

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИК-ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИИ ИЗ ЖЕЛУДКА



Садьков Рустам Абрарович, Бабаджанов Азам Хасанович, Джуманиязов Джавохир Азатбаевич  
ГУ «Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр хирургии им.  
акад. В. Вахидова», Республика Узбекистан, г. Ташкент

### ОШҚОЗОНДАН ҚОН КЕТГАНДА ИҚ-ЛАЗЕР НУРЛАНИШИДАН ФЙДАЛАНИШ ИМКОНЯТИНИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛ АСОСЛАШ

Садиков Рустам Абрарович, Бабаджанов Азам Хасанович, Джуманиязов Джавохир Азатбаевич  
«Академик В. Вохидов номидаги Республика ихтисослаштирилган хирургия илмий-амалий тиббиёт  
маркази» ДМ, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.

### EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE POSSIBILITY OF USING IR-LASER RADIATION FOR BLEEDING FROM THE STOMACH

Sadykov Rustam Abrarovich, Babadjanov Azam Khasanovich, Djumaniyazov Javokhir Azatbayevich  
Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Surgery named after Academician V.  
Vakhidov, Republic of Uzbekistan, Tashkent

e-mail: [rasadykov@mail.ru](mailto:rasadykov@mail.ru)

**Резюме.** Мақолада гастродуоденал қон кетишини тўхтатишининг эндоскопик усуллари, хусусан лазер ёрдамида муҳокама қилинади. Муаллифлар лазер нурланишининг 0,97 мкм диапазонидаги лаборатория каламушларининг ошқозон шиллиқ қаватига таъсирини ўрганиб, лазер таъсирининг мақбул режимларини шилаб чиқишга ва ошқозон шиллиқ қаватининг яраларини даволаш жараёнларининг хусусиятларини ўрганишга эътибор қаратдилар. Гистологик тадқиқотларга кўра, лазер таъсирида зич тромб ҳосил бўлиши ошқозоннинг мушак ва сероз қатламнинг некрозига, 14-21 кун давомида тўлиқ тикланишига олиб келмади.

**Калим сўзлар:** гастродуоденал қон кетиши, лазер, шиллиқ қават, алтерация, регенерация.

**Abstract.** The article discusses endoscopic methods of stopping gastroduodenal bleeding, in particular, using a laser. The authors studied the effect of laser radiation in the range of 0.97 microns on the gastric mucosa of laboratory rats, focusing on the development of optimal laser exposure modes and studying the features of wound healing processes of the gastric mucosa. According to histological studies, the formation of a dense thrombus by laser exposure did not lead to necrosis of the muscular and serous layer of the stomach, complete regeneration on 14-21 days.

**Keywords:** gastroduodenal bleeding, laser, mucosa, alteration, regeneration.

**Актуальность:** Пептическая язва является наиболее частой причиной острых кровотечений из верхних отделов ЖКТ, на ее долю приходится около 60% случаев [12]. Появились новые варианты эндоскопического гемостаза при язвенных гастродуоденальных кровотечениях [2, 11, 14]. В последнее время эндоскопический гемостаз чаще упоминается как альтернативный метод, хотя ряд авторов считают, что он является широко доступным, быстро выполнимым и в то же время высоко информативным. Чувствительность метода достигает до 97,8%.

Многие специалисты [4, 6] методом выбора эндоскопического гемостаза считают термокауте-

ризацию. Если же взять лазерную фотокоагуляцию на базе Nd:YAG-лазера, то появляется возможность бесконтактного воздействия на источник кровотечения [7]. Аргоноплазменная коагуляция (АПК) обеспечивает эффективную коагуляцию и позволяет вести регулировать равномерную глубину проникновения. Cheung J. (2009) констатировал, что благодаря этому свойству при АПК достигается равномерная, автоматически ограничиваемая коагуляция как по поверхности, так и по глубине.

