

И.А. ШВЕД, А.В. ВОРОБЕЙ, Т.Э. ВЛАДИМИРСКАЯ, Г.В. ШЕРСТЮК,  
О.П. ШОРЕЦ, С.В. АЛЕКСАНДРОВ

## ОСОБЕННОСТИ ЗАЖИВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ РАНЫ ПЕЧЕНИ ПОСЛЕ ЕЕ РЕЗЕКЦИИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,  
Республика Беларусь

**Цель.** Изучение особенностей заживления лазерной раны при резекции печени высокоинтенсивным лазерным излучением (ВИЛИ) разной длины волны в эксперименте.

**Материал и методы.** Эксперименты были поставлены на 64 кроликах. Резекцию участка печени выполняли с помощью лазерного излучения с длинами волн 1064 нм, 1330 нм и 1440 нм. Кровь для гематологических и участки печени для последующих морфологических исследований забирали сразу и на 1, 3, 7, 14, 30 сутки после операции.

**Результаты.** При всех режимах формировались обширные зоны термического повреждения печени и вторичного некроза, инкапсулировались зоны первичных и вторичных лазерных повреждений, развивались перифокально – дистанционные повреждения. В остром опыте отмечалась более выраженная макрофагальная реакция при использовании режима ВИЛИ 1320 нм. Задержка развития лейкоцитарной реакции наблюдалась у животных с использованием ВИЛИ 1064 нм и 1440 нм. Через 14 суток после операции у животных с применением ВИЛИ 1064 нм прослеживался выход гнойного экссудата на поверхность фиброзной капсулы, в крови выявлялось значительное повышение количества сегментоядерных лейкоцитов, белка острой фазы и СОЭ. К 30 суткам наблюдения у всех животных происходила полная инкапсуляция с констрикцией очага повреждения и сохранением в нем участков нерезорбированного некроза ткани печени.

**Заключение.** Установлено, что развитие раневого процесса, перифокально-дистанционных изменений и воспалительной реакции после резекции печени высокоинтенсивным лазерным излучением зависит от используемого режима (1064, 1320 и 1440 нм) в остром и хроническом опыте. Заживление лазерной раны печени происходит быстрее после воздействия излучения с длиной волны 1320 нм, вызывающего более выраженную макрофагальную реакцию в ране и повышение общего количества лейкоцитов крови в раннем послеоперационном периоде.

*Ключевые слова:* резекция печени, высокоинтенсивное лазерное излучение, заживление раны

**Objectives.** Studying the peculiarities of the laser wound healing after liver resection by high-intensity laser radiation (HILR) with different wavelength in experiment.

**Methods.** Experiments have been carried out on 64 rabbits. The resection of the portion of the liver was done by means of laser irradiation by a wavelength of 1064 nm, 1330 nm and 1440 nm. Samples of the blood and liver for hematologic and morphological studies were taken immediately and then on the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 7<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup> days after operation.

**Results.** At all regimes the extensive zones of thermal liver injury and a secondary necrosis were formed, the zones of primary and secondary laser damages encapsulated, the remote damages developed perifocally. In an acute experiment more expressed macrophage reaction using the HILR regime at 1320 nm was registered. Inhibition of leukocyte reaction development was observed in animals using HILR at 1064 nm and 1440 nm. 14 days after the operation the output of purulent exudate on the surface of a fibrous capsule was observed in animals with the application of HILR at 1064 nm, substantial increase of segmented nuclei leukocytes number was revealed in the blood as well as the protein of a sharp phase and the erythrocyte sedimentation rate (ESR). By the 30<sup>th</sup> day of observation a full encapsulation with the constriction of the damage site and retention of non-resorbed necrosis areas of the liver tissue have been occurred in all animals.

**Conclusions.** It has been established that development of wound process, perifocal-distant changes and inflammatory reaction after liver resection with high-intensity laser irradiation depends on a used regime (1064 nm, 1320 nm and 1440 nm) in acute and chronic experiment. Healing of a liver wound occurs faster after radiation therapy by laser with the wavelength 1320 nm, causing more expressed macrophage reaction in a wound and increase of the total number of blood leukocytes in the early postoperative period.

