

Л.Ю. Свириденко

Харьковская медицинская академия последипломного образования, г. Харьков, Украина

ДИНАМИКА РАНЕВОГО ПРОЦЕССА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 1,047 МКМ НА КОЖУ И ПОДЛЕЖАЩИЕ МЯГКИЕ ТКАНИ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

В статье представлены результаты экспериментальной работы, в которой исследовалось влияние высокоэнергетического лазерного излучения длиной волны 1,047 мкм, на кожу, её придатки и на мышечную ткань. Эксперимент проводился на крысах. Динамика раневого процесса контролировалась в течение месяца. Мощность лазерного излучения 10 Вт, экспозиция 1, 2 секунды. Воздействие проводилось бесконтактным путем, 1 см над уровнем кожи, с помощью кварцевого волокна. Даже такое краткосрочное влияние привело к значительным изменениям в тканях. Все изменения сравнивали с контролем — неповрежденной кожей животного. Влияние лазерного излучения за 1 секунду приводит к изменениям в дерме, которые проявляются отеками, связанными с гемодинамическими расстройствами, стазом, гипоксией и ацидозом. Эти изменения происходили благодаря косвенному и меньше прямому воздействию излучения на ткань. Заживление происходит без видимых рубцов.

Увеличение экспозиции до 2 секунд при мощности 10 Вт, приводит к усилению альтерации во всех тканях на клеточном и тканевом уровне. На поверхности кожи появляется язва, уменьшается количество придатков дермы и толщина всех трех изучаемых типов тканей. Во всех тканях наблюдается редукция сосудов, тормозятся фибробластические реакции по сравнению с контролем. Эти изменения могут быть полезны в онкохирургии.

Более длительное воздействие (15 сек) лазерного излучения малой мощности (3 группа) при интрамуральном воздействии позволяет уменьшить объем мышечной ткани. Этот эффект может применяться в гинекологии при лечении фибромиом.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния других хирургических лазеров длиной волны 0,81 мкм, 0,97 мкм, 0,94 мкм на кожу и ее придатки.

Ключевые слова: высокоэнергетическое лазерное излучение, гистологическое исследование, ремоделирование кожи, лазерная рана.

Введение и цель работы

Лазерные технологии довольно широко применяются в различных областях медицины [8, 2]. Лазеры с высокой (тепловой) мощностью излучения играют значительную роль в современной хирургии. Они используются при операциях на паренхиматозных органах с развитой васкуляризацией (печень, селезенка, легкие, почки). При работе на коже хирургические лазеры ценятся за их бескровность, абластику и хороший косметический результат. Возможность доставки лазерного излучения по световодам позволяет использовать его в эндоскопии [7, 10, 13]. Для лазерных хирургических технологий характерно низкое количество интра- и послеоперационных осложнений, по сравнению с традиционными вмешательствами, прежде всего за счет стерильности раневой поверхности, отсутствия кровотечений, заживления без грубых рубцовых деформаций [8, 9, 11]. Их существенными преимуществами являются управляемая

инвазивность лазерного воздействия, зависящая от параметров излучения, правильно выбранного типа лазерного излучения. Все эти качества высоко ценятся при косметологических операциях на тканях лица и открытых частях тела [2, 9, 4, 10, 13]. Низкоинтенсивное лазерное воздействие улучшает микроциркуляцию и трофику тканей, что способствует быстрой репарации последних за счет пролиферации и дифференциации клеток [8, 1, 5, 10]. В нашей работе будет изучено влияние высокоинтенсивного лазерного излучения с длиной волны 1,047 мкм на кожу, ее придатки, на мышечную ткань.

Несмотря на значительное количество публикаций о применении высокоэнергетического лазерного излучения в хирургии, косметологии и др. областях медицинской практики, механизмы возникновения ряда его важных эффектов не могут считаться окончательно установленными. Не определены безопасные условия такого облучения при мелких объемах хирургических операций на

лице, при ЛОР-патологии, что иногда приводит к осложнениям и косметическим дефектам. Не до конца дифференцированы оптимальные режимы лазерного воздействия (ЛВ) на различные ткани. Нет четких клинико-морфологических характеристик ремоделирования кожи, ее составляющих и подлежащих тканей при ЛВ с различной длиной волны излучения, плотностью мощности, его непрерывной или импульсной генерацией [1, 5, 4, 3, 6, 12]. В этой связи целью исследования явилось изучение гистологических особенностей структурных изменений в коже и подлежащих мягких тканях после ЛВ высокоэнергетическим инфракрасным излучением с различной мощностью и экспозицией.

Материал и методы исследования

В эксперименте использовался лазерный диодный аппарат «Лица-хирург», производства ООО «Фотоника плюс», г. Черкассы. Длина волны лазерного излучения 1,047 мкм, мощность 10 Вт, режим непрерывный, пилот — красный лазер длиной волны 0,65 мкм, мощность 10 мВт. Излучение к коже доставлялось с помощью кварцевого световода, диаметром 400 мк, бесконтактно, 1 см над поверхностью кожи, световод устанавливался перпендикулярно поверхности кожи. Эксперимент проводили на лабораторных крысах линии Wistar, массой 200 г, возраст 10 мес. Животные были разделены на три группы по 30 особей и контроль 10 особей, всего 100 особей. Первая группа — мощность излучения 10 Вт, экспозиция 1 сек, вторая группа — 2 сек, третья группа — лазерное воздействие производилось интрамурально в область мышцы бедра мощностью 5 Вт, длительностью 15 сек, на глубину 0,7 см. В первых двух группах воздействие производили на кожу брюшной стенки животного, после удаления шерсти, путем сбривания. Третья группа моделировала лазерное воздействие на миомные узлы матки.

