

Исторические и современные интраоперационные методы определения жизнеспособности анастомозируемых концов толстой кишки

Ф.Ш. Ахметзянов^{1,2}, Р.Р. Гайнаншин^{1,2}, В.И. Егоров^{1,2*}, Н.В. Федотова¹

¹Казанский государственный медицинский университет, г. Казань, Россия;

²Республиканский клинический онкологический диспансер, г. Казань, Россия

Реферат

Определение жизнеспособности анастомозируемых концов кишки — важнейший этап при операциях на желудочно-кишечном тракте, так как их недостаточное кровоснабжение ведёт к грозным осложнениям в виде некроза стенки кишки, несостоятельности швов анастомоза и перитонита. Визуальные методы определения жизнеспособности по перистальтике, пульсации маргинальных сосудов, цвету серозного покрова весьма субъективны и зависят как от опыта хирурга, так и от условий, в которых проводят операции. Развитие колоректальной хирургии непрерывно связано с изучением и разработкой методов интраоперационного определения жизнеспособности анастомозируемых концов кишки. Данный обзор посвящён различным инструментальным способам определения уровня васкуляризации стенок толстой кишки. В обзоре представлены данные как экспериментальных, так и клинических исследований, в которых отражены преимущества и недостатки данных методов, позволяющие сделать вывод о возможности их применения в практической деятельности. Среди наиболее известных методов оценки микроциркуляции кишечной стенки во время операции, от экспериментальных до прикладных, большинство авторов выделяют такой наиболее современный и информативный метод, как лазерная доплеровская флюориметрия. Однако единого мнения о его целесообразности и эффективности нет. Другие же методы оценки микроциркуляции нецелесообразны ввиду сложности их осуществления либо неэффективности. Несмотря на это обстоятельство, среди всех методов выгодно отличаются перфузионная флюориметрия и лазерная флюоресцентная ангиография, особенно последняя, так как позволяет более точно определить состояние кишки и довольно нетребовательна в исполнении. Менее точным, но более доступным методом служит ультразвуковое доплеровское исследование, так как оно не требует больших материальных средств.

Ключевые слова: колоректальный рак, лазерная флюоресцентная ангиография, перфузионная флюориметрия, несостоятельность швов анастомоза, пульсоксиметрия.

Для цитирования: Ахметзянов Ф.Ш., Гайнаншин Р.Р., Егоров В.И., Федотова Н.В. Исторические и современные интраоперационные методы определения жизнеспособности анастомозируемых концов толстой кишки. *Казанский мед. ж.* 2023;104(5):722–732. DOI: 10.17816/KMJ225848.

REVIEW | DOI: 10.17816/KMJ225848

Historical and modern intraoperative methods for determining the viability of the anastomosed ends of the colon

F.Sh. Akhmetzyanov^{1,2}, R.R. Gaynanshin^{1,2}, V.I. Egorov^{1,2*}, N.V. Fedotova¹

¹Kazan State Medical University, Kazan, Russia;

²Republican Clinical Oncological Dispensary, Kazan, Russia

Abstract

Determination of the viability of the anastomosed ends of the intestine is the most important stage in operations on the gastrointestinal tract, since their insufficient blood supply leads to formidable complications in the form of

*Для переписки: drvasiliy21@gmail.com

Поступила 26.02.2023; принята в печать 21.03.2023;

опубликована: 07.09.2023.

© Эко-Вектор, 2023. Все права защищены.

*For correspondence: drvasiliy21@gmail.com

Submitted 26.02.2023; accepted 21.03.2023;

published: 07.09.2023.

© Eco-Vector, 2023. All rights reserved.

necrosis of the intestinal wall, failure of the anastomotic sutures and peritonitis. Visual methods for determining viability by peristalsis, pulsation of marginal vessels, color of the serous cover are very subjective and depend both on the experience of the surgeon and on the conditions in which operations are performed. The development of colorectal surgery is continuously associated with the study and development of methods for intraoperative determination of the viability of the anastomosed ends of the intestine. This review is devoted to various instrumental methods for determining the level of vascularization of the colon walls. The review presents data from both experimental and clinical studies, which reflect the advantages and disadvantages of these methods, allowing us to conclude that they can be used in practice. Among the most well-known methods for assessing the microcirculation of the intestinal wall during surgery, from experimental to applied, most authors single out laser Doppler fluorometry as the most modern and informative method. However, there is no consensus on its feasibility and effectiveness. Other methods for assessing microcirculation are inappropriate due to the complexity of their implementation or inefficiency. Despite this circumstance, among all the methods, perfusion fluorometry and laser fluorescein angiography compare favorably, especially the latter, since it allows to more accurately determine the state of the intestine and is rather undemanding in execution. A less accurate, but more accessible method is Doppler ultrasound, since it does not require large financial resources.

Keywords: colorectal cancer, laser fluorescein angiography, perfusion fluorometry, anastomotic suture failure, pulse oximetry.

For citation: Akhmetzyanov FSh, Gaynanshin RR, Egorov VI, Fedotova NV. Historical and modern intraoperative methods for determining the viability of the anastomosed ends of the colon. *Kazan Medical Journal*. 2023;104(5):722–732. DOI: 10.17816/KMJ225848.

