

УДК 618.19-089

ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕЗЕКЦИИ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ

Ануфриева С.С., Комиссарова О.С.

ГБОУ ВПО «Челябинская государственная медицинская академия» Минздрава России, Челябинск, Россия (454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64), e-mail: mammolog@inbox.ru

Экспериментальным путем произведен подбор оптимальных параметров высокоинтенсивного лазерного излучения, генерируемого диодными лазерами с длиной волны 805 и 970 нм, для выполнения резекций молочных желез кроликов. Учитывались технические параметры операций: длительность рассечения тканей, адекватность одномоментного гемостаза, температура тканей в операционной ране, а также выраженность и ширина зоны некротических изменений в тканях края резекции и ширина послеоперационного рубца. Минимальное повреждение тканей молочных желез кроликов достигнуто при использовании мощности излучения указанных лазеров, равной 20 Вт в импульсно-периодическом режиме генерации с длительностью импульс/пауза 0,05/0,05 с. Данные параметры лазерного излучения позволили добиться статистически значимого уменьшения длительности операции, достижения адекватного гемостаза с формированием в последующем тонкого послеоперационного рубца.

Ключевые слова: молочная железа, диодный лазер, резекция.

OPTIMUM MODES OF HIGH-INTENSITY LASER RADIATION FOR PERFORMANCE OF THE RESECTION OF MAMMARY GLANDS

Anufrieva S.S., Komissarova O.S.

The Chelyabinsk State Medical Academy (ChelSMA), Chelyabinsk, Russia (454092, Chelyabinsk, Vorovsky street, 64), e-mail: mammolog@inbox.ru

Selection of optimum parameters of the high-intensity laser radiation generated by diode lasers with length of a wave of 805 and 970 nanometers is experimentally made for performance of resections of mammary glands of rabbits. Technical parameters of operations were considered: duration of a section of fabrics, adequacy of an one-stage hemostasis, temperature of fabrics in an operational wound, and also expressiveness and width of a zone necrosis changes in fabrics of edge of a resection and width of a postoperative hem. The minimum damage of fabrics of mammary glands of rabbits is reached at use of capacity of radiation of the specified lasers of equal 20 Wt in an impuls-periodic mode of generation with duration an impulse/pause 0,05/0,05 with. The given parameters of laser radiation have allowed to achieve statistically significant reduction of duration of operation, achievement of an adequate hemostasis with formation in the subsequent a thin postoperative hem.

Keywords: mammary gland, the diode laser, resection.

Введение

Высокоинтенсивное лазерное излучение обладает коагулирующим, бактериостатическим свойствами, вызывает щадящее воздействие на биологические ткани, стимулирует процессы регенерации, благодаря чему достигло широкого применения в качестве оперативного пособия при хирургических вмешательствах на различных органах [2–5]. Роль лазерной хирургии достигла некоторого развития и в хирургическом лечении патологии молочных желез. Анализ представленных в литературе данных экспериментальных и клинических исследований показал результаты изучения применения диодного, CO₂, Nd:YAG лазеров в интерстициальной термотерапии доброкачественных и злокачественных образований молочной железы [1; 6; 7]. Однако реакция тканей молочной железы на воздействие лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона, а также возможности применения

диодного лазера при выполнении оперативных вмешательств на молочной железе в настоящее время не достаточно изучены, что определило актуальность проведенного экспериментально-морфологического исследования.

Цель исследования: экспериментальным путем определить оптимальные параметры высокоинтенсивного лазерного излучения с длиной волны 805 и 970 нм для выполнения резекции молочных желез.

Материал и методы исследования

Для достижения поставленной цели проведено 88 операций (секторальных резекций) на молочных железах половозрелых самок кролика с использованием высокоинтенсивного лазерного излучения диодных лазеров с длиной волны 805 нм (Sharplan 6020) и 970 нм («Милон – Лахта») в импульсно-периодическом режиме с различным соотношением времени импульса и паузы для рассечения тканей. Подведение лазерной энергии к тканям осуществлялось посредством гибкого кварцевого световода диаметром 600 мкм.

Все вмешательства на животных выполнялись под внутривенным наркозом 2% раствором ксилазина гидрохлорида в дозе 2 мл/кг и осуществлялись в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных», регламентированных в приложении к приказу МЗ СССР № 755 от 12.09.1977 г.

При подборе оптимальных режимов лазерного излучения оценивались продолжительность выполнения манипуляции, адекватность гемостаза, степень обугливания тканей, ширина зоны некротических изменений в тканях и динамика изменений температуры в ране и окружающих тканей. Отсроченно на 30-е и 60-е сутки после выполнения резекции молочных желез кроликов оценивалась ширина послеоперационного рубца в зависимости от мощности использованного лазерного излучения.