Гистологическое исследование проводили на 3-и, 7-е или 28-е сутки после лазерного воздействия (ЛВ.) Микроскопию срезов производили бинокулярным микроскопом XSM-20. Кусочки тканей (биоптаты) из очагов повреждения, возникших вследствие ЛВ, фиксировали в нейтральном 40% растворе формалина с последующей парафиновой проводкой по методике, принятой в практике патоморфологических лабораторий. После парафиновой проводки готовили срезы толщиной 5-6 мкм, которые окрашивали по методу Ван-Гизона или гематоксилином и эозином. Для оценки изменений в тканях, наступивших под влиянием ЛВ, микроскопически определяли количество слоев эпидермиса, толщину дермы, гиподермы и прослоек в них соединительной ткани. С помощью

сетки Автандилова в 10 полях зрения в каждом из 3 вышеуказанных видов тканей изучали их структурное и функциональное состояние. В поле зрения микроскопа подсчитывали количество сосудов, фибробластов и клеточных элементов: плазмочитов, лейкоцитов, тучных клеток и др. В дерме и гиподерме подсчитывали количество придатков кожи, учитывали наличие и размеры язвенного дефекта. Обращали внимание на геморрагические проявления в тканях, отеки, состояние стенок сосудов. Исследовали наличие и динамику клеточных элементов, острого и хронического воспаления, выраженность репаративных и регенераторных процессов на месте повреждения. Статистическую обработку результатов исследования осуществляли по методу Фишера-Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Количественные результаты гистологического изучения срезов представлены в табл. 1.

В качестве контроля использовали срезы ткани на краях биоптатов, удаленных от зоны ЛВ на 0,8 см; эти части ткани не были подвержены прямому облучению. При их гистологическом исследовании была установлена целостность эпителиального покрова с количеством слоев, в среднем, составляющим $7,5 \pm 1,2$ (диапазон изменения — от 6 до 9). Как видно из табл. 1, при этом количество придатков кожи в дерме в 1,26 раз превышало их число в гиподерме. Толщина дермы в контроле была в 1,33 раза больше толщины гиподермы, а толщина межмышечных соединительнотканых прослоек — меньше толщины дермы в 1,6 раза. В подкожной жировой клетчатке количество собственно соединительнотканых клеток, фибробластов и фиброцитов в поле зрения в 1,77 раза меньше, чем в дерме, а в межмышечных соединительнотканых прослойках их количество в 1,1 раза больше. Такое же соотношение, как у фибробластов, наблюдалось и в отношении мелких сосудов и капилляров в изучаемых тканях. В гиподерме регистрируется меньшее в полтора раза количество сосудов по сравнению с их содержанием в дерме. В межмышечных соединительнотканых прослойках, напротив, количество сосудов по сравнению с их числом в дерме увеличено в 1,25 раза.

Группы 1 и 2. В этих группах гистологически исследовались кожа и мягкие ткани лабораторных животных на 3-и сутки после ЛВ инфракрасным излучением с длиной волны 1,047 мкм, мощностью $P=10$ Вт и экспозициями 1 или 2 секунды. В результате относительно кратковременного ЛВ ($t=1$ сек.) во всех изучаемых тканях развились гемодинамические дистрофические и атрофические изменения. Полнокровие сосудов и стаз крови приводили к ацидозу, гипоксии, трофическим

Ремоделирование кожи и подлежащих мягких тканей после ЛВВ с длиной волны излучения 1,047 мкм, разной мощностью Р и экспозицией t

Группы животных, параметры ЛВВ	Срок наблюдения (сутки)	Толщина, мм			Число слоев эпидермиса (абс.)	Количество при-датков (абс.)		Количество фибробластов (абс.)			Количество сосудов (абс.)		
		Дерма	Гиподерма	МТ, СТ		Дерма	Гиподерма	Дерма	Гиподерма	ММТ	Дерма	Гиподерма	МТ, СТ
Контрольная группа (норма)	-	0,08±0,02	0,06±0,001	0,05±0,001	7,5±1,2	58,8±3,2	45,1±2,8	47,4±6,2	26,8±3,9	49,8±2,3	6,7±1,2	4,3±0,96	8,7±1,1
Группа 1 (P=10 Вт, t=1 сек.)	3	0,09±0,001	0,07±0,001	0,06±0,001	5,5±0,093	39,4±3,5	40,9±2,3	16,3±1,6	37,2±2,5	59,6±2,1	5,5±1,1	3,5±0,82	6,6±1,3
Группа 2 (P=10 Вт, t=2 сек.)	3	Язва	0,05±0,001	0,06±0,001	Язва	Язва	19,3±2,7	Язва	25,6±2,2	63,4±3,2	Язва	3,2±0,07	5,1±1,4
Группа 3 (P=5 Вт, t=15 сек.)	3	Некроз	0,05±0,01	0,14 ±0,01	Некроз	Некроз	9,6±0,39	Некроз	57,2±2,5	67,5±3,7	Некроз	6,1±1,2	7,5±1,4
Группа 1 (P=10 Вт, t=1 сек.)	7	0,06±0,01	0,04±0,001	0,05±0,001	5,5±1,1	25,7±1,1	15,5±1,4	60,1±2,9	35,7±2,7	60,4±5,6	4,5±1,3	5,5±2,1	7,9±2,7
Группа 2 (P=10 Вт, t=2 сек.)	7	0,05±0,01	0,02±0,001	0,02±0,001	4,8±0,9	17,3±2,18	15,8±2,6	26,8±3,2	19,8±2,2	48,7±5,1	3,5±0,7	3,1±0,9	5,8±0,8
Группа 1 (P=10 Вт, t=1 сек.)	28	0,03±0,001	0,04±0,001	0,01±0,001	5,5±0,9	33,3±2,7	22,9±3,8	32,6±4,1	29,3±2,1	35,4±4,5	7,5±1,1	5,8±1,7	6,1±0,9
Группа 2 (P=10 Вт, t=2 сек.)	28	0,03±0,001	0,03±0,001	0,01±0,001	5,0±0,6	21,4±1,6	19,7±1,4	22,5±10,9	17,5±1,3	23,8±1,8	5,2±0,9	4,1±1,1	5,5±0,88