Сторонников АПК было много [1, 5, 14], так как аргоноплазменная коагуляция еще ускоряет репаративные процессы в зоне вмешательства

ва и сокращает время выполнения самой процедуры. Коагулированный некротический слой, являясь своеобразным защитным щитом, предотвращает глубокое повреждение ткани. Как заметил Никишаев В.И. (2003), относительно высокая эффективность АПК-метода достигается, в отличие от YAG- Неодимового лазера, не за счет эффекта vaporизации, а благодаря выраженному эффекту десикации и обусловленному им сморщиванию ткани.

Еще в 1986 году Brunetaud JM et al. писали, что эндоскопическая фотокоагуляция аргоновым лазером широко изучалась на животных. Клинические пилотные исследования и рандомизированные контролируемые испытания показали, что эндоскопический гемостаз с аргоновым лазером безопасен и эффективен. Уже тогда были определены конкретные рекомендации для успешного эндоскопического гемостаза. Ограничениями применения аргонового лазера для экстренного гемостаза являются сильное поглощение кровью, его дороговизна и отсутствие портативности, невозможность тампонады или тангенциального лечения, возможность vaporизации. Лазер Nd:YAG разделяет все эти ограничения, за исключением того, что он меньше поглощается кровью. Из-за этих ограничений лазеры для желудочно-кишечного тракта в настоящее время используются не столько для экстренного гемостаза, сколько для плановой абляции опухолей.

Ю.Г. Шапкин с соавторами (2006) писал, что лазерная фотокоагуляция кровоточащей язвы является одним из эффективных методов эндоскопического гемостаза. Экспериментальные исследования проводились на препарате резецированного желудка. Препараты исследовали гистологически. Клиническое исследование проведено у 43 больных язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки для гемостаза и профилактики рецидивирующих кровотечений. Первичный эндоскопический гемостаз был успешным у всех больных. Рецидив кровотечения отмечен у 4 больных. Общая эффективность лазерного гемостаза составила 90,7%. Сделан вывод, что лазеркоагуляция является одним из эффективных и удобных методов эндоскопического гемостаза.

Tontini GE (2017) применил тулиевый лазер в интервенционной эндоскопии: исследования на животных и пациентах-волонтерах. Тулиевая лазерная система (TLS) - новый хирургический инструмент. Длина волны 2 мкм обеспечивает ограниченную глубину коагуляции (0,2-0,4 мм) для снижения вероятности непреднамеренных травм. Впервые оценена применимость TLS для эндо-

скопического гемостаза *ex vivo* у свиней. Кроме того, проверена первые гемостатические процедуры *in vivo* у людей. Повреждение тканей, вызванное TLS с использованием различных настроек и оптических волокон, сравнивали с таковым при аргонно-плазменной коагуляции (АРС) на установленных моделях животных *ex vivo*. Были пролечены и наблюдались три последовательных пациента со сложными неварикозными кровотечениями из верхних отделов желудочно-кишечного тракта. В моделях на животных не наблюдалось глубоких подслизистых повреждений. TLS показал прогрессирующую глубину проникновения с увеличением выходной мощности и воздействия на ткани, но с очень ограниченным вертикальным повреждением тканей (0,1-2,0 мм) и повреждением в поперечном направлении (0,1-0,3 мм и 0,2-0,7 мм при использовании волокон 365 мкм и 550 мкм), соответственно). *In vivo* эндоскопический гемостаз с TLS всегда был успешным, без осложнений.

Несмотря на множество исследований, вопросы эндоскопического гемостаза все еще нуждаются в уточнении, необходимо продолжать исследования новых физических методов в комплексной терапии язвенных гастродуоденальных кровотечений.

**Целью** настоящей работы явилось изучение влияния излучения лазера в диапазоне 0,97 мкм на слизистую желудка лабораторных крыс при неконтактном воздействии с использованием оптоволоконной оптики диаметром 200 мкм. При этом акцентировалась не только задача разработки оптимальных режимов лазерного воздействия, но и изучения особенностей процессов заживления ран слизистой оболочки желудка (СОЖ) при воздействии диодным лазером.

