в

патологической рубцовой ткани, в результате чего значительно улучшаются ее морфологические, клинические и эстетические характеристики. Проведение курсов лазерной терапии показано в предоперационном и послеоперационном периодах, после «лазерной» дермабразии кожи, в первом случае для подготовки рубцов к хирургическому лечению, а во втором - для профилактики повторного развития патологического рубцового процесса. Рекомендовано курсовое лечение, 10 - 14 сеансов зональной лазерной терапии, каждый сеанс от 5 до 15 минут, в зависимости от размеров площади поверхности рубца или области локализации рубцовой деформации кожных покровов. Повторно, по показаниям, возможно назначение трех курсов лазерной терапии, с перерывом не менее двух недель между курсами лечения.

2.2.4. Метод операции «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера

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

Целесообразность использования метода «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера была обоснована на основании результатов экспериментального исследования настоящей работы. В результате клинических исследований сформирована собственная методика оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением данного лазера для устранения рубцовой деформации кожных покровов у детей. О чем будет доложено в соответствующих главах настоящей работы.

Глава 3. Экспериментальные медико-биологические исследования

Экспериментальные исследования *in vitro* и *in vivo* были выполнены на тканях модельных биологических объектов (листья растений и кожа свиньи) для изучения особенностей воздействия и определения оптимальных параметров режимов абляции излучения импульсно-периодического CO₂ лазера, для целей последующего клинического использования при устранении рубцовой деформации кожных покровов у детей и также было проведено сравнительное исследование с результатами воздействием на эти же объекты модулированного импульсного излучения непрерывного углекислотного лазерного аппарата «Ланцет-2».

3.1. Экспериментальные исследования *in vitro* режимов абляции при различной длительности импульсов излучения CO₂ лазеров на модельных биологических тканях (листья растений)

В эксперименте *in vitro* были изучены результаты воздействия в режиме точечной абляции биоткани излучением импульсно-периодического CO₂ лазера на биологические объекты и сравнение их с соответствующими данными, полученными при использовании модулированного импульсного излучения непрерывного CO₂ лазера, также было выполнено моделирование абляции в режиме сканирования излучения импульсно-периодического CO₂ лазера.



Режимы излучения импульсно-периодического CO₂ лазера, используемые в данном разделе экспериментального исследования, представлены в таблице №1.

Таблица № 1. Режимы излучения импульсно-периодического СО₂ лазера.

В точке фокуса	Энергия импульса излучения 20 мДж; 30 мДж; 40 мДж
6,0 мм от точки фокуса	Энергия импульса излучения 20 мДж; 30 мДж; 40 мДж
11,0 мм от точки фокуса	Энергия импульса излучения 20 мДж; 30 мДж; 40 мДж
21,0 мм от точки фокуса	Энергия импульса излучения 20 мДж; 30 мДж; 40 мДж
31,0 мм от точки фокуса	Энергия импульса излучения 20 мДж; 30 мДж; 40 мДж

Абляция модельных биологических тканей (листья растений) единичными импульсами импульсно-периодического СО₂ лазера

На поверхности листа, после воздействия одного импульса излучения импульсно-периодического СО₂ лазера с пиковой мощностью более 2 кВт и длительностью импульса 20 мкс образуется кратер, фотографии которого приведены на рисунке 10 (А, Б). Кратер отличается плавным дугообразным профилем с уплощенным дном, соответствующим распределению плотности энергии в пятне лазерного излучения. Глубина кратера, полученного за один импульс излучения, составляет 300 мкм. Известно, что поглощение излучения на длине волны 10,6 мкм в биологических тканях в основном определяется водой, всегда присутствующей в них. Коэффициент поглощения воды на длине волны 10,6 мкм составляет порядка 10^3 см^{-1} , то есть излучение поглощается на глубине порядка 10 мкм [49,162]. Таким образом, глубина формируемого при импульсном воздействии кратера в 30 раз превышает длину поглощения излучения.

	
<p>Рисунок 10 А. Вид сверху.</p>	<p>Рисунок 10 Б. Поперечное сечение.</p>
<p>Рисунок 10 (А, Б). Абляция листа Сансевиерия одиночным импульсом излучения импульсно-периодического СО₂ лазера (энергия 40 мДж, длительность 20 мкс). Увеличение 200 X.</p>	

На рисунке 11 показана зависимость объема удаленного вещества от энергии лазерного импульса для различного расстояния от указателя выходного устройства лазера до поверхности объекта. Точка фокуса соответствует расстоянию 19 мм от указателя выходного устройства. Из полученных данных (рис.4) следует, что при максимальной энергии выходного излучения 40 мДж допустимое отклонение от точки фокуса линзы, не приводящее к изменению режима абляции, составляет 18 мм. При таком или меньшем отклонении количество удаляемого за импульс вещества остается постоянным и режим воздействия излучения на ткань не меняется.

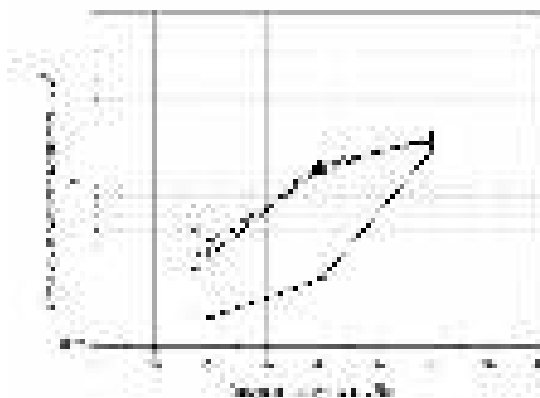


Рисунок 11. Зависимость объема удаленного вещества листа Каланхоэ от энергии лазерного импульса длительностью 20 мкс для различного расстояния от точки фокуса до поверхности: 1 – 1 мм; 2- 6 мм; 3 – 11 мм; 4 – 21 мм

Размеры лазерного кратера и зоны периферического воздействия при одиночном импульсе были исследованы при различной энергии импульса и при разных расстояниях от указателя до обрабатываемой поверхности.

На рисунке 12 приведена зависимость размера зоны периферического термического воздействия от энергии одиночного лазерного импульса для различных расстояний от наконечника до поверхности листа.

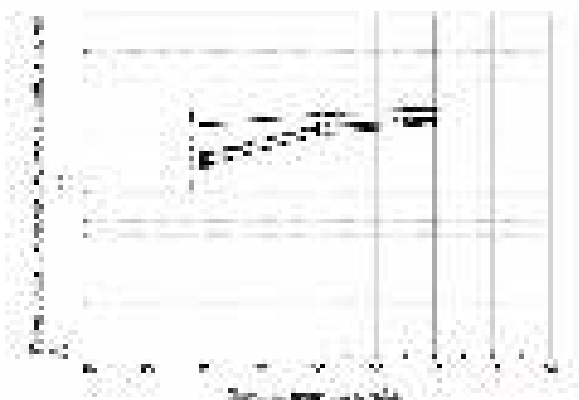


Рисунок 12. Зависимость радиального размера зоны периферического воздействия на образце листа Каланхоэ от энергии лазерного импульса длительностью 20 мкс для различного расстояния от точки фокуса до поверхности: 1 – 1 мм; 2- 6 мм; 3 – 11 мм; 4 – 21 мм.

Полученные данные показали, что зона периферического термического воздействия в режиме абляции практически не зависит от параметров лазерного

излучения и составляет 0,15-0,25 мм. Такое минимально возможное для CO₂ лазерного излучения с длиной волны 10,6 мкм термическое повреждение не удаленных тканей может служить одним из важных показателей оптимизации режима абляции для клинического применения.

Абляция модельных биологических тканей (листья растений) излучением импульсно-периодического CO₂ лазера в режиме сканирования

Режим сканирования – наиболее часто применяемый в клинической практике режим лазерного воздействия. В режиме сканирования скорость перемещения луча контролировали визуально, причем скорость выбирали так, что бы два последовательных лазерных пятна перекрывали друг друга не более чем на ¼ площади.

На рисунке 13 (А, Б) представлены фотографии результата абляции листа каланхоэ в ручном режиме сканирования при частоте следования импульсов в диапазоне от 2 до 5 Гц.

	
<p>Рисунок 13 А. Вид сверху.</p>	<p>Рисунок 13 Б. Поперечное сечение.</p>
<p>Рисунок 13 (А.Б). Воздействие излучения импульсно-периодического CO₂ лазера с энергией в импульсе 40 мДж и длительностью 20 мкс на лист Каланхоэ в режиме сканирования. Увеличение 200 X.</p>	

Во всех случаях, после воздействия лазерного излучения в режиме сканирования, было отмечено формирование кратера с плоским дном. Размеры кратера и зоны периферического воздействия слабо зависели как от частоты следования и энергии импульса, так и от расстояния от указателя до



обрабатываемой поверхности и были близки к параметрам, полученным в разовом импульсном режиме. Карбонизация тканей не была отмечена даже при полном перекрытии пятен на частоте следования импульсов 50 Гц.

Сравнительные результаты абляции модельных биологических тканей (листья растений) при различной длительности импульсов излучения CO₂ лазеров

Длительность лазерного импульса является ключевым параметром при реализации режима абляции, увеличение длительности импульса приводит к увеличению зоны термического периферического повреждения, что является отрицательным фактором при использовании абляции. [103,156].



Длительность импульсов сравниваемых лазеров, импульсно периодический CO₂ лазер и непрерывный CO₂ лазер с модулированным излучением, при сопоставимых режимах излучения, составляли соответственно 20 и 500 мкс при энергии 30 и 25 мДж соответственно.

На рисунке 14 (А.Б) приведены результаты однократного воздействия на лист растения Сансевиерия излучения сравниваемых CO₂ лазеров: воздействие 1 импульса излучения импульсно-периодического CO₂ лазера с энергией 30 мДж и длительностью импульса 20 мкс (Рис.14.А) и воздействие 1 импульса излучения лазерного хирургического аппарата «Ланцет-2» с энергией 25 мДж и с длительностью импульса 500 мкс (Рис.14.Б). Было отмечено, что короткий импульс приводит к взрывному разрушению более сухого верхнего слоя биоткани толщиной в несколько микрон и формированию кратера, а воздействие длинного импульса с длительностью 500 микросекунд вызывает только высушивание поверхности, видимое как изменение цвета, без выноса вещества.

	
Рисунок 14 А.	Рисунок 14 Б.
<p>Рисунок 14 А. Результат воздействия 1 импульса на лист Сансевиерия импульсно-периодического CO₂ лазера с энергией 30 мДж и длительностью 20 мкс. Вид сверху. Увеличение 200 X</p>	<p>Рисунок 14 Б. Результат воздействия 1 импульса на лист Сансевиерия лазера «Ланцет-2» с энергией 25 мДж и длительностью 500 мкс. Вид сверху. Увеличение 200 X</p>

Воздействие серии из 10 импульсов излучения разной длительности на одну точку обрабатываемой ткани демонстрирует значительную зависимость результатов воздействия от длительности лазерного импульса (Рис.15 А. Б).

При длительности импульса 20 мкс (импульсно периодический лазер) кратер сохраняет плавные дугообразные контуры. Термически измененные ткани на его стенках и дне практически отсутствуют (Рис 15 А).

	
<p>Рисунок 15 А.</p>	<p>Рисунок 15 Б.</p>
<p>Рисунок 15 А. Результат воздействия на образец листа Сансевиерия (поперечное сечение области воздействия) 10-ти импульсов импульсно-периодического CO₂ лазера (энергия 30 мДж, длительность 20 мкс). Увеличение 200 X</p>	<p>Рисунок 15 Б. Результат воздействия на образец листа Сансевиерия (поперечное сечение области воздействия) 10-ти импульсов лазера «Ланцет-2» (энергия 25 мДж, длительность 500 мкс). Увеличение 200 X</p>

В случае длительности импульса 500 мкс (CO₂ лазерный хирургический аппарат «Ланцет-2») формируется кратер конической формы с отчетливо выраженными термическими изменениями стенок (Рисунок 15 Б).

В результате экспериментальных исследований *in vitro* режимов абляции на модельных биологических тканях (листья растений) были отмечены некоторые преимущественные особенности воздействия излучения импульсно-периодического CO₂ лазера по сравнению с модулированным импульсным излучением непрерывного CO₂ лазера. 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, при этом объем удаленной биоткани пропорционален энергии лазерного импульса и при энергии импульса 40 мДж составляет 0,18 мм³, зона периферического термического воздействия практически не зависит от энергии лазерного импульса и при длительности импульса 20 мкс 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.

Таким образом исследования на листьях растений показали, что импульсно-периодический CO₂ лазер, в сравнении с непрерывным CO₂ лазером, реализует выраженный эффект абляции биоткани, характеризующийся формированием кратера, по форме напоминающего цилиндр, с плавным дугообразным профилем уплощенного дна, и наличием минимальной зоны периферического термического воздействия без признаков карбонизации, а также формирует кратер большего объема.

3.2. Экспериментальные исследования режимов абляции излучения CO₂ лазеров с различной длительностью импульсов на кожных покровах модельных биологических объектов (лабораторные животные мини-свиньи)

Экспериментальные исследования *in vitro* и *in vivo* на кожных покровах лабораторных животных, мини-свиней светлогорской популяции были выполнены с целью уточнения и определения оптимальных параметров режимов абляции излучения импульсно-периодического CO₂ лазера для абляции кожи и формирования основ клинического применения реализуемой им лазерной дермабразии.

Параметры лазеров, импульсно-периодического CO₂ лазера и непрерывного CO₂ лазера с модуляцией выходного излучения, используемые в данном разделе исследования приведены в таблице №2.

Таблица №2. Параметры сравниваемых CO₂ лазеров

Параметры сравниваемых CO ₂ лазеров	Импульсно- периодический CO ₂ лазер	Модулированный импульсный режим, непрерывный CO ₂ лазер.
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

Критериями эффективности абляции служили характеристики абляционного кратера, его объем, форма, размер и выраженность зоны периферического термического повреждения, на основании результатов морфологических исследований образцов кожи мини-свиней после воздействия в режиме абляции импульсов сравниваемых CO₂ лазеров.

3.2.1. Экспериментальное исследование *in vitro* режимов абляции сравниваемых СО₂ лазеров на кожных покровах модельных биологических объектов



В этой серии экспериментальных исследований выполненных *in vitro* на охлажденных образцах кожи мини-свиней светлогорской популяции были использованы режимы абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера с длительностью импульса 20 мкс, энергия в импульсе 20 мДж, 30 мДж и 40 мДж, частота следования импульсов 10 Гц и 50 Гц.

Сравнение СО₂ лазеров проводили при сопоставимых режимах: импульсно-периодического СО₂ лазера, с длительностью 20 мкс, при энергии в импульсе 30 мДж, и лазерного хирургического аппарата «Ланцет-2», с длительностью 500 мкс и энергией в импульсе 25 мДж.



Оценку результатов режимов абляции проводили на основании качественных и количественных характеристик лазерных точечных абляционных кратеров, нанесенных в условиях *in vitro* на образцы охлажденной кожи мини-свиней, и выполнено их морфологическое микроскопическое исследование в падающем свете при помощи микроскопа с увеличением X 200.

Качественные характеристики тканей лазерных абляционных кратеров, после воздействия на охлажденные образцы кожи мини-свиней импульсов излучения сравниваемых СО₂ лазеров, представлены на рисунках 16-20.

На рисунке 16 (А, Б) представлены результаты воздействия на кожу (вид сверху) серии из 10-ти импульсов импульсно-периодического СО₂ лазера, при энергии в импульсе 30 мДж, с длительностью 20 мкс, и 10-ти лазерного хирургического аппарата «Ланцет-2», длительностью 500 мкс и энергией в импульсе 25 мДж.

	
Рисунок 16 А. Вид сверху.	Рисунок 16 Б. Сечение через центр кратера.
Рисунок 16 (А,Б). Результат воздействия на кожу 10-ти импульсов импульсно-периодического CO ₂ лазера (энергия 30 мДж, длительность 20 мкс). Увеличение 200 X.	

Из рисунка 16 (А) видно, что на поверхности кратера, сформированного излучением с длительностью импульса 20 мкс нет выраженной зоны периферического воздействия, в отличие от кратера, полученного при воздействии 10-ти импульсов с длительностью 500 мкс (рисунок 17 А). При этом отчетливо видно, что длинный (500 мкс) импульс вызывает коагуляцию и карбонизацию ткани, тогда как при использовании короткого (20 мкс) импульса эти эффекты не наблюдаются.

	
Рисунок 17 А. Вид сверху	Рисунок 17 Б. Сечение через центр кратера.
Рисунок 17 (А,Б). Результат воздействия на кожу 10-ти импульсов лазера «Ланцет-2» (энергия 25 мДж, длительность 500 мкс). Увеличение 200 X.	

На поперечном сечении обработанных участков кожи (Рисунок 16 Б) отчетливо виден сформированный кратер с ровным, дугообразным контуром и уплощенным дном. Форма и размер полученного кратера, по нашему мнению, оптимальны для лазерной послойной шлифовки кожи. Тонкий ободок (0,1 мм) термически измененной ткани отмечается только на поверхности кратера, карбонизация отсутствует.

При длительности импульса 500 мкс (лазерный хирургический аппарат «Ланцет-2») кратер отчетливо не визуализируется (Рисунок 17 Б), размер и форма его неопределенные, видны выраженные термические изменения с наличием карбонизированных тканей по краям и на стенках кратера.

Увеличение количества импульсов в серии до 50-ти еще больше подчеркивает различие в результатах воздействия короткого и длинного импульсов излучения, представлено на рисунке 18 (А, Б). При длительности импульса 20 мкс формируется глубокий кратер цилиндрической формы с плоским дном, по краю среза определяется очень тонкий слой коагулированных тканей (Рисунок. 18 А).

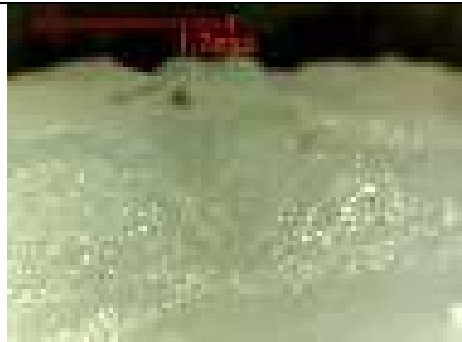

	
<p>Рисунок 18 А. Результат воздействия на коже (поперечное сечение области воздействия) 50-ти импульсов импульсно-периодического CO₂ лазера (30 мДж, длительность 20 мкс). Увеличение 200 X</p>	<p>Рисунок 18 Б. Результат воздействия на коже (поперечное сечение области воздействия) 50-ти импульсов лазера «Ланцет-2» (25 мДж, длительность 500 мкс) Увеличение 200 X</p>

Воздействие длинного импульса (500 мкс) приводит к образованию кратера конической формы, относительно меньшей глубины, с широким «бортиком» из

термически измененных карбонизированных тканей (Рисунок. 18 Б).

Возможность увеличения термических поражений кожи с увеличением импульсной энергии излучения импульсно-периодического CO₂ лазера, была уточнена при сравнении результатов с энергией в импульсе 20 мДж и 40 мДж и воздействии 50-ти импульсов в одну точку, при частоте 50 Гц.

На рисунке 19 (А.Б) представлены результаты воздействие 50-ти импульсов (Гц), длительностью 20 мкс, излучения импульсно-периодического CO₂ лазера, при энергии 20 мДж и 40 мДж.



	
Рисунок 19 А. Результат воздействия на коже (поперечное сечение области воздействия) 50-ти импульсов импульсно-периодического CO ₂ лазера (энергия 20 мДж, длительность 20 мкс). Увеличение 200 X	Рисунок 19 Б. Результат воздействия на коже (поперечное сечение области воздействия) 50-ти импульсов импульсно-периодического CO ₂ лазера (энергия 40 мДж, длительность 20 мкс). Увеличение 200 X

Из рисунка 19 (А.Б) следует, что, при увеличении импульсной энергии от 20 мДж до 40 мДж, образуется кратер, размеры которого увеличиваются в соответствии с увеличением энергии. Форма его остается цилиндрической с уплощенным дном, а также почти полностью отсутствуют элементы коагуляции и тем более карбонизации на его стенках и дне.

На рисунке 20 (А.Б) приведено сравнение результатов воздействия 50-ти импульсов излучения импульсно-периодического CO₂ лазера, длительность импульса 20 мкс, энергия в импульсе 40 мДж, с модулированным импульсным излучением непрерывного CO₂ лазера (лазерный хирургический аппарат «Ланцет-

2»), длительность импульса 500 мкс, энергия в импульсе 25 мДж.

При увеличении количества импульсов до 50-ти, при одновременном увеличении энергии в импульсе до 40 мДж, в случае длительности импульса 20 мкс, отмечается полное отсутствие термических элементов на стенках и дне кратера, при этом его типичная форма и глубина сохранены, только на поверхности кожи определяются минимальные термические изменения (рисунок.20 А).

	
<p>Рисунок 20 А. Результат воздействия на коже (поперечное сечение области воздействия) 50-ти импульсов импульсно-периодического CO₂ лазера (энергия 40 мДж, длительность 20 мкс). Увеличение 200 X</p>	<p>Рисунок 20 Б. Результат воздействия на коже (поперечное сечение области воздействия) 50-ти импульсов лазера «Ланцет-2» (энергия 25 мДж, длительность 500 мкс) Увеличение 200 X</p>

При воздействии излучения с длительностью импульса 500 мкс и меньшей энергией в импульсе 25 мДж при 50 импульсах отчетливо визуализируется коагулированная и местами карбонизированная ткань не только на поверхности кратера, но и на его стенках (рисунок. 20 Б).