Примечания к табл. 1: МТ – мышечная ткань; ММТ – межмышечная ткань; СТ – соединительная ткань

нарушениям и расстройству обменных процессов на клеточном и тканевом уровнях. Развитие выраженного отека в тканях способствовало нарушению паренхиматозно-стромальных взаимоотношений. Толщина дермы, гипероидермы и ширина межмышечных соединительнотканых прослоек в группе 1 увеличилось относительно контроля за счет выраженного отека на 1,25%, 16,7% и 20%, соответственно. Количество слоев эпидермиса уменьшилось на 36,4%. Возникшие нарушения способствовали атрофии и редукции придатков кожи, количество которых в дерме значительно (на 49,2%) уменьшилось по сравнению с контролем, а в гиподерме — на 10,3%. Последнее, возможно, связано с более глубоким относительно поверхности кожи залеганием жировой клетчатки и ее большим удалением от места воздействия высокоэнергетического излучения; часть последнего на пути к ней успевает отразиться, поглотиться или рассеяться. В соединительной ткани дермы в связи с отеком и нарушением трофики произошло набухание основного вещества, накопление кислых гликозаминогликанов, в результате чего промежутки между коллагеновыми волокнами увеличились, а сами волокна несколько набухли, контуры их стали нечеткими, размытыми. Окрасивание по методу Ван-Гизона или гематоксином и эозином стало бледнее, но местами усилилось, что является признаком значительного повреждения волокон. Количество клеток собственно соединительной ткани (фибробластов и фиброцитов) в дерме на 3-и сутки после ЛВ у животных группы 1 уменьшилось по сравнению с контролем на 65,62%. Что касается клеток соединительной ткани в гиподерме, то их количество увеличилось на 27,6%. Такая же тенденция наблюдается в межмышечных соединительнотканых прослойках, где количество фибробластов и фиброцитов после ЛВ увеличилось по сравнению с контрольными величинами на 36,0%. Увеличение количества клеток соединительной ткани в изучаемых объектах является показателем развития репаративных процессов в гиподерме и межмышечных соединительнотканых прослойках, но может быть и свидетельством большей чувствительности к ЛВ жировой и мышечной ткани по сравнению с дермой. С другой стороны, уменьшение количества слоев эпидермиса, количества придатков и клеточных элементов соединительной ткани является признаком более выраженного повреждения и угнетения репаративных возможностей дермы, чем подлежащих тканей. Различная степень повреждения ЛВ мягких тканей, расположенных на разной глубине относительно поверхности кожи (и, соответственно, на разном удалении от источника облучения), сказывается и на количестве сосудов, являющихся источником репарации и регенерации повреждений. Количество сосудов в тканях, располагающихся на разной