Первичная серия экспериментов была направлена на определение оптимальных доз, мощности и длительности лазерного излучения, при котором не произойдет некроз и перфорация стенки желудка. В результате исследования были определены следующие параметры излучения: длина волны 0,97 мкм; мощность на входе в световод - 3 Вт; длительность лазерного воздействия - 2-3 сек; площадь лазерного воздействия - 2 мм<sup>2</sup>.

Эксперимент выполнялся следующим образом: Под общей анестезией парами изофлюрана достигался наркотический сон у беспородной белой крысы, самец, весом 220гр (рис. 1). После выстригания шерстяного покрова по средней линии живота, выполнялась верхне-срединная лапаротомия. После обкладывания операционного поля в рану выводился желудок (рис. 2).



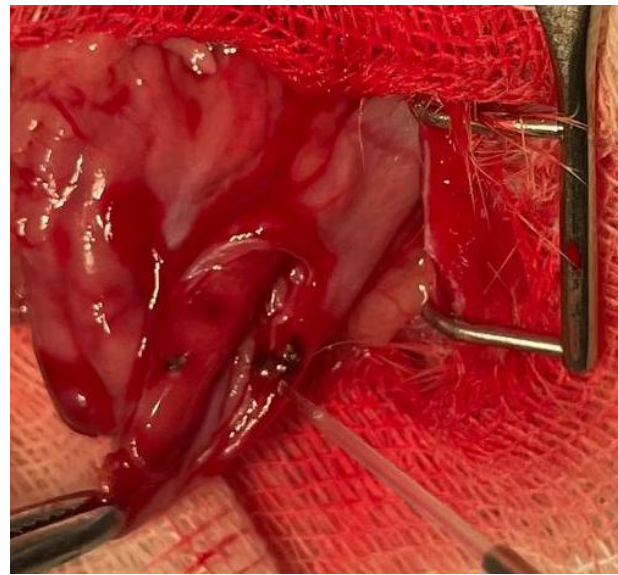
**Рис. 1.** Обработка операционного поля после введения животного в наркоз



**Рис. 2.** После лапаротомии в рану выводился желудок с использованием мягких пинцетов



**Рис. 3.** Вскрытие желудка косым разрезом по передней стенке с выворачиванием слизистой с использованием пинцетов



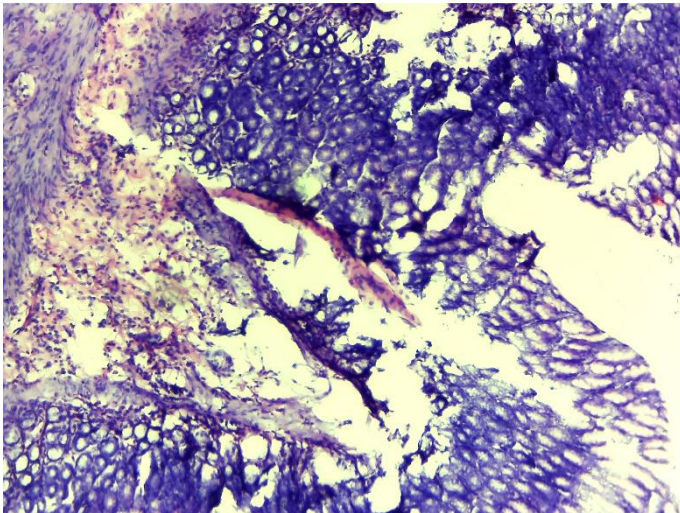
**Рис. 4.** Воздействие лазерным излучением на слизистую желудка в расфокусированном режиме

Желудок вскрывался по передней стенке косым разрезом. Слизистая желудка выворачивалась наружу путем захвата края раны желудка анатомическим пинцетом. На слизистую желудка воздействовали лазерным излучением с использованием волоконной оптики (рис. 3-4). Рану желудка ушивали однорядным швом атравматическими иглами, нитью 4/0. Операционная рана ушивалась послойно.