Представленные результаты хорошо иллюстрируют возможности лазерной абляции биотканей коротким, с длиной волны 20 мкс, импульсным излучением CO₂ лазера, при этом не происходит диффузии тепла из зоны воздействия лазерного излучения за время действия импульса и выраженный взрывной механизм удаления ткани приводит к формированию очень тонкой зоны

периферического термического воздействия. При импульсе длительностью 500 мкс возникают выраженные термические изменения периферических областей. Это является главным отличием длинноимпульсного и короткоимпульсного режимов воздействия излучений СО₂ лазеров.

Количественные характеристики лазерных абляционных кратеров, после воздействия на охлажденные образцы кожи мини-свиней 10-ти и 50-ти импульсов излучения сравниваемых СО₂ лазеров, приведены в таблице №3 и №4.

Таблица №3. Количественные характеристики параметров лазерных кратеров на образцах кожи *in vitro*.

Импульсно-периодический CO ₂ лазер, энергия импульса 30 мДж; диаметр пятна 0,8 -1,0 мм; длительность импульса 20 мкс			Импульсный режим непрерывного CO ₂ лазера, энергия импульса 25 мДж; диаметр пятна 0,8 – 1,0 мм; длительность импульса 500 мкс		
10 импульсов					
Диаметр кратера; мм	Площадь; мм ²	Глубина; мм	Диаметр кратера; мм	Площадь; мм ²	Глубина; мм
0,6125	X̄=0,27	0,150	0,5195	X̄=0,26	0,297
0,6515		0,124	0,5325		0,229
0,649		0,079	0,5085		0,256
0,480		0,075	0,4965		0,256
0,481		0,076	0,6115		0,241
0,4665		0,102	0,5505		0,267
X̄=0,55675		X̄=0,101	X̄=0,5365		X̄=0,2577
50 импульсов					
Диаметр кратера; мм	Площадь; мм ²	Глубина; мм	Диаметр кратера; мм	Площадь; мм ²	Глубина; мм
0,588	X̄=0,27	0,357	0,555	X̄=0,26	0,545
0,6225		0,323	0,5515		0,677
0,524		0,417	0,5755		0,651
0,4395		0,384	0,4925		0,617
0,618		0,331	0,561		0,639
0,670		0,406	0,598		0,737
X̄=0,577		X̄=0,3697	X̄=0,5555833		X̄=0,6443

Количественные характеристики объема лазерных кратеров на образцах кожи мини-свиней при воздействии 10-ти и 50-ти импульсов излучения в режиме

абляции сравниваемых СО₂ лазеров представлены в таблице №4.

Таблица №4. Объем лазерных кратеров на образцах кожи in vitro.

Свиная кожа		
Количество импульсов в одну точку	Импульсно-периодический СО ₂ лазер, энергия импульса 30 мДж; диаметр пятна 0,8 -1,0 мм; длительность импульса 20 мкс	Импульсный режим непрерывного СО ₂ лазера, энергия импульса 25 мДж; диаметр пятна 0,8 – 1,0 мм; длительность импульса 500 мкс
10 имп.	0.02459 мм ³	0.01942 мм ³
50 имп.	0.09667 мм ³	0.05207мм ³

Данные приведенные в таблице №3 и №4, свидетельствуют о большем объеме лазерного кратера для импульсно-периодический СО₂ лазера, по сравнению с модулированным импульсным излучением непрерывного СО₂ лазера, что обусловлено особенностью воздействия излучения, формирующего условно цилиндрическую форму в первом случае, по сравнению с формой конуса, во втором случае.

Результаты микроскопического исследования, качественных и количественных характеристик сравниваемых абляционных кратеров кожи, определяют 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.

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 CO₂ лазера, для реализации режима лазерной абляции кожных покровов.

3.2.2. Экспериментальные исследования in vivo режимов абляции сравниваемых CO₂ лазеров на кожных покровах модельных биологических объектов

Возможность клинического применения с особенностями заживления лазерных ран после воздействия излучения импульсно-периодического CO₂ лазера для целей лазерной дермабразии была уточнена на тканевом уровне, на основании гистологических исследований, при выполнении, аналогичных in vitro, экспериментальных исследований по биомедицинскому моделированию in vivo режимов абляции на коже экспериментальных животных мини-свиньях светлогорской популяции.

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 CO₂ лазера. Также было проведено сравнение с результатами точечной абляции кожных покровов мини-свиней in vivo модулированным импульсным излучением непрерывного CO₂ лазера, при сопоставимой энергии импульсов сравниваемых лазеров.

Результат абляции и регенеративные процессы абляционных ран кожи мини-свиней 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.

Абляции кожных покровов *in vivo* излучением импульсно-периодического CO₂ лазера с длительностью импульса 20 мкс.

В этом разделе эксперимента были выполнены морфологические гистологические исследования и на тканевом уровне изучены и уточнены характерные особенности термических изменений и процесса регенерации абляционных ран в зонах точечного воздействия *in vivo* излучения импульсно-периодического CO₂ лазера с длительностью импульса 20 мкс. Абляция проводилась при энергии импульса 20, 30 и 40 мДж. Количество импульсов изменялось от 1 до 50 в одну точку при общем времени воздействия (длительности серии) 1 секунда.

На основании исследования гистопрепаратов образцов кожи мини-свиней, взятых сразу (0 срок) после воздействия импульсно-периодического CO₂ лазера, была отмечена отчетливая реализация эффекта абляции, при всех используемых режимах излучения, а также определены характерные изменения тканей присущие абляции коротким импульсом 20 мкс. Примеры соответствующих гистологических препаратов приведены на рисунках 21-26.

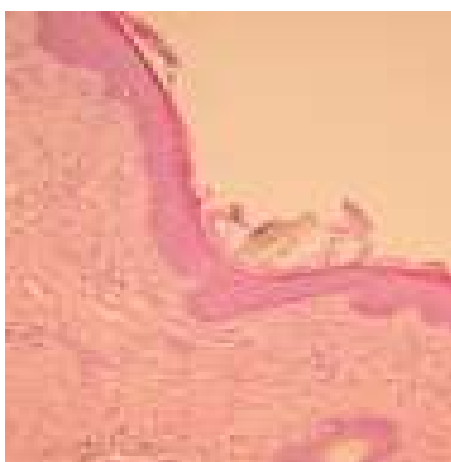


Рисунок 21. Режим абляции: 20 мДж, 10 импульсов.

Дефект эпидермиса дугообразного профиля. Эпидермис истончен, но его структура не изменена. Над его поверхностью и в просвете дефекта фрагменты коагулированного рогового слоя эпидермиса. Стенки дефекта выполнены тонким слоем оксифильного коагуляционного некроза толщиной не более 5 - 10 мкм.

Дерма не изменена. Элементов карбонизации нет. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X 80.

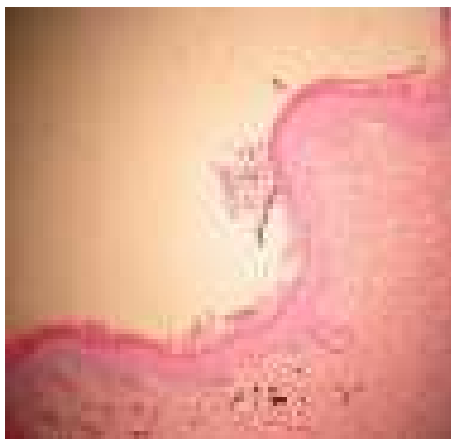


Рисунок 22. Режим абляции: 30 мДж, 10 импульсов.

Область воздействия имеет вид втянутого в дерму дефекта, относительно глубокого до 2,5 мм и широкого с уплощенным дном. Его ложе и стенки выполнены компактным тонким слоем оксифильного коагуляционного некроза толщиной не более 20 - 30 мкм. В просвете дефекта - фрагменты коагулированного рогового слоя эпидермиса. Элементы карбонизации не определяются. Сохранившийся эпидермис и дерма без патологических изменений. В дерме отмечается артефакт - пигмент от татуировки. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X80.



Рисунок 23. Режим абляции: 30 мДж, 25 импульсов.

Дефект эпидермиса овальной формы с уплощенным дном. Эпидермис стенок дефекта истончен, но его структура не изменена. На поверхности стенок дефекта рыхлый, слоистый термический струп в виде оксифильного коагуляционного

некроза, толщиной от 30 до 50 мкм, почти не связанный с сохранившимся эпидермисом. Между струпом и эпидермисом четкая граница в виде светлой полосы. Элементы карбонизации не определяются. Дерма без особенностей. Окраска гематоксилином - эозином. Увеличение X 100.

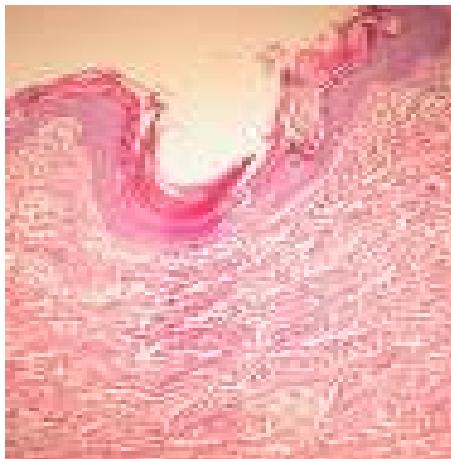


Рисунок 24. Режим абляции: 30 мДж, 50 импульсов.

Область воздействия представляет относительно глубокий дефект эпидермиса, с втяжением в дерму до 3,5 мм. Форма дефекта овально-цилиндрическая. На поверхности дефекта и в просвете - термический струп, представленный оксифильным коагуляционным некрозом глубиной от 50 – до 150 мкм, рыхло связанный с подлежащими тканями. Стенки и дно дефекта гладкие, выполнены тонким слоем коагуляционного некроза, слегка утолщенным в области дна, но не более 10-20 мкм. Более глубокие слои эпидермиса и дерма без изменений. Элементы карбонизации не определяются. Окраска гематоксилином - эозином. Увеличение X 120.

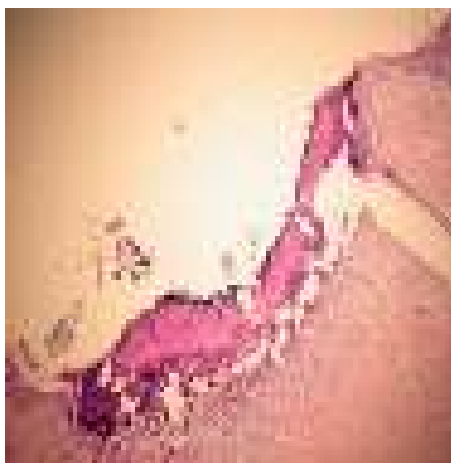


Рисунок 25. Режим абляции: 40 мДж, 25 импульсов.

Зона воздействия представлена дефектом кожи, глубиной до 4 мм, широкой дугообразной формы. Дефект кожи заполнен компактным термическим оксифильным некрозом эпидермиса и подлежащей дермы. Толщина коагуляционного струпа составляет от 130 до 300 мкм. На поверхности струпа не резко выраженные элементы карбонизации. Близлежащие поверхностные тканевые структуры по краям дефекта не изменены. Струп рыхло связан с подлежащими тканями дермы и отделен от нее широкой светлой зоной отека. Поверхностный слой подлежащей дермы представлен ее фрагментированными коагулированными тканями с толщиной зоны термического повреждения до 80 мкм. Более глубокие слои дермы и придатки кожи не изменены. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X 120.

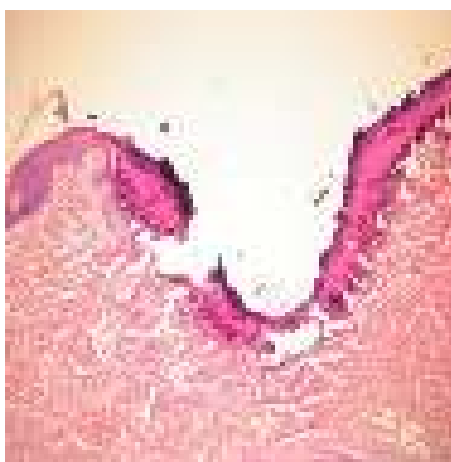


Рисунок 26. Режим абляции: 40 мДж, 50 импульсов.

Глубокий и широкий полуовальный дефект кожи (эпидермиса и дермы) очагового характера диаметром до 5 мм, с термическим струпом, толщиной от 100 до 300 мкм, в виде компактного коагуляционного некроза всех слоев эпидермиса и подлежащего сосочкового слоя дермы. Резкая граница термических изменений на поверхности краев дефекта, близлежащие ткани не изменены. Некротический струп отделен от подлежащей дермы зоной отека в виде участков просветления. Поверхностный слой подлежащей дермы в области стенок и дна дефекта представлен фрагментированными коагулированными тканями с толщиной термического повреждения от 30 до 80 мкм. В верхнем слое термического струпа определяется поверхностное фрагментарное обугливание. Более глубокие слои дермы и придатки кожи не изменены. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X 120.

На всех гистопрепаратах при энергии в импульсе 20 мДж и 30 мДж и количестве импульсов в серии от 1 до 10, была отмечена близкая по характеру изменений гистологическая картина. Глубина термических повреждений стенок абляционного кратера не превышала 10-30 мкм, что обеспечивало сохранение неповрежденными подлежащие слои эпидермиса, включая его ростковые базальные структуры. Рисунок 21,22.

Режимы абляции с энергией в импульсе 20 мДж и 30 мДж и при количестве импульсов 25 и 50, приводили к более глубокому термическому повреждению тканей и, соответственно, образованию на поверхности дефекта компактного струпа большей ширины, в среднем от 50 до 150 мкм. Рисунок 23,24.

Увеличение энергии в импульсе до 40 мДж, при количестве импульсов 25 и особенно при 50-ти, вызывали еще значительно более выраженные термические изменения и образование широкой зоны от 150 до 300 мкм компактного коагуляционного некроза, струпа, на поверхности дефекта глубиной не менее 5 мм. Рисунок 25,26.

Термический струп оксифильного компактного коагуляционного некроза, образующийся сверху стенок, дна и краев абляционного дефекта, при всех

используемых режимах абляции, определялся в виде разграниченной зоны термического повреждения, рыхло связанный с подлежащими относительно неизменными тканевыми структурами. Рисунок 21-26.

При всех исследуемых режимах абляции, формировался относительно широкий абляционный дефект - кратер, с плавными овально-дугообразными контурами и уплощенным дном, стремящийся к цилиндрической форме. Рисунок 21-26.

Анализ результатов данных гистологических исследований, показал, что при всех исследуемых режимах излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, отчетливо реализуется эффект лазерной абляции кожи, который при увеличении энергии импульсов, а также их количестве, частоте следования, становится более выраженным, то есть непосредственно связан со средней мощностью излучения.

При этом отмечается увеличение глубины лазерного дефекта от 0,1 мм до 5 мм и соответственно ширины зоны компактного коагуляционного некроза, струпа от 10 мкм до 300 мкм. Однако во всех случаях сохраняется отчетливое разграничение этой некротической зоны от подлежащих не удаленных тканевых структур стенок и дна абляционного дефекта, толщина поверхностного коагуляционного слоя которых составляла от 10 до 80 мкм и практически не зависела от показателей режимов абляции.

Результаты этого гистологического исследования позволили, предположить, что для клинического использования предпочтительными режимами точечной абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, можно рассматривать импульсную энергию 20 мДж и 30 мДж, при однократном воздействии в одну точку не более 10 импульсов в секунду. Данные режимы абляции являются одновременно эффективными и термически щадящими, обеспечивая испарение тканевых структур с сохранением неизменными росткового слоя эпидермиса, а также полное отсутствие карбонизации. Режимы абляции энергетически более емкие, при клинической необходимости, могут быть использованы для более глубокой абляции кожных покровов.

Особенности репаративных процессов абляционных лазерных ран, после воздействия излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, были определены на основании результата исследования гистопрепаратов образцов кожи, взятых в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде, включая 6 месяцев. Примеры соответствующих гистологических препаратов приведены на рисунках 27-32.

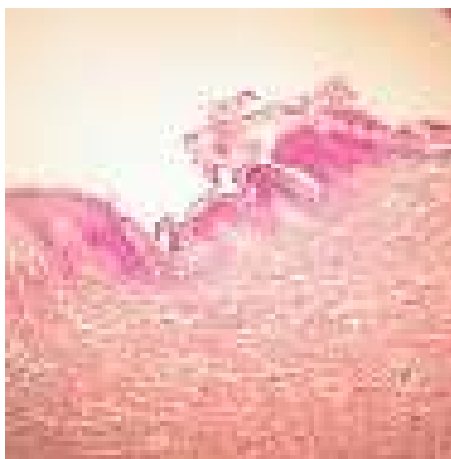


Рисунок 27. Режим абляции: 40 мДж, 10 импульсов, 3-и сутки.

В области лазерного воздействия в виде слоев фрагменты гомогенного оксифильного термического струпа. Эпидермис неравномерно истончен и его поверхность в этих местах с втяжениями в виде складок. Структура сохранившихся слоев эпидермиса не нарушена. В дерме элементы грануляционной ткани в виде новообразованных капилляров. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X 100.

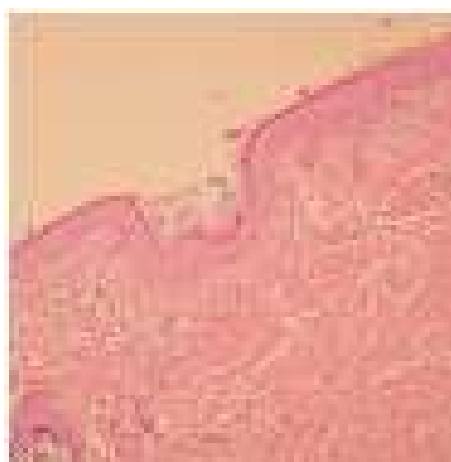


Рисунок 28. Режим абляции: 30 мДж, 10 импульсов, 7-е сутки.

В просвете широкого с уплощенным дном дефекта, над поверхностью эпидермиса слоистый некротический струп из рогового слоя эпидермиса. Под ним неповрежденные все слои эпидермиса. В сосочковом слое дермы отмечаются новообразованные капилляры грануляционной ткани очагового характера. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X 120.



Рисунок 29. Режим абляции: 30 мДж, 50 импульсов, 14-и сутки.

Очаговое углубление эпидермиса в месте воздействия лазера. На поверхности эпидермиса фрагменты струпа в виде тонких слоистых роговых масс, почти не связанных с подлежащим эпидермисом. Определяются все слои эпидермиса, включая роговой слой, типичный акантоз. Грануляционная ткань располагается субэпидермально и островками в акантотических тяжах эпидермиса. Дерма не изменена. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X 80.

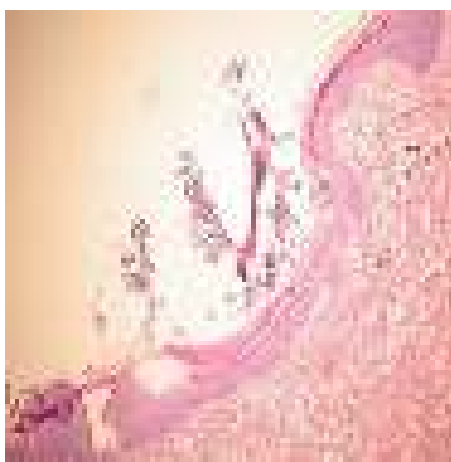


Рисунок 30. Режим абляции: 40 мДж, 50 импульсов, 21-е сутки.

Фрагменты отторгающегося термического струпа в области лазерного воздействия, имеющего вид втяжения дугообразного характера с уплощенным дном. В дне втяжения отмечается истончение эпидермиса, роговой слой прослеживается, блестящий и зернистый слой не изменены. Над поверхностью втянутого эпидермиса определяется тонкая пленка коагуляционно-гомогенного термического некроза. В дерме определяются элементы формирующейся грануляционной ткани с большим количеством новообразованных капилляров. Воспалительных проявлений на термическое повреждение нет. Присутствует артефакт – пигмент тату. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X 80.



Рисунок 31. Режим абляции: 40 мДж, 50 импульсов, 30-е сутки.

В месте лазерного воздействия, в самом центре его сохраняется небольшой втянутый дефект с незначительным истончением эпидермиса, все слои последнего полностью восстановлены, включая поверхностный роговой слой. Структура дермы не изменена, в ней субэпидермально, расположены сливные очажки грануляционной ткани. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X 80.



Рисунок 32. Режим абляции: 40 мДж, 50 импульсов, через 6-ть месяцев.

В области воздействия выявляется очаговый поверхностный плоский дефект эпидермиса, с небольшим истончением его толщины. Все слои эпидермиса полностью восстановлены. Дерма не изменена. Характерно наличие периваскулярных лимфоидно-гистиоцитарных инфильтратов в дерме, морфологических манифестантов активации неспецифического иммунитета. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение X 80

Начало формирования грануляционной ткани уже было отмечено на третьи послеоперационные сутки. Рисунок 27.