глубине, уменьшается после ЛВ в дерме у животных группы 1 по сравнению с контролем на 17,90%, в гиподерме — на 18,23%, а в межмышечной фиброзной ткани — на 24,14%, что свидетельствует о большой скорости созревания вновь образованной рыхлой соединительной ткани, минуя грануляционную ткань. Изменение количества пришлых клеток соединительной ткани на разных уровнях исследования также подтверждает разную степень реакции и повреждений тканей под действием ЛВ. В контрольных исследованиях кожи количество иммунокомпетентных клеток весьма невелико, но все же они были выявлены в единичных экземплярах во всех 3 изученных слоях. Следует сказать, что количество лимфоцитов в дерме в контроле хотя и невелико, однако их столько не бывает даже в контроле. Надо помнить, что у нас в качестве контроля изучены кусочки тканей конкретных животных. Наши исследования позволяют установить, что на расстоянии 0,8 см от зоны ЛВ регистрируется ремоделирование структуры тканей, о чем следует помнить специалистам, особенно работающим в области косметической лазерной хирургии. После ЛВ с $P=10$ Вт, $t=1$ сек. в гиподерме животных группы 1 наблюдается минимальное количество лимфоцитов, а в межмышечной соединительной ткани количество лимфоцитов в 3 раза больше, чем в гиподерме. Динамика содержания лимфоцитов в дерме и межмышечной соединительной ткани свидетельствует о травме дермы и значительной чувствительности мышечной ткани к лазерному излучению, несмотря на ее более глубокое залегание. Плазматические клетки встречаются в дерме в единичных экземплярах и не в каждом поле зрения. В подлежащей гиподерме и мышечной ткани реакции В-системы иммунитета на ЛВ в группе 1 не выявлено. В межмышечных соединительнотканых прослойках регистрируются тучные клетки в единичных количествах, тогда как в гиподерме и дерме их не обнаружено. Появление тучных клеток связано с отеком и может быть предвестником фибротизации межмышечной соединительной ткани, поскольку они секретируют биогенные амины и гликозаминогликаны. После ЛВ на кожу в дерме, гиподерме и вновь образованной межмышечной соединительной ткани происходит активизация Т-системы иммунитета. Однако степень активности лимфоцитов в дерме и вновь образованных прослойках межмышечной соединительной ткани меньше, чем в контроле, особенно в дерме. Такие результаты исследования позволяют сделать вывод о повреждающем эффекте ЛВ с $P=10$ Вт, $t=1$ сек. на структуру и функцию дермы, гиподермы, особенно мышечной ткани, а также Т-системы иммунитета. Степень повреждения тканей под влиянием ЛВ зависит как от их чувствительности, так и от расстояния до источника излучения. По результатам наших исследований установлена

слабая чувствительность жировой ткани к ЛВ и повышенная чувствительность мышечной ткани. Дерма умеренно чувствительна к ЛВ, но степень ее повреждения, возможно, связана с близостью этой ткани к источнику излучения. На 3-и сутки после ЛВ с удвоенной экспозицией и, соответственно, поглощенной энергией излучения ($P=10$ Вт, $t=2$ сек.) в группе 2 наблюдаются более выраженные повреждения кожи, подкожной жировой клетчатки, мышечной ткани, чем при экспозиции $t=1$ сек. ЛВ в указанном режиме вызывает появление язвенного дефекта, занимающего всю толщу дермы, и уменьшение толщины гиподермы на 16,67% по сравнению с контролем, а в мышечной ткани развивается отек и увеличение на 20% ширины вновь образованной межмышечной ткани на месте погибших мышечных волокон. Количество придатков в истонченной гиподерме после ЛВ с экспозицией в 2 сек. уменьшилось в группе 2 по сравнению с контролем на 57,2%, а по сравнению с их количеством после ЛВ в течение $t=1$ сек. (группа 1) — на 47,9%. Содержание фибробластов в гиподерме животных группы 2 практически не изменилось по сравнению с этим показателем в контроле, а в межмышечной вновь образованной соединительной ткани их количество возросло на 27,3%, что стало проявлением репаративных процессов. В тканях выявляется умеренный отек; сосуды расширены, полнокровны. В гиподерме количество сосудов в группе 2 уменьшено на 25,2% по сравнению с контролем, а в межмышечных вновь образованных прослойках соединительной ткани — на 41,4%.

На 3-и сутки после ЛВ мощностью 10 Вт в течение 2 секунд в гиподерме животных группы 2 появляются плазмоциты — по $2,0 \pm 0,7$ экз. в поле зрения, а в рыхлой межмышечной соединительной ткани их количество составляет $6,0 \pm 0,9$ экз. в поле зрения, что на 33,7% больше, чем при $t=1$ сек. Это является свидетельством антигенной стимуляции в облученной зоне. В связи с появлением антигенов, производных альтерации тканей, и активации В-системы иммунитета, в контрольных исследованиях и при ЛВ в течение 1 секунды (группа 1) плазмоциты в гиподерме не выявлены. Наиболее высокий уровень плазмоцитов в межмышечной соединительной ткани является — одно из проявлений альтерации и нарастания антигенной стимуляции при ЛВ и с экспозицией $t=2$ сек. Тучные клетки впервые появляются на 3-и сутки после ЛВ в группе 2 ($P=10$ Вт, $t=2$ сек.); их не было в контроле и при меньшей длительности облучения. В гиподерме тучные клетки регистрируются в единичных экземплярах в поле зрения. В межмышечной новообразованной соединительной ткани количество этих клеток больше в 9 раз по сравнению с их числом в гиподерме. Частичные признаки дегрануляции могут быть предвестниками начинающейся фибротизации. Следует сказать, что

