Оценка жизнеспособности толстой кишки при ишемии с применением метода гиперспектральной визуализации.

общая колопроктология
устный доклад

Докладчик:

- Адаменков Никита Алексеевич, ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», БУЗ ОО БСМП им. Н.А. Семашко
- Шуплецов В.В.
- Горюнов И.А.
- Палалов А.А.
- Дрёмин В.В.
- Потапова Е.В.,
- Дунаев А.В.
- Мамошин А.В.

ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева

Введение:

Ишемия толстой кишки является потенциально опасной патологией в плане развития осложнений и летального исхода, сопровождающей ряд заболеваний нижнего отдела желудочно-кишечного тракта. К основным механизмам развития нарушения микроциркуляции кишечной стенки относится атеросклеротическое поражение сосудов брюшного отдела аорты, артериальная гипертония, сахарный диабет и ожирение. В этих случаях локальная гипоперфузия и реперфузионное повреждение вносят свой вклад в процесс заболевания, который проявляется широким спектром повреждений, представленных обратимой колопатией (субэпителиальное кровоизлияние и отек), транзиторным колитом, хроническим колитом, стриктурой и гангреной. К инфаркту толстой кишки может привести острая артериальная или венозная недостаточность, летальность при котором достигает 100%. Подавляющее большинство случаев некроза толстого кишечника диагностируется только во время эксплоративной лапаротомии или лапароскопии. Достоверное прогнозирование ишемии толстой кишки зависит от большого количества факторов, в том числе и от того, насколько своевременно проведена соответствующая интраоперационная диагностика. Оценка жизнеспособности толстой кишки во время оперативного вмешательства является одной из самых сложных задач и играет основную роль в определении объема оперативного пособия, прогнозе течения послеоперационного периода, развитии осложнений и исходе заболевания. Во время различных видов оперативного лечения регулярно возникает необходимость достоверно оценить жизнеспособность толстого кишечника для определения границы резецируемых тканей, чтобы сохранить максимальный объем жизнеспособного кишечника. Более того, если не выявить ишемизированный участок, это может привести к некрозу кишечной стенки, сепсису, шоку или перитониту. Тогда как удаление большого объема жизнеспособного толстого кишечника без необходимости может привести к нарушению формирования нормальной консистенции каловых масс, диарее, раздражению и воспалительному процессу в перианальной области, инконтиненции. Из-за отсутствия надежных способов интраоперационного определения ишемии толстого кишечника, определение границ резекции в клинической практике имеет субъективный характер и зависит от опыта хирурга и результатов зрительного осмотра. Визуальная оценка толстого кишечника при подозрении на ишемию основывается на таких факторах как артериальные пульсации, присутствие перистальтики и оценка цвета кишечной стенки. Эти признаки имеют субъективный характер оценки жизнеспособности толстого кишечника. Современный же подход ко многим хирургическим вмешательствам требует наличия более широкого спектра интраоперационной диагностической информации о перфузии органа, чем просто визуальная

оценка. Однако такой универсальный диагностический инструмент в настоящее время отсутствует.

При поиске новых решений к определению состояния стенки толстой кишки закономерно рассмотрение в качестве объекта исследования мезентериального кровотока, нарушения которого напрямую связаны с патологическими изменениями кишечной стенки. В этом ключе перспективным является использование таких методов оптической диагностики, как гиперспектральная визуализация (ГВ), которая представляет собой пространственную регистрацию диффузно отраженного оптического излучения в широком диапазоне длин волн и уже показавшая свою эффективность для анализа ишемии кишечной стенки. Результативность ГВ продемонстрирована в ряде исследований, результаты которых свидетельствуют о высокой чувствительности метода к изменению параметров микроциркуляции крови. Перспективы внедрения ГВ в клиническую практику, в первую очередь, продиктованы возможностью количественной оценки параметров кровенаполнения и кислородонасыщения исследуемой области ткани.

Цель:

Улучшение результатов лечения пациентов с хирургической патологией органов брюшной полости, сопровождающейся нарушением кровоснабжения толстой кишки, путем разработки методики объективной интраоперационной оценки жизнеспособности кишечной стенки на основе применения метода ГВ.

Методы:

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на базе НТЦ биомедицинской фотоники ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» (г. Орел, Россия) в период с сентября по декабрь 2022 г. Эксперимент был выполнен на 15 клинически здоровых половозрелых лабораторных крысах линии Wistar (самцы). Возраст животных составил 3 мес., средняя масса – 194,0±5,7 г. Работа выполнена с соблюдением правил надлежащей лабораторной практики (Good Laboratory Practice, GLP). Содержание животных и экспериментальные работы соответствовали ГОСТ 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными» и этическим нормам по гуманному обращению с животными. Все проведенные манипуляции были одобрены Этическим комитетом Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева разработанным в соответствии с принципами надлежащей лабораторной практики GLP. Специальной предоперационной подготовки животным не проводилось.

Для достижения поставленной цели была разработана система ГВ, состоящая из широкополосного источника излучения с волоконно-кольцевым осветителем FRI61F50 (Thorlabs, Inc.) и гиперспектральной камеры Specim IQ со спектральным диапазоном 400-1000 нм (Specim, Spectral Imaging Ltd.).

В качестве объекта исследования рассматривалась модель ишемии толстой кишки у 15 лабораторных животных путем нарушения мезентериального кровотока лигированием сосудов.