Ширину зоны некроза и послеоперационного рубца в тканях молочных желез опытных животных оценивали путем морфометрического исследования при световой микроскопии гистологических срезов, изготовленных по стандартной методике заливки в парафин, толщиной 5–7 мкм и окрашенных гематоксилином и эозином на микроскопе «DMRXA» (фирма LEICA, Германия). Документирование и оценка результатов исследования выполнялись с помощью компьютерной программы анализа изображения «ДиаМорф Cito-W» (Россия), совмещенной с микроскопом.

Термометрическое исследование степени нагрева тканей молочных желез кроликов в результате воздействия на них высокоинтенсивного лазерного излучения при рассечении тканей осуществлялось путем регистрации температуры тканей инфракрасным медицинским

тепловизором «IRTIS-2000M». Обработка полученных температурных показателей производилась с помощью специализированной программы.

Полученные в результате исследований цифровые данные подвергались статистической обработке на персональном компьютере с помощью лицензионного пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, Inc.). Применялись методы вариационной статистики: определение средней арифметической, среднее квадратичное отклонение, стандартной ошибки средней арифметической. Статистическая значимость различий сравниваемых признаков в группах проводилась с помощью непараметрического U-теста Манна–Уитни с поправкой Бонферрони. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$, что соответствует 95% вероятности безошибочного прогноза.

Результаты исследования и их обсуждение

Продолжительность (скорость) рассеечения тканей молочных желез экспериментальных животных в зависимости от длины волны, мощности излучения, длительности и соотношения импульс/пауза лазерного излучения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Длительность рассеечения тканей молочных желез кроликов в зависимости от параметров лазерного излучения (с)

Длина волны	Мощность излучения	Длительность импульса/длительность паузы, с	Количество опытов	Продолжительность манипуляции, с
805 нм	10 Вт	0,15/0,15	4	29±0,2
		0,1/0,1	4	29,5±0,2
		0,05/0,05	4	28,5±0,1*
	15 Вт	0,15/0,15	4	19,5±0,58
		0,1/0,1	4	18,7±0,7
		0,05/0,05	4	17,5±0,3*
805 нм	20 Вт	0,15/0,15	4	16,25±0,96
		0,1/0,1	4	16,25±0,5
		0,05/0,05	8	13,75±0,26*
		0,05/0,1	8	28,13±0,25
		0,1/0,05	8	14,75±0,4

970 нм	20 Вт	0,15/0,15	4	15,75±0,5
		0,1/0,1	4	15,75±0,5
		0,05/0,05	8	13,6±0,2*
		0,05/0,1	8	28,2±0,3
		0,1/0,05	8	13,9±0,74

* Достоверность различий с показателями внутри группы ($p < 0,05$). Использован U-критерий Манна–Уитни с поправкой Бонферрони.

Как следует из таблицы, использование лазерного излучения с соотношением импульс/пауза 0,05/0,05 с, независимо от показателя мощности, ведет к статистически значимому ($p < 0,05$) снижению продолжительности рассечения тканей при внутригрупповом анализе.

Рассечение тканей молочной железы с использованием диодного лазера с длиной волны 805 нм, мощностью 10 Вт, с соотношениями импульс/пауза 0,05/0,05 с; 0,1/0,1 с и 0,15/0,15 с происходило очень медленно. Продолжительность манипуляции увеличивалась за счет выполнения дополнительного гемостаза в лазерной ране до 28–30 с. Обугливание тканей молочной железы наблюдалось умеренное, обусловленное необходимостью длительного воздействия лазерного излучения для достижения рассечения тканей.

При использовании лазерного излучения с длиной волны 805 нм, мощностью 15 Вт, с соотношениями импульс/пауза 0,05/0,05 с; 0,1/0,1 с и 0,15/0,15 с длительность выполнения рассечения тканей молочных желез была меньше, чем в предыдущей группе, и сократилась до 17–20 с. Одновременный гемостаз в лазерной ране достигался адекватный. Обугливание тканей молочной железы наблюдалось умеренное.