Признаки реэпителизации лазерных кратеров, при энергии в импульсе 20 мДж и 30 мДж и количестве импульсов не более 10, определялись с 7-х послеоперационных суток, а при импульсной энергии 30 мДж и увеличении количества импульсов до 25-ти и 50-ти начало эпителизации было отмечено на 14-е сутки. Рисунок 28,29.

При большей энергии в импульсе 40 мДж, и количестве импульсов не более 10-ти, эпителизация появлялась, также на 14-тые послеоперационные сутки, а при этой же энергии и увеличении количестве импульсов до 25-ти и 50-ти она начиналась с 21-х послеоперационных суток. Рисунок 30.

Полное восстановление структуры кожного покрова, без следов фиброзной деформации, не зависимо от энергетике режима абляции, имело место к 21-м послеоперационным суткам. Рисунок 31.

На гистологических препаратах образцов кожи, взятых через 6 месяцев после воздействия режимов абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера был отмечен хороший положительный результат, без патологических изменений тканей кожных покровов. Рисунок 32.

На основании результатов гистологического исследования процессов репарации абляционных ран, после воздействия режимов абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, было отмечено ускорение процесса регенерации, опережающее физиологические сроки, в связи с сокращением экссудативной фазы асептического характера воспаления, более ранним отторжением некротического струпа и развитием грануляционной ткани с новообразованными капиллярами, а также возможностью сохранения ростковых структур эпидермиса. Все это обеспечивало активную, быструю, без фиброзной трансформации грануляционной ткани, реэпителизацию раневых дефектов.

Таким образом, на основании данной серии гистологических исследований было установлено, что используемые режимы абляции импульсно-периодического СО₂ лазера эффективно и прецизионно реализуют абляцию кожи, при этом максимально сохраняя жизнеспособность остающихся тканей, а также определено, что наиболее оптимальными режимами абляции для дальнейшего клинического применения можно рассматривать энергию в импульсе 20 мДж и 30 мДж, при однократном воздействии в течение одной секунды не более 10 в одну точку. Данные режимы абляции, обеспечивая испарение тканевых структур с сохранением росткового слоя эпидермиса, позволят в дальнейшем выполнять эффективную и термически щадящую лазерную дермабразию в клинических условиях. Режимы абляции энергетически более емкие могут быть использованы для более глубокой абляции кожных покровов, при наличии соответствующих клинических показаний.

Исследование абляции кожных покровов *in vivo* модулированным импульсным излучением непрерывного CO₂ лазера с длительностью импульсов 500 и 200 мкс.

В этом разделе эксперимента для сравнения и уточнения преимуществ абляции кожи излучением импульсно-периодического CO₂ лазера с длительностью импульса 20 мкс были выполнены морфологические гистологические исследования образцов кожи мини-свиней с точечными абляционными кратерами после воздействия *in vivo* модулированными импульсами излучения непрерывного CO₂ лазера с длительностью импульсов 500 и 200 мкс.

Выходная мощность непрерывного CO₂ лазера постоянная и составляла 50 Вт, поэтому энергия модулированных импульсов с длительностью импульса 500 и 200 мкс составляет соответственно 25 и 10 мДж.

Таким образом, сравнение CO₂ лазеров проводили при сопоставимой энергии импульса, с режимами абляции модулированным импульсом длительностью 500 мкс, а с длительностью 200 мкс, соответственно, при меньшей импульсной энергии.

Точечную абляцию кожи излучением непрерывного CO₂ лазера, выполняли за время равное 1 секунде воздействуя в одну точку сериями от 1 до 10 импульсов. Это соответствует полной энергии в серии импульсов 100 и 250 мДж соответственно.

Примеры гистологических препаратов, полученных из образцов кожи мини-свиней после воздействия излучения лазерного хирургического аппарата «Ланцет-2», с длительностью импульса 500 мкс и 200 мкс приведены на рисунках 33-38.

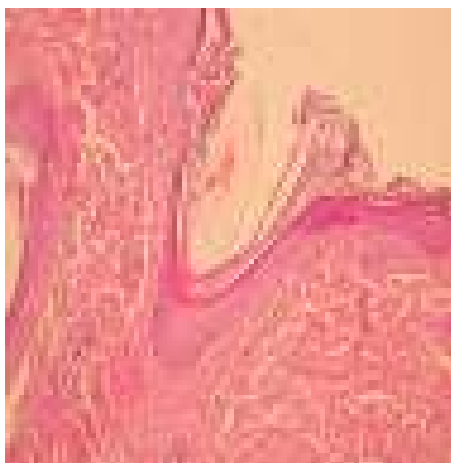


Рисунок 33. Режим абляции: 25 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, 0 сутки.

Очаг повреждения отчетливой узко-клиновидной формы, относительно глубокий не менее 5 мм. Глубина повреждения всех слоев эпидермиса и распространяется на сосочковый и сетчатый слои дермы. В просвете элементы компактного коагуляционного некроза. Термический струп с коагуляционным гомогенным некрозом эпидермиса и дермы выполняет края, стенки и дно дефекта. Его толщина от 50 мкм до 150 мкм и более в области дна дефекта. Образующие ткани кратер, эпидермис и подлежащая дерма, особенно в области дна дефекта уплотнены, деструктурированы, частично гомогенизированы. На поверхности краев дефекта определяется коагуляционный некроз, переходящий на близлежащие ткани. Окраска гематоксилином - эозином. Увеличение 100.

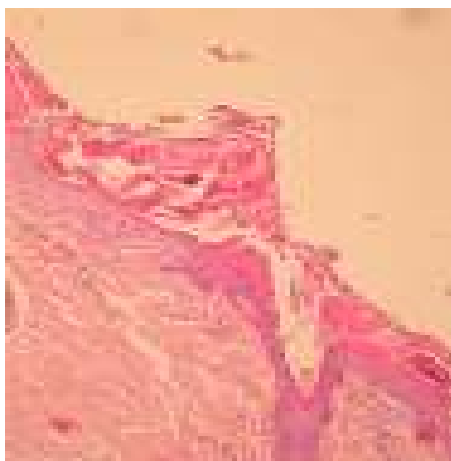


Рисунок 34. Режим абляции: 25 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, 3-и сутки.

Глубокий, очагового характера в форме относительно узкого клина, дефект кожи, эпидермиса и дермы. Ширина дефекта на поверхности не менее 5 мм,

глубина не менее 3 мм. Термических повреждений на поверхности, диаметром не менее 5 мм, без четких границ, представлены выраженным термическим струпом, местами свободно лежащим, частично в виде компактного коагуляционного некроза, частично из фрагментов коагулированного эпидермиса. Поверхностный слой стенок и дна дефекта выполнен компактным коагуляционным некрозом, толщиной от 20 мкм до 50 мкм. Остальные более глубокие слои дефекта, эпидермис и прилежащий сосочковый слой дермы значительно уплотнены, деструктурированы и гомогенизированы, и представляют массив коагуляционного некроза, толщиной не менее 150 мкм. В дерме отмечается субэпидермальный отек. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение 100.

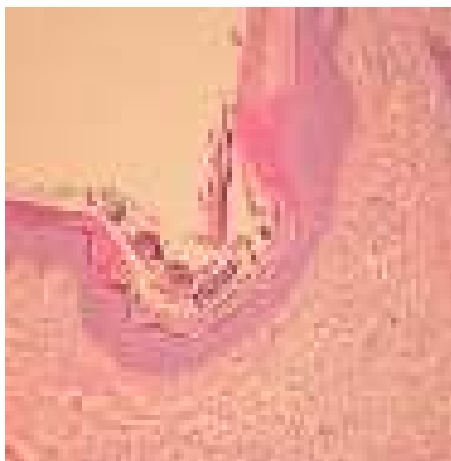


Рисунок 35. Режим абляции: 25 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, 7-е сутки.

Отмечается глубокое термическое воздействие с повреждением эпидермиса и подлежащей дермы. Сформирован дефект с уплощенным широким дном и суженной апертурой. На дне дефекта истончение эпидермиса. В просвете множественные свободно лежащие фрагменты некротического струпа с мелкими элементами обугливания. Ткани стенок и дна дефекта выполнены коагуляционным термическим некрозом, эпидермиса и близлежащей дермы, уплотнены, деструктурированы и гомогенизированы, особенно справа. На поверхности краев дефекта коагулированные ткани эпидермиса, без определенных границ по периферии. Общая толщина коагуляционного термического некроза местами в пределах дермы не менее 500 мкм. В неизмененных, ниже слоя некроза, тканях дермы отек и новообразование

капилляров в формирующейся грануляционной ткани. Окраска гематоксилином-эозином. Увеличение 100.

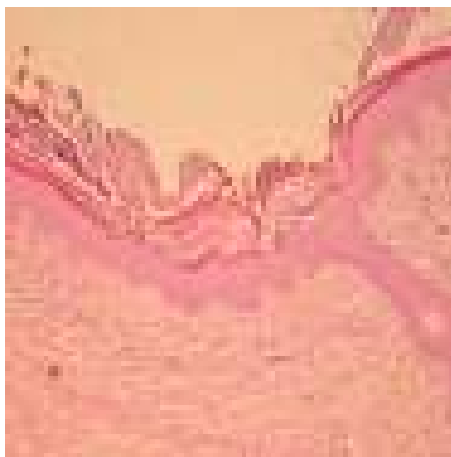


Рисунок 36. Режим абляции: 25 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, 21-е сутки.

В области воздействия имеется широкого дугообразного профиля дефект, относительно небольшой глубины, с мелкими очаговыми углублениями эпидермиса в эпицентре воздействия. Толщина и структура эпидермиса в области дефекта почти не изменены. В просвете дефекта и по его краям над поверхностью эпидермиса множественные плотные фрагменты термического струпа и слоистые роговые массы, толщиной до 300 мкм. Границы зоны воздействия на поверхности краев дефекта не определяются. В струпе присутствуют элементы карбонизации. Сосочковый слой дермы несколько уплотнен. В дерме очаги грануляционной ткани. Окраска гематоксилином – эозином. Увеличение 80.



Рисунок 37. Режим абляции: 10 мДж, 500 мкс, 10 импульсов, 30-е сутки.

Зона воздействия представляет относительно плоский дефект с небольшим узким, неопределенной формы, втяжением эпидермиса. Структура и толщина эпидермиса восстановлены полностью, кроме зоны втяжения, где на дне и в просвете определяются небольшие фрагменты оксифильного коагуляционного некроза. Над поверхностью эпидермиса мелкие фрагменты остатков термического струпа и слоистые роговые массы. Структура дермы не изменена, в ней островки грануляционной ткани. Окраска гематоксилином – эозином. Увеличение 100.

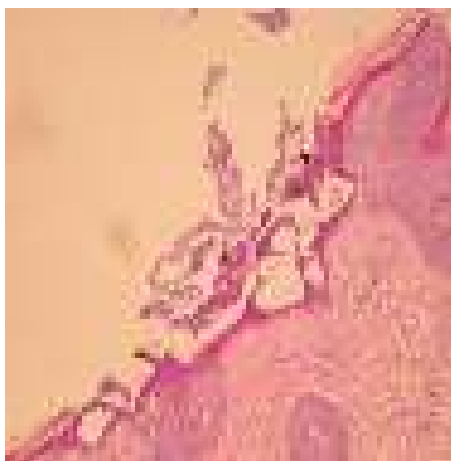


Рисунок 38. Режим абляции: 10 мДж, 200 мкс, 10 импульсов, 0 сутки.

Формирование обширного по площади и глубине, до 3 мм, очага повреждения, с неровной поверхностью из небольших клиновидных дефектов. Общий профиль повреждения ближе к клиновидной форме. Отмечается коагуляционный термический некроз на всю толщу эпидермиса и подлежащего сосочкового слоя верхней трети дермы. В просвете дефекта большое количество фрагментов плотных коагулированных тканей эпидермиса и дермы, единичные не выраженные элементы карбонизации. Стенки, дно и края дефекта выполнены компактным относительно широким слоем оксифильного коагуляционного некроза толщиной от 30 мкм до 100 мкм. На поверхности краев дефекта также определяется зона коагуляционного некроза, без разграничения с близлежащими поверхностными тканями эпидермиса. Подлежащие дну дефекта ткани дермы, не менее чем на глубину до 100 мкм - 150 мкм уплотнены, деструктурированы и гомогенизированы. Более глубокие слои дермы и ее придатки не изменены. Окраска гематоксилином – эозином. Увеличение 120.

В результате анализа гистологических препаратов, полученных из образцов кожи мини-свиней после воздействия модулированными импульсами излучения непрерывного CO₂ лазера были выявлены отрицательные факторы со стороны формы лазерного кратера, выраженности термических изменений на его стенках и дне, а также сравнительно медленная регенерацию абляционных точечных ран.

Излучение непрерывного CO₂ лазера с длительностью импульса 500 мкс, при последовательном воздействии 10 импульсов с импульсной энергией 25 мДж, слабо реализует эффект абляции, что подтверждает испарение только поверхностного, преимущественно рогового слоя эпидермиса. Рисунок 33.

В зоне воздействия хорошо наблюдаются выраженные термические повреждения, определяющиеся относительно широким, без четких границ на поверхности, толстым термическим струпом, переходящим в глубокие некротические изменения коагулированных подлежащих тканей всех слоев эпидермиса и верхнего слоя дермы. Рисунок 33,34.

Формирование очагов грануляционной ткани отчетливо начинает определяться только на 7 сутки после воздействия, а фиброзная трансформация грануляционной ткани завершается к 30-м суткам. Рисунок 35,37.

Отторжение некротического струпа и подлежащих ему коагулированных тканей начинает отчетливо определяться на 14 послеоперационные сутки и сохраняется почти до 30 суток. Рисунок 36,37.

Заживление, эпителизация, абляционных ран имеет место к 21-м послеоперационным суткам, а полное восстановление структуры кожи только к 30-м суткам. Рисунок 37.

Импульсное модулированное излучения непрерывного CO₂ лазера с более короткой длительностью импульса 200 мкс, с энергией в импульсе 10 мДж, реализует аналогичный предыдущему режиму, с длительностью импульса 500 мкс, слабо выраженный эффект абляции, сопровождающийся сходными, но с несколько менее выраженными термическими изменениями, при этом процессы регенерации не имеют особых временных различий. Рисунок 38.

На основании данного гистологического исследования было определено, что воздействие длинным импульсным модулированным излучением длительностью 500 и 200 мкс непрерывного CO₂ лазерного хирургического аппарата «Ланцет-2» приводит к выраженному и глубокому термическому коагуляционному поражению подлежащих тканей, окружающих зону воздействия, что определяет длительное их отторжение и, как следствие, увеличение времени заживления послеоперационных ран.

В таблице №5 обозначены отличительные особенности качественных характеристик тканей лазерных кратеров, после воздействия 10 импульсов в одну точку в одну секунду, сравниваемых CO₂ лазеров при сопоставимых параметрах импульсной энергии.

Таблица №5. Качественные характеристики абляционных кратеров сравниваемых CO₂ лазеров.

Характеристики абляционных кратеров сравниваемых CO₂ лазеров с различной длительностью импульсов (10 импульсов в 1 точку).		
Качественные характеристики параметров абляционных кратеров	Импульсно-периодический CO₂ лазер	Непрерывный CO₂ лазера, модулированный импульсный режим.
Форма кратера	Цилиндр с уплощенным дном	Конус с клиновидным дном
Ширина термического некротического струпа на поверхности кратера	20-50 мкм	150-300 мкм
Ширина коагуляционного слоя поверхности стенок и дна кратера	10-30 мкм	50-100 мкм
Наличие карбонизированных элементов в струпе	Отсутствуют	Присутствуют
Границы термического	Четкое разграничение с	Нет определяемых

коагуляционного некроза	неизмененными тканями	четких границ
Повреждение ростковых базальных структур эпидермиса (деструктуризация, гомогенизация)	Отсутствует	Присутствует
Повреждение дермы, сосочкового и сетчатого слоев (уплотнение, гомогенизация, деструктуризация)	Отсутствует	Присутствует
Начало отторжения некротического струпа на поверхности кратера	3-7-е послеоперационные сутки	7- 14-е послеоперационные сутки
Полное отторжение некротического струпа	14-21-е послеоперационные сутки	21-30-е послеоперационные сутки
Начало формирования грануляционной ткани	3-и послеоперационные сутки	5-е послеоперационные сутки
Начало эпителизации центрального характера	С 7-х суток	Нет
Начало эпителизации краевого характера	Нет	С 14-х суток
Завершение эпителизация раневого дефекта	14-е сутки	21-е сутки
Полное восстановление структуры эпидермиса	21-е сутки	30-е сутки
Асептический характер воспаления	имеет место	имеет место

На основании сравнительного анализа результатов исследования гистопрепаратов из образцов кожи, после воздействия режимов абляции излучения сравниваемых СО₂ лазеров, было определено, что эффект абляции значительно более выражен при использовании короткого импульса 20 мкс

импульсно-периодического CO₂ лазера и регенерация таких абляционных ран, происходит значительно активнее и в более короткие сроки по сравнению с импульсами 500 мкс и даже 200 мкс непрерывного CO₂ лазера.

Таким образом выполненная серия экспериментальных исследований 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.

3.2.3. Моделирование режима и скорости сканирования излучения импульсно-периодического CO₂ лазера для лазерной послойной абляции кожных покровов

Данное исследование по моделированию лазерной послойной абляции кожи мини-свиней было проведено для уточнения возможности применения обозначенных режимов абляции импульсно-периодического CO₂ лазера в режиме сканирования, количестве проходов, и определения возможности реализации лазерной дермабразии в клинических условиях для целей прецизионного удаления патологических структур кожных покровов.

При моделировании лазерной послойной абляции был использован импульсно-периодического CO₂ лазера с энергией в импульсе 30 мДж и частотой следования импульсов 1 Герц и 10 Герц. Данная энергия импульса, как показало выполненное *in vivo* исследование режимов точечной абляции на коже мини-свиней, один из оптимальных для точечной абляции кожи.

Выполненные исследования, с применением вышеуказанной техники сканирования, позволили обеспечить равномерную и полную обработку всей заданной поверхности кожи в режиме послойной абляции на глубину, соответствующую абляции одним импульсом, а также провести макроскопическую оценку характера изменений в зонах воздействия.



Результаты сканирования оптимальными режимами абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера представлены на рисунках 39 - 42.


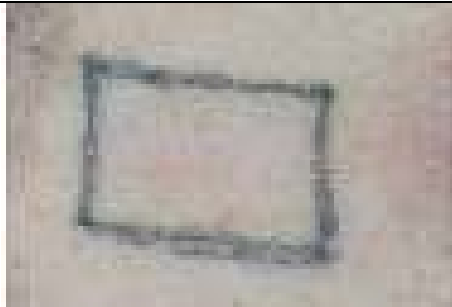


Рисунок 39. Зоны лазерной абляции в режиме сканирования на темной, пигментированной, и розовой коже мини-свиней сразу после воздействия излучения.



Рисунок 40. Зоны лазерной абляции в режиме сканирования на розовой коже мини-свиней сразу после воздействия излучения. Увеличение X 5.

	
Рисунок 41 (А).	Рисунок 41 (Б).
Рисунок 41. (А.Б.) Зоны лазерной абляции в режиме сканирования на темной, пигментированной, коже мини-свиней сразу после воздействия излучения (А) и через 30 суток после воздействия излучения (Б).	

	
Рисунок 42 (А)	Рисунок 42 (Б)
Рисунок 42 (А, Б). Зоны лазерной абляции в режиме сканирования через шесть месяцев после воздействия излучения: на темной, пигментированной, коже Рисунок 42 (А); на розовой коже Рисунок 42 (Б).	

Вид зон лазерной абляции на коже розовых с темными пигментными пятнами мини-свиней сразу после сканирования излучением импульсно-периодического СО₂ лазера представлены на рисунке 39 и 40.

На рисунках 39 и 40 зоны лазерной абляции в режиме сканирования сразу после воздействия излучения импульсно-периодического СО₂ лазера представляют ровную розового цвета поверхность, края ее ровные, определяется четкое возвышение края необработанной кожи.

Выбор режима сканирования, количества проходов, обуславливает конкретная клиническая задача, на основании которой устанавливают импульсную энергию,

количество проходов и скорость сканирования лазерного излучения.

В случае одного прохода при отсутствии значительного перекрытия лазерных пятен и энергии в импульсе 30 мДж абляции подвергается слой эпидермиса глубиной до 0,01 мм (10 мкм), а при увеличении проходов до 10, приблизительно до 0,1 мм (100 мкм), данные таблицы 2. Соответственно, этот же эффект абляции с большей глубиной можно получить при однократном проходе с частотой следования импульсов 10 Гц, при скорости сканирования порядка 1 мм в секунду.

Известно, что 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.

На основании полученных результатов было отмечено, что однократное сканирование излучения с энергией импульса 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 не затрагиваются и не повреждаются базальные ростковые структуры. 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. При этих энергетических параметрах лазерной абляции в режиме сканирования возможно удаление патологических тканей кожи на всю толщину эпидермиса до дермы. Данное положение подтверждает стойкий эффект депигментации кожи, сохраняющийся и через шесть месяцев после обработки сканированием с энергией лазерного импульса 40 мДж и частотой повторения импульсов 25 Герц. Этот эффект

наблюдался нами при обработке пигментированного (черного) участка кожи мини-свиньи. Известно, что пигмент находится в самом глубоком, базальном, ростковом слое эпидермиса, граничащим с дермой. Следовательно, в рассматриваемом режиме абляции наблюдается повреждение базального слоя эпидермиса до дермы. Результаты сканирования пигментированной кожи представлены на рисунках 41 (А.Б), 42 (А.Б).