Оперативное пособие проводилось с применением ингаляционной анестезии на основе изофлурана 1,5% в стандартных дозировках. Моделирование ишемии толстой кишки производилось следующим способом. После введения животного в состояние наркоза его размещали на специальной фиксирующей платформе в положении на спине и подготавливали операционное поле путем выбривания передней брюшной стенки и обработки растворами антисептиков. В качестве операционного доступа использовалась срединная лапаротомия. Из брюшной полости извлекалась толстая кишка и выполнялась перевязка сосудов, кровоснабжающих участок кишки. После чего кишечник погружался в брюшную полость. Закрытие лапаротомной раны выполнялось непрерывным швом.

Для определения пограничных состояний толстой кишки и патологических изменений в ней при моделировании ишемии с позиции оценки возможностей ГВ проводилось морфологическое исследование в различные временные интервалы после наложения лигатуры на магистральные сосуды кишечника: интактная ткань и через 1, 6, 12 часов. Каждому животному через соответствующий временной интервал выполнялась релапаротомия. Из брюшной полости извлекался кишечник и проводились его визуальный осмотр и оценка методом ГВ. После определения визуальных признаков ишемии и некроза кишечной стенки производилась резекция кишки с последующей фиксацией в 10% забуференном формалине в течение суток. Осуществлялась вырезка репрезентативных участков кишки, которые подвергались гистологической проводке по стандартной методике. Оценивались патоморфологические изменения в кишечной стенке в условиях смоделированной ишемии различной длительности. Выраженность морфологической картины ишемии оценивали по классификации Park Chiu. Исследования завершались выведением животных из эксперимента в соответствии с протоколом, одобренным этическим комитетом.

В результате проведения исследования были получены гиперспектральные массивы изображений состояния толстой кишки для каждого временного интервала моделирования ишемии соответственно. Расчет сатурации был осуществлен в каждой точке (пикселе) гиперспектральных изображений, на двух длинах волн 750 нм и 795 нм, соответствующих поглощению излучения кровью в изобестической и неизобестической точках. Для стандартизации измеренных данных производилась регистрация спектров от эталона диффузного отражения для каждого измерения.

На всех этапах исследования проводили фото- и видеофиксацию результатов.&

Результаты:

Результаты измерений ишемии кишечной стенки были рассчитаны с использованием двухволнового подхода в ближней инфракрасной области. Результатом явились рассчитанные двухмерные цветовые карты тканевой сатурации кишечника, репрезентативные примеры. Интактная кишечная стенка на рассчитанной карте параметров сатурации имела светло-зеленый цвет и соответствовала 70 отн. ед. значения сатурации. Через 1 час после наложения лигатуры на магистральные сосуды кишечника значение сатурации в отн. ед. было равно 45, а на гиперспектральной карте кишечная стенка имела светло-коричневый цвет. Значение сатурации через 6 часов от момента моделирования ишемии кишечника составляло 30 отн. ед., и кишечная стенка имела темно-коричневый цвет на гиперспектральной карте. При измерении значение сатурации через 12 часов после наложения лигатуры на магистральные сосуды кишечника составляло 20 отн. ед. и на гиперспектральной карте кишечная стенка имела черный цвет. На картах сатурации, рассчитанных для всех стадий моделирования ишемии кишечника прослеживалось визуальное уменьшение контрастности в области ишемии кишечной стенки по сравнению с интактными участками.

По результатам морфологического исследования было установлено, что значимые изменения, с точки зрения жизнеспособности стенки кишки, имели место от момента наложения лигатуры через 1, 6 и 12 часов. Через 1 час от момента создания ишемии, при морфологическом исследовании во фрагментах кишки обнаружена фокальная десквамация эпителия и выраженный отек ворсин. В собственной пластинке наблюдалась умеренная лимфогистиоцитарная инфильтрация, в подслизистой – отек и инъецированные сосуды. Описанные изменения соответствовали интестинальной ишемии Grade 2 по классификации Park Chiu. Морфологические изменения стенки кишки через 6 часов от момента моделирования ишемии были представлены диффузным коагуляционным некрозом ворсин с геморрагическим компонентом и фокальной деструкцией крипт. Подслизистая оболочка с признаками выраженного отека, с полиморфноклеточной инфильтрацией, расширенными сосудами с наличием сладжа. Описанные изменения соответствовали интестинальной ишемии Grade 5-6 по классификации Park Chiu. Спустя 12 часов от момента создания ишемии стенка толстой кишка была представлена некротизированной тканью с примесью крови.

Полученные результаты обработаны с использованием вышеописанного двухволнового подхода для расчета параметра тканевой сатурации в ближней инфракрасной области. Как результат, в работе представлены карты сатурации кишечной стенки для каждого этапа моделирования ишемии толстой кишки соответственно. На рассчитанных картах сатурации для всех этапов моделирования ишемии было выявлено уменьшение контраста в области ишемизированной части толстой кишки в сравнении с интактной тканью, что связанно с уменьшением уровня сатурации вследствие недостаточного локального притока крови в области наложения лигатур.

Заключение:

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что ГВ может стать перспективным методом объективной интраоперационной оценки ишемического повреждения кишечной стенки без дополнительного применения контрастных препаратов. В качестве дальнейших планов рассматривается технологическая доработка реализованной системы ГВ, а также адаптация ранее разработанной нейросетевой обработки гиперспектральных массивов для получения ряда количественных диагностических параметров.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-15-00325.