

УДК 615.471:616.34-007.272

**МЕТОД ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ
МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ НАРУШЕНИЙ КИШЕЧНОЙ СТЕНКИ**

Горюнов И.А. (ОГУ имени И.С. Тургенева), **Шуплецов В.В.** (ОГУ имени И.С. Тургенева),
Суббота Д.А. (ОГУ имени И.С. Тургенева)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Дрёмин В.В. (ОГУ имени
И.С. Тургенева)

Введение. Кишечная ишемия – это состояние, связанное с различными нарушениями, вызывающие недостаточный приток крови к кишечнику. Этиологические факторы, приводящие к мезентериальной ишемии как правило представлены заболеваниями, которые могут привести к замедлению или прекращению тока крови по брыжеечным сосудам. Механизм циркуляторных нарушений и ишемических расстройств в большинстве случаев имеют единый сценарий развития, который напрямую связан с нарушением микроциркуляции, что приводит к циркуляторной гипоксии кишечной стенки [1]. Тип и прогноз такого повреждения зависит от множества факторов, в том числе и от того, насколько своевременно проведена соответствующая диагностика. Ранняя постановка диагноза имеет жизненно важное значение для обеспечения достаточной функциональности кишечника, а также для предотвращения различных последствий, таких как некроз, перитонит и возможная смерть пациента. При оперативном вмешательстве успешное лечение зависит от точного определения жизнеспособности пораженного кишечника. Важно отметить, что резекция неполного участка ишемизированной кишки повышает вероятность перфорации и сепсиса. И наоборот, если резекции подвергнется вся ишемизированная область, включая здоровые участки, это может привести к развитию синдрома короткой кишки. Таким образом, сохранение даже нескольких дополнительных сантиметров кишки является важной задачей для хирурга.

На сегодняшний день нет объективного критерия оценки степени микроциркуляторных нарушений кишечной стенки. В большинстве случаев для определения наличия ишемизации врач хирург использует субъективные методы, основанные на опыте хирурга, такие как визуальный осмотр, наличие перистальтики и цвет кишки. Таким образом актуальной задачей является разработка новых методов оценки жизнеспособности кишечной стенки во время хирургического вмешательства для внедрения в клиническую практику.

Основная часть. В данном исследовании изучаются возможности применения метода гиперспектральной визуализации (ГВ) для оценки степени микроциркуляторных нарушений кишечной стенки лабораторных животных при моделировании локальной ишемии. Для реализации поставленной задачи была разработана система ГВ, основанная на регистрации диффузно отраженного света от биологической ткани, с применением гиперспектрального подхода, который позволяет получать пространственное распределение спектральной информации. В качестве широкополосного источника излучения использовался волоконно-кольцевой осветитель FRI61F50 (ThorLabs, США), в качестве детектора – гиперспектральная камера Specim (Spectral Imaging Ltd., Финляндия) со спектральным диапазоном 400-1000 нм и спектральным разрешением 7 нм. В качестве объекта исследования выступали здоровые половозрелые лабораторные крысы (n = 9) линии Wistar. Проведение исследований было одобрено Этическим комитетом Орловского государственного университета. В соответствии с протоколом исследования проводилась наркотизация лабораторного животного с использованием ингаляционной анестезии. Для получения доступа к брюшной полости осуществлялась срединная лапаротомия в области живота с последующим выделением тонкого кишечника. Создание локальной ишемии производилось путем наложения множественной лигатуры на аркадные сосуды для остановки брыжеечного кровотока. Измерения окклюзированного кишечника осуществлялось в несколько этапов: до наложения лигатуры (0 час) и после наложения лигатуры (1, 6 и 12 часов). Для нормализации измеряемых

данных производилась регистрация спектров от эталона диффузного отражения. Каждый этап сопровождался взятием гистологического образца кишечной стенки. В результате проведения экспериментальных исследований были получены гипреспектральные кубы распределения спектральной информации тонкой кишки для каждого временного интервала. Для анализа полученных данных в качестве основного параметра использовалась тканевая сатурация. Основываясь на различном поглощении света несвязанной и связанной с кислородом формами гемоглобина, был рассчитан параметр тканевой сатурации с использованием двухволнового подхода для ближней инфракрасной области [2]. Для оценки степени ишемизации кишечной стенки, используя методы машинного обучения, был создан классификатор, позволяющий эффективно различать интактную ткань, обратимую ишемию и возможно обратимую ишемию (по классификации Park/Chiu). По результатам оценки, совокупный показатель метрики точности AUC для модели случайного леса составил $0,99 \pm 0,01$.

Выводы. Выявленная разница в форме спектров отражения указывает на изменение оптических свойств ишемизированного кишечника по сравнению с интактной тканью, что позволяет провести дальнейшую математическую обработку полученных результатов. Используя двухволновой подход были рассчитаны двумерные карты тканевой сатурации, а также получены карты классификации степени ишемии. На рассчитанных картах сатурации для всех этапов ишемии было выявлено уменьшение контраста в области ишемизированной части кишечника по сравнению с интактной тканью, что связано с уменьшением уровня сатурации вследствие недостаточного локального притока крови. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод что ГВ с последующим определением тканевой сатурации и классификацией степени ишемии может стать перспективным методом интраоперационной оценки ишемического повреждения кишечной стенки.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-75-10088.

Список использованных источников:

1. Коробков Д.М. Острая кишечная непроходимость – современное видение механизмов развития и дискуссионность в выборе диагностической и лечебной тактики // Бюллетень науки и практики. – 2016. – № 12. – С. 147–170.
2. Potapova E. V. et al. Evaluation of microcirculatory disturbances in patients with rheumatic diseases by the method of diffuse reflectance spectroscopy // Human Physiology. – 2017. – Т. 43. – №. 2. – С. 222–228.