Прогнозирование глубины лазерной абляции и выбор необходимых параметров излучения и режима сканирования, количества проходов, излучением импульсно-периодического CO₂ лазера, необходимо для эффективного применения лазерной послойной абляции в клинических условиях.

Одним из важных параметров режима сканирования является правильно заданная скорость сканирования лазерного луча при выполнении послойной абляции кожи. Ограничением на скорость сканирования является увеличение зоны термического поражения при последовательном воздействии на ткань серии импульсов, по сравнению с размером зоны при воздействии одиночного импульса. Это ограничение связано с частотой следования импульсов или со средней мощностью излучения, отнесенной к единице поверхности и длительностью воздействия серии импульсов в одну точку. Как уже отмечалось выше, в процессе экспериментов на коже было установлено, что размер зоны термического поражения не увеличивается вплоть до последовательного воздействия в одну точку 10 импульсов излучения с энергией 30 мДж в течении 1 секунды. Будем считать эту величину предельной дозой облучения, не приводящей к росту зоны термического поражения по сравнению с одиночным импульсом. При площади пятна 0.008см² (диаметр пятна 1 мм) это соответствует плотности средней мощности 38 Вт/см² или энергетической дозе 38 Дж/см².

Минимальную скорость сканирования при частоте следования импульсов 10 Гц можно оценить из простого допущения о необходимости смещения пятна на диаметр за 1 сек, что составляет 1 мм/сек.

Максимальная скорость сканирования достигается при отсутствии перекрытия

пятен двух последовательных лазерных импульсов и составляет 10 мм/сек.

Таким образом, скорость перемещения луча, при частоте следования импульсов 10 Гц, может находиться в диапазоне 1-10 мм/сек. При этом меняется глубина кратера, но остается неизменной зона термического поражения. Скорость сканирования менее 1 мм/сек приведет к росту зоны термического поражения.

На практике удобно вести сканирование так, что два последовательных пятна перекрываются приблизительно на $1/4$ своей площади. Перекрытие лазерных пятен на $1/4$ площади соответствует смещению пятна на $1,36$ радиуса от импульса к импульсу, представлено на рисунке 43.

Если частота следования импульсов 10 Гц, скорость перемещения пятна должна быть $1.36R \cdot 10$ мм/с. или при радиусе пятна 0.5 мм – 7 мм/сек.

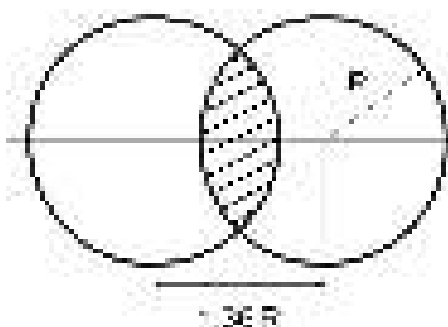


Рисунок 43. Смещение центра пятна (в радиусах).

В этом случае толщина удаляемого за один проход слоя ткани составляет около 10 мкм. При минимально допустимой скорости сканирования 1 мм/сек толщина удаляемого слоя составит около 100 мкм за один проход.

В экспериментальном исследовании *in vivo* результат эффективности лазерной послойной абляции сканированием излучения импульсно-периодического CO₂ лазера с энергией в импульсе 30 мДж и частоте следования импульсов 1 Гц, оценивали на основании макроскопического исследования изменений на коже мини-свиней: сразу после воздействия лазерного излучения и в послеоперационном периоде, включая 3-и, 7-е, 14-е, 21-ые и 30-е сутки, а также в отдаленном периоде, через шесть месяцев.

Эффект абляции хорошо определялся на поверхности кожи, в виде розового цвета прямоугольника, соответствующего по размеру зоне лазерной обработки, представлено на рисунках 39, 40 и 41 (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, представлено на рисунке 41 (Б).

В отдаленные послеоперационные сроки, через шесть месяцев, кожа в зоне обработки продолжала оставаться без патологических изменений и сохраняла слегка более гладкую и светлую поверхность по сравнению с окружающими кожными покровами, представлено на рисунке 42 (А, Б).

Следовательно, в исследованных зонах лазерного воздействия при сканировании в режиме абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера отмечается реализация послойного эффекта абляции с полным восстановлением и выравниванием кожного покрова, при отсутствии выраженного термического повреждения и воспалительного процесса в окружающих тканях.

На основании анализа результатов моделирования лазерной послойной абляции в режиме сканирования излучением импульсно-периодического СО₂ лазера было отмечено, что при сканировании точечного режима абляции формируется, в виде полосы, линейный поверхностный дефект кожи, с относительно плоским, ровным дном и краями с минимальной, без элементов карбонизации, зоной периферического термического воздействия при всех исследуемых сканированием режимах абляции, которая, даже в случае некоторого изменения степени перекрытия лазерных пятен, практически не изменяется, а также характер изменений на коже и заживление лазерных кожных

ран аналогичны соответствующим точечным режимам абляции данного лазера, то есть происходит в физиологические сроки с преобладанием центральной реэпителизации и разглаживанием поверхности кожи.

Прогнозирование глубины лазерной абляции, обеспеченное правильным выбором техники сканирования, количеством проходов и скоростью сканирования, позволит равномерно обработать всю необходимую поверхность кожи в режиме лазерной послойной абляции, что должно иметь большое значение для решения поставленных клинических задач.

В результате выполненных экспериментальных медико-биологических исследований было установлено следующее:

- Импульсно-периодический CO₂ лазер, с коротким (20 мкс) импульсом, при всех исследуемых режимах, обеспечивает реализацию абляции кожных покровов с формированием лазерного кратера условной цилиндрической форме с плавным дугообразным профилем уплощенного дна и большего объема при сравнимых параметрах излучения CO₂ лазеров.

- Зона термического поражения, коагуляционного некроза, значительно (в 3-5 раз) меньше для импульса длительностью 20 мкс импульсно-периодический CO₂ лазера, чем для модулированного импульса длительностью 500 мкс - 200 мкс непрерывного CO₂ лазера.

- При всех исследованных режимах абляции коротким импульсом (20 мкс), импульсно-периодический CO₂ лазер, не наблюдается карбонизация ткани, тогда как при длительности импульса 500 мкс, непрерывный CO₂ лазер, карбонизация возникает при большинстве режимов.

- Регенерация абляционных ран происходит значительно активнее и в более короткие сроки, опережение составляет не менее 2 суток заживления подобных лазерных ран, при абляции коротким (20 мкс) импульсом, импульсно-периодический CO₂ лазер, чем при абляции длинным (500 мкс) импульсом, непрерывный CO₂ лазер.

- Ускорение реэпителизации раневых дефектов, в случае использования импульса длительностью 20 мкс, обеспечено уменьшением эксудативной фазы, ранним отторжением некротического струпа и более ранним развитием грануляционной ткани с новообразованными капиллярами, значительно меньшей глубиной теплового повреждения окружающих тканей, а также сохранением ростковых структур эпидермиса.

- Для клинического использования оптимальными режимами абляции импульсно-периодического СО₂ лазера является энергия в импульсе 20 мДж и 30 мДж при диаметре пятна на поверхности ткани 0.8-1мм со скоростью сканирования от

1 мм/сек. до 10 мм/сек. при частоте следования импульсов от 1 Гц до 10 Гц; режимы абляции энергетически более емкие могут быть использованы для более глубокой абляции кожных покровов.

Таким образом, выполненные экспериментальные медико-биологические исследования доказали целесообразность использования излучения импульсно-периодического СО₂ лазера для целей прецизионного, послойного, прогнозируемого удаления патологических тканевых структур кожных покровов, и несомненное преимущество его по сравнению с модулированным импульсным режимом излучения непрерывного СО₂ лазера, что служило основанием для применения «лазерной» дермабразии, реализуемой импульсно-периодическим СО₂ лазером, в клинических условиях при устранении рубцовой деформации кожных покровов у пациентов детского возраста.

Глава 4. Клинические исследования

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.

Настоящее клиническое исследование было выполнено в НИИ неотложной детской хирургии и травматологии Департамента здравоохранения города Москвы с целью улучшения результатов лечения пациентов детского возраста с рубцовой деформацией кожных покровов оптимизированным методом лазерной дермабразии, реализуемым режимами абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, и дальнейшего применения его в широкой клинической практике кожно-пластической реконструктивно-восстановительной хирургии детского возраста.

Выполненные в экспериментальном разделе данной работы медико-биологические исследования доказали несомненное преимущество использования абляционных свойств излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, для реализации оптимального режима лазерной абляции кожных покровов и определили перспективу применения его в клинической практике, для устранения методом лазерной дермабразии рубцовой деформации кожных покровов у детей, что явилось доказательной экспериментальной базой для выполнения настоящего клинического исследования.

4.1. Характеристика собственного клинического материала.

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. 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. Рубцовая деформация кожных покровов вследствие ожоговой травмы сформировалась у 26 детей, из них у 21 человека 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.

Таблица № 6. Распределение пациентов по этиологическому фактору, возрасту, полу.

Этиологический фактор	Распределение по возрасту		Пол		Всего
	От 1 года до 8 лет	От 8 лет до 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

На основании данных таблицы № 6 следует, что больше половины пациентов с рубцами, полученными в результате различных травм и с послеоперационными рубцами, более старшего возраста от 8 до 17 лет, а значительное большинство детей с рубцовыми последствиями термической травмы наоборот, младшей возрастной группы до 8 лет, включительно.

У детей, обратившихся за медицинской помощью по поводу рубцовой деформации кожных покровов, в 62,7% случаев травматические изменения кожи

имели локализацию на открытых областях, в основном лице у 24,5% пациентов, в 32,3% на конечностях, а у 21,6% детей рубцовые деформирующие изменения кожи были одновременно на различных анатомических областях. Распределение пациентов по локализации рубцовой деформации кожных покровов представлены в таблице № 7.

Таблица № 7. Распределение числа пациентов по областям локализации рубцов.

Область локализации рубцов.	Число пациентов	Распределение в %.
Лицо	41	24,5%
Шея	10	5,9%
Туловище	26	15,7%
Конечности	54	32,3%
Множественные области	36	21,6%

Обращение родителей с детьми и более старших детей в лечебное учреждение было обусловлено в основном эстетической проблемой наличия рубцовой деформации кожи, особенно на открытых областях, таких как лицо, шея и конечности, при этом выраженных функциональных нарушений со стороны опорно-двигательного аппарата в результате рубцовых изменений у всех обратившихся пациентов не было.

Все пациенты в зависимости от наличия того или иного типа рубцов или их сочетаний были распределены на соответствующие группы и подгруппы, целесообразные для клинической практической работы и коррекции рубцовой деформации кожных покровов методом «лазерной» дермабразии, с учетом результатов предварительно выполненных медико-биологических экспериментальных исследований настоящей работы.

Таблица № 8. Группы пациентов по типам рубцов и их возраст.

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

Пациентов с гипотрофическими и келоидными гипертрофированными рубцами в исследуемой активной группе пациентов не было представлено, ввиду отсутствия их обращений в клинику.

На основании данных приведенных в таблице №8 видно, что большинство пациентов, особенно в возрасте от 8 до 17 лет, имело гипертрофические рубцовые изменения кожи, значительно меньшее количество детей - нормотрофические рубцы. Группу пациентов с атрофическими рубцами составило небольшое количество пациентов, в большинстве своем после термической травмы и носили «мраморный» характер и имели вид плоских беловатых прожилок, разводов и мазков на поверхности кожи.

У третьей части всех пациентов, 36 детей, имели место смешанные рубцы, то есть наличие нескольких типов рубцов, локализующихся в одной зоне или в нескольких областях тела ребенка.

Преобладание пациентов (74 человека) с гипертрофическими рубцовыми изменениями кожных покровов связано с тем, что эти выпуклые и грубые рубцы причиняют наибольший эстетический дискомфорт, как самим детям, так и их родителям, поэтому с такими рубцами отмечено наиболее частое обращение за медицинской помощью.

В этой группе пациентов этиологический повреждающий фактор в большинстве случаев был связан с выраженным грубым травмирующим агентом, механической травмой, укусом животного, ожогом, особенно химическим.

Характерной особенностью гипертрофических рубцов является наличие плотного, не эластичного, в виде жгута, возвышения, экзофита кожи, и как следствие, формирование в этой области деформации кожных покровов, которая может прогрессировать с ростом ребенка. Пример незрелого гипертрофического рубца приведен на рисунке 44.



Рис. 44. Больной К, 8 лет. Операционная травма.
Диагноз: Незрелый гипертрофический рубец
передней брюшной стенки после лапаротомии.

Рисунок 44. Незрелый гипертрофический рубец.

Для практической работы при использовании метода «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера, в группе пациентов с гипертрофическими рубцами, в зависимости от высоты экзофита кожи, над уровнем поверхности близлежащих неизмененных кожных покровов, условно были выделены четыре подгруппы, которые представлены в таблице № 9.

Таблица № 9. Подгруппы пациентов с гипертрофическими рубцами по высоте экзофита кожи.

Подгруппы пациентов с гипертрофическими рубцами	Количество пациентов
А) экзофит кожи от 0,5 до 1,0 мм	39 чел.
Б) экзофит кожи от 1,0 до 2,0 мм	23 чел.
В) экзофит кожи от 2,0 до 3,0 мм	7 чел.
Г) экзофит кожи более 3,0 мм	5 чел.
Всего	74 чел.

Нормотрофические рубцы, располагающиеся вровень с поверхностью окружающей кожи, и соответственно без экзофита, были представлены у меньшего количества пациентов, 24 человека.

В большинстве случаев при нормотрофических рубцах этиологическим повреждающим фактором являлась механическая локальная травма заостренным тупым или режущим предметом.

Снижение эластичности кожи, изменения цвета ее на более светлый тон, неравномерность ее поверхности в местах локализации нормотрофических рубцов, а также присутствие в некоторых случаях смешанного типа рубцовых изменений, обуславливали развитие у всех пациентов этой группы эстетического дискомфорта. Пример зрелого нормотрофического рубца приведен на рисунке 45.



Рис. 45. Больная Л, 7 лет. Механическая травма.
 Диагноз: Зрелый нормотрофический рубец в области лба.

Рисунок 45. Зрелый нормотрофический рубец.

Наличие атрофических рубцов имели место у небольшого количества 10 пациентов детского возраста. В основном это были плоские, площадные, «мраморные» рубцовые деформации кожи, где участки атрофической белесоватой рубцовой ткани, чередовались с участками или прожилками плоских нормотрофических рубцов, что придавало им мраморный вид, атрофические участки рубцовой ткани нередко присутствовали и в смешанных рубцах. Пример атрофического рубца приведен на рисунке 46.

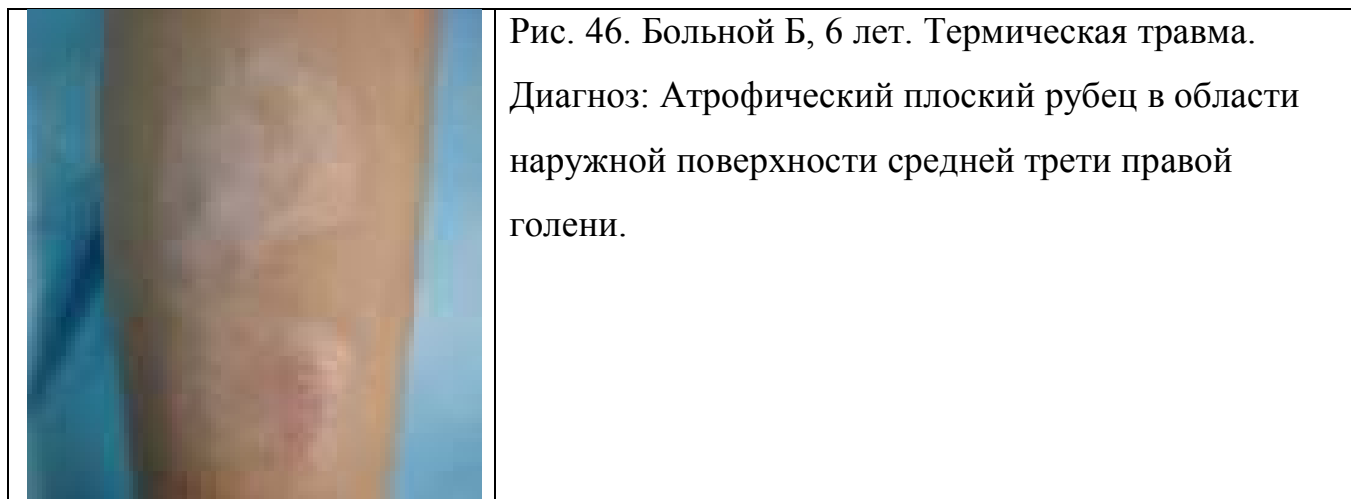


Рисунок 46. Атрофический рубец.

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 были пролонгированы. Данный факт определялся собственным состоянием ткани рубца, зависящим от конкретных особенностей индивидуума ребенка, а также от давности травматических повреждений. Отчетливой зависимости незрелости рубцовой ткани от характера травмы отмечено не было.

Таблица 10. Распределение пациентов по зрелой и незрелой форме 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

На момент обращения в клинику, почти в два раза было больше пациентов с незрелыми формами рубцов, причем у большинства из них преобладали гипертрофические рубцы, приведено в таблице № 10.

В половине случаев это было определено небольшой давностью травматических повреждений, менее 6 месяцев, а у второй половины пациентов незрелость гипертрофированного рубца сохранялась и до 1 года.

Зрелые и незрелые формы типов рубцов в соответствии с давностью травматических повреждений представлены в таблице № 11.

Таблица № 11. Распределение пациентов с незрелой формой типов рубцов, в соответствии с давностью травматических повреждений.

Количество пациентов	Давность травмы на момент обращения			
	До 3 месяцев	От 3 до 6 месяцев	От 6 до 12 месяцев	Всего
Незрелые формы рубцов				о
Гипертрофические рубцы	13	13	29	55
Нормотрофические рубцы	10	2	0	12
Итого	23	15	29	67

Незрелые гипертрофические рубцы в большинстве своем имели вид выступающего над поверхностью кожи жгута или тяжей, с относительно гладкой, слегка блестящей поверхностью. Цвет их был различный, от розового насыщенного оттенка, до интенсивно-красного и даже темно-фиолетового цвета. Над кожей во всех случаях присутствовала выступающая часть, которая нередко была шире основания и значительно подниматься над поверхностью кожи. В случае длительно сохраняющейся гипертрофии рубцовой ткани до года и более, под кожей визуально определялся усиленный сосудистый рисунок, создающий гиперемиию рубца. Тактильно при выраженной гипертрофии незрелых застарелых рубцов, давность травмы более 6 месяцев, и у свежих рубцов, менее 3 месяцев, отмечалась умеренная гипертермия, а также незначительная пальпаторная болезненность. При тактильном исследовании незрелых гипертрофических рубцов у всех пациентов определялось умеренное уплотнение рубцовой ткани, уменьшение эластичности кожи и некоторое ограничение подвижности в месте локализации рубца, по сравнению с окружающей неизменной кожей.

Примеры незрелых рубцов, гипертрофического и смешанного гипертрофического, нормотрофического типа представлены соответственно на рисунках 44 и 47.

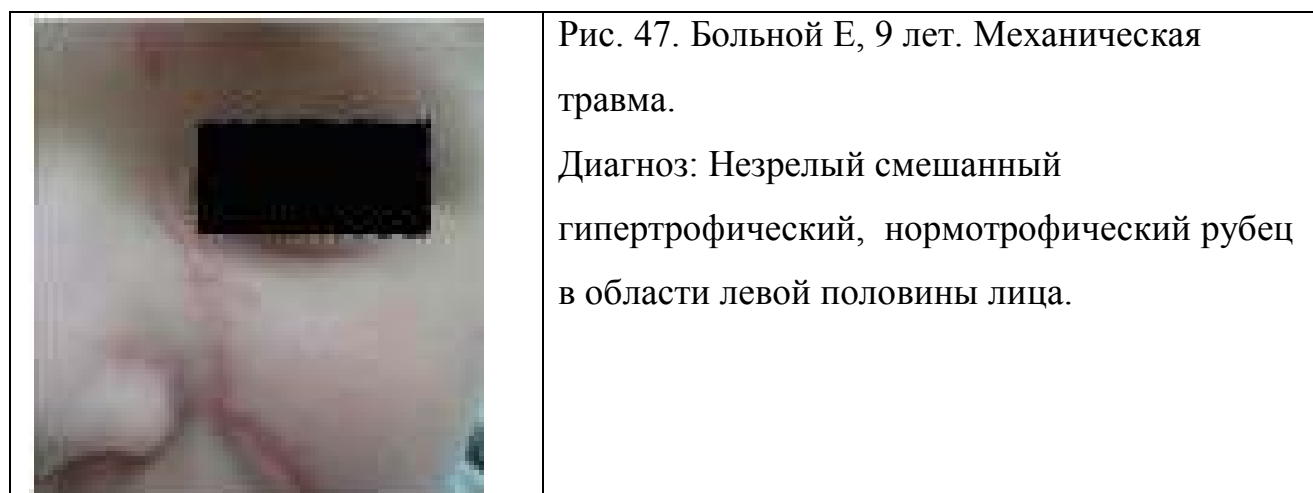


Рисунок 47. Незрелый смешанный гипертрофический, нормотрофический рубец.