*Keywords:* liver resection, high-intensity laser radiation, wound healing

Novosti Khirurgii. 2013 Nov-Dec; Vol 21 (6): 3-9

The peculiarities of laser wounds healing after liver resection by high-intensity laser radiation in experiment

I.A. Shved, A.V. Vorobey, T.E. Vladimirskaia, G.V. Sherstyuk, O.P. Shorets, S.V. Aleksandrov

## Введение

Высокоинтенсивное лазерное излучение (ВИЛИ) успешно и эффективно используется в хирургии больше 40 лет [1]. За этот период значительно расширился диапазон волн лазерного излучения, увеличилась надежность лазерных установок, подробно изучены механизмы взаимодействия с биологической тканью [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Использование лазера обеспечивает не только рассечение тканей, но и «биологическую сварку» их. При воздействии лазерным излучением происходит запаивание сосудов без образования тромбов, что, в свою очередь, приводит к дефициту vasoактивных веществ, следствием чего является невыраженная экссудативная фаза воспаления длительностью 1-3 суток после воздействия [7, 8]. Большинство авторов сходятся во мнении, что действие ВИЛИ не приводит к выраженной воспалительной реакции вследствие образования «лазерного струпа» [7, 8].

В литературе хорошо представлены результаты изучения и применения лазерного излучения длиной волны 1064 нм, [7, 9, 10], и нет информации об особенностях воздействия на ткань печени лазерного излучения с длиной волны 1320 нм и 1440 нм, отсутствует их сравнительная оценка. Многие авторы отмечают, что до настоящего времени не систематизированы оптимальные режимы воздействия высокоинтенсивного лазерного излучения, обеспечивающие наилучший гемостатический эффект при минимизации повреждений ткани, а также отсутствует единая сформированная концепция регенерации, учитывающая морфологические изменения происходящие после лазерного воздействия и их влияние на динамику заживления [9, 10, 11, 12].

**Цель** исследования: изучение особенностей заживления лазерной раны после сегмент-

тарной резекции печени ВИЛИ разной длины волны в эксперименте.

## Материал и методы

Эксперименты были поставлены на 64 кроликах породы «Шиншилла», массой 2,8-3,0 кг, содержащихся в условиях стационарного вивария ГУО «Белорусская медицинская академия последиplomного образования» на полноценном стандартном пищевом рационе согласно установленным нормам. В ходе проведения эксперимента руководствовались приказом Минвуза СССР №742 от 13.11.1984 года «Об утверждении правил работ с использованием экспериментальных животных», «Правилами работы с экспериментальными животными», требованиями, регламентирующими работу с экспериментальными животными, а также стандартами American Heart Association's "Guidelines for the Use of Animal in Reserch" и Guide for the core and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Revised, 1996) [13]. Операции проводили в стерильных условиях под общим обезболиванием. Резекцию участка печени выполняли с помощью лазерного излучения с разной длиной волны. В качестве источника лазерного излучения был использован лазерный хирургический аппарат белорусского производства «МУЛ-1». По истечении срока наблюдения эвтаназию животных проводили путем передозировки тиопентала натрия с взятием крови для гематологических исследований и ткани печени для последующих морфологических исследований (таблица 1).

Для морфологического исследования готовили парафиновые срезы, которые окрашивали гематоксилином и эозином, по Массону. Изучение препаратов и изготовление микрофотографий проводили с помощью светового микроскопа Axio Imager (Zeiss, Германия).

Таблица 1

**Схема эксперимента по проведению резекции печени кролика высокоинтенсивным лазерным излучением**

№ группы	Длина волны, нм	Перечень регистрируемых показателей	Сроки регистрации
1 группа (n=22)	1064	Состояние кожной раны Гематологическое исследование крови Морфологическое исследование	Первые-третьи сутки после операции На 1, 3, 7, 14, 30 сутки после операции Взятие материала (ткань печени) сразу после операции, на 1, 3, 7, 14, 30 сутки после операции.
2 группа (n=21)	1320	Состояние кожной раны Гематологическое исследование крови Морфологическое исследование	Первые-третьи сутки после операции На 1, 3, 7, 14, 30 сутки после операции Взятие материала (ткань печени) сразу, на 1, 3, 7, 14, 30 сутки после операции.
3 группа (n=21)	1440	Состояние кожной раны Гематологическое исследование крови Морфологическое исследование	Первые-третьи сутки после операции На 1, 3, 7, 14, 30 сутки после операции Взятие материала (ткань печени) сразу после операции, на 1, 3, 7, 14, 30 сутки после операции.