Микроскопические изменения: под влиянием альтеративного фактора, воздействующего на слизистую оболочку желудка (лазерное излучение), возникает деструктивный некроз эпителия слизистой оболочки желудка, расширение и полнокровие сосудов в подслизистой ветви. Дистрофические изменения мышечного слоя. Отек, нейтрофильно-лимфоцитарная инфильтрация наблюда-

лись во всех слоях. В наружно-серозном (адвентиция) слое желудка наблюдается очаговая инфильтрация нейтрофилами и лимфоцитами (рис. 5).

При выборе доз лазерного воздействия нами проведены тестовые исследования с использованием фантомов, а также путем лазерного воздействия на неповрежденную слизистую оболочку желудка. В качестве тест фантома использована следующая методика: Свежая цельная кровь, полученная от здорового пациента, помещается на стеклянную пластинку в количестве 1 мл. На нее с расстояния 0,5 см производится воздействие лазерным излучением в расфокусированном режиме с различной мощностью и длительностью воздействия.



**Рис. 5.** Зона лазерного воздействия на слизистую оболочку желудка. Деструктивный некроз эпителия слизистой оболочки желудка, сосуды в подслизистой ветви расширены, полнокровны. Дистрофические изменения мышечного слоя. Отек, нейтрофильно-лимфоцитарная инфильтрация в гистоморфологических слоях. Очаговая нейтрофильно-лимфоцитарная инфильтрация в адвентиции. СМ. Г-Э. 10x4

Для оценки эффективности свертывания крови и превращения ее в твердый сгусток используется цифровая фотосъемка, а для оценки степени проникновения лазерного излучения через кровь производится измерение степени нагрева пластинки с использованием неконтактного датчика тепла. В результате ряда проведенных исследований нами были установлены следующие параметры излучения, которые могут быть использованы в эксперименте и клинической практике (табл. 1).

Особенностью излучения в диапазоне 0,90-1,0 мкм является большая проникающая способность через жидкие среды, а также кровь. В связи с этим в этих режимах достигается максимальный коагулирующий эффект при продолжающемся кровотечении или наличии рыхлого тромба. В то же время при воздействии на слизистую оболочку полых органов возрастает риск проникновения излучения за пределы стенок и при высоких дозах воздействия может наступить некроз с последующей перфорацией.

**Таблица 1.** Допустимые параметры излучения ИК-лазера в спектре 0,97 мкм

| Показатель              | Мощность | Длительность (сек) | Площадь воздействия |
|-------------------------|----------|--------------------|---------------------|
| В эксперименте у крыс   | 2-4 Вт   | 1-2                | 2-3 мм              |
| В эксперименте у свиней | 7-12 Вт  | 3-10               | 5-7 мм              |
| В клинических условиях  | 7-10 Вт  | 3-8                | 6-10 мм             |

В качестве иллюстрации к вышеизложенному можно привести эксперимент с воздействием на слизистую желудка с повышенной дозой т.е. мощность излучения 10 Вт, длительность 56 сек, площадь воздействия 2 мм<sup>2</sup>. При этом в момент воздействия отмечается побеление слизистой желудка. Однако через 2-3 суток после операции наступает перфорация желудка с развитием распространенного перитонита.

**Микроскопические изменения:** в этих случаях, деструктивно-некротические изменения во всех гистологических слоях определяются в первые сутки под воздействием высокоэнергетического лазера. Лейко-лимфоцитарная инфильтрация и нарушение гистоархитектонического порядка наблюдались во всех гистоморфологических слоях.