В большинстве случаев незрелые формы нормотрофических рубцов, определял небольшой срок давности травматических повреждений, менее 3 месяцев у 10

детей, и только у 2-х давность травмы была не более 6 месяцев, приведено в таблице № 10.

Незрелые нормотрофические рубцы у всех пациентов в этой группе, были вровень с поверхностью кожи и имели вид розовой или красной полосы на месте травматического повреждения. Ширина их была различной, в большинстве от 0,5 см и до, местами не более 1,5 см. У некоторых пациентов на одном и том же рубце имели место проявления незрелого гипертрофического и незрелого нормотрофического рубцового процесса, рис.47

Атрофические рубцовые локальные изменения в составе смешанных и «мраморных» рубцовых деформаций у всех 6 пациентов на момент обращения носили в основном зрелый характер в организации рубцового процесса, в связи с большой давностью травматических повреждений термическим фактором, рис 46.

Рубцовые изменения кожных покровов имели линейный характер у 85 пациентов и площадной – у 23 детей. Линейные рубцы имели длину от 1 см до 15 см и более, при ширине от 0,5 см до 2,5 см, рис. 44 и 47.

Площадь измененной кожи, независимо от характера рубца, линейного или площадного, варьировала от самой незначительной, не более 1 кв.см., до обширной, занимающей на поверхности кожи до 20 кв.см. и более. Пример площадного атрофического рубца приведен на рисунке 48.

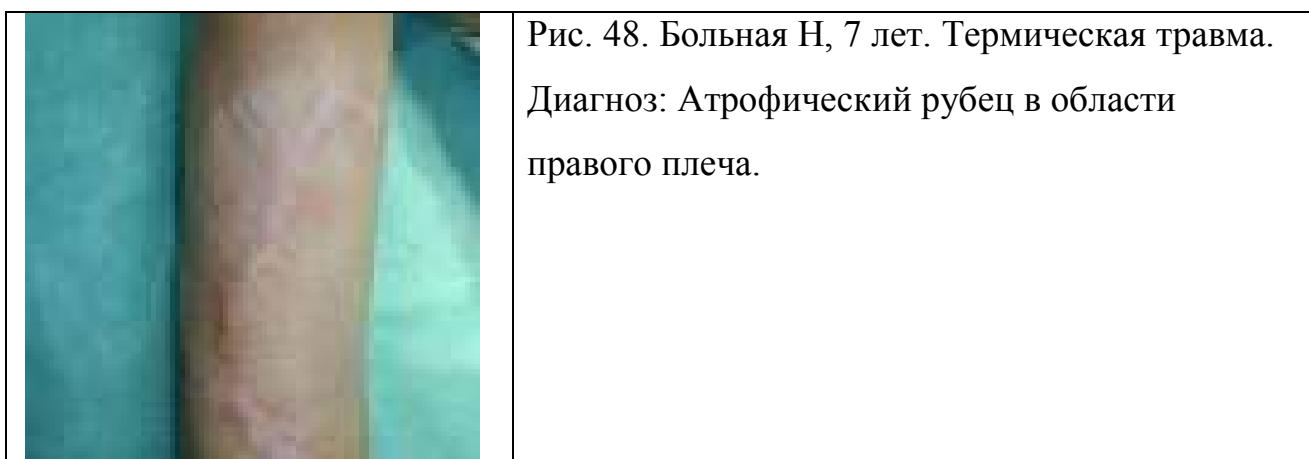


Рисунок 48. Площадной атрофический рубец.

Таким образом, анализ пациентов показал, что рубцовая деформация кожных покровов у детей представлена разнообразными типами и формами рубцов, характер которых и размеры непосредственно связаны с этиологией повреждающего фактора и давностью травмы. В связи с этим очевидно, что лечение рубцовой деформации кожи у детей является сложной проблемой, которая требует методологического подхода в дооперационный и послеоперационный период и адекватной хирургической коррекции методом «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера, что будет изложено в следующем разделе настоящего клинического исследования.

4.2. Методология ведения пациентов детского возраста с рубцовой деформацией кожных покровов со зрелыми и незрелыми формами различных типов рубцов

В виду того, что устранение рубцовой деформации кожных покровов у детей сложная, неоднозначная проблема, решение ее требует разработки методологии ведения данной категории пациентов на всех этапах лечения, включая дооперационный, операционный с использованием оптимизированного метода «лазерной» дермабразии и послеоперационный периоды.

Методология объединила комплекс последовательных диагностических, лечебных, терапевтических, хирургических и профилактических мероприятий на всех этапах ведения пациентов: в предоперационном, операционном и послеоперационном периодах.

Предоперационный период

Все дети, обратившиеся в клинику по поводу рубцовой деформации кожных покровов, подлежали первичному диагностическому осмотру с использованием субъективных и объективных диагностических методов. На основании данных анамнеза устанавливали механизм травмы и характер повреждающего

этиологического фактора, а также давность травматических повреждений. На основании клинических данных определяли тип рубца, а именно гипертрофический, нормотрофический или атрофический, а также форму рубца – зрелую или незрелую. Объективное подтверждение типа и формы рубца осуществляли на основании ультразвукового исследования рубцовой ткани. Критерии указанных исследований являлись одними из важнейших в оценке состояния рубцовой ткани, для определения дальнейшей тактики лечения пациентов.

В случае наличия желания ребенка или его родителей на проведение лечебных мероприятий с целью устранения рубцовой деформации кожных покровов, пациентам проводили комплексное диагностическое исследование, включающее клинические методы объективной оценки и расширенное ультразвуковое исследование состояния рубцов. Первоначальный характер внешних проявлений рубцовой деформации и отдельных рубцов кожных покровов фиксировали с помощью фотографического документирования и метода силиконовых реплик.

На основании данных клинического осмотра и результатов объективных диагностических исследований все пациенты, не зависимо от типа рубцов, подлежали разделению на две основные группы: первая группа со зрелыми формами различных типов рубцов и вторая с незрелыми формами. Данное разделение на две группы пациентов, с незрелыми и зрелыми формами рубцов, служило принципиальной основой для определения их дальнейшего ведения в предоперационный период и объема предоперационной подготовки перед хирургическим лечением методом «лазерной» дермабразии.

Особенности ведения пациентов со зрелыми формами различных типов рубцов в предоперационном периоде

Всем 41-му пациенту со зрелыми формами рубцов, гипертрофических (18 пациентов), нормотрофических (13 пациентов) и атрофических, «мраморных» (10 пациентов) типов рубцов (данные таблицы №10), выполняли вышеуказанные диагностические исследования и фиксацию первоначального состояния рубцовой

деформации и тканей рубцов. В дальнейшем проводили подготовку рубцовой ткани пациентов к хирургической коррекции методом «лазерной» дермабразии.

В период предоперационной подготовки, 12-ти пациентам из этой группы, ввиду наличия у них «высоких», с экзофитом кожи белее 2,0 мм, очень плотных и неэластичных гипертрофических рубцов, резко деформирующих кожные покровы, проводили превентивное физиотерапевтическое лечение, направленное на улучшение морфофункциональных процессов в области рубцовой деформации кожи, а также для размягчения рубцовой ткани. Каждому из 12-ти пациентов был выполнен курс электрофореза с лидазой, в количестве 10 сеансов, а затем 9-м из них еще и по одному курсу лазерной терапии излучением инфракрасного лазера в количестве 7 сеансов, в установленных режимах воздействия. Наряду с физиотерапевтическими методами всем 12-ти пациентам назначали местное медикаментозное аппликационное лечение гелем Контрактубекс в течение 1-го месяца.

После превентивного курсового предоперационного лечения было отмечено некоторое улучшение состояния рубцов, они стали более мягкие и немного эластичнее, а также слегка уменьшилась деформация окружающей их кожи, однако выраженного эффекта и определяемого снижения экзофита рубцов не было отмечено. Пациентам с нормотрофическим и атрофическим типом зрелых форм рубцов превентивный курс лечения в предоперационном периоде не проводили, в виде отсутствия обоснованных показаний. Длительность предоперационной подготовки пациентов со зрелыми формами различных типов рубцов занимала в среднем от одного до двух месяцев.

В процессе диагностических исследований и предоперационной подготовки ни у одного пациента со зрелыми гипертрофическими и нормотрофическими рубца не было выявлено противопоказаний для хирургического устранения рубцовой деформации кожных покровов методом «лазерной» дермабразии.

В процессе подготовительного предоперационного периода, на основании результатов субъективной и объективной диагностической оценки рубцов, для

каждого пациента был запланирован индивидуальный план необходимого хирургического лечения, с выбором оптимально возможного для конкретного случая варианта метода оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера о чем будет сказано в соответствующем разделе работы.

Особенности ведения и комплекс лечебных мероприятий для пациентов с незрелыми формами различных типов рубцов в предоперационном периоде

Группа пациентов с незрелыми формами различных типов рубцов состояла из 67 пациентов, из них большинство 56 пациентов с незрелыми гипертрофическими рубцами и 11 детей с незрелыми нормотрофическими рубцами (данные таблицы № 10). Всем им были выполнены субъективные и объективные, включая ультразвуковую диагностику, исследования, указанные выше, а также фиксация первоначального состояния рубцовой деформации и отдельных рубцов фотографической документацией и методом силиконовых реплик. Во всех случаях указанных типов рубцов у 67 детей, на основании результатов диагностических исследований, было подтверждено наличие незрелого характера рубцового процесса. Данный факт являлся абсолютным противопоказанием для хирургической коррекции рубцовой деформации у данной группы пациентов на момент обращения в клинику.

Больше чем у половины из всех пациентов с незрелыми формами рубцов давность травматических повреждений была меньше 6 месяцев, у трети – менее 3 месяцев. В группе пациентов с незрелыми гипертрофическими рубцами половина пациентов имела достаточно большую давность травмы, в период от 12 до 6 месяцев, а другая половина менее 6 месяцев. Распределение пациентов с незрелой формой двух рассматриваемых типов рубцов, в соответствии с давностью травматических повреждений, представлено в таблице № 10. Наличие незрелого характера рубцового процесса у большинства пациентов, в некоторой степени была обусловлена небольшой давностью травматических повреждений.

В связи с этим, пациенты с незрелой формой гипертрофического и нормотрофического типа рубцов, особенно нуждались в последовательной и адекватной предоперационной подготовке, направленной на терапевтическую коррекцию и скорейшее созревание рубцовой ткани, а также профилактику еще большей гипертрофии рубцов при гипертрофическом типе и недопущении ее развития при нормотрофическом типе рубцов.

Предоперационная подготовка пациентов с незрелыми формами гипертрофического и нормотрофического типа включала комплекс лечебных и контрольных диагностических мероприятий, проводимых в течение всего периода до хирургического устранения методом «лазерной» дермабразии рубцовой деформации кожи. Только после достижения желаемого результата и подтверждения диагностическими методами созревания рубцовой ткани ставили вопрос о хирургической коррекции и поведении дальнейшего соответствующего предоперационного обследования в установленной форме.

Комплекс мероприятий проводимых пациентам с незрелой формой рубцов при наличии соответствующих показаний включал физиотерапевтическое, местное медикаментозное аппликационное и инъекционное лечение.

Пациентам с незрелыми формами гипертрофического и нормотрофического типа рубцов в обязательном порядке проводили курсами физиотерапевтическое лечение, причем при гипертрофическом типе, в соответствии с показаниями, физиотерапию назначали неоднократно.

Количество назначений курсов физиотерапии непосредственно определялось объективными критериями, давностью травмы, незрелостью формы рубца и выраженностью гипертрофических проявлений. Пациенты с меньшей давностью травматических повреждений, с более незрелой формой рубцов, а также при более выраженной их гипертрофии получали больше курсовых сеансов физиолечения, в соответствии с клиническими показаниями. Физиотерапия включала методы лекарственного электрофореза с гидрокортизоном, который чередовали с курсовым назначением электрофореза с препаратом лидазы.

Физиотерапевтические методы лазерной терапии низкоинтенсивным инфракрасным излучением полупроводниковых лазеров проводили пациентам, у которых сохранялась выраженная незрелость рубцовой ткани и значительная ее гипертрофия при сроках давности травмы более 6 месяцев. Повторяемость курсов физиотерапии не зависимо от ее вида назначали не ранее через 1-2 месяцев с момента окончания предыдущего физиолечения.

На протяжении всего периода предоперационной подготовки, не зависимо от физиотерапевтического лечения, пациенты получали местное медикаментозное аппликационное лечение препаратом Контрактубекс – гель, а при значительной выраженности гипертрофии незрелых рубцов с окклюзионной повязкой в ночное время. Длительность лечения препаратом Контрактубекс назначали в соответствии с показаниями по 4-е недели с 2-х недельным интервалом, на период от 3 до 6 месяцев.

Инъекционное внутритканевое лечение незрелых гипертрофированных рубцов осуществляли в случае отсутствия положительного эффекта при использовании других вышеуказанных методов и выполняли его между курсами физиотерапевтического лечения или по его завершению.

Медикаментозное инъекционное лечение проводили пациентам с выраженным экзофитом, более 2,0 мм, гипертрофированного незрелого рубца, локализующегося на небольшом протяжении до 5 – 10 см, препаратами кеналог и флостерон, на основе кортикостероида – бетаметазона. Введение препарата кеналог и флостерон в ткань рубца одновременно осуществляли по его длине на небольшом протяжении, не более 5 см, при этом средний объем вводимого препарата был от 0,3 мл и не более 0,5 мл, в разведении 1:1 с раствором новокаина 2%.

В процессе предоперационной подготовки, в среднем длившейся от 3 до 6 месяцев, комплекс лечебных мероприятий, у пациентов с незрелой формой гипертрофического и нормотрофического типов рубцов обеспечил хороший положительный результат у 45 человек (67 %), у остальных 22 (33 %) детей была

отмечена положительная динамика и продолжена предоперационная подготовка. Ни у одного ребенка ухудшений со стороны рубцовой ткани не было. Данный факт был установлен на основании динамического клинического наблюдения и результатов контрольных объективных методов исследования, подтвердивших положительную динамику созревания рубцовой ткани и значительное уменьшение гипертрофии рубцов. Результаты лечения пациентов с незрелыми формами гипертрофического и нормотрофического типа рубцов в объеме предоперационной подготовки представлены в таблице № 12.

Таблица № 12. Результаты предоперационной подготовки пациентов с незрелыми формами гипертрофического и нормотрофического типа рубцов.

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

Таким образом, комплекса последовательных лечебных мероприятий, направленных на улучшение состояния рубцовой ткани, созревание ее, и подготовки рубцовой деформации кожных покровов к хирургической коррекции методом «лазерной» дермабразии, несомненно, оправдала себя у пациентов с незрелыми формами гипертрофических и нормотрофических типов рубцов. Результат предоперационной подготовки пациента с незрелым гипертрофическим рубцом представлен на рисунках 49 (А, Б, В, Г, Д, Е) и 50 (А, Б).

Рисунок 49. (А,Б) 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).

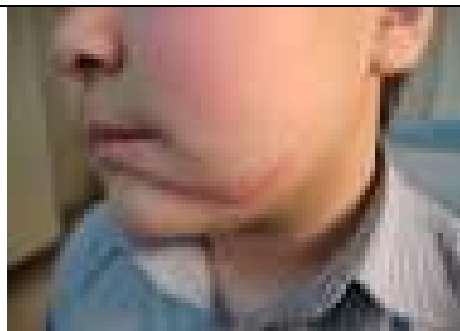


Рисунок 49 (А). До предоперационной подготовки.

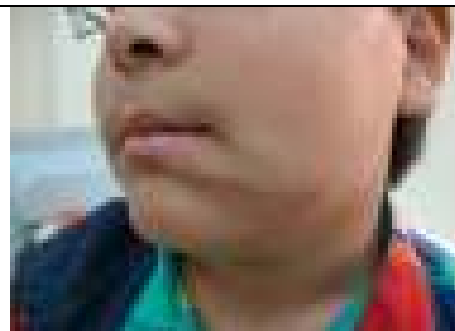


Рисунок 49 (Б). После предоперационной подготовки.



Рисунок 49 (В). УЗИ рубца до предоперационной подготовки.



Рисунок 49 (Г). УЗИ рубца после предоперационной подготовки.



Рис. 49 (Д). Поперечный срез прямой силиконовой реплики рубца до предоперационной подготовки.



Рис. 49 (Е). Поперечный срез прямой силиконовой реплики рубца до предоперационной подготовки.

Рисунок. 50. (А,Б) Больной А, 7 лет. Химический ожог. Давность травмы: четыре месяца назад.

Диагноз: Множественные гипертрофические рубцы лица, шеи, области левого надплечья, передней поверхности правого плеча, внутренней поверхности правого и левого предплечий, тыла правой кисти, и тыла левой стопы.

Проведено три курса физиотерапевтического лечения (один курс - электрофорез с гидрокортизоном, два курса - электрофорез с лидазой).

Инъекционное, трех кратное, внутритканевое введение кортикостероидов – препарат кеналог. Аппликации с гелем контрактубекс.



Рисунок 50 (А). До предоперационной подготовки



Рисунок 50 (Б). После предоперационной подготовки.

После достижения желаемого клинического результата созревания рубцовой ткани, подтвержденного объективными диагностическими методами ультразвукового исследования и методом силиконовых реплик, решали вопрос о хирургическом лечении методом «лазерной» дермабразии. Выбор метода оптимизированной «лазерной» дермабразии, планировали в индивидуальном порядке на основании объективной оценки рубцовой деформации кожных покровов и в соответствии с особенностями пациентов детского возраста, что будет изложено в следующем разделе настоящего исследования.

4.3. Операция «лазерная» дермабразия излучением импульсно-периодического СО₂ лазера для устранения рубцовой деформации кожных покровов у детей

Целесообразность и перспектива практического использования оптимизированного метода «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера для устранения рубцовой деформации кожных покровов у детей были обоснованы в экспериментальной главе настоящего исследования.

4.3.1. Показания и противопоказания для использования операции «лазерной» дермабразии у пациентов детского возраста с рубцовой деформацией кожных покровов

Все пациенты детского возраста исследуемой группы, вместе с родителями обратились в клинику для решения имеющейся у них проблемы и устранения посттравматической рубцовой деформации кожных покровов, которая причиняла им эстетический и психологический дискомфорт. Поэтому основным условием является наличие желания ребенка или его родителей в устранении рубцовой деформации кожных покровов. С клинической точки зрения на основе объективных критериев были определены показания и противопоказания к устранению рубцовой деформации кожных покровов у детей хирургической коррекцией методом «лазерной» дермабразии, реализуемой излучением импульсно-периодического СО₂ лазера.

Показания к устранению рубцовой деформации кожи методом «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера.

1. Наличие различного этиологического фактора рубцовых деформаций кожи лица, тела и конечностей у пациентов детского возраста.

2. Зрелая форма гипертрофического типа рубцов.
3. Зрелая форма нормотрофического типа рубцов.
4. Атрофический тип рубцов, включая «мраморные».
5. Зрелые формы смешанных типов рубцов.

Противопоказания к применения методом «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера при устранении рубцовой деформации кожи у детей.

Абсолютные противопоказания

1. Наличие общего соматического заболевания, при котором противопоказано выполнение любого планового оперативного лечения.
2. Активные формы инфекционных заболеваний, гепатит, СПИД, сифилис, туберкулез и другие.

Относительные противопоказания

1. Наличие незрелой формы гипертрофического, нормотрофического типа рубцов.
2. Смешанный тип рубцов с наличием незрелой формы какого-либо типа рубца.
3. Келоидный тип рубцов.
4. Наличие выраженной рубцовой контрактуры суставов конечностей.
5. Воспалительный процесс инфекционной или вирусной этиологии кожных покровов.

4.3.2. Методика оптимизированной «лазерной» дермабразии импульсно-периодическим СО₂ лазером

Экспериментальные исследования, выполненные и изложенные в предыдущей главе определили оптимальные параметры режимов абляции и скорости сканирования излучения импульсно-периодического СО₂ лазера для реализации прецизионной, послойной и с минимальным термическим повреждением

«лазерной» дермабразии и определили перспективу применения метода в клинических условиях для эффективного устранения рубцовой деформации кожных покровов.

Экспериментально было установлено, что для клинического применения «лазерной» дермабразии оптимальными параметрами режима абляции импульсно-периодического СО₂ лазера являются: энергия в импульсе 20 мДж и 30 мДж, при количестве импульсов от 1-го и не более 10-ти в одну точку, при частоте следования импульсов от 1-го до 10 Гц со скоростью сканирования, соответственно, от 1 мм/сек. до 10 мм/сек., при диаметре пятна на поверхности ткани 0.8-1мм. Режимы абляции энергетически более емкие; 40 мДж, при частоте 25 Гц и 50 Гц, и скорости сканирования около 10 мм/сек., могут быть использованы для более глубокой абляции, «лазерной» дермабразии, кожных покровов, при которой возможно удаление рубцовых тканей кожи на всю толщину эпидермиса и дермы.