Кровь для лабораторных исследований забирали из краевой ушной вены кролика. В венозной крови определяли содержание лейкоцитов, показатели лейкограммы, используя автоматический гематологический анализатор с плавающим дискриминатором «Medonic SA 620» (Balder) фирмы «Boule Medical AB» (Швеция), а также общепринятые унифицированные методы гематологического исследования [14]. Уровень фибриногена в крови устанавливали по Рутберг [14].

С помощью описательной статистики определены основные параметры исследуемых выборок. Данные в таблицах представлены в виде медианы с квартилями. Выбор теста для оценки статистической значимости различий между исследуемыми группами осуществляли на основании проверки нормальности распределения данных, с учетом характера сравниваемых выборок (независимые). Для проверки нормальности распределения данных использован тест Колмогорова-Смирнова и Лиллифорса (Kolmogorov-Smirnov & Lilliefors test for normality). Поскольку распределение в сравниваемых выборках отличалось от нормального, был применен непараметрический метод при сравнении 2 групп – тест Манна-Уитни (Mann-Whitney U Test) [15].

Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

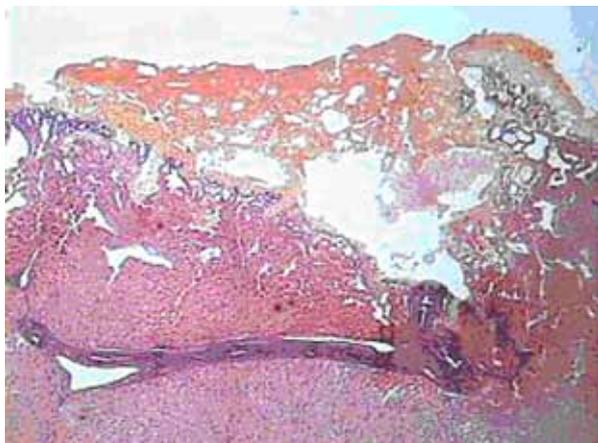
После воздействия трех режимов лазерного излучения формировался обширный очаг термического повреждения ткани печени («лазерный струп»), весьма полиморфной структуры, и в котором можно было условно выделить следующие зоны: коагуляционного

некроза, коагуляции/вапоризации, предкоагуляционных изменений (рис. 1).

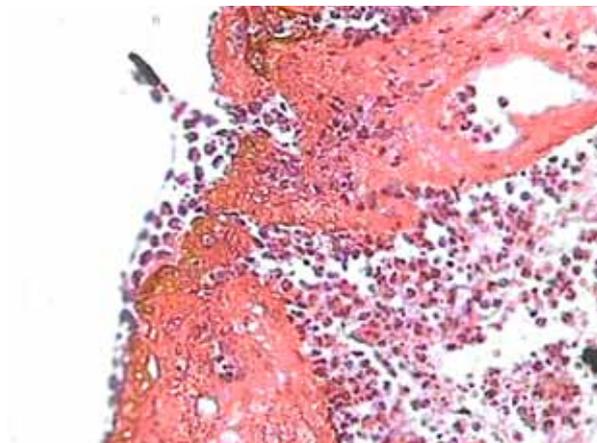
В ранние сроки эксперимента (сразу после операции) зона коагуляции/вапоризации была достаточно объемной и неоднородного строения. Вавпоризационные полости (ВП) были полиморфные и без содержимого. По поверхности зоны коагуляции/вапоризации располагалась полоса коагулированной ткани, сплошная (1 группа) или дискретная (2 и 3 группы). Глубже коагуляции/вапоризации микроскопически определялась зона предкоагуляционных изменений (гепатоциты гиперхромные, с пикнотичными и/или набухшими ядрами, клеточные границы нечеткие, цитоплазма конденсирована). Перифокально-дистанционные изменения включали: диапедезные кровоизлияния, очаговое расширение и полнокровие центральных, междольковых и поддольковых вен.