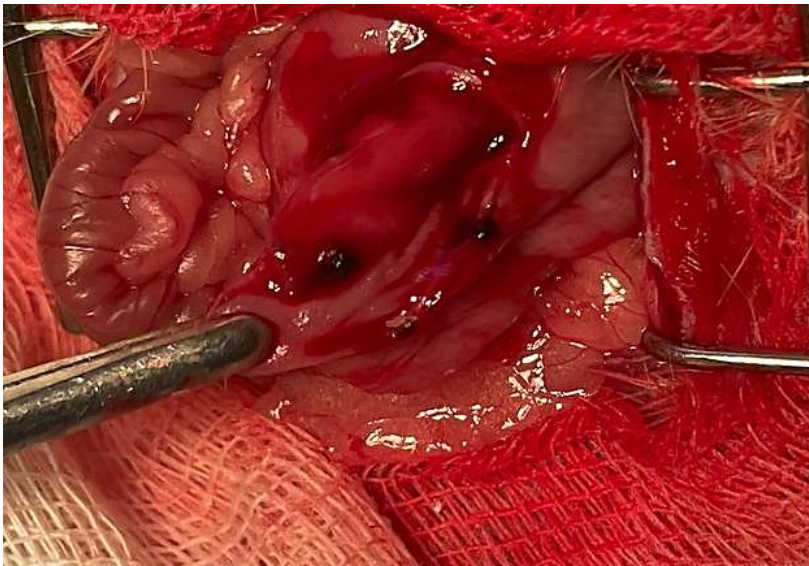
**Обсуждение результатов:** На 3-и сутки флегмонозно-гангренозные воспалительные изменения преобладают практически во всех гистологических слоях желудка, подвергшихся воздействию лазера. Отмечали нарушение гистотектонических слоев зоны лазерного воздействия желудка, развитый отек слоев и нейтрофильно-лейкоцитарную инфильтрацию. При лазерном воздействии в пределах допустимых доз: мощность 3 Вт, длительность 2 сек на площадь 2-3

мм<sup>2</sup> макроскопически определялось пятно темного цвета вследствие коагуляции сосудов (рис. 6).

Через 30 минут после операции животные выходят из наркоза, активно передвигаются по клетке. Послеоперационная рана чистая. Через сутки после операции животные начинают пить воду и принимать пищу. Активны. Физиологические отправления в норме. Послеоперационная рана чистая, без признаков воспаления.

**Макроскопические изменения:** для оценки состояния СОЖ в зоне лазерного воздействия выполнялась эвтаназия с использованием высоких доз наркотического препарата. При вскрытии брюшной полости органы без признаков патологии (рис. 7). Выпота нет. Желудок - целостность не нарушена. В месте лазерного воздействия определяется гиперемия в виде пятна размером до 3 мм без повреждения серозного покрова (рис. 8).

В просвете желудка остатки принятой пищи. Слизистая без признаков повреждения. В месте, где было произведено лазерное воздействие имеет место небольшая отечность, поверхностный дефект слизистой размером не более 1 мм. Гиперемия в подслизистом слое желудка диаметром до 3 мм. Остальные отделы желудка без патологии.



**Рис. 6.** Непосредственный эффект лазерного воздействия с коагуляцией кровеносных сосудов без признаков кровотечения

Микроскопические изменения: в зоне лазерного воздействия были выражены некробио-экссудативные процессы воспаления. При этом отмечаются поверхностные эрозивные изменения слизистой оболочки, очаговая инфильтрация лимфоцитами и макрофагами в подслизистом слое, неравномерное расширение соединительнотканного слоя, утолщение стенки сосуда, дилатация и стаз в различных формах, диффузный диapedез эритроцитов вокруг сосуда, отек всего слоя. В наружно-серозном (адвентиция) слое наблюдается диффузно-очаговая инфильтрация кровью.

