

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СПЕКЛ-КОНТРАСТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НАРУШЕНИЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ В ХОДЕ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ**

Е.С. Серёгина<sup>1</sup>, магистрант; Д.Д. Ставцев<sup>1</sup>, аспирант; В.В. Дрёмин<sup>1,2</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл

<sup>2</sup>Университет Оулу, Финляндия, г. Оулу; e-mail: [e.s.seryogina@gmail.com](mailto:e.s.seryogina@gmail.com)

*Показаны результаты применения спекл-контрастной визуализации для моделирования нарушений микроциркуляции крови при лапароскопических вмешательствах. Представлено описание экспериментальной установки.*

Острый панкреатит (ОП) является одной из актуальных проблем абдоминальной хирургии в связи с высокой вероятностью его осложнений и летальностью. Средняя летальность при панкреатите составляет 20-45%, но она может достигать 85% при инфицированном панкреонекрозе и 100% при фульминантной форме [1].

Вопросы диагностики и лечения данной патологии продолжают оставаться одной из актуальных проблем современной медицины. ОП уже на ранних стадиях заболевания сопровождается развитием микроциркуляторных нарушений в поджелудочной железе, которые являются ключевым патологическим процессом в развитии панкреатического некроза [2, 3]. В связи с этим, является актуальной оценка микроциркуляции ткани поджелудочной железы в начале заболевания и раннего выявления деструктивного процесса, до выявления патологических процессов в тканях. Благодаря совершенствованию возможностей малоинвазивных технологий, в том числе лапароскопии, в оценке состояния ткани поджелудочной железы появляется возможность ранней диагностики и лечения различных осложнений ОП.

Одним из оптических методов определения параметров микроциркуляции кровотока в тканях, является лазерная спекл-контрастная визуализация (ЛСКВ). Данный метод основан на регистрации случайной спекл-интерференционной картины, формирующейся на детекторе, собирающем обратно рассеянный свет от поверхности ткани, освещенной когерентным лазерным излучением [3-5]. Временная и пространственная статистика спеклов используется для получения информации о динамике рассеивающих частиц в выбранной области. Преимуществом данного метода является возможность бесконтактных измерений в реальном времени на необходимой области с хорошим временным и пространственным разрешением.

Целью исследования является разработка экспериментальной лапароскопической установки с применением технологии ЛСКВ и апробация методики на биологической модели с нарушением микроциркуляции поджелудочной железы.

Экспериментальные исследования проводились с использованием установки, состоящей из лапароскопа Richard Wolf GA-S001 и оптической измерительной системы ЛСКВ. Система ЛСКВ включала в себя лазерные источники мощностью 10 мВт 635 нм (Edmund Optics Inc., США) и 785 нм (Ocean Optics, США) для освещения объекта, а также CMOS-камеру DCC3260M (Thorlabs, Inc., США) с

разрешением  $1936 \times 1216$  для записи необработанных спекл-изображений. Обработка данных проводилась с использованием специально разработанного программного обеспечения в среде MATLAB© в автономном режиме. Для получения спекл-контрастных изображений использовался стандартный пространственно-временной алгоритм.

Перед экспериментом была проведена серия измерений на специально разработанном спекл-контрастном фантоме, чтобы проверить нормальную работу установки ЛСКВ на двух длинах волн. Для тестирования системы раствор интралипида пропускался через капиллярную трубку с линейными скоростями 0, 20, 60 и 80 мм/с, что включает в себя как диапазон скоростей крови *in vivo*, так и увеличение скоростей в 2-2,5 раза в момент реперфузии.

Экспериментальные исследования проводились на клинически здоровых мышцах-самцах линии Valb/c. Основные правила содержания и ухода соответствовали нормам санитарных правил по устройству, оборудованию и содержанию экспериментальных биологических клиник и в руководстве «лабораторные животные» и принципам GLP. Мышей анестезировали препаратом Золетил 100 (Vibrac, Франция) в стандартной дозировке. Каждое животное было закреплено на специальной платформе в положении на спине. Затем проводилась поперечная лапаротомия и оперативный доступ к верхнему отделу на задней стенке брюшной полости в забрюшинном пространстве. После этого отдельно выделялся комплекс абдоминальных органов, содержащий поджелудочную железу. Перед записью основные питающие сосуды поджелудочной железы подготавливались к пережатию.