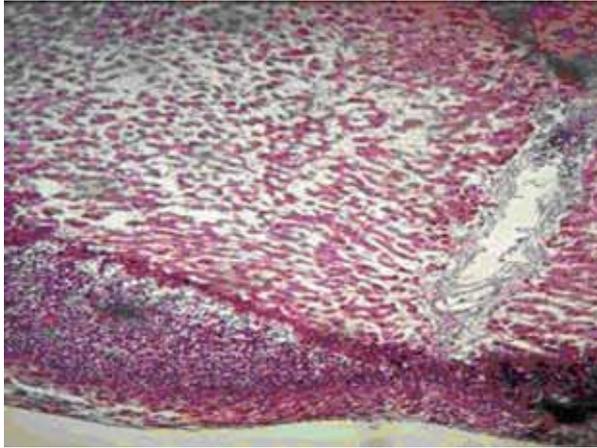
Через 1 сутки после операции в ВП определялись скопления воспалительного экссудата, от следовых количеств до интенсивного, включавшего компоненты плазмы, обилие сегментоядерных лейкоцитов (СЯЛ), в т.ч. и распадающихся; единичные лимфоциты, мононуклеары и макрофаги. Отмечалось расплавление стенки ВП и выход воспалительного инфильтрата на поверхность лазерного струпа (рис. 2). Слой предкоагуляционных изменений сохранялся в печени экспериментальных животных всех групп. Формировалась перифокальная зона распространенного вторичного (непрямого) некроза гепатоцитов печеночных долек с отграничивающим валом лейкоцитарного воспаления (рис. 3). Перифокально наблюдалась мелковакуольная дистрофия гепатоцитов (2 группа) или выраженная мелкозернистая дистрофия и некроз гепатоцитов многих печеночных долек без воспалительной инфильтрации (1 и 3

**Рис. 1.** Очаг лейкоцитов и термического повреждения печени. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.  $\times 50$ .



**Рис. 2.** Скопления лейкоцитов и макрофагов в вавпоризационной полости. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.  $\times 400$ .





**Рис. 3.** Очаг непрямого некроза с лейкоцитарным валом. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.  $\times 100$ .

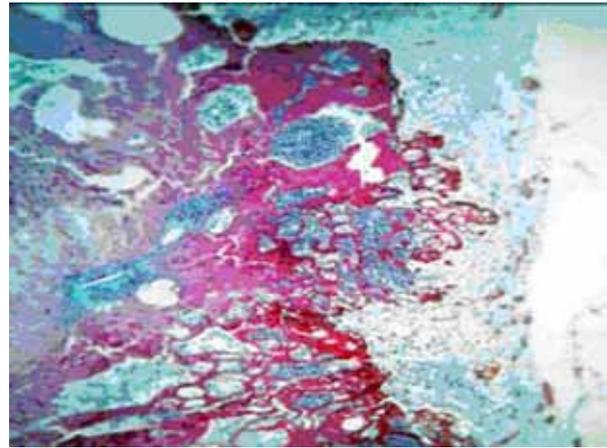
группы), эктазия междольковых, поддольковых и центральных вен, агрегация эритроцитов в их просвете, сепарация плазмы, иногда сетевидный фибрин и СЯЛ.

При исследовании показателей крови в 1 сутки достоверно возрастало ( $p < 0,05$ ) количество СЯЛ в 1 и 3 группах животных. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) увеличивалась после воздействия ВИЛИ с длиной волны 1064 нм. Во всех группах экспериментальных животных отмечена гиперфибриногенемия (таблица 2).

Через 3 суток после операции по поверхности струпа – очаги воспалительного серозного экссудата, а также мелко и крупноячеистые структуры, состоящие из фибрина. Прослеживался выход воспалительного экссудата, преимущественно гнойного, на поверхность повреждения печени, встречались очаги повторных кровоизлияний (2 и 3 группы). В просвете крупных ВП – обильный воспалительный экссудат, по большей части уплотненный лимфогистиоцитарный с немногочисленными макрофагами (1 и 3 группы), либо отмечалось гнойно-продуктивное воспаление, с признаками организации и обилием макрофагов (2 группа). Очаги непрямого некроза с микроабсцессами выявлялись во всех группах (более объемные в 3 группе). Имел место фиброз и склероз портальных трактов. Перифокально наблюдалось расширение и полнокровие вен, агрегация эритроцитов в капиллярах, расширение перисинусоидальных пространств, в 3 группе – тотальная резко выраженная зернистая дистрофия и некроз гепатоцитов.

Показатели лейкоцитарной формулы во всех экспериментальных группах не отличались от контроля. Уровень фибриногена и СОЭ транзиторно увеличивались на 3 сутки после резекции у животных 1 и 3 групп (таблица 2).