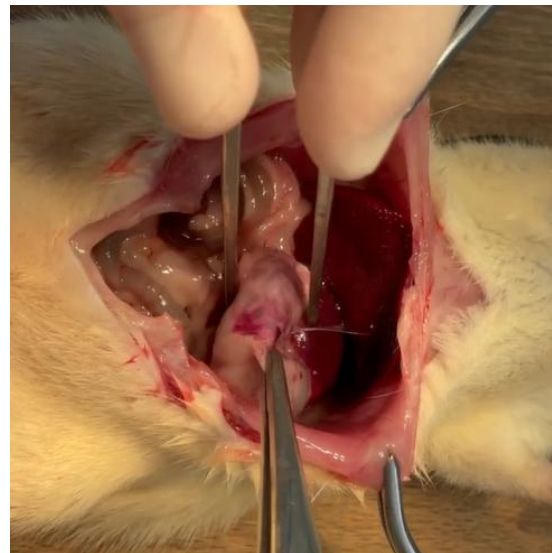
На 7 сутки после операции все оперированные животные активны.



**Рис. 7.** 1 сутки после ИК-лазерного воздействия. Брюшная полость интактна

Свободно передвигаются по клетке, принимают корм и воду. Физиологические отправления в норме. Активно убегают при попытке взятия животного на руки. Послеоперационная рана чистая, без признаков инфицирования, чистая. Эвтаназия с передозировкой наркотического препарата. Лапаротомия путем роспуска швов послеоперационной раны и разведения краев тупым путем. В брюшной полости выпота нет. Органы без признаков патологии. Желудок - целостность сохранена, изменений со стороны серозного слоя не выявлено. Швы на стенке желудка состоятельны, с небольшой отечностью краев раны. При вскрытии просвета желудка патологических изменений со стороны слизистой не выявлено. Небольшой след в виде гиперемии и отечности сохранился в зоне воздействия лазерным излучением.

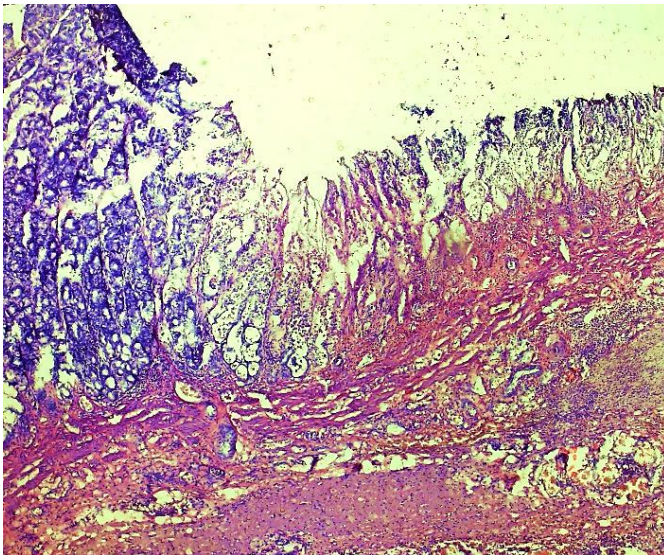
Микроскопически в это время (на 7-е сутки эксперимента) в зоне лазерного воздействия пре-



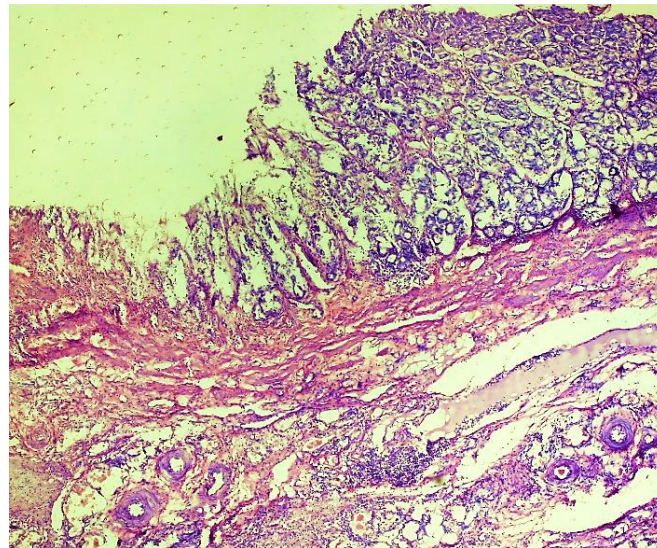
**Рис. 8.** Участок гиперемии со стороны серозного слоя желудка после лазерного воздействия