При рассечении тканей молочной железы с применением диодного лазера с длиной волны 805 нм, мощностью излучения 20 Вт, с соотношением импульс/пауза 0,15/0,15 с и 0,1/0,1 с продолжительность манипуляции уменьшилась до 15–16 с. Обугливание тканей молочной железы наблюдалось значительное за счет длительности импульса в 0,1 с и 0,15 с. Воздействие лазерного излучения в импульсно-периодическом режиме с соотношением длительности импульс/пауза 0,05/0,05 с приводило к быстрому рассечению тканей молочной железы (12–15 с), что вызывало незначительное обугливание тканей. Одновременный гемостаз в лазерной ране отмечался адекватный. Применение излучения с длительностью импульс/пауза 0,05/0,1 с приводило к увеличению продолжительности времени манипуляции за счет длительности паузы до 27–30 с. Использование лазерного излучения с соотношением импульс/пауза 0,1/0,05 с хотя и сокращало время выполнения манипуляции (12–14 с), но

приводило к существенному обугливанию тканей молочной железы за счет увеличения длительности импульса до 0,1 с.

При использовании лазерного излучения с длиной волны 970 нм, мощностью излучения 20 Вт в импульсно-периодическом режиме генерации с различной длительностью и соотношением импульс/пауза, показатели продолжительности рассечения тканей молочной железы, адекватности гемостаза и степени обугливания тканей лазерной раны практически ничем не отличались от полученных описанных результатов исследования.

Таким образом, наиболее оптимальными параметрами лазерного излучения для выполнения рассечения тканей молочной железы экспериментальных животных, обеспечивающими быстрое рассечение тканей молочной железы кроликов с одновременным адекватным гемостазом и минимальным обугливанием тканей, являются: высокоинтенсивное излучение, генерируемое диодными лазерами с длиной волны 805 и 970 нм; мощность лазерного излучения 20 Вт; импульсно-периодический режим генерации излучения с длительностью импульс/паузы 0,05/0,05 с.

Динамическая термометрия произведена в 32 случаях при выполнении рассечения тканей молочной железы с использованием ВИЛИ. Результаты термометрии тканей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели температуры в крае резекции при рассечении тканей молочных желез кроликов лазером с длиной волны 805 и 970 нм

Длина волны/ кол-во опытов, n	Мощность излучения, Вт	Длительность импульса/ длительность паузы, с	Максимальная температура тканей, °С	Средняя температура тканей, °С
805 нм (n=8)	10 Вт	0,05/0,05	160,2±6,9*	54,2±3,8
805 нм (n=8)	15 Вт	0,05/0,05	185,4±5,9*	55,4± 5,3
805 нм (n=8)	20 Вт	0,05/0,05	229,7±4,9*	57,3±4,8
970 нм (n=8)	20 Вт	0,05/0,05	234,5±3,6*	58±5,2

* Достоверность различий с показателями между группами ($p < 0,05$). Использован U-критерий Манна–Уитни с поправкой Бонферрони.

Как следует из таблицы 2, использование лазерного излучения мощностью 20 Вт с изучаемыми параметрами соотношения импульса и паузы, независимо от длины волны (805 или 970 нм), одинаково ведет к максимальному нагреву тканей, прилегающих к торцу

световода, и составляет $229,7 \pm 4,9$ °C и $234,5 \pm 3,6$ °C ($p > 0,05$). В то же время температура тканей вокруг световода при их рассечении прогрессивно снижается при уменьшении мощности излучения с 20 до 10 Вт, составляя $229,7 \pm 4,9$ °C, $185,4 \pm 5,9$ °C и $160,2 \pm 6,9$ °C, при 20, 15 и 10 Вт соответственно ($p < 0,05$). Средняя температура тканей, окружающих область воздействия лазерного излучения, при их рассечении не зависела от используемых параметров лазерной установки ($p > 0,05$), что свидетельствует о локальном действии данного типа ВИЛИ на ткани органа.

Сопоставляя данные термометрии с техническими параметрами оперативных вмешательств (быстрота и удобство рассечения тканей, адекватность одномоментного гемостаза), можно сделать вывод, что для оптимального рассечения тканей молочных желез кроликов с помощью лазерного излучения с длиной волны 805 и 970 нм в импульсно-периодическом режиме генерации необходимо достижение температуры тканей, прилегающих к торцу световода, до $232,1 \pm 4,3$ °C, что соответствует мощности 20 Вт.

Морфометрическое исследование тканевых срезов, изготовленных из тканей, полученных из края резекции, позволило оценить ширину зоны некротических повреждений, вызванных энергией лазера (таблица 3).