Через 7 суток после операции сохранялась неширокая полоса коагуляции/вапоризации, в



**Рис. 4.** Начинаяющаяся инкапсуляция очага лазерного повреждения. Окраска по Массону. Ув.  $\times 100$ .

вапоризационных полостях – грануляционная ткань или детрит, экссудат, формировалась капсула печени (1 группа). Во 2 и 3 группах зона вапоризации была относительно объемной и неоднородного строения: в наружном отделе – объемные сливные ВП, заполненные гнойным экссудатом, уплотненным и с признаками начинающейся организации. Перифокально отмечалась тотальная и субтотальная зернистая дистрофия и мелкоочаговый центробулярный некроз гепатоцитов (3 группа).

Высокий уровень лейкоцитов в крови сохранялся у животных 2 группы ( $p < 0,05$ ) через 7 суток после операции, однако содержание СЯЛ в этой группе соответствовало контрольным значениям (таблица 2).

Через 14 суток после операции во всех группах начиналось формирование фиброзной капсулы, неравномерно широкой (1 и 2 группы) или дискретно узкой (3 группа) (рис. 4). ВП заполнялись по большей части рыхлой волокнистой тканью со сформированными полнокровными капиллярами и мелкими венулами, иногда грануляционной тканью (3 группа). Отдельные объемные ВП были заполнены скудным гнойным воспалительным экссудатом. В 1 группе отмечался очаговый выход гнойного экссудата из ВП и инфильтрация фиброзной капсулы с формированием в ее толще микроабсцессов. Очаги непрямого некроза отграничивались от зоны лазерного повреждения узкой полосой фиброзной ткани (рис. 5). Во всех группах отмечалась регенерация гепатоцитов зоны предкоагуляционных изменений. Перифокально-дистанционно наблюдалась тотальная выраженная зернистая дистрофия гепатоцитов, склероз или фиброплазия портальных трактов, дисконкомплексация балок и лимфоидноклеточные инфильтраты портальных трактов (3 группа).

Таблица 2  
**Изменение маркеров воспаления у кроликов после резекции печени лазерным излучением (Медиана (нижний–верхний квартиль))**