Экспериментально было определено, что при энергии в импульсе 30 мДж, частоте следования импульсов 1 Гц, при одном проходе со скоростью сканирования 1 мм в секунду, абляции подвергается слой эпидермиса глубиной до 0,01 мм (10 мкм), а при увеличении проходов до 10, приблизительно до 0,1 мм (100 мкм); этот же эффект абляции большей глубины можно получить при однократном проходе с частотой следования импульсов 10 Гц, при скорости сканирования порядка 1 мм в секунду.

Для клинического применения, режимы абляции оптимизированной «лазерной» дермабразии формировали с учетом средней толщины кожи человека, составляющей от 1,0 мм до 3,0 мм; эпидермиса - от 0,06 до 0,15 мм, и рогового его слоя от 0,025 до 0,05 мм, а также возрастных особенностей кожных покровов пациентов более раннего детского возраста, у которых толщиной слоев кожи в 1,5 – 3 раза меньше, но при этом значительно большее содержание воды и выше регенеративной активностью базального слоя эпидермиса.

Параметры режимов абляции и скорости сканирования излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, а также корреляция их с размерами толщины слоев кожи человека служили основой для формирования режимов абляции оптимизированного метода операции «лазерной» дермабразии для устранения рубцовой деформации кожных покровов у пациентов детского возраста.

Для целей устранения разных типов рубцов у пациентов детского возраста было определено и сформировано пять режимов абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, целесообразных для реализации оптимизированной «лазерной» дермабразии при клиническом применении метода.

Параметры абляционных режимов излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, для реализации «лазерной» дермабразии в клинических условиях.

Режим абляции № 1: энергия в импульсе **20 мДж**, частота следования импульсов от **1 Гц, 5 Гц и 10 Гц**, скорость сканирования, соответственно, от 1 мм/сек. до 10 мм/сек., диаметр пятна на поверхности ткани 0.8-1мм, количестве проходов от 1-го и не более 10-ти в зоне обработки.

Режим абляции № 2: энергия в импульсе **30 мДж**, частоте следования импульсов от **1 Гц, 5 Гц и 10 Гц**, скорость сканирования, соответственно, от 1 мм/сек. до 10 мм/сек., диаметр пятна на поверхности ткани 0.8-1мм, количестве проходов от 1-го и не более 10-ти в зоне обработки.

Режим абляции № 3: энергия в импульсе **20 мДж**, частоте следования импульсов **25 Гц, 50 Гц**, скоростью сканирования, соответственно, от 1 мм/сек. до 10 мм/сек., диаметр пятна на поверхности ткани 0.8-1мм, количестве проходов от 1-го и не более 10-ти в зоне обработки.

Режим абляции № 4: энергия в импульсе **30 мДж**, частоте следования импульсов

25 Гц, 50 Гц, скоростью сканирования, соответственно, от 1 мм/сек. до 10 мм/сек., диаметр пятна на поверхности ткани 0.8-1мм, количестве проходов от 1-го и не более 10-ти в зоне обработки.

Режим абляции № 5: энергия в импульсе 40 мДж, частоте следования импульсов

10 Гц, 25 Гц, 50 Гц, скоростью сканирования, соответственно, от 1 мм/сек. до 10 мм/сек., диаметр пятна на поверхности ткани 0.8-1мм, количестве проходов от 1-го и не более 10-ти в зоне обработки.

Оптимальными режимами абляции импульсно-периодического СО₂ лазера для реализации «лазерной» дермабразии в клинических условиях, как было установлено в экспериментальной главе настоящей работы, являются **режимы абляции № 1 и № 2**. Применение этих режимов позволяет осуществить послойное, на заданную глубину, удаление рубцовых измененных структур эпидермиса с гарантией отсутствия повреждения его росткового базального слоя, и возможности не только краевой, но и центральной эпителизации послеоперационных ран. Поэтому эти режимы абляции, являющиеся наиболее щадящими, возможно использовать и у пациентов более раннего детского возраста.

Режимы абляции №3 предназначается для удаления более грубых и глубоких рубцовых изменений кожи, но его использование также позволяет сохранить ростковые структуры эпидермиса кожи и соответственно возможность центральной эпителизации. Данный режим у пациентов более раннего детского возраста использование возможно только в исключительных случаях и при локальном воздействии на минимальной площади.

Режимы абляции №4 по эффекту абляции кожи является сходным с предыдущим режимом, но при большей энергии обеспечивает удаление значительно более глубоко расположенных рубцовых тканей кожи, вплоть до поверхностных слоев дермы. Этот режим показано использовать при выраженных грубых и значительной высоты и глубины рубцах; эпителизация послеоперационных ран преимущественно с краев, но локально может быть частично сохраненной и центрального характера.

Режимы абляции №5 может быть использованным для абляции рубцовых тканей, распространяющихся на все слои эпидермиса и дермы, а также для рассечения рубцовой ткани в местах рубцовой контракции кожи. Эпителизация происходит с краев, в виду повреждения или полного удаления росткового слоя эпидермиса в зоне абляции.

Таким образом, рекомендуемыми для пациентов в возрасте до 8 лет наиболее оптимальными режимами абляции являются **режим №1, №2**, обладающие хорошим эффектом абляции и строго дозированной ее глубиной, а также гарантирующие отсутствие повреждения зоны роста эпидермиса. Применение **режимов №4 и №5** у детей более раннего возраста до 8 лет может быть показано только в исключительных случаях, при наличии соответствующих клинических показаний.

Общие принципы техники «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера при устранении рубцовой деформации кожи у детей

Все этапы операции «лазерной» дермабразии выполняли в условиях амбулаторной операционной с соблюдением всех правил асептики и антисептики.

Обезболивание – местная аппликационная анестезия препаратом ЭМЛА 5% - мазь, содержащую в составе анестетики лидокаин и прилокаин. В месте предполагаемого выполнения дермабразии мазь ЭМЛА накладывали на кожу, с экспозицией под окклюзионной повязкой не менее чем на 50 минут.

Пробная «лазерная» дермабразия

Всем пациентам предварительно, перед основной операцией, «лазерной» дермабразией, проводили пробы «лазерной» дермабразии, в количестве от 1 до 5, на различного характера изменения поверхности одного типа рубца, или на различные типы рубцов в составе смешанных. При пробной «лазерной» дермабразии, в соответствии с показаниями, использовали один, два или более режимов абляции на разные участки рубцово-деформированной кожи. Размер площади одной «лазерной» пробы не превышал 1 – 2 кв.см. Наблюдение за

пробами осуществляли в течение не менее двух месяцев. При положительных результатах, таковые были во всех случаях наблюдений, выбирали необходимые режимы абляции для данного конкретного клинического случая и переходили к выполнению основных этапов операции «лазерной» дермабразии.

Собственно «лазерная» дермабразия

Операцию «лазерную» дермабразию во всех случаях выполняли в режиме ручного сканирования лазерного луча по обрабатываемой поверхности кожного покрова, при этом сохраняя относительно постоянным расстояние, составляющее 1,0 – 2,0 мм, от конца лазерной указки до поверхности кожи. Сначала обработку поверхности кожи проводили в режиме однократного сканирования, с применением одного из выбранных оптимальных абляционных режимов, например 30 мДж, с перекрытием на 0,25 площади пятен воздействия, при небольшой частоте следования импульсов (1 Герц), со скоростью сканирования 0,75 – 1,0 мм в секунду, для возможности визуального контроля области перекрытия.

На поверхности кожи формировали параллельные линейные полосы, состоящие из последовательно организованных пятен лазерного воздействия, почти с ровным линейным краем. При этом ширина одной полосы имела диаметр пятна лазерного излучения 0,8 – 1,0 мм, длина от 20 мм до 50 мм и более мм.

При необходимости обработки более широкой зоны, параллельно друг другу располагали несколько аналогичных полос, со смещением в них пятен относительно друг друга на 0,5 их диаметра. Ширину зоны лазерной абляции формировали в среднем не более 20 мм, а длину не более 100 мм, соответственно эти параметры определяли площадь лазерной однослойной абляции, которая в одной зоне не превышала, в среднем 2000 кв. мм.

Во время «лазерной» дермабразии такая техника сканирования излучения импульсно-периодического СО₂ лазера позволяла обеспечить равномерную и полную обработку участка поверхности кожи при одном проходе в режиме однослойной послойной абляции на глубину, соответствующую абляции одним

импульсом, а так же с увеличением количества проходов, то есть абляционных слоев, достичь большей глубины абляции тканей в зоне воздействия, при этом с сохранением гарантии отрицательного действия на подлежащие тканевые структуры.

В зависимости от наличия тех или иных клинических показаний: тип рубца, его экзофит, ширина, глубина, и площадь, был определен выбор использования выше приведенных режимов абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, для реализации оптимизированной методики «лазерной» дермабразии и устранения рубцовой деформации кожных покровов у пациентов детского возраста.

Показания для выбора режимов абляции оптимизированной «лазерной» дермабразии для хирургической коррекции различного типа рубцов

В настоящем клиническом исследовании метод оптимизированной «лазерной» дермабразии был адаптирован для устранения рубцовой деформации кожных покровов у пациентов детского возраста, с целью сохранения ростковых структур кожи и возможности не только краевой, но и центральной реэпителизации.

Перед выполнением лазерной дермабразии в индивидуальном порядке для конкретного клинического случая и на основании результатов лазерных проб, выбирали из пяти режимов, указанных выше, необходимый режим абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера. Операцию «лазерную» дермабразию выполняли в режиме сканирования излучения импульсно-периодического СО₂ лазера с определенными для конкретной клинической задачи режимами абляции. Выбор режимов абляции для реализации «лазерной» дермабразии был определен типом рубцов и характером рубцовых изменений кожных покровов, а также стремлением при наиболее щадящей операционной травме получить оптимально возможный клинический и эстетический результат у пациентов детского возраста. Поэтому у большинства пациентов операция «лазерная» дермабразия была выполнена в щадящем режиме, с неоднократным, поэтапным и последовательным устранением рубцовой деформации кожных

покровов, так как, характер рубцовых изменений и размеры линейных и площадных рубцов не позволяли одновременно осуществить их устранение.

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, нормотрофический и атрофический типы. Группа пациентов из 54 человек, с гипертрофическими рубцами, была разделена на четыре подгруппы, в соответствии с высотой экзофита рубца кожи. Распределение количества операций и оперированных методом «лазерной» дермабразии пациентов по поводу рубцовой деформации кожных покровов представлено в таблице № 13.

Таблица № 13. Распределение оперированных пациентов и операций по группам типов рубцов.

Типовые группы рубцов	Кол-во пациент ов	Кол-во «лазерны х» проб	Общее кол- во «лазерных» дермабрази й	Среднее кол-во операций на 1-го пациента
Гипертрофический тип	54	119	98	1,8
А) экзофит кожи от 0,5 до 1,0 мм	31	46	41	1,3
Б) экзофит кожи от 1,0 до 2,0 мм	15	38	30	2,0
В) экзофит кожи от 2,0 до 3,0 мм	5	18	15	3,0
Г) экзофит кожи более 3,0 мм	3	15	12	4,0
Нормотрофический тип	26	44	42	1,6
Атрофический тип, («мраморные»)	10	30	33	3,3
Итого	90	193	173	1,9

В группе пациентов с гипертрофическим типом рубцов было оперировано методом «лазерной» дермабразии 54 человека и им выполнено 98 оперативных коррекций, в среднем по 1,8 «лазерной» дермабразии, до достижения, удовлетворяющего всех клинического и эстетического результата (таблица № 13).

Гипертрофический тип рубцов является самым сложным и технически трудным для оптимальной хирургической коррекции. Сложность их устранения или коррекции, определяется наличием разной высоты экзофита кожи, то есть элевации кожи рубцовой тканью. Поэтому при «лазерной» дермабразии необходимо абляцией удалить избыточную рубцовую ткань с максимально возможным не повреждением остающихся тканей. Очевидно, что при этом неизбежно удаляется кожа, покрывающая рубец. В связи с этим, ограничена площадь, подлежащая абляции, особенно ширина полосы испарения, не более 1,0 см.

Режимы абляции, «лазерной» дермабразии, для устранения гипертрофических рубцов, особенно при значительной высоте экзофита кожи и глубине распространения рубцовой ткани, были использованы энергетически более емкие, но одновременно термически щадящие, что очень важно для детей. Все это обуславливало необходимость выполнения повторных и поэтапных хирургических коррекций методом «лазерной» дермабразии при всех типах рубцовых деформаций кожных покровов, особенно с гипертрофическим типом рубцов. Режимы абляции, «лазерной» дермабразии, используемые для устранения гипертрофических рубцов с разной высотой экзофита кожи, а также нормотрофических и атрофических рубцов и средние сроки эпителизации послеоперационных ран представлены в таблице № 14.

Таблица № 14. Режимы абляции «лазерной» дермабразии для устранения различных типов рубцов и сроки эпителизации послеоперационных ран.

Тип рубца	Режимы абляции «лазерной» дермабразии	Средние сроки эпителизации абляционных ран (сутки)
1) Гипертрофический тип	№1, №2, №3	7-10
А) экзофит кожи от 0,5 до 1,0 мм	№2, №3, №4	10-14
Б) экзофит кожи от 1,0 до 2,0 мм	№2, №4, №5	18-21
В) экзофит кожи от 2,0 до 3,0 мм	№2, №5	21-30
Г) экзофит кожи более 3,0 мм	№1, №2, №4	10-14
2) Нормотрофический тип	№1, №2	7-10
3) Атрофический тип (мраморный)		

Из таблицы № 14 следует, что при одном и том же типе рубца, а также в случае гипертрофированного типа с различным экзофитом кожи использовали несколько режимов абляции «лазерной» дермабразии. Это связано с неравномерной высотой экзофита кожи и различной глубиной локализации рубцовой ткани в толщине кожного покрова, что требовало выбора режима абляции на разных участках одного и того же рубца.

Интраоперационная обработка раневой абляционной поверхности.

После выполнения любого этапа «лазерной» дермабразии выполняли обработку послеоперационной раневой поверхности, концентрированным 5% раствором перманганата калия, для усиления антибактериальной защиты очень тонкой и нежной коагуляционной лазерной пленки покрывающей

послеоперационную рану, образовавшуюся в результате лазерного воздействия. Затем накладывали асептическую марлевую повязку.

4.4. Особенности ведения пациентов в послеоперационном периоде

В течение всего послеоперационного периода все оперированные методом «лазерной» дермабразии пациенты находились под амбулаторным наблюдением. Послеоперационную рану вели под «корочкой», которую усиливали на каждой перевязке концентрированным 5% раствором перманганата калия. После отторжения корочки, не зависимо от наличия или отсутствия полной эпителизации послеоперационной раны, на раневую поверхность накладывали мазевые повязки с мазью солкосерил или актовегин, для ускорения процессов регенерации и соответственно эпителизации. После полной эпителизации раны, использовали гель контрактубекс или дерматикс в течение 1-2 месяцев, с целью профилактики образования гипертрофированного рубца.

Послеоперационные сроки заживления абляционных ран были непосредственно связаны с используемыми режимами абляции «лазерной» дермабразии, а также зависели от площади и глубины выполненной абляции и индивидуальных особенностей тканей кожных покровов пациентов.

Эпителизация послеоперационной раневой абляционной поверхности, занимала в среднем от 7 до 14 суток, и только при самых энергетически активных режимах абляции период репарации ран был больше и полностью завершался к 21 - 30 суткам. Для пациентов детского возраста особенно важно, что при использовании оптимальных, щадящих ростковые структуры кожи, режимах абляции, от №1, №2 и № 3 эпителизация осуществляется одновременно центральная и краевая и поэтому репарация абляционных ран полностью заканчивалась к 7- 10 суткам после операции. Средние сроки эпителизации послеоперационных ран в зависимости от используемых режимов абляции

«лазерной» дермабразии при различных типах рубцов представлены в таблице № 14.

На протяжении всего ближайшего послеоперационного периода воспалительные проявления в окружающих абляционную рану тканях не отмечались, а также ни у одного пациента осложнений отмечено не было. Сохранялась только длительно эритема молодой кожи в местах обработки, наличие которой соответствовало физиологическим срокам течения раневого процесса.

Всех оперированных пациентов наблюдали не только в течение ближайшего послеоперационного периода до месяца, но и в отдаленные сроки после дермабразии. Периодические, не реже одного раза в месяц, в период до 3 месяцев, а далее в 6 месяцев и в 12 месяцев, проводили контрольный клинический осмотр, а также, по показаниям, объективные методы фиксации результатов «лазерной» дермабразии: фотографическое документирование, ультразвуковое исследование и методом силиконовых реплик.

Примеры результатов лечения представлены на рисунках 51 (А,Б,В,Г,Д,Е,Ж), 52 (А,Б,В,Г,Д,Е,Ж,И,К,Л), 53 (А,Б), 54 (А,Б), 55 (А,Б,В).

Повторные этапы «лазерной» дермабразии, выполняли не ранее чем через 3 месяца от предыдущего операционного этапа, при наличии соответствующих клинических и эстетических показаний.

Показаниями для продолжения хирургического лечения являлось наличие после выполненной ранее «лазерной» дермабразии остаточных проявлений рубцовой деформации кожи, либо не обработанные ранее ее участки, в виду большой площади или глубины рубцовых изменений, что непосредственно взаимосвязано с типом рубцов. (Таблица № 13).

Неоднократность этапов «лазерной» дермабразии объясняется корректным, щадящим подходом к решению хирургического устранения методом «лазерной» дермабразии рубцовой деформации кожи у пациентов детского возраста, при

наименьшей операционной травме получить хороший клинический и эстетический результат.

4.5. Результаты оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера при устранении рубцовой деформации кожных покровов у детей

В результате выполнения нескольких этапов «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ 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 оценку результатов клинической и эстетической эффективности «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера при устранении посттравматических и послеожоговых рубцовых деформаций кожи у детей проводили на основании окончательных результатов завершеного лечения, а также и на этапах продолжения его при разных типах рубцов. Положительные результаты лечения оценивали на основании субъективного мнения пациента детского возраста и его родителей, а также лечащего медицинского персонала, и на основании контрольных результатов объективизации состояния рубцов, фотографическое документирование, ультразвуковое исследование, метод силиконовых реплик.

Оценка результатов «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера после окончания лечения, а также на этапе его продолжения представлена в таблице № 15.

Таблица № 15. Результаты эффективности «лазерной» дермабразии.

Тип рубца	Всего пациентов	Лечение закончено хороший результат		На этапе лечения, положительная динамика	
		Кол-во пациентов	%	Кол-во пациентов	%
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%

На основании данных таблицы № 15, очевидно, что у всех оперированных пациентов «лазерной» дермабразией, несомненно, наличие положительной клинической и эстетической составляющей результатов лечения рубцовой деформации кожи у детей. Клиническое и эстетическое улучшение результата «лазерной» дермабразии было представлено разглаживанием поверхности кожи, и уменьшением ее деформации, за счет снижения высоты деформирующих ее поверхность рубцов и восстановления визуальной нормальной кожной структуры. Осложнений ни у одного ребенка не было отмечено.

Примеры клинической и эстетической эффективности «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера приведены на рисунках 51 (А,Б,В,Г,Д,Е,Ж), 52 (А,Б,В,Г,Д,Е,Ж,И,К,Л), 53 (А,Б), 54 (А,Б), 55 (А,Б,В).

Рисунок 51. (А,Б,В,Г,Д,Е,Ж) Больной Д., 16 лет. Механическая травма.

Давность травмы: 12 месяцев назад.

Диагноз: Незрелый гипертрофический рубец нижней губы.



Рисунок 51 (А). На момент обращения

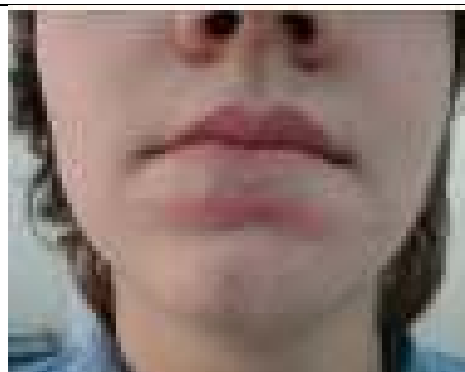


Рисунок 51 (Б). Через 4 месяца после последнего этапа «лазерной» дермабразии



Рисунок 51 (В) УЗИ рубца до «лазерной» дермабразии

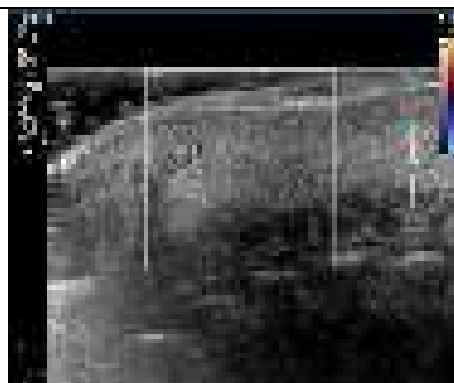


Рисунок 51 (Г). УЗИ рубца после «лазерной» дермабразии

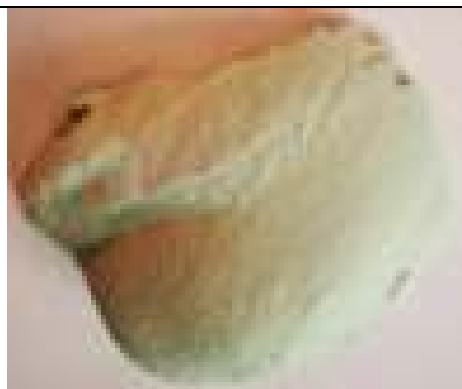


Рисунок 51 (Д). Общий вид прямой силиконовой реплики перед проведением лазерной дермабразии.