Таблица 3 – Ширина зоны некротических повреждений окружающих тканей молочных желез кроликов в зависимости от мощности лазерного излучения и сроков наблюдения, мкм

Мощность лазерного излучения / количество опытов	Ширина зоны некроза, мкм	
	1 сутки	3 суток
10 Вт (n=10)	$114,1 \pm 7,7$	$223,4 \pm 20,0$
15 Вт (n=10)	$128,4 \pm 9,1$	$272 \pm 28,8$
20 Вт (n=10)	$137,2 \pm 8,6^{**}$	$182,4 \pm 1,3^{* **}$

* Достоверность различий с показателями группы 15 Вт ($p < 0,05$). Использован критерий Манна–Уитни с поправкой Бонферрони.

** Достоверность различий с показателями группы 10 Вт ($p < 0,05$). Использован критерий Манна–Уитни с поправкой Бонферрони.

Данные таблицы 3 свидетельствуют о статистически значимом расширении зоны некротических изменений в тканях молочных желез кроликов на 3-и сутки после выполнения резекции органа с помощью диодного лазера независимо от мощности используемого излучения ($p < 0,05$), в то же время минимальной протяженности зоны некроза удалось достичь при использовании мощности излучения в 20 Вт в импульсно-периодическом режиме генерации ($p < 0,05$).

Морфометрический анализ ширины послеоперационного рубца на 60-е сутки показал наличие более тонкого рубца протяженностью $387,6 \pm 11,2$ мкм в тканях при выполнении резекции молочной железы диодным лазером с длиной волны 805–970 нм мощностью излучения 20 Вт в импульсно-периодическом режиме генерации с длительностью импульс/пауза по 0,05 с против $574,3 \pm 15,9$ мкм и $498,5 \pm 22,4$ мкм при использовании мощности 10 и 15 Вт соответственно ($p < 0,05$).

Заключение

Таким образом, проведенное экспериментальное исследование позволило сделать вывод, что оптимальными параметрами высокоинтенсивного лазерного излучения, используемого для выполнения резекции тканей молочной железы экспериментальных животных, являются: длина волны 805 и 970 нм; мощность излучения 20 Вт; импульсно-периодический режим генерации излучения с длительностью импульс/паузы 0,05/0,05 с. Данные параметры лазерного излучения позволяют быстро рассечь ткани, достигнув при этом одномоментного адекватного гемостаза, добиться минимальных повреждений окружающих зону резекции тканей с формированием в последующем тонкого послеоперационного рубца. Полученные результаты, на наш взгляд, могут быть использованы в клинической хирургии молочной железы с целью минимизации повреждения тканей.

Список литературы

1. Акимов А.Б. Nd:YAG интерстициальная лазерная термотерапия в лечении рака молочной железы / А.Б. Акимов, В.Е. Серегин, К.В. Русанов и др. // *Lasers Surg. Med.* – 1998. – Т. 22. – № 5. – С. 257–267.
2. Игнатьева Е.Н. Особенности ответных реакций биологических тканей на воздействие непрерывного и импульсного высокоинтенсивного лазерного излучения (экспериментальное исследование) : дис. ... канд. мед. наук. – Челябинск, 2007. – 22 с.
3. Плетнев С.Д. Лазеры в клинической медицине. – М., 1996. – 428 с.
4. Рошаль Л.М. Первый опыт совместного воздействия излучения АИГ-неодимового и АИГ-эрбиевого лазеров на ткани экспериментальных животных и возможности его использования в хирургии / Л.М. Рошаль, Н.Е. Горбатова, Ю.Л. Лившиц и др. // *Хирургия.* – 1991. – № 8. – С. 103–105.
5. Селиверстов О.В. Локальная лазерная термотерапия рецидивного узлового зоба / О.В. Селиверстов, В.А. Привалов, А.Б. Файзрахманов и др. // *Лазерные технологии в медицине : сб. науч. работ.* – Челябинск, 2001. – Вып. 3 – С. 70–76.

6. Dowlatshahi K. Interstitial Laser Therapy of breast fibroadenomas with 6 and 8 year follow-up / K. Dowlatshahi, S. Wadhvani, R. Alvarado et al. // Breast J. – 2010. – Vol. 16. – № 1. – P. 73–76.
7. Zhao Z. Minimally-invasive thermal ablation of early-stage breast cancer: a systemic review / Z. Zhao, F. Wu // Eur. J. Surg. Oncol. – 2010. – Vol. 36. – № 12. – P. 1149–1155.

Рецензенты:

Андриевских И.А., д.м.н, профессор, зав. кафедрой госпитальной хирургии ГБОУ ВПО «ЧелГМА» Минздравсоцразвития России, г. Челябинск.

Селиверстов О.В., д.м.н., профессор кафедры общей хирургии ГБОУ ВПО «ЧелГМА» Минздравсоцразвития России, г. Челябинск.