Показатель	Срок после операции, сут					
	1	3	7	14	30	
1064 нм						
Интактные животные (контроль)						
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	11,7 (9,4-13,5)	11,2 (9,6-13,2)	13,5 (10,7-15,4)	18,9 (12,9-25,2)*	11,1 (10,9-15,5)	
Лимфоциты, %	65,5 (55,0-74,0)	46,0 (41,0-55,0)*	63,0 (48,0-66,0)	51,0 (49,0-68,0)	41,0 (26,0-60,0)*	
Моноциты, %	3,5 (2,0-5,0)	4,0 (2,0-4,0)	1,0 (0,0-6,0)	1,0 (1,0-2,0)	3,0 (3,0-3,0)	
Палочкоядерные нейтрофилы, %	0,5 (0-2,0)	1,0 (0,0-2,0)	3,0 (1,0-3,0)	1,0 (0,0-3,0)	3,0 (1,0-6,0)	
Сегментоядерные нейтрофилы, %	28,5 (23,0-37,0)	43,0 (39,0-55,0)*	21,0 (19,0-48,0)	39,0 (25,0-40,0)	53,0 (37,0-60,0)*	
Эозинофилы, %	0 (0-1,0)	2,0 (1,0-3,0)*	4,0 (0,0-7,0)	2,0 (1,0-4,0)*	0,0 (0,0-3,0)	
Базофилы, %	0,5 (0-2,0)	1,0 (0,0-3,0)	3,0 (2,0-6,0)*	3,0 (3,0-7,0)*	0,0 (0,0-1,0)	
СОЭ, мм/час	1,0 (1,0-1,0)	2,0 (1,0-3,0)*	2,0 (1,0-4,0)*	1,0 (1,0-2,0)	4,0 (1,0-7,0)*	
Фибриноген, г/л	3,5 (3,35-3,8)	10,1 (8,4-10,1)*	6,85 (5,2-8,5)*	4,75 (3,15-5,5)	5,05 (4,8-5,3)*	
1320 нм						
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	12,6 (10,0-13,5)	13,8 (12,3-14,6)	11,7 (11,4-12,3)	16,4 (13,3-19,0)*	11,8 (10,6-12,7)	
Лимфоциты, %	64,0 (53,0-70,0)	50,0 (43,0-54,0)	49,0 (37,0-49,0)	68,0 (43,0-71,0)	65,0 (51,0-65,0)	
Моноциты, %	3,0 (2,0-3,0)	2,5 (2,0-4,0)	3,0 (3,0-4,0)	2,0 (1,0-4,0)	3,0 (2,0-6,0)	
Палочкоядерные нейтрофилы, %	2,0 (1,0-3,0)	3,0 (2,0-3,0)	4,0 (2,0-4,0)	0,0 (0,0-2,0)	0,0 (0,0-3,0)	
Сегментоядерные нейтрофилы, %	31,0 (26,0-37,0)	45,5 (40,0-51,0)	46,0 (43,0-55,0)	27,0 (25,0-53,0)	32,0 (28,0-43,0)	
Эозинофилы, %	1,0 (0,0-1,0)	0,0 (0,0-0,0)	0,0 (0,0-0,0)	1,0 (0,0-2,0)	1,0 (0,0-1,0)	
Базофилы, %	0 (0,0-0,0)	0 (0,0-0,0)	0 (0,0-0,0)	0 (0,0-1,0)	0 (0,0-2,0)	
СОЭ, мм/ч	1,0 (1,0-1,0)	1,0 (1,0-1)	1,0 (1,0-1,0)	1,0 (1,0-1,0)	1,0 (1,0-1,0)	
Фибриноген, г/л	4,8 (4,1-5,05)	14,5 (12,5-6,5)*	5,4 (2,7-6,2)	5,5 (4,5-9,2)	3,9 (3,7-4,35)	
1440 нм						
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	11,7 (10,4-13,2)	9,6 (6,1-10,9)	11,3 (10,4-12,2)	11,1 (10,3-15,6)	12,6 (11,8-13,0)	
Лимфоциты, %	73,0 (65,0-75,0)	53,0 (35,0-55,0)*	61,5 (60,0-63,0)	64,0 (54,0-72,0)	62,0 (55,0-69,0)	
Моноциты, %	3,0 (2,0-4,0)	4,0 (3,0-7,0)	4,0 (2,0-6,0)	2,0 (1,0-3,0)	3,0 (2,0-4,0)	
Палочкоядерные нейтрофилы, %	0,0 (0,0-0,0)	2,0 (1,0-5,0)*	2,0 (1,0-3,0)*	1,0 (1,0-1,0)*	1,0 (0,0-2,0)	
Сегментоядерные нейтрофилы, %	21,5 (20,0-33,0)	43,0 (31,0-58,0)*	31,5 (29,0-34,0)	32,0 (26,0-39,0)	33,5 (28,0-39,0)	
Эозинофилы, %	0 (0,0-1,0)	1,0 (0,0-1,0)	1,0 (1,0-1,0)	0 (0,0-1,0)	0,5 (0,0-1,0)	
Базофилы, %	0,5 (0-0,0)	0,0 (0-0,0)	0,0 (0,0-0,0)	0,0 (0-0,0)	0,0 (0-0,0)	
СОЭ, мм/ч	1,0 (1,0-1,0)	1,0 (1,0-1,0)	3,0 (2,0-4,0)*	1,0 (1,0-1,0)	1,0 (1,0-2,0)	
Фибриноген, г/л	3,6 (2,95-4,8)	7,8 (7,0-10,4)*	9,2 (7,6-10,8)*	4,8 (4,5-9,0)	3,25 (3,0-4,4)	

Примечание: \* –  $p < 0,05$  по сравнению с контролем (критерий Манна-Уитни).

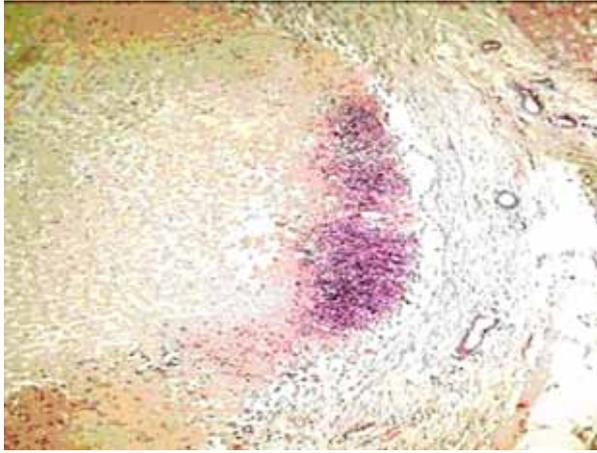


Рис. 5. Капсуляция зоны непрямого некроза. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.  $\times 100$ .