обладал пролиферативный процесс воспаления. На поврежденном («эрозированном» участке) слизистой оболочки четко формировались фибробласты. В этих областях увеличилось образование новых сосудов (неореваскуляризация) в основном за счет дифференцировки фибробластов. Также в разных слоях наблюдается инфильтрация гистиоцитами и макрофагами. Это, в свою очередь, считалось основанием для образования новых эпителиоцитов в поврежденном (дистрофически и некротически) эпителиальном слое (рис. 9).

В последующие сроки после операции состояние животных не отличалось от крыс, которым оперативное вмешательство не производилось. По данным эвтаназии также макроскопически видимых последствий лазерного воздействия не выявлено.



**Рис. 9.** В слоях зоны лазерного воздействия начали отчетливо формироваться фибробласты. Неореваскуляризация. Инфильтрация гистиоцитов и макрофагов наблюдается в разных слоях. 7 сутки после лазерного воздействия в режиме коагуляции. СМ. Г-Э. 10x2.



**Рис. 10.** Пораженные лазером участки полностью реконструируются и восстанавливаются. Все гистоморфологические слои вернулись к своей архитектонике. 21 сутки после лазерного воздействия в режиме коагуляции. СМ. Г-Э. 10x2

Микроскопические изменения: признаки полной регенерации обработанных лазером участков проявлялись на более длительных сроках, например, на 14-е сутки, и были еще более выражены на 21-е сутки. При этом все слои переформировались, и все гистоморфологические слои возобновили свою функцию (рис. 10).

Таким образом, в рекомендованной для мелких лабораторных животных дозе лазерного излучения с длиной волны 0,97 мкм, мощностью на входе в световод – 3 Вт, длительностью воздействия – 1-2 сек с площадью – 2 мм<sup>2</sup> обеспечивает поверхностное в пределах слизистой оболочки желудка альтерирующее воздействие, которое в последствие по данным макромикроскопической картины не распространяется в глубжележащие слои (нивелируя риск развития перфорации стенки желудка) и при этом все макроскопические проявления изменений слизистой не определялись на 7 сутки, а микроскопически полностью регрессировали с восстановлением гистоархитектоники слоев на 14-21 сутки.

**Выводы:** По данным гистологических исследований формирование плотного тромба путем лазерного воздействия не приводило к некрозу мышечного и серозного слоя желудка. Заживление происходило путем полной регенерации обработанных лазером участков на 14-21 сутки, при этом все слои переформировались, и все гистоморфологические слои возобновляли свою функцию.

Разработанная методика лазерного гемостаза с использованием диодного лазера с длиной волны 0,97 мкм с адаптированными для безопасного воздействия параметрами может быть эф-

фективно и безопасно применена в случаях язвенных кровотечений по классификации Форрест Ib и IIa-b с переводом в состояние Форрест IIc, когда риск рецидива кровотечения минимален.