признаков формирования грануляционной ткани в ранние сроки после ЛВ (3-и сутки) выявлено не было. Аналогичная динамика наблюдается и для инфильтрации тканей тучными клетками. Их количество возрастает у животных группы 2 на 80% по сравнению с контролем, а по сравнению с группой 1 — на 48%. Таким образом, при экспозиции ЛВ в 2 секунды ремоделирование кожи и подлежащих мягких тканей на 3-и сутки отчасти сходно с результатами облучения с $t=1$ сек. Отличия заключаются в большем повреждении кожи с образованием язвенного дефекта, в более выраженных альтеративных реакциях в гиподерме и во вновь образованной соединительной ткани. Кроме того, реакция В системы иммунитета в группе 2 выражена не только в межмышечной ткани, но и в гиподерме, как и появление тучных клеток. Группы 1 и 2 на 7-е сутки после ЛВ на кожу и подлежащие мягкие ткани с мощностью излучения 10 Вт и экспозицией в 1 секунду (группа 1, 7 сутки) толщина дермы уменьшилась на 25% по сравнению с контролем. Толщина гиподермы стала на 33% меньше, тогда как толщина вновь образованных межмышечных соединительнотканых прослоек осталась на уровне контрольной группы — вероятно, за счет активной фибротизации погибших мышечных волокон. Количество слоев эпидермиса в группе 1 на 7 сутки уменьшилось на 26,7% (по сравнению с контролем). На 7-е сутки некротических изменений дермы и подлежащих тканей не выявлено. Поскольку при данном режиме облучения нарушения поверхностной целостности кожи не наблюдалось, уменьшение количества слоев эпидермиса, как и количества придатков кожи, можно объяснить нарушением трофики тканей, фибриллогенеза и редукцией сосудов. Количество придатков в дерме и гиподерме резко сократилось по сравнению с контролем — на 54,8% и 65,6% соответственно. Такая редукция количества придатков кожи, с одной стороны, обусловлена непосредственным повреждающим эффектом ЛВ, а с другой — опосредованными дистрофическими и атрофическими изменениями в дерме, которые к 7-м суткам еще не завершились. Об этом свидетельствует увеличение количества фибробластов в дерме животных группы 1 на 68,9%, а в гиподерме — на 33,2% (относительно контроля). В межмышечной соединительной ткани репаративные процессы были активны во все сроки наблюдения после ЛВ. На 7-е сутки после облучения с $P=10$ Вт, $t=1$ сек. процессы восстановления в мышечной ткани и ее соединительнотканых прослойках еще не завершены, а даже более подавлены, чем в дерме и гиподерме. Количество фибробластов на 7-е сутки после ЛВ возросло на 21,3% (относительно контроля). Динамика клеточных элементов соединительной ткани сходна с динамикой сосудистого русла в разных тканевых срезах — дерме,

гиподерме, мышечной ткани. На 7-е сутки после ЛВ с экспозицией облучения в 2 секунды (группа 2) толщины мягких тканей на всех уровнях глубины значительно уменьшилось. Язвенный дефект не выявлен, поверхность кожи эпителизирована. Количество слоев эпителия сокращено на 36,0%. Толщина дермы уменьшилась на 37,5%, гиподермы на 66,7%, а рыхлой вновь образованной соединительной ткани — на 60%. Это истончение всех 3 слоев произошло за счет сокращения соединительнотканых прослоек в связи с их созреванием. Во вновь образованной соединительной ткани, развившейся на месте предшествовавших ей тканей, подвергшихся дистрофическим и атрофическим изменениям, процессы фибротизации полностью не завершены. Атрофические процессы коснулись всех составляющих кожи, подкожной жировой и мышечной ткани животных группы 2 через неделю. Количество придатков в дерме и гиподерме уменьшилось на 69,6% и 65,0%, соответственно. Что касается количества фибробластов и фиброцитов, клеток собственно соединительной ткани на 7-е сутки после ЛВ с $P=10$ Вт, $t=2$ сек., то их динамика логично отличается от наблюдавшейся на 3-и сутки (группа 2). Количество фибробластов в дерме уменьшилось в группе 2 на 7 сутки на 43,5%, в гиподерме — на 26,2%, тогда как на 3-и сутки наблюдали увеличение их количества. Это происходит в связи с созреванием фиброзной ткани на 7-е сутки, а на 3-и сутки образованная соединительная ткань находится на более ранних этапах развития. Количество сосудов на 7-е сутки после ЛВ с экспозицией 2 секунды, как и на 3-и сутки, во всех участках кожи и подлежащих мягких тканей уменьшается по сравнению с контрольными показателями, но в первом случае — более значительно. Количество сосудов в группе 2 на 7 сутки уменьшено по сравнению с контролем и с их количеством на 3-и сутки в дерме на 47,8%, в гиподерме — на 27,9%, в межмышечной соединительной ткани — на 33,4%. Уменьшение числа фибробластов и редукция сосудов на 7-е сутки связаны с созреванием соединительной ткани и ее фиброзированием. В сосочковом и верхних отделах ретикулярного слоя дермы животных группы 2, на 7 сутки появляются лимфоциты в незначительном количестве — до 15 экземпляров в поле зрения, что можно рассматривать как местную иммунную реакцию на деструкцию тканей. Патоморфоз кожи и подлежащих мягких тканей на 7-е сутки после ЛВ с мощностью 10 Вт и экспозицией 2 секунды (группа 2 на 7 сутки) значительно отличается от патоморфоза, возникшего при облучении длительностью в 1 секунду (группа 2 на 3 сутки). Ремоделирование кожи, подкожной жировой клетчатки и мышечной ткани при одной мощности (10 Вт) не всегда имеет одну направленность, которая зависит от величины экспозиции. Так, при ЛВ с $t=1$ сек.