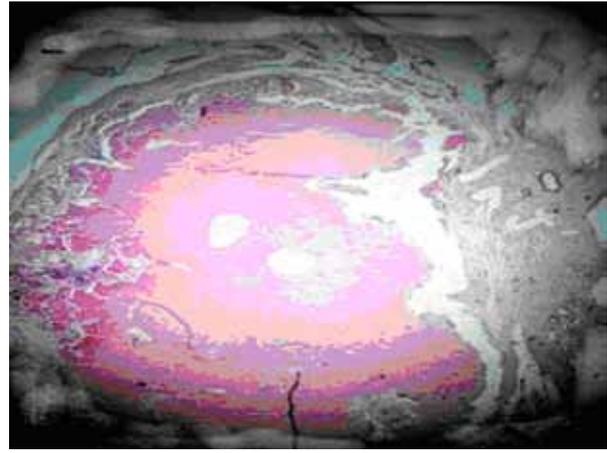


Рис. 6. Сформированная фиброзная капсула, окружающая очаг первичного и вторичного лазерного повреждения. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.  $\times 25$ .

При исследовании показателей крови (таблица 2) у экспериментальных животных 1 группы отмечалось достоверное ( $p < 0,05$ ) повышение СЯЛ с одновременным увеличением общего количества лейкоцитов в крови. У животных 1 группы также отмечено увеличение СОЭ и гиперфибриногенемия ( $p < 0,05$ ).

Через 30 суток после операции была сформирована фиброзная капсула по всей поверхности лазерного повреждения и зоны непрямого некроза (рис. 6). Выявлялись жировые и фиброзные спайки (в 3 группе) с обилием полнокровных капилляров и венул. Зона предкоагуляционных изменений в 1 и 2 группах по большей части не определялась. ВП многочисленны, полиморфны, по большей части в состоянии констрикции и без содержимого. В отдельных полостях визуализировался детрит, в единичных — следы продуктивного воспаления. Перифокально и по всей площади срезов — выраженная зернистая дистрофия гепатоцитов, полнокровие вен (центральных, междольковых и поддольковых), очаги продуктивного воспаления портальных трактов, и перипортального фиброза (в 3 группе).

Высокий уровень лейкоцитов в крови сохранялся у животных 2 группы ( $p < 0,05$ ). через 30 суток после операции.

Согласно полученным данным процесс заживления лазерных ран при использовании ВИЛИ с длинами волн 1064, 1320 и 1440 нм характеризовался фазным течением. Общим для всех режимов являлось формирование обширного очага термического повреждения печени сразу после воздействия, расширение повреждения за счет образования зоны непрямого (вторичного) некроза через сутки после резекции, инкапсуляция зон первичных и вторичных лазерных повреждений через 14 суток,

а также распространение дистрофических и гемоциркуляторных нарушений в перифокально-дистанционных участках. В остром опыте отмечалась более выраженная макрофагальная реакция и повышение общего количества лейкоцитов крови при использовании режима ВИЛИ 1320 нм, что свидетельствовало о начале очищения лазерной раны. Некоторая задержка развития лейкоцитарной реакции выявлялась у животных с использованием ВИЛИ 1064 и 1440 нм. Через 14 суток после операции у животных с применением ВИЛИ 1064 нм отмечался выход гнойного экссудата на поверхность очага повреждения печени, в крови кроликов наблюдалось значительное повышение сегментоядерных нейтрофилов, белка острой фазы и СОЭ. К 30 суткам наблюдения у всех животных происходила регенерация гепатоцитов слоя предкоагуляционных изменений и дистанционных повреждений портальных трактов, полная инкапсуляция с констрикцией очага повреждения и сохранением в нем участков нерезорбированного некроза. Дистанционные повреждения паренхимы печени включали зернистую и жировую дистрофию гепатоцитов во всех группах и во все сроки наблюдения, а также гемоциркуляторные нарушения в центральных, междольковых и поддольковых венах; непостоянно — в синусоидных капиллярах.