	
<p>Рисунок 51 (Е). Поперечный срез прямой силиконовой реплики области рубца до «лазерной» дермабразии.</p>	<p>Рисунок 51 (Ж). Поперечный срез прямой силиконовой реплики области рубца после «лазерной» дермабразии</p>

<p>Рисунок 52 (А,Б,В,Г,Д,Е,Ж,И,К,Л) Больной А., 7 лет. Химический ожог. Давность травмы: 4 месяца назад. Диагноз: Множественные гипертрофические рубцы лица, шеи, области левого надплечья, передней поверхности правого плеча, внутренней поверхности правого и левого предплечий, тыла правой кисти, и тыла левой стопы.</p>	
	
<p>Рисунок 52 (А). На момент обращения.</p>	<p>Рисунок 52 (Б). После «лазерной» дермабразии через 6 месяцев.</p>

	
<p>Рисунок 52 (В). УЗИ рубца до «лазерной» дермабразии</p>	<p>Рисунок 52 (Г). УЗИ рубца после «лазерной» дермабразии</p>
	
<p>Рисунок 52 (Д). Поперечный срез прямой силиконовой реплики рубца до «лазерной» дермабразии</p>	<p>Рисунок 52 (Е). Поперечный срез прямой силиконовой реплики рубца после «лазерной» дермабразии</p>
	
<p>Рисунок 52 (Ж). На момент обращения.</p>	<p>Рисунок 52 (И). После «лазерной» дермабразии через 8 месяцев.</p>

	
<p>Рисунок 52 (К). На момент обращения.</p>	<p>Рисунок 52 (Л). После «лазерной» дермабразии через 12 месяцев.</p>

<p>Рисунок 53 (А,Б). Больной Г, 16 лет. Механическая травма. Давность травмы: 7 месяцев назад. Диагноз: Посттравматический нормотрофический рубец правой щеки.</p>	
	
<p>Рисунок 53 (А). На момент обращения.</p>	<p>Рисунок 53 (Б). После «лазерной» дермабразии через 12 месяцев.</p>

Рисунок 54 (А,Б). Больной Ф, 5 лет. Термическая травма. Давность травмы: 12 месяцев назад.

Диагноз: Послеожоговый нормотрофический плоский рубец в области наружной поверхности средней трети правой голени.



Рисунок 54 (А). На момент обращения.



Рисунок 54 (Б). После «лазерной» дермабразии через 8 месяцев.

Рисунок 55 (А,Б,В). Больная И., 5 лет. Механическая травма (укус собаки)

Давность травмы: 4 месяца назад.

Диагноз: Незрелые гипертрофические рубцы в области левой щеки.

Больной проведено предоперационное лечение, включающее: 4 курса физиотерапии (электрофорез с гидрокортизоном – 2 курса, электрофорез с лидазой – 2 курса), аппликации с гелем контрактубекс.



Рисунок 55 (А). На момент обращения, до предоперационной подготовки.

Рисунок 55 (Б). После предоперационной подготовки.



Рисунок 55 (В). После «лазерной» дермабразии через 6 месяцев.

На основании результатов выполненного клинического исследования были установлены следующие позиции.

- Определены показания и противопоказания к применению оптимизированной «лазерной» дермабразии для устранения рубцовой деформации кожных покровов у пациентов детского возраста.

- Сформированная методология ведения пациентов в дооперационном и послеоперационном периодах, включающая комплекс лечебных и профилактических мероприятий, направленных на подготовку рубцовой ткани к хирургической коррекции и профилактику послеоперационных осложнений, способствует положительному результату собственно «лазерной» дермабразии.

- Выбор режимов абляции оптимизированной «лазерной» дермабразии и порядок выполнения ее этапов, при устранении рубцовой деформации кожи у пациентов детского возраста должен осуществляться на основании результатов субъективной и объективной оценки состояния рубцов: типе рубца, его размере, а также быть адаптированным с учетом возраста ребенка.

- Применение установленных оптимальных абляционных режимов «лазерной» дермабразии гарантирует эффективное и одновременно щадящее устранение рубцов, за счет возможности центральной раневой реэпителизации и сокращения периода регенерации, что является особенно важным для пациентов младшей возрастной группы.

- Разработанная методика оптимизированной «лазерной» дермабразии, реализуемая режимами абляции излучения импульсно-периодического CO₂ лазера, позволяет в амбулаторных условиях, под местной аппликационной анестезией, эффективно устранить посттравматическую рубцовую деформацию кожных покровов у детей и достичь хорошего клинического и эстетического результата.

Заключение

Результаты экспериментальных медико-биологических исследований показали, что импульсно-периодический CO₂ лазер с короткой длительностью (20 мкс) импульса, гарантирует эффективную абляцию кожных покровов с формированием широкого цилиндрического лазерного кратера, сравнительно большего объема, с минимальной зоной коагуляционного некроза термического

периферического повреждения, значительно (в 3-5 раз) меньшей, и без элементов карбонизации, чем при модулированном импульсе длительностью 500 мкс - 200 мкс непрерывного СО₂ лазера. Заживление абляционных ран, в случае короткого импульса происходит активнее, с опережением не менее чем на 2 суток заживления подобных лазерных ран, при абляции длинным импульсом. Это обеспечено уменьшением экссудативной фазы, ранним отторжением некротического струпа, более ранним развитием грануляционной ткани и значительно меньшей глубиной теплового периферического повреждения, что позволяет сохранить ростковые структуры эпидермиса.

Экспериментальное моделирование лазерной послойной абляции подтвердило преимущество импульсно-периодического СО₂ лазера для целей «лазерной» дермабразии и были установлены оптимальные режимы абляции его излучения: энергия в импульсе 20 мДж и 30 мДж при диаметре пятна на поверхности ткани 0,8-1мм, и скорости сканирования от 1 мм/сек. до 10 мм/сек. с частотой следования импульсов от 1 Гц до 10 Гц., что позволит прогнозировать глубину лазерной абляции и обеспечит формирование линейного, с плоским ровным дном, раневого дефекта кожи с сохранением его центральной реэпителизации и, как результат, выравнивание поверхности кожного покрова.

В результате клинического исследования была разработана методика оптимизированной «лазерной» дермабразии, реализуемая экспериментально установленными оптимальными режимами абляции излучения импульсно-периодического СО₂ лазера, гарантирующая эффективное и в то же время щадящее устранение рубцовой деформации кожных покровов у пациентов детского возраста.

Определены показания и противопоказания к ее применению и сформирована методология ведения пациентов в дооперационном и послеоперационном периодах, направленная на подготовку рубцовой ткани к хирургической коррекции оптимизированной «лазерной» дермабразией и профилактику послеоперационных осложнений.

Разработанная методика оптимизированной «лазерной» дермабразии, реализуемая режимами абляции излучения импульсно-периодического CO₂ лазера, позволила в амбулаторных условиях, под местной аппликационной анестезией, эффективно устранить посттравматическую рубцовую деформацию кожных покровов у детей и достичь хорошего клинического и эстетического результата.

Таким образом, результаты выполненных в настоящей работе экспериментальных и клинических исследований доказали очевидное преимущество использования абляционных свойств излучения импульсно-периодического CO₂ лазера, для реализации оптимальных режимов лазерной абляции кожных покровов, а также клиническую и эстетическую эффективность применения оптимизированной методики «лазерной» дермабразии при устранении рубцовой деформации кожи у детей.

Выводы

- 1) В результате сравнительного анализа воздействия различной длительности импульсов излучения CO₂ лазеров, установлено, что применение короткого (20 мкс) импульса, по сравнению с длинным (500 и 200 мкс) импульсом, при одинаковых значениях энергии, обеспечивает эффективную абляцию биологических тканей, с минимальным термическим повреждением по периферии воздействия, что является очевидным преимуществом в использовании импульсно-периодического CO₂ лазера, по сравнению с модулированным импульсным излучением непрерывного CO₂ лазера, для целей удаления тканевых биологических структур.
- 2) На основании экспериментального моделирования «лазерной» дермабразии определено, что установленные в эксперименте оптимальные параметры режимов абляции излучения импульсно-периодического CO₂ лазера обеспечивают

последующее, прогнозируемое по глубине и параллельное поверхности удаление патологических тканевых структур, практически без термического повреждения и с сохранением зоны роста эпидермиса, что значительно сокращает время раневой регенерации и будет иметь большое значение для решения поставленных клинических задач у пациентов детского возраста.

3) Методика оптимизированной «лазерной» дермабразии, излучением импульсно-периодического СО₂ лазера, должна быть обеспечена правильным выбором режима абляции и порядком выполнения ее этапов, в соответствии с показаниями и противопоказаниями с учетом характера рубцов и возраста пациентов, что позволит прогнозировать необходимую глубину лазерной абляции и эффективно устранить рубцовую деформацию кожи у детей, путем выравнивания рельефа кожных покровов.

4. Клинические исследования показали, что разработанная методика оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического СО₂ лазера, позволяет в амбулаторных условиях, под местной аппликационной анестезией, результативно устранить посттравматическую рубцовую деформацию кожных покровов у детей и достичь хорошего клинического и эстетического результата, что подтверждает ее эффективность и целесообразность внедрения в клиническую практику хирургии детского возраста.

Библиографический список

1. Алимпиев С.С., Никифоров С.М., Горбатова Н.Е. и др., «Импульсный СО₂ – лазер с поперечным разрядом для применения в косметологии», // Тезисы докладов X международной научно-технической конференции «Лазеры в науке, технике, медицине», г. Сочи. – 1999.
2. Белоусов А.Е. Пластическая, реконструктивная и эстетическая хирургия. СПб.: Гиппократ. 1998. 743 с.
3. Белоусов А.Е. Очерки пластической хирургии. Том 1: Рубцы и их коррекция.- СПб, 2005.-128 с.
4. Болховитинова Л.А., Павлова М.Н. Келоидные рубцы. - М., 1977.-136 с.
5. Виссарионов В.А., Фришберг И.А. Основы эстетической хирургии лица и шеи // Руководство по хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии: в 2-х томах. Т.2/ Под ред. В.М.Безрукова, Т.Г.Робустовой.- М.: Медицина, 2000.- С. 317-356.
6. Вихриев Б.С., Бурмистров В.М. «Ожоги», Москва, Медицина,- 1986г.- 272
7. Воздвиженский С.И. «Клинико-патогенетические основы комплексного лечения ожоговой болезни у детей раннего возраста»: Автореф. дис. д-ра мед. наук. М 1987.
7. Воздвиженский С.И. «Клинико-патогенетические основы комплексного лечения ожоговой болезни у детей раннего возраста»: Автореф. дис. д-ра мед. наук. М.1987.
8. Воздвиженский С.И., Окадьев В.С., Степанова Н.А. и др. «Опыт работы детского ожогового центра г. Москвы. Актуальные вопросы лечения термической травмы и ее последствий.» Сб. научн. статей, посвященный 20-летию ожогового центра. М.: изд. НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовско- го, 1995.-с. 26-28.
9. Воздвиженский С.И., Окадьев В.С., Степанова Н.А. и др. «Опыт работы детского ожогового центра г. Москвы. Актуальные вопросы лечения термической травмы и ее последствий.» //Сб. науч. Статей, посвященный 20-летию ожогового центра. М.: изд. НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, 1995.-с. 26-28.

10. Воздвиженский С.И., Восканянц О.К., Шурова Л.В., Королева О.Э. «Современные принципы лечения детей с термической травмой» // Российский вестник перинатологии и педиатрии, №1 – 1998., с.56-59.
11. Гафаров Х.З. Травматизм приоритетная медико-социальная проблема // Казан. мед. журнал.- 1999 г.-80.- №4.- С. 312-314.
12. Гельфанд В.Б., Николаев Г.В. «Астенические расстройства при термической травме». //Невропатология и психиатрия. – М.-1986.- №1.-с.58-60.
13. Голухов Г.Н., Редько И.А., Травматизм взрослого населения // Здравоохранения Российской Федерации. М.-2007.-№6.-С. 50-56.
14. Гончарова А., Толстопятов А.М., Фисталь Н.Н. «Косметическая коррекция посттравматических и послеоперационных рубцов методом лазерной дермабразии» //Центр лазерной косметологии и пластической хирургии «Lege Artis», Институт неотложной и восстановительной хирургии АМН Украины, Донецк, Украина (Травма. - 2001.-Т.2, №2. –С.216-218.
15. Горбатова Н.Е., Иванов С.А., «Эстетическая реабилитация у детей, перенесших ожоговую травму», // ГУП Центр разработки, выпуска и эксплуатации лазерной медицинской техники» АСТР», г. Москва, Россия. (Лечение ожогов у детей, тезисы конференции комбустиологов СПб.- 2002 год).
16. Горбатова .Н.Е., «Клиническая эффективность применения лазерного излучения при аппендэктомии у детей». Дис. канд. мед. наук., М. -2000.-123с.
17. Гришкевич В. М., Мороз В. Ю. «Хирургическое лечение последствий ожогов нижних конечностей», М.-1996. - с. 297
18. Джексон А. Руководство по криохирургии для врачей общей практики// Лечащий врач 1999.- №6.- С.59-64.
19. Дольницкий О.В., «Послеожоговые деформации у детей и их хирургическое лечение», //Киев, Здоровье, -1971. – с.139.
20. Еремеев, Б.В. / «Лазерная дермабразия», Клиника лазерной медицины, Москва, К.Калайджян, к.ф-м.н., ООО «Лазертек», Москва Copyright С 2001 Cosmetics & Medicine.

21. Жан-Марк Субириан, «Косметическая хирургия», Ростов на Дону, изд. Феникс, 1995г.-401с.
22. Задорожный Б.А. Криотерапия в дерматологии. -К.:Здоровья, 1985.-72с.
107. Иванов О.Л., Белоусова Т.А. Дерматиты //Приложение к журналу «Здоровье» 2000.-№ 4.-С. 64.
23. Какорина Е.П. Заболеваемость и инвалидизация населения России / Здравоохранение России XX век.- М., ГЭОТАР-МЕД,2001.-С. 30-42.
23. Какорина Е.П. Заболеваемость и инвалидизация населения России / Здравоохранение России XX век.- М., ГЭОТАР-МЕД, 2001.- С. 30-42.
24. Какорина Е.П. Социально-гигиенические условия формирования здоровья населения в современных условиях: Дис. д-ра. мед. наук. М., 1999.
25. Какорина Е.П., Слахов Э.Р. Травмы и отравления в России и других странах. // Проблемы социальной гигиены и истории медицины. 2004.- Вып. 2.- С. 13-20.
26. Калантаевская К.А., «Морфология и физиология кожи человека», Киев,1972.
27. Капанадзе Г.Д., Ашуев Ж.А. Светлогорская популяция мини свиней // Биомедицина. 2007. № 6. С. 71-81.
28. Кожевников П.В., «Общая дерматология», Л., 1970.
29. Колядо Е.В. Распространенность и социально-гигиенические аспекты травматизма. Дис. д-ра. мед. наук. Новосибирск, 2003 год.
30. Коновальская; С.Б. Клинико-морфологическая дифференциальная диагностика келоидных и гипертрофических рубцов и методы их лечения: Автореф: дис.... канд.мед.наук.-Санкт- Петербург, 2003.-19с.
31. Лисицин В.И. Социально-медицинские аспекты производственного травматизма. Дис. Канд. Мед. Наук. Алма-Ата, 1997.
32. Мухамадиева К.М. Применение трихлоруксусной кислоты при лечении послеожоговых рубцов// Анн.пласт.реконстр.эстетич.хир.-2004.-№4.-С.115-116.
- 33.Мюллер Г.Й. под редакцией; «Прикладная лазерная медицина»: Учебное и справочное пособие, ; Центр лазерной и медицинской технологии, Берлин, 1997. – 1123 с.

34. Назаренко Г.И., Сугурова И.Ю., Глянцев С.П. Рана. Повязка. Больной: Руководство для врачей и медсестер.- М., 2002.-С.304-326.
35. Никифоров С.М., Алимпиев С.С., Симановский Я.О., Горбатова Н.Е. Патент РФ 2118025 Импульсно–периодический газовый лазер.1998.
36. Никифоров С.М., Алимпиев С.С., Симановский Я.О., Горбатова Н.Е. Патент РФ 2286628 Импульсно–периодический газовый лазер и лазерная хирургическая установка. 2005.
37. Озерская О.С. Патогенетическое обоснование новых методов терапии рубцов //Автореф. дис. ...докт..мед.наук. СПб. 2002. 32 с.
38. Озерская О.С. Рубцы кожи //Экспериментальная и клиническая дерматокосметология.- 2004.- №4.-С.50-57.
39. Парамонов Б.А.Применение криотерапии для лечения заболеваний и патологических рубцов кожи// Актуальные вопросы дерматологии и сифилидологии: Сб. тез. науч.-практ. конф. к 125-летию кафедры кожно-венерических болезней.-Санкт-Петербург, 1994.- С. 39.
40. Побединский Н.М., под. ред., «Применение лазеров в гинекологии», //Практическое руководство. Сочинский науч.-мед. центр «Интемед». Состав: Зуев В.М., Бронештер Д.С. и др.,- Сочи, 1991. – 61 с.
41. Попхристов П., «Кожные болезни в детском возрасте», София, 1963.
41. Редько И.А. Современные социально-гигиенические и клинические особенности бытового травматизма: Дис. д-ра. мед. наук. М., 2007.
42. Рошаль Л.М., Гайдышев Э.А., Горбатова Н.Е. и др., «Применение излучения углекислотного лазера в хирургии детского возраста» //Хирургия, М.- 1987. - №8 – С. 12-15.
43. Рошаль Л.М., А.В.Брянцев А.В, Горбатова Н.Е. и др.
«Лазерные хирургические методы эстетической коррекции в детской хирургии». // Научно-практический журнал «ЛАЗЕРНАЯ МЕДИЦИНА» ФМБА РФ. – 2011. - Том 15. – Вып. 2. – С. 89-90.

44. Рошаль Л.М., Валиуллина С.А., Гейниц А.В., Горбатова Н.Е. и др.. «Перспектива применения лазерных хирургических методов для оказания высокотехнологичной медицинской помощи в детской хирургии», //Научный сборник Десятой Московской Ассамблеи «Здоровье столицы» -Москва.- 2011.-С. 154.
45. Самгин М.А., Монахов С.А. Местные кортикостероидные средства польского Фармзавода «Ельфа А.О.» // Российский медицинский журнал.- 2003.- Т.11, №17.- С.964-969.
46. Семенова И.В. Медико-социальная характеристика и судебно-медицинская оценка несмертельных травм у детей: Автореф. дис. канд. мед. наук. -СПб., 2001.
47. Серебренников И.М. Судебно-медицинское исследование рубцов кожи. М.: Медгиз. 1962. 136 с.
48. Сизов В.М., Печенова Т.Н., Володина Т.Г. и др. Изменение структуры послеожоговых келоидных рубцов до и после криотерапии // Врачебное дело.- 1990,- № 9.- С.95-97.
49. Скобелкин О.К., под. ред., «Лазеры в хирургии», //М.: Изд-во Медицина, 1989. – 256 с.
50. Скобелкин О.К., Козлов В.И., Гейниц А.В. и др. , «Применение лазерных хирургических аппаратов «ЛАНЦЕТ» в медицинской практике», //Пособие для врачей, М.-2000. - 94 с.
51. Смирнов Д.В., «Лазерная дермабразия в комплексном лечении послеожоговых рубцов эстетически важных зон кожного покрова у детей, // Дис. канд. мед. наук, М.-2003.-128 С
52. Смирнова Г.И. Современные технологии местного лечения атопического дерматита у детей //Иммунопатология, аллергология, инфектология. -2003. -№3. - С. 75-82.
53. Соловьева Ю.А. Медико-социальная характеристика травм и несчастных случаев у детей. Дис. канд. мед. наук Челябинск, 1998.

53. Соловьева Ю.А. Медико-социальная характеристика травм и несчастных случаев у детей: Дис. канд. мед. наук Челябинск, 1998.
54. Суламанидзе М.А. Хирургическое лечение контурных деформаций и дефектов мягких тканей и кожных покровов: Автореф. дис канд. мед. наук.- М., 1999.-22с.
55. Трыкова И.А., Шаробаро В.И., Тимина И.Е., Чекмарева И.А., Мороз В.Ю., Юденич А.А., Ваганова Н.А. Неинвазивная дифференциальная диагностика гипертрофических и келоидных рубцов с помощью высокочастотного ультразвука. // *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.* – 2012. – N 3. – С. 66-71.
56. Трыкова И.А., Тимина И.Е., Шаробаро В.И., Мороз В.Ю., Юденич А.А., Ваганова Н.А., Гречишников М.И. Ультразвуковое исследование в дифференциальной диагностике гипертрофических и келоидных рубцов. // *Материалы II-го Национального Конгресса «Пластическая хирургия».* - Москва, 2012. – С.27-28.
57. Усоскина Р.Я. Организация борьбы с травматизмом у детей. Л.: Ленингр. отд. Изд-ва Медицина, 1969.
58. Фисенко Г.И. Коррекция рубцовых изменений кожи лица методом ранней повторной дермабразии: Автореф. дис канд. мед. наук.- М., 2005.-24с.
59. Хомяк Н.В. Топические кортикостероиды// *Российский медицинский журнал.*- 2004.- №2.-С. 64-68.
60. Чирешкин Д.Г., Дунаевская А.М., Тимен Г.Э., «Лазерная эндоскопическая хирургия верхних дыхательных путей». //М.: Изд-во Медицина, 1990. – 192 с.
61. Шапиро К.И. Травматизм опорно-двигательного аппарата подростков // *Травматология и ортопедия России.* 1995. - №2 – С.37.
62. Шаробаро В.И., Тимина И.Е., Трыкова И.А. Изучение структурно-функциональных особенностей рубцовой ткани по данным ультразвукового исследования перед восстановительными оперативными вмешательствами. //

Сборник материалов национального конгресса «Пластическая хирургия» - Москва, 2011. – С.12.