толщина дермы и гиподермы уменьшается по сравнению с контролем, но толщина межмышечных соединительнотканых прослоек остается на уровне последнего. При времени воздействия 2 сек. толщина всех трех тканей значительно уменьшена. Уменьшаются показатели и других составляющих кожи, подкожной жировой клетчатки и мышечной ткани при обоих режимах и длительности излучения лазера, кроме количества фибробластов, которые при экспозиции в 1 секунду, напротив, пролиферируют. При времени воздействия 2 сек. пролиферативная активность соединительной ткани подавляется, хотя ЛВ в течение 1 секунды стимулирует ее регенерацию. На 28 сутки в 1 и 2 группах гистологическое исследование дермы, гиподермы и мышечной ткани дало возможность установить, что ЛВ с мощностью 10 Вт на кожу и подлежащие ткани наибольшим образом влияет на мышечную ткань, толщина которой уменьшается на 80%, по сравнению с контролем (величина, максимальная в наших наблюдениях). Толщина дермы тоже сократилась на 62,5%, то есть дерма атрофировалась. Уменьшается количество слоев эпидермиса, количество придатков кожи и количество фибробластов в дерме.

Данные исследования позволили установить, что на 28-е сутки после ЛВ с мощностью 10 Вт и экспозицией 1 секунда количество фибробластов в дерме уменьшается на 31,2%, а в межмышечной соединительной ткани, количество фибробластов уменьшилось на 28,9%. В гиподерме количество фибробластов снизилось на менее значительное количество — на 9,3%. Это является свидетельством нестабильности репаративных процессов в тканях разной структуры, на разной стадии заживления.

Подводя итоги результатов лазерного облучения кожи и подлежащих мягких тканей (при $P=10$ Вт, $t=1$ или 2 секунды), можно сделать вывод о том, что двукратная разница во времени воздействия приводит к различной степени нарушения структуры и функции биологических тканей, расположенных на разной глубине относительно поверхности кожи, на которую производится ЛВ. При $P=10$ Вт, $t=1$ сек. происходят гемодинамические нарушения, отек, ацидоз и гипоксия, приводящие к дистрофическим, атрофическим и деструктивным процессам с исходом в фиброз. Деструктивные изменения на тканевом уровне в дерме и гиподерме при этом выражены умеренно. В мышечной ткани эти изменения приводят к развитию вновь образованной соединительной ткани, что свидетельствует о более выраженном репаративном потенциале соединительной ткани в толще мышечной ткани по сравнению с дермой и гиподермой. Увеличение времени экспозиции ЛВ ($P=10$ Вт, $t=2$ сек.) приводит к повреждению всех видов тканей на клеточном и тканевом уровнях с появлением язвенного дефекта кожи, уменьшением объема всех видов

мягких тканей, количества придатков и сосудов. Увеличение количества фибробластов в межмышечной соединительной ткани свидетельствует о более значительном ее повреждении, и вместе с тем о выраженной способности к регенерации.

Кроме прямого ЛВ, на кожу опосредовано влияют гемодинамические и трофические нарушения в окружающей зону облучения тканях. Более чувствительной к облучению оказывается мышечная ткань, несмотря на ее большую глубину расположения по сравнению с дермой и гиподермой. Эти результаты необходимо учитывать при работе с различными видами тканей, особенно в косметической хирургии и дерматологии. Данная особенность реакции мышечной ткани может быть использована при воздействии на миомные узлы в матке. Это позволит малоинвазивно уменьшить объем узла или полностью удалить его.

Группа 3. В этих экспериментах опытные животные были подвергнуты ЛВ с мощностью ($P=5$ Вт), уменьшенной по сравнению с другими группами, но с более продолжительной экспозицией ($t=15$ сек.). Таким образом, в группе 3 доза энергии ЛВ (75 Дж) в несколько раз превосходила полученную животными остальных групп (10-20 Дж) при той же длине волны излучения. Воздействие проводилось с погружением торца световода в толщу мышечной ткани на глубину 0,7 см. На 7-е сутки после ЛВ гистологическое исследование показало, что в коже и подлежащих мягких тканях наблюдается альтерация, наиболее выраженная по сравнению с остальными опытными группами. На поверхности кожи такой режим облучения вызывает некроз, в виде язвы, покрытой некротической корочкой. Язвенный дефект занимает всю толщу дермы и захватывает 0,1 см гиподермы. В гиподерме развивается отек, но в связи с частичным некрозом гиподермы толщина ее уменьшается по сравнению с контролем на 16,67%. Количество придатков в межмышечных соединительнотканых прослойках в гиподерме уменьшилось по сравнению с контролем на 78,7%. Вместе с тем, в гиподерме происходит активация фиброгенеза, так как ширина глубоких и широких межмышечных соединительнотканых прослойках, разросшихся на месте погибшей мышечной ткани, превышает этот показатель в контроле в 2,8 раза. Количество сосудов в гиподерме у животных группы 3 к 7-м суткам после ЛВ с большой энергией увеличилось по сравнению с контролем на 41,8%, а в межмышечной вновь образованной соединительной ткани — уменьшилось на 13,8%. На 7-е сутки после такого ЛВ в воспалительном инфильтрате у животных группы 3 проявляются признаки хронизации и реакция иммунной системы. Среди воспалительного инфильтрата лимфоцитов и плазмоцитов, сосуды в мышечной соединительной ткани расширены и полнокровны. Во