### Заключение

Установлено, что развитие раневого процесса, перифокально — дистанционных изменений и воспалительной реакции после резекции печени высокоинтенсивным лазерным излучением зависит от используемого режима (1064, 1320 и 1440 нм) в остром и хроническом

опыте. Заживление лазерной раны печени происходит быстрее после воздействия излучения с длиной волны 1320 нм, вызывающего более выраженную макрофагальную реакцию в ране и повышение общего количества лейкоцитов крови в раннем послеоперационном периоде.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Скобелкин О. К. Лазеры в хирургии / О. К. Скобелкин. — М. : Медицина, 1989. — 256 с.
2. Pacella C. M. Laser Ablation for Small Hepatocellular Carcinoma / C. M. Pacella, G. Francica, G. G. Di Costanzo // Radiol Res Pract. — 2011. — Vol. 2011. — Article ID 595627.
3. In vivo study of partial liver resection on pigs using a 1.9  $\mu\text{m}$  thulium fiber laser / D. Theisen-Kunde [et al.] // Medical Laser Applications and Laser-Tissue Interactions : Proc. SPIE, Munich, Germany, May 22, 2011 yr. — 2011 Jun 02. — Vol. 8092.
4. Ultrasound-guided percutaneous laser and ethanol ablation of rabbit VX2 liver tumors / X. Zhou [et al.] // Acta Radiol. — 2013. — Vol. 54, N 2. — P. 181–87.
5. Беликов А. В. Лазерные биомедицинские технологии : учеб. пособие / А. В. Беликов, А. В. Скрипник. — СПб. : СПбГУ ИТМО, 2008. — Ч. 1. — 116 с.
6. Investigative ophthalmology and real-time in vivo imaging of retinal cell apoptosis after laser exposure / S. Schmitz-Valckenberg [et al.] // Invest Ophthalmol Vis Sci. — 2008 Jun. — Vol. 49, N 6. — P. 2773–80.
7. Коваленко В. Л. Морфологическая характеристика компенсаторно-приспособительных реакций в цирротически измененной печени после воздействия на не высокоинтенсивным лазерным излучением (эксперим. работа) / В. Л. Коваленко, Н. В. Абромовская, Д. В. Гарбузенко // Урал. мед. журн. — 2007. — № 12. — С. 75–78.
8. Физико-химические механизмы биологического действия лазерного излучения / Н. Д. Девятков [и др.] // Успехи соврем. биологии. — 1987. — Т. 103,

№ 1. — С. 31–43.

9. Бондаревский И. Я. Аргонусиленная коагуляция и высокоинтенсивное лазерное излучение в хирургии печени / И. Я. Бондаревский, Д. Е. Гринчий // Фундам. исследования. — 2011. — № 10-3. — С. 485–87.
10. Пряхин А. Н. Методы обработки ложа желчного пузыря после малоинвазивных холецистэктомий : учеб.-метод. пособие / А. Н. Пряхин, Ж. А. Ревель-Муроз, В. В. Сазанов. — Челябинск : УГМАДО, 2002. — 30 с.
11. Девятков Н. Д. Возможности использования ЭМИ ММ диапазона при лечении лазерных ран / Н. Д. Девятков // Миллиметровые волны в медицине и биологии : сб. / под ред. Н. Д. Девяткова. — М., 1989. — С. 5–10.
12. Тимербулатов В. М. Современные методы рассечения и коагуляции тканей в хирургии органов брюшной полости / В. М. Тимербулатов, В. В. Плечев, А. Г. Хасанов. — М. : МЕДпресс-информ, 2007. — 174 с.
13. Денисов С. Д. Требования к научному эксперименту с использованием животных // Здоровоохранение. — 2001. — № 4. — С. 40–42.
14. Методы клинических лабораторных исследований : учебник / В. С. Камышников [и др.]. — М. : МЕДпресс-информ, 2009. — 751 с.
15. Гланц С. Медико-биологическая статистика : пер. с англ. / С. Гланц. — М. : Практика, 1998. — 459 с.

#### Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. П.Бровки, д. 3, к. 3,  
ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования»,  
научно-исследовательская лаборатория,  
тел. моб.: +375 29 560-33-66,  
e-mail: galinasher@mail.ru  
Шерстюк Галина Валентиновна

#### Сведения об авторах

Швед И.А., д.м.н., профессор, главный научный сотрудник НИЛ ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования».  
Воробей А.В., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой хирургии ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования».  
Владимирская Т.Э., к.б.н., ведущий научный сотрудник НИЛ ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования».

Шерстюк Г.В., к.б.н., ведущий научный сотрудник НИЛ ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования».  
Шорец О.А., младший научный сотрудник НИЛ ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования».  
Александров С.В., преподаватель кафедры хирургии ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования».

Поступила 30.07.2013 г.