Лапароскоп был закреплен на штативе в вертикальном положении перпендикулярно интересующей области. Для получения спекл-изображений животное помещали под оптическую систему, чтобы визуализировать область и записывать последовательности кадров. Регистрация изображений производилась по 30 секунд для каждого этапа на каждой из двух длин волн. Протокол эксперимента включал в себя: базовый тест 1 мин, наложение лигатуры слабой степени на 3 мин, наложение лигатуры средней степени на 3 мин, реперфузия, сопровождающаяся гиперемией, 3 мин и затем полное перекрытие кровотока 6 мин.

Полученные результаты подтверждают возможность использования визуализации при помощи ЛСКВ для оценки скорости микроциркуляции при лапароскопических и чрескожных интервенционных хирургических операциях. Значения параметра спекл-контраста демонстрируют тесную зависимость изменения контрастности изображения от параметров тканевой микроциркуляции. Метод ЛСКВ демонстрирует высокую чувствительность к проявлениям различной динамики кровотока. Предварительные исследования показывают необходимость разработки методик и диагностических критериев для клинической практики.

Результаты данного исследования будут использованы для корректировки методики ЛСКВ, используемой при малоинвазивных вмешательствах и лапароскопических хирургических операциях. Основной акцент в дальнейших исследованиях будет сделан на определении состояния микроциркуляции при остром деструктивном панкреатите. Внедрение методов визуализации представляется перспективным и при других абдоминальных патологиях, осложненных ишемическим процессом (например, при странгуляционной кишечной непроходимости).

Данная работа поддержана грантом РНФ (проект № 18-15-00201).

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Al Mofleh I.-A. Severe acute pancreatitis: pathogenetic aspects and prognostic factors. // World J. Gastroenterol. United States, 2008. Vol. 14, № 5. P. 675-684.
- 2 Cuthbertson C.M., Christophi C. Disturbances of the microcirculation in acute pancreatitis // Br. J. Surg. 2006. Vol. 93, № 5. P. 518-530.
- 3 Потапова Е.В. et al. Лазерная спекл-контрастная визуализация микроциркуляции крови в тканях поджелудочной железы при лапароскопических вмешательствах // Квантовая электроника. 2020. Vol. 50, № 1. P. 33-40.
- 4 Forrester K.R. et al. A Laser Speckle Imaging Technique for Measuring Tissue Perfusion // IEEE Trans. Biomed. Eng. 2004. Vol. 51, № 11. P. 2074-2084.
- 5 Sdobnov A. et al. Investigation of speckle pattern dynamics by laser speckle contrast imaging // Proceedings of SPIE – The Intern. Society for Optical Engineering. 2018.

### *Сведения об авторах:*

*Серёгина Евгения Сергеевна*, магистрант II курса группы 81БС-м, стажер-исследователь научно-технологического центра биомедицинской фотоники.

*Ставцев Дмитрий Дмитриевич*, аспирант I года, стажер-исследователь научно-технологического центра биомедицинской фотоники.

*Дрёмин Виктор Владимирович*, канд. техн. наук, доцент кафедры приборостроения, метрологии и сертификации, научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники<sup>1</sup>, научный сотрудник центра оптоэлектроники и измерительной техники<sup>2</sup>.

### *Представляемая организация:*

<sup>1</sup>Научно-технологический центр биомедицинской фотоники ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»; 302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29.

<sup>2</sup>Центр оптоэлектроники и измерительной техники Университета Оулу; 90014, Финляндия, г. Оулу, ул. Линнанмаа, 1.

УДК 53.083.9

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОСВЕЩЕНИЯ ЦВЕТОДИНАМИЧЕСКОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ОСВЕТИТЕЛЯ НА ОТДЕЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

А.И. Красова<sup>1</sup>, студент; Е.С. Серёгина<sup>1</sup>, магистрант; А.В. Мамошин<sup>1,2</sup>, к.м.н., доцент

<sup>1</sup>Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл

<sup>2</sup>БУЗ «Орловская областная клиническая больница», г. Орёл

e-mail: [e.s.seryogina@gmail.com](mailto:e.s.seryogina@gmail.com)

*Представлены результаты исследований спектральных и цветовых показателей комбинированного светодиодного освещения, оптимального для визуального восприятия хирургом, с поправкой на индивидуальную вариабельность каждой особи для дальнейшего создания библиотеки комбинаций цветового освещения.*

Операционное освещение – незаменимая часть любого хирургического вмешательства. Оптимальный источник света необходим для любых манипуляций врача, включая осмотр пациента, перевязки, проведение диагностических