новь образованной соединительной ткани плохо различима волокнистая структура. Волокна ткани набухшие, гомогенизированные, мышечные волокна фрагментированы, кое-где истончены, лишены поперечной исчерченности, а продольная исчерченность слабо выражена и не везде визуализируется. Ближе к гиподерме мышечные волокна везде разрушены вовсе. Количество фибробластов в гиподерме животных группы 3 увеличилось на 113% относительно контроля, что соответствует феномену Бергонье-Трибондо. Данный феномен был открыт авторами при лучевом воздействии на ткани живого организма и заключается в следующем: более значимые изменения наступают при малой мощности источника излучения, но более длительной экспозиции, чем при большей мощности и краткосрочном воздействии. Ремоделирование кожи и подлежащих мягких тканей на 7-е сутки после ЛВ с мощностью 5 Вт при длительности 15 сек. значительно отличается от изменений всех видов ткани при ($P=10$ Вт, $t=1$ или 2 сек.). Несмотря на значительные повреждения тканей, сохраняются регенераторные и репаративные процессы, количество сосудов в гиподерме увеличивается по сравнению с контролем и, свидетельствует о том, что решающим фактором лучевого повреждения является не мощность, а длительность ЛВ.

Дальнейшие исследования будут касаться высокоэнергетических лазеров с длиной волны 0,810 мкм, 0,970 мкм, 0,940 мкм. Будут изучены особенности воздействия на кожу и мышечную ткань, даны рекомендации по особенностям применения в медицинской практике.

Выводы

1. ЛВ с одной длиной волны и мощностью, но с разной длительностью экспозиции, обуславливает различное повреждение кожи и подлежащих тканей, что выражается в разной степени дистрофических, некротических и репаративных процессов.

2. При длине волны 1,047 нм, мощности 10 Вт и экспозиции в 1 секунду повреждение мягких тканей в значительной степени происходит в связи с отеком дермы, связанным с гемодинамическими нарушениями, стазом, гипоксией и ацидозом, что вызвано в большей степени опосредованным и в меньшей - непосредственным ЛВ на ткани.

3. При экспозиции ЛВ в 1 секунду деструктивные изменения на тканевом уровне происходят прежде всего в дерме и гиподерме в виде уменьшения количества придатков кожи, фибробластов, соединительной ткани и сосудов во всех трех видах тканей. Также происходит стимуляция фибриллогенеза в гиподерме и межмышечной соединительной ткани.

4. Увеличение времени экспозиции до 2 секунд при той же мощности ЛВ (10 Вт), приводит

к усилению альтерации во всех тканях на клеточном и тканевом уровнях. На поверхности кожи появляется язвенный дефект, уменьшается количество придатков дермы и толщина всех трех изучаемых типов тканей. Во всех тканях происходит редукция сосудов и замедляются фибробластические реакции по сравнению с контролем.

5. Выбор режима ЛВ на кожу зависит от цели его применения. При этом необходимо учитывать значительную чувствительность глубоко лежащих мышечных тканей и их потенцию к регенерации. При этом отсутствуют гнойные осложнения, что приводит к хорошему косметическому эффекту, без значительных реактивных осложнений и рубцов.

6. ЛВ с длиной волны 1,047 мкм обладает гемостатическим эффектом за счет лимфостаза в просвете сосудов без лейкодиapedеза. Оно снижает уровень медиаторов воспаления и тем уменьшает проницаемость сосудов и экссудативную фазу воспаления. Заживление ран происходит без лейкоцитарной инфильтрации, что увеличивает абластичность процесса.

7. Длительное воздействие лазерного излучения малой мощности (3 группа) позволяет уменьшить объем миомного узла, при интрамуральном воздействии на центральную область узла. Данное воздействие может проводиться эндоскопически.

Список литературы

1. Автандилов Г.Г. Основы патологоанатомической практики. – М.: РМАПО, 1998. – 505 с.
2. Агеева С.А., Минаев В.П. Современные лазерные скальпели как основа внедрения высокоэффективных и стационарозамещающих технологий в оториноларингологии / С.А.Агеева, В.П.Минаев // Национальный медицинский каталог / М.: БДЦ-пресс. – 2003. – Вып. 1 (2). – С. 62.
3. Байбеков И.М. Морфологические аспекты лазерных воздействий на хронические язвы и печень / И.М.Байбеков, Ф.Г.Назаров, Ф.А.Ильханов и др. // Цитология. – 2007. – № 3. – С. 204-209.
4. Гельфонд М.Л. Применение полупроводниковых лазеров в дерматологии и косметологии: Пособие для врачей / М.Л.Гельфонд, А.А.Иванов, Н.Е.Проценко, Г.Н. – Санкт-Петербург: СПб ГМУ, 2004. – 47 с.
5. Герасимов И.Г. Оценка жизнеспособности клеток по их морфологическим параметрам на примере культивируемых фибробластов / И.Г.Герасимов, А.Г.Попандуло // Цитология. – 2007. – № 3. – С. 204-209.
6. Лапкин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа. – 1990. – 352 с.
7. Левитин Г.Д. Применение ИАГ лазера при операциях на паренхиматозных органах в экспериментах и в клинике / Г.Д.Левитин, А.Г.Кирпичев, В.В.Уткин // Применение лазеров в клинике и эксперименте. – М.: Медицина, 1987. – С. 60-61.
8. Плетнев Г.Д. Лазеры в клинической медицине. – М.: Медицина, 1981. – 389 с.
9. Плужников М.С. Внутритканевая лазерная деструкция при полипозе полости носа / М.С. Плужников, М.А.Шавгулидзе // Актуальные проблемы лазерной медицины. – Санкт-Петербург, 2001. – С. 106-112.
10. Отченаш Н.Н. Лазерное излучение при лечении рака кожи // Вестник ХМАПО. – 2007. – № 2. – С. 83-85.
11. Audo Y. Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria / Y.Audo, A.Foki, H.Watanabe, I.Ishikawa. // Lasers Surg. Med. – 1996. – Vol. 19. – P. 435-444.
12. Geronemus R.G. Fractional photothermolysis: current and future applications // Lasers Surg. Med. – 2006. – Vol. 38. – P. 169-176.
13. English R. Keloids and hypertrophic scars // Dermatologic Surgery. – 1999. – Vol. 25. – P. 631-638.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Свириденко Людмила Юрьевна — канд. мед. наук, доцент кафедры клинической патологической физиологии, топографической анатомии и оперативной хирургии Харьковской медицинской академии последипломного образования. Адрес: ул. Амосова, 58, г. Харьков, 61176, Украина; тел.: (057) 711-35-56; e-mail: office@med.edu.ua.