63. Шафранов В.В., Короткий Н.Г., Таганов А.В., Борхунова Е.Н. Келоидные и гипертрофические рубцы. Клинико-морфологические параллели // Дет.хир. 1998. №4. С.30-34.

64. Шафранов В. В. , Короткий Н.Г., Таганов А.В, Стенько А.Г.©, «Возможности использования метода ультразвуковой криодеструкции для лечения келоидных рубцов у детей.» 1999 Кафедра детской хирургии РГМУ, Кафедра кожных и венерических болезней педиатрического факультета РГМУ, Институт пластической хирургии и косметологии, Москва

65. Швецова Е.В., Роговая О.С., Киселев И.В.и др. Модели для исследования кожи. Свиная кожа как адекватная модель исследования восстановительных процессов в коже человека // Клиническая дерматология и венерология. 2006. № 4. С. 47-50.

66. Щепин В.О, Тишук Е.А. Аналитический обзор региональных особенностей здоровья населения России. 41.// Проблемы соц. гиг, здраво-охр. и истории медицины. 2006. - №1. – С. 3-8

67. Щепин О.П. Влияние здравоохранения на состояние здоровья населения // Бюлл. ННИИ ОЗ. -2006.- №4.- С.11-19.

[68]105. Юденич В.В., Гришкевич В.М., Юденич А.А. Триамцинолона ацетонид при лечении гипертрофических и келоидных рубцов // Советская медицина.- 1985.-№2.- с.26-28.

69. Юденич В.В., Гельфанд В.Б., «Деонтологические аспекты в лечении обожженных», Советская мед., 1982. - № 11,-с.83-87

70. Юденич В.В. Лечение ожогов и их последствий.-М., 1980.-191с.

71. Юсова Ж.Ю., Герасименко М.Ю., Зенгер В.Г., Стучилов В.А., Филатова Е.В. Ультрафонофорез контратубекса в лечении рубцовых деформаций // 7я Междунар. конф.челюстно-лицевых хирургов и стоматологов: Материалы конф.- СПб., 2002.-С.172.

72. Achauer Bruce M. et al. «Lasers in plastic surgery and dermatology», Bruce M. Achauer, Victoria M. Vander Kam, Michael W. Berns. – New York: Thieme med. publ.; Stuttgart; New York: Thieme, 1992.
73. Akoz T., Gideroglu K., Akan M. Combination of different techniques for the treatment of earlobe keloids // *Aesthetic. Plast. Surg.*-2002.-Vol.26.-P. 184-188.
74. Alster T.S. Laser scar revision: comparison study of 585-nm pulsed dye laser with and without intralesional corticosteroids// *Dermatol.Surg.*- 2003.-Vol.29, №1.-P.25-29.
75. Alster T.S. Improvement of erythematous and hypertrophic scars by the 585 nm flashlamp- pumped dye laser// *Ann.Plast.Surg.*-1994.- Vol.32.-P. 186-190.
76. Alster T.S., West T.B. Treatment of scars: a review.// *Ann-Plast-Surg.* 1997 Oct; 39 (4): 418-32.
77. Alster T. Washington Institute of Dermatologic Laser Surgery, Washington, DC. «Laser Scar Revision: Comparison Study of 585-nm Pulsed Dye Laser with and Without Intralesional Corticosteroids.» *Dermatol Surg.* 2003 Jan; 29(1):25-9.
78. Alster TS Washington Institute of Dermatologic Laser Surgery, Washington, DC 20037, USA. «Clinical and histologic evaluation of six erbium:YAG lasers for cutaneous resurfacing» *Lasers Surg Med* 1999;24(2):87-92
79. Alster TS, West TB. «Resurfacing of atrophic facial acne scars with a high-energy pulsed carbon dioxide laser». *Dermatol Surg* 1996; 22:151-155.
80. Apfelberg D.B., Maser M.R., White D.N. et al. Failure of carbon dioxide laser excision of keloids// *Lasers Surg.Med.*-1989.-Vol.9.-P.382.
80. Apfelberg D.B., Maser M.R., Lash H. The use of epidermis over a keloid as an autograft after resection of the keloid//*J.Dermatol.Surg.Oncol.* -1976. -Vol.2 -P.409-411.
81. Ashinoff, R.: «Introduction to lasers». *Seminars in Dermatology*, 1994; 13(1):48-59
82. Baker TM Dermabrasion. «As a complement to aesthetic surgery. » *Clin Plast Surg*, 1998 Jan, 25:1, 81-8
83. Berman B., Bielek H.C. Keloids//*Amer. Acad.Dermatol.*-1995.-Vol.33, №1.-P.117-123.

84. Berman B., Bielewicz H.C. Adjunct therapies of surgical management of keloids // *Dermatol. Surg.*- 1996.-Vol.22.-P.126-130.
85. Berman B., Flores F. Recurrence rates of excised keloids treated with post operative triamcinolone injections of interferon alfa 2 b// *J.Am. Acad. Dermatol.*- 1997.-Vol.37.- P.755-757.
86. Berman B, Flores F. Comparison of a silicone gel-filled cushion and silicon gel sheeting for the treatment of hypertrophic or keloid scars // *Dermatol. Surg.*-1999.- Vol.25.-№6.- P.484-486.
87. Berman B., Kapoor S. Keloid// *Medicine Journal.* -2001.-Vol.2.-№11.-P.247.
88. Bernard R.W., Beran S.J., Rusin L. Microdermabrasion in clinical practice // *Clin. Plast. Surg.*-2000.-Vol.27, №4.-P.571-577.
89. Bernstein-L.J., Kauvar A.N., Grossman M.C. et al. Scar resurfacing with highenergy short - pulsed and flash scanning carbon dioxide lasers// *Dermatol. Surg.*-1998.- Vol.24.-P.101
90. Borges A.F. Principles of scar camouflage// *Facial Plast. Surg.*- 1984.-Vol.1-P.181-190.
91. Borges A.F. W-plasty In: Thomas J.R., Holt G.R. eds. *Facial Scars: Incision, Revision and Camouflage.* St.Louis: C.V.Mosby Co, 1989.-P.150-159.
92. Brody H. Complications of chemical peeling // *J. Dermatol. Surg.*-1989.- Vol.15.- P.1010-1024.
93. Brody H.J. Skin response to chemical peeling. In: Coleman W., Lawrence N. eds. *Skin resurfacing.* Philadelphia: Williams and Wilkins; 1998.- P.37-44.
94. Campbell R.M. Surgical and chemical planning of the sein. In: Converse J.M., McCarthy J.G., Littler J.W., eds. *Reconstructive Plastic Surgery. Volume one. General principles.* Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1977.-P.442-463.
95. Castro-Ron G., Pasquali P. Cryosurgery. In:Robinson J.K., Sengelmann R.D., Hanke C.W., Siegel D.M., eds *Surgery of the skin. Procedural dermatology.* Philadelphia: Elsevier Mosby; 2005.- P.191- 202.

96. Chang, P., Laubenthal, K. N., Lewis, R. W., II, et al. Prospective, randomized study of the efficacy of pressure garment therapy in patients with burns. *J. Burn Care Rehabil.* 16: 473, 1995.
97. Chowdri N.A., Masarat M., Mattoo A., Darsi M.A. Keloids and hypertrophic scars: results with intraoperative and serial postoperative corticosteroid injection therapy//*Aust. New Zealand J. Surg.*-1999.-Vol. 69, №9.-P.655-659.
98. Cortez E.A. Chemexfoliation: deep. In: Krause Ch.J., Pastorek N., Mangat D.S
99. Cox S.E., Butterwick K.J. Chemical peels. In: Robinson J.K.Sengelmann R.D., Hanke C.W., Siegel D.M., eds. *Surgery of the skin. Procedural dermatology.* Philadelphia: Elsevier Mosby; 2005.-P.463-483.
100. Crikelair C.F., Cosman B. Scars and keloids// *Reconstructive Plastic Surgery.*- Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1977.- Vol. 1,- P.413-440.
101. Deitch E.A, et. al. (1983) Hypertrophic burn scars: analysis of variables. *J. Trauma.* 23:895-8.
102. English R.S., Shenefelt P.D. Keloid and hypertrophic scars// *Dermatol.Surg.*- 1999.-Vol.25., № 8,- P.631-638.
103. Fitzpatrick RE, Smith SR, Sriprachya-anunt S Department of Medicine, University of California, San Diego, USA. «Depth of vaporization and the effect of pulse stacking with a high-energy, pulsed carbon dioxide laser». *Am Acad Dermatol* 1999 Apr;40(4):615-22
104. Friedland J.A., Buchel E.W. Skin care and the topical treatment of aging skin//*Glin:Plast.Surg.*- , 2000:-Vol.27,№4.-P.501-505.
105. Fulton JE, Jr. (1995) Silicone gel sheeting for the prevention and management of evolving hypertrophic and keloids scars. *Dermatol. Surg.* 21:947-51.)
106. Fulton JE, Jr. (1995) Silicone gel sheeting for the prevention and management of evolving hypertrophic and keloids scars. *Dermatol. Surg.* 21:947-51.
107. Fulton J.E., Barnes T.Collagen Shrinkage (selective dermoplasty) with the high-energy pulsed carbon dioxide laser// *Dermatol. Surg.*- 1998- Vol. 24.- P:37-41.

108. Garret A.B., Dufresne R.G., Ratz J.L. et al. Carbon dioxide laser treatment of pitted acne scarring // *J.Dermatol. Surg. Oncol.* -1990.-Vol.16, № 8.- P.737-740.
109. Goldman M., Fitzpatrick R. Laser treatment of scars// *Dermatol. Surg.*-1995.-Vol.21.-P.685-687.
110. Grabski W.J., Salasche S.J. Razor blade surgery // *J.Dermatol. Surg.Oncol.*- 1990.-Vol.16.-P.1121- 1126.
111. Griffith B.H., Monroe C.W., Mckinney P. A follow—up study on the treatment of keloids with triamcinolone acetonide//*Plast. Reconstr. Surg.*- 1970.- Vol.46, № 2.- P.145-150.
112. Grimes P.E., Bhawan J., Kim J. et al. Laser resurfacing induced hypopigmentation: histologic alterations and repigmentation with topical photochemotherapy // *Dermatol. Surg.*-2001.-Vol.27.- P.515-520.
113. Gross B.G. Cardiac arrhythmias during chemical face peeling// *Plast. Reconstr. Surg.* - 1984.- Vol.73.-P.590-596.
114. Grossman K.L. Facial scars //*Clin. Plast.Surg.*- 2000.-Vol. 27, №4.-P. 627-642.
115. Grossman A.R, Majidian AM, Grossman PH Grossman Burn Center, Sherman Oaks, Calif, USA. Thermal injuries as a result ofCO2 laser resurfacing. *Plast Reconstr Surg* 1998 Sep; 102(4): 124752
116. Hans-Peter Berlien., Gerhard Muller. "Angewandte Lasermedizin" Lehr- and Handbuch fur Praxis und Klinik Herausgegeben von 1989
117. Hirshowitz B., Lerner D., Moscona A.R. Treatment of keloid scars by com bined cryosurgery and intralesional corticosteroids //*Aesthetic Plast. Surg.*- 1982.-Vol.6.- P.153-158.
118. Hulsbergen Henning J.P., Roskam Y., Van Gemert M.J. Treatment of Keloids and hypertrophic scars with an Argon laser// *Lasers. Surg.Med.*-1986.-Vol.6.- P.72-75.
119. Janssen de Limpens A.M.P. The local treatment of hypertrophic scars and keloids with topical retinoc acid // *Brit.J.Dermatol.*-1980.-Vol.103-P.319.

120. Joseph T. Walsh. Jr. , Thomas J. Flotte , R. Rox Anderson , Thomas F. Deutsch Pulsed CO2 laser tissue ablation: Effect of tissue type and pulse duration on thermal damage, *Lasers in Surgery and Medicine*, Volume 8, Issue 2, pages 108–118, 1988
121. Kantor G.R., Ratz J.L., Wheeland R.G. Treatment of acne keloidales nuchae with carbon dioxide laser // *J.Amer.Acad.Dermatol.*-1986.-Vol.14.-P.263-267.
122. Kaplan B., Potter T., Moy R.L. Scar Revision//*Dermatol. Surg.*- 1997.-Vol.23, №6. -P. 435-442.
123. Ketchum LD, Cohen IK, Masters FW. «Hypertrophic scars and keloids.» *Plast Reconstr Surg* 1974;53:140-154.
124. Kumar K., Kapoor B S., Rai P. et al. In situ irradiation of keloid scars with Nd:YAG laser//*J.Wound Care.*-2000.-Vol.9.- P.213.
125. Kyu-Kwang Whang, M.Lee The principle of a thee - staged operation in the surgery of acne scars // *J.Amer. Acad. Dermatol.*-1999.-Vol.40, №1.-P.95-97.
126. Larson D.L., Abston S., Willis B. et al.Gontracture and scar formation in burn patient // *Clin. Plast. Surg.*- 1974.-Vol.1.-P.653-656.
127. Lahirii A., Tsiliboti D., Gaze N. Experience with difficult keloids// *Brit. J. Plast. Surg.*-2001.-Vol.54.- P. 633-635.
128. Lawrence W.T. In search of the optimal treatment of keloids: Report of a serie's and a review of the literature//*Ann. Plast. Surg.*-1991.-Vol.27-P.164-178
129. Lee K.K., Gorman A.K., Swanson N.A. Scar revision. In:Robinson J.K., Sengelmann R.D., Hanke C.W., Siegel D.M., eds *Surgery of the skin. Procedual dermatology*. Philadelphia: Elsevier Mosby; 2005.- P. 401-409.
130. Lewis WH, Sun KK. (1990) Hypertrophic scar: a genetic hypothesis. *Burns*. 16:176-8.
131. Lawrence W.T. In search of the optimal treatment of keloids: Report of a serie's and a review of the literature//*Ann. Plast. Surg.*-1991.-Vol.27-P.164-178.
132. Murray J.C. Scars and keloids// *Dermatol.Clin.*- 1993,- Vol.11, №4.-P. 697-708.

133. Mustoe T.A., Cooter R.D., Gold M.N. et al. International clinical recommendations on scar management //Plast. Reconstr. Surg.-2002.- Vol. 110, №6.-560-571.
134. Muti.E., Ponzio E. Cryotherapy in the treatment of keloids// Ann.Plast.Surg.-1983.-Vol.3.-P.227.
135. Nanni CA, Alster TS. "Complications of carbon dioxide laser resurfacing. An evaluation of 500 patients." Dermatol Surg 1998; 24(3): 315-320.
136. Nemeth A.J. Keloids and hypertrophic scars//J.Dermatol. Surg. Oncol. 1993.- Vol.19, №8.-P. 738746.
137. Nemeth A.J. Keloids and hypertrophic scars//J.Dermatol. Surg. Oncol. 1993.- Vol.19, №8.-P. 738746.
138. Niessen F. B., Spauwen P. H. M., Schalkwijk J., Kon M. On the nature of hypertrophic scars and keloids: A review// Plast. Reconstr. Surg. -1999.-Vol.104.- P. 1435.
139. Norris J.E. The effect of carbon dioxide laser surgery on the recurrence of Keloids //Plast.Reconstr. Surg.-1991. Vol.87, № 1.-P.44-49.
140. Nouri K., Jimenez G.P., Harrison-Balestra C. et al. 585 nm pulsed dye laser in treatment of surgical scars starting on the suture removal day // Dermatol. Surg.-2003.- Vol.29, № 1.-P.65-73.
141. Orentreich N., Orentreich D.S. Dermabrasion//Clin. Plast. Surg.- 2001.- Vol. 28, №1.-P.215-230.
142. Poulos E., Taylor Chr., Solish N. Effectiveness of dermasanding (manual dermabrasion) on the appearance of surgical scars: a prospective, randomized, blinded study// J.Amer.Acad. Dermatol.- 2003.-Vol.48, № 6.-P.897-900.
143. Rajan P., Grimes P.E. Skin barrier changes induced by aluminum oxide and sodium chloride microdermabrasion// Dermatol. Surg.-2002.-Vol.28-P.390-393.
144. Reiken S.R., Wolfort S.F., Berthiaume F. et al. Control of hypertrophic scar growth using selective photothermolysis //Lasers Surg.Med. -1997,- Vol.21, № 1.-P.7-12.

145. Resnik S.S. Complications of chemical peeling// *Cosmetic. Dermatol.* -1995.- Vol.13.- P.209.
146. Ritota P.C., Lo A.K. Cushing's syndrome in postburn children following intralesional triamcinolone injection//*Ann.Plast.Surg.*- 1996.- Vol. 36,№5.-P. 508-511.
147. Ross EV. et al. "Effects of overlap and pass number in CO2 laser skin resurfacing: a study of residual thermal damage, cell death, and wound healing." *Lasers Surg Med* 1999; 24(2): 103-112.
148. Rusciani L., Rossi G., Bono R. /Use of cryotherapy in the treatment of keloids//*J. Dermatol. Surg. Oncol.*- 1993.-Vol.19, №6.-P.529-534.
149. Sarkar R., Kaur C., Bhalla M., Kanwar A. The combination of glycolic acid peels with a topical regimen in the treatment of melasma in darkskinned patients: a comparative study// *Dermatol. Surg.*- 2002.- Vol.28.-P.928-932.
150. Sawada Y, Sone K. (1992) Hydration and occlusion treatment for hypertrophic scars and keloids. *Br. J. Plast. Surg.* 45:599-603.
151. Shepherd J.P., Dawber R.P. The response of keloid'scars to cryosurgery // *Plast. Reconstr.Surg.* -1982.- Vol.70, № 6.-P.677-681.
152. Spira M., Gerow F.J., Hardy Bi Complications of chemical face peeling// *Plast.Reconstr.Surg.*-1974.- Vol.54, № 4,- P.397-404.
153. Stephens D.R. Scars, tissue movement and transplantation-1995.-P.73-95.
154. Stern J.C., Lucente F.E. Carbon dioxide laser excision of earlobe keloids// *Arch. Otolaryngol. Head- Neck Surg.*-1989.- Vol.115.-P.1107-1 111.
155. Sund B. (2000) *New Developments in Wound Care.* PJB Publications, London, pp. 1-255
156. Stuzin J.M., Baker T.J., Baker T.M. et al. Histologic effects of the highenergy pulsed CO2 laser on photo-aged facial skin // *Plast.Reconstr. Surg.*-1997.- Vol.99.- P.2036-2050.
157. Tan M.N., Spencer J.M., Pires L.M. et al. The evaluation of aluminum oxide crystal microdermabrasion for photodamage // *Dermatol.Surg.* -2001.-Vol.27.-P.943-949.

158. Tardy M.E., Denny J. Surgical alternatives in scar camouflage // *Facial. Plast. Surg.*- 1984.-Vol.1984.- P. 209-225.
159. Tredget E.E., Nedelec B., Scott P.G., Ghahary A. Hypertrophic scars, keloids, and contractures. The cellular and molecular basis for therapy// *Surg.Clin.North. Amer.*-1997.- Vol.77, № 3.-P.701-730.
160. Trelles MA. et al. "The origin and role of erythema after carbon dioxide laser resurfacing. A clinical and histological study." *Dermatol Surg.*-1998;24(1): 25-29.
161. Tse Y, Velazquez E, Kamino H, Levine V, Ashinoff R, Ronald O. Perelman Department of Dermatology, New York University Medical Center, New York, USA. «Short-pulse carbon dioxide laser resurfacing in the treatment of rhytides and scars. A clinical and histopathological study.» *Dermatol Surg.* 1998 Jan;24(1):113
162. Vogel A., Venugopalan V. Mechanisms of pulsed laser ablation of biological tissues // *Chem. Rev.* 2003. V. 103 (2). P. 577–644.
163. Walia S, Alster TS «Prolonged Clinical and Histologic Effects from CO₂ Laser Resurfacing of Atrophic Acne Scars.» *Dermatol Surg* 1999 Dec; 25(12): 926-930
164. Yosipovitch G., Widijanti Sugene M., Goon A. et al. Comparison of the combined effect of cryotherapy and corticosteroid injections versus corticosteroids and cryotherapy on keloids: a controlled study // *J.Dermatolog. Treat.* -2001.-Vol.12.-P.87-90.
165. Zouboulis C., Blume U., Buttner P., Orfanos C. Outcomes of cryosurgery in keloids and hypertrophic scars // *Arch. Dermatol.*-1993.-Vol. 129.-P.1146-1151.