#### Литература:

1. Гостищев В.К., Меграбян Р.А., Карелина Е.А. Возможности эндоскопического гемостаза в лечении гастродуоденальных язвенных кровотечений Тезисы докладов 9-го Московского международного конгресса по эндоскопической хирургии. М 2005; 95-97.
2. Короткевич А.Г., Антонов Ю.А., Лобыкин Ф.И., Кузнецов В.В. Сравнительная оценка эндоскопического гемостаза при состоявшемся язвенном кровотечении. Эндоскоп хир 2004; 4: 41-44.
3. Никишаев В.И., Фомин П.Д., Музыка С.В. Аргонно-плазменная коагуляция в эндоскопии верхних отделов пищеварительного тракта. Укр журн малоинвазивной и эндоскоп хир 2003; 7 (3): 24-25.
4. Нишанов Ф.Н., Нишанов М.Ф., Хожиметов Д.Ш., Робиддинов Б.С. Хирургическая тактика при сочетанных осложнениях язв двенадцатиперстной кишки // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова. 2018. №3. Стр. 43-46.
5. Федосеева Н.Н., Чесноков Е.В., Морозова Т.А. и др. Применение эндоскопической аргонноплазменной коагуляции у людей с язвенной болезнью, осложненной кровотечением. Экспер. Клин. Гастроэнтерология. 2009; 4: 52-55.

6. Фомин П.Д. Кровотечения из верхних отделов желудочно-кишечного тракта: причины, факторы риска, диагностика, лечение. Киев. 2011.
7. Харченко В.П., Синев Ю.В., Бакулев Н.В., Наседкин Г.К. Сравнительная оценка физических методов эндоскопического гемостаза при остановке язвенных гастродуоденальных кровотечений. *Эндоскоп хир* 2003; 4: 32-35.
8. Шапкин Ю.Г., Г.Н. Маслякова, С.В. Капралов, Е.С. Урядов, Иванов Р Ю, В.А. Гришаев. Лазерная фотокоагуляция кровоточащей язвы желудка и двенадцатиперстной кишки *Хирургия (Моск)*. 2006;(5):23-5.
9. Brunetaud JM, Jensen DM. Current status of argon laser hemostasis of bleeding ulcers. *Endoscopy*. 1986 May;18 Suppl 2:40-5. doi: 10.1055/s-2007-1018426.
10. Cheung J., Rajala J., Moroz D. et al. Acetylsalicylic acid use in patients with acute myocardial infarction and peptic ulcer bleeding. *Canad J Gastroenterol* 2009; 23 (9): 619-623.
11. Loffroy R., Rao P., et al. Embolization of acute nonvariceal upper gastrointestinal hemorrhage resistant to endoscopic treatment: results and predictors of recurrent bleeding. *Cardiovasc Interv Radiol* 2010; 33(6): 1088-1100.
12. Marmo R, Rotondano G, Bianco MA, et al. Outcome of endoscopic treatment for peptic ulcer bleeding: Is a second look necessary? A meta-analysis. *Gastrointest Endosc*. 2003 Jan;57(1):62-7. doi: 10.1067/mge.2003.48
13. Tontini GE, Neumann H, Pastorelli L, Spina L, et al. Thulium laser in interventional endoscopy: animal and human studies. *Endoscopy*. 2017 Apr;49(4):365-370. doi: 10.1055/s-0042-122014.
14. Wang H.M., Hsu P.I., Lo G.H. et al. Comparison of hemostatic efficacy for argon plasma coagulation and distilled water injection in treating high-risk bleeding ulcers. *J Clin Gastroenterol* 2009; 43(10): 941-945.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИК-ЛАЗЕРНОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ КРОВОТЕЧЕНИИ ИЗ  
ЖЕЛУДКА**

*Садыков Р.А., Бабаджанов А.Х., Джуманиязов Д.А.*

**Резюме.** В статье обсуждаются эндоскопические методы остановки гастродуоденальных кровотечений, в частности, с применением лазера. Авторы изучали влияние излучения лазера в диапазоне 0,97 мкм на слизистую желудка лабораторных крыс с акцентированием внимания на разработке оптимальных режимов лазерного воздействия и изучении особенностей процессов заживления ран слизистой оболочки желудка. По данным гистологических исследований формирование плотного тромба путем лазерного воздействия не приводило к некрозу мышечного и серозного слоя желудка, полная регенерация на 14-21 сутки.

**Ключевые слова:** гастродуоденальные кровотечения, лазер, слизистая, альтерация, регенерация.