Л.Ю. Свириденко

Харківська медична академія післядипломної освіти, м. Харків, Україна

ДИНАМІКА РАНОВОГО ПРОЦЕСУ

ПІСЛЯ ВПЛИВУ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ 1,047 МКМ НА ШКІРУ І ПІДЛЕГЛІ М'ЯКІ ТКАНИНИ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ГІСТОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

У статті представлені результати експериментальної роботи, в якій досліджувався вплив високоенергетичного лазерного випромінювання довжиною хвилі 1,047 мкм, на шкіру та її придатки, на м'язову тканину. Експеримент, проводився на щурах. Динаміка ранового процесу контролювалася протягом

місяця. Потужність випромінювання 10 Вт, експозиція 1, 2 секунди. Вплив проводився безконтактним шляхом, 1 см над рівнем шкіри, за допомогою кремнеземистого волокна. Навіть такий короткостроковий вплив призвів до значних змін у тканинах. Всі зміни порівнювали з контролем непошкодженої шкіри тварини. Вплив лазерного опромінювання за 1 секунду призводить до зміни всередині дерми в поєднанні із набряками, пов'язаних з гемодинамічними розладами, стазом, гіпоксією та ацидозом, завдяки непрямому і менш прямому впливу випромінювання на тканину. Зцілення відбувалося без видимих рубців.

Збільшення експозиції до 2 секунд при потужності 10 Вт, призводило до посилення альтерації в усіх тканинах на клітинному та тканинному рівні. На поверхні шкіри з'являлася виразка, зменшувалась кількість придатків дерми та товщина усіх трьох вивчаємих типів тканин. У всіх тканинах спостерігалася редукція судів, загальмувалися фібробластичні реакції у порівнянні з контролем. Ці зміни можуть бути корисні в онкохірургії.

Більш тривалий вплив лазерного випромінювання (15 сек) малої потужності (3 група) при інтрамуральному впливі дозволяє зменшити об'єм м'язової тканини. Цей ефект може застосовуватись у гінекології при лікуванні фіброміом.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу інших хірургічних лазерів довжиною хвилі 0,81 мкм, 0,97 мкм, 0,94 мкм.

Ключові слова: високоенергетичне лазерне випромінювання, гістологічне дослідження, ремоделювання шкіри, лазерна рана.

L.Yu. Sviridenko

Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education, Kharkiv, Ukraine

**DYNAMICS OF THE EARLY PROCESS OF THE HEALING OF THE INJURE
AFTER ACTION HIGH-ENERGY LASER RADIATION WITH LENGTH
OF THE WAVE 1,047 MKM ON THE SKIN AND SOFT SUBCUTANEOUS TISSUES
(EXPERIMENTAL-HISTOLOGICAL RESEARCH)**

The article presents the results of experimental work, which investigated the effect of high-energy laser radiation with a wavelength of 1.047 microns, on the skin and its appendages, and on muscle tissue. An experiment was conducted on rats. The dynamics of the early process was monitored during the month. Power radiation 10 W, exposure 1, 2 seconds. Influence was carried out by contactless way, 1 cm above the skin level, with the help of silica fiber. Even such short-term effects have led to significant changes in tissues. All changes were compared with the control of the intact skin of the animal. The effect of laser irradiation in 1 second was lead to a change in the dermis, in combination with edema associated with hemodynamic disorders, stasis, hypoxia and acidosis, due to indirect and less direct exposure to tissue radiation. Healing was occurs without visible scarring.

Increasing the exposure to 2 seconds at 10 W power was lead to increased alteration in all tissues at the cell and tissue levels. The ulcer had been appear on the surface of the skin, the number of derma appendages and the thickness of all three types of tissue being studied there had been reduced. In all tissues, the reduction of vessels, were seen the braking of fibroblastic reactions compared with the control. These changes may be useful in onkology -surgery.

Longer duration of the laser radiation (15 sec) of low power (group 3) with intramural effect can reduce the volume of muscle tissue. This effect can be used in gynecology when treating fibroma.

Further research will focus on the effects of other surgical lasers with a wavelength of 0.81 microns, 0.97 microns, 0.94 microns.

Key words: high-energy laser radiation, histological examination, skin remodeling, laser wound.