Введение

Определение жизнеспособности анастомозируемых концов кишки — важнейший этап при операциях на желудочно-кишечном тракте, так как их недостаточное кровоснабжение ведёт к грозным осложнениям в виде некроза стенки кишки, несостоятельности швов анастомоза и перитонита [1–6]. Особенно это актуально для пожилых пациентов, у которых снижена эластичность сосудов [5].

Жизнеспособность кишки обычно определяют по визуальным признакам (метод Керте): наличию перистальтики, пульсации маргинальных сосудов кишечника, цвету серозного покрова и отсутствию явных данных за некроз [1, 7]. Однако данные методы субъективны, и их оценка во многом зависит от опыта хирурга и условий, в которых проводят операцию. Так, тёмный оттенок кишки может быть вызван временной венозной недостаточностью, а отсутствие пульсации маргинальных сосудов брыжейки — низким артериальным давлением или сосудистым спазмом, тогда как кишечная перистальтика может сохраняться даже в сильно ишемизированном кишечнике [8, 9]. Компенсация недостаточности кровоснабжения в ишемизированном участке кишки может происходить за счёт усиления коллатерального кровотока, однако это не исключает развития ишемии в зоне анастомоза и несостоятельности его швов в течение первых 5 сут [10].

Целью данной работы было изучение методов интраоперационного определения уровня кровоснабжения кишки в колоректальной хирургии.

Систематический обзор результатов исследований был проведён по базам данных PubMed, Web of Science, а также российской научной библиотеки eLibrary.Ru за 1967–2022 гг.

Клиренс газообразного водорода

Метод заключается в исследовании клиренса газообразного водорода, поступающего при дыхании или внутриартериально. В исследуемый орган вставляют положительно поляризованный электрод, который очищает кровоток от водорода. Учитывая скорость забора газа, измеряют скорость кровотока [11]. Данный метод применяют для оценки кровотока в разных органах и тканях, например печени или поджелудочной железе [12, 13].

Однако для оценки кровоснабжения кишечника эта методика недостаточно эффективна, так как обладает низкой точностью при скорости кровотока выше 100 мл/100 г в минуту или в тканях с объёмом кровотока менее 5 мл. Кроме того, применение данной методики неудобно в условиях операционной [13].

Полярографическое измерение давления кислорода

Механизм данного исследования основан на измерении парциального давления молекулярного кислорода, который проводит поляризованный ток на катод из благородного металла. Чем меньше сила зафиксированного тока, тем меньше концентрация молекулярного кислорода. Однако данная величина показывает содержание кислорода в тканях, а не кровоснаб-

жение. По мнению R. Düchs и T. Foitzik, несмотря на это, можно косвенно ориентироваться на степень ишемизации [14].

В 2006 г. Y. Hirano и соавт. исследовали серию из 20 больных колоректальным раком, которым выполнены радикальные операции с тонкокишечным анастомозом. Измерения насыщения тканей кислородом (StO_2) проводили как в проксимальной, так и в дистальной частях места анастомоза; при передней резекции прямой кишки измеряли StO_2 только в проксимальном отделе. На 20 случаев у авторов возникло 2 анастомотических осложнения (одна несостоятельность и один стеноз). StO_2 у больных с осложнениями составил 58,0%, без осложнений — 71,0%. Всего у 18 пациентов значения $StO_2 > 66\%$, и ни у одного из них не было анастомотических осложнений. И напротив, у 2 пациентов значения StO_2 были $< 60\%$, и у обоих были анастомотические осложнения [15].

StO_2 в месте анастомоза можно безопасно и надёжно измерить с помощью спектроскопии ближнего инфракрасного отражения (NIRS — от англ. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy) в колоректальной хирургии. Низкий StO_2 с обеих сторон анастомоза может свидетельствовать о повышенном риске анастомотических осложнений. По мнению R. Düchs и T. Foitzik, необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить пороговое значение для StO_2 , позволяющее предотвратить серьёзные осложнения [15].

В исследовании W.G. Sheridan и соавт., включающем 50 пациентов, перенёвших резекцию толстой кишки, показатели напряжения кислорода в тканях (PtO_2) ниже 20 мм рт.ст. в области анастомоза вели к его несостоятельности (при данном уровне PtO_2 у пациентов развилась несостоятельность, и данный уровень авторы приводят как пороговый) [16].

И наоборот, в исследовании С.А. Jacobi и соавт. не отмечено снижения уровня подслизистого PtO_2 у пациентов с несостоятельностью анастомоза после резекции пищевода. Напротив, у 6 пациентов с несостоятельностью швов анастомоза авторы зафиксировали повышение PtO_2 [17].

G. Voersemа и соавт. в экспериментальном исследовании на крысах изучили эффективность гипербарической оксигенации при снижении PtO_2 . Гипербарическая оксигенация усиливала заживление анастомозов в случаях сниженного PtO_2 у крыс и улучшала послеоперационное функционирование колоректального анастомоза [18]. Эти противоречивые данные привели к сомнениям в роли нарушения ок-

сигенации тканей в заживлении анастомоза. В настоящее время широкого распространения данная методика не получила.

Прижизненная микроскопия

Данный метод считают высокодостоверным в плане исследования микроциркуляции, так как он позволяет визуализировать и оценивать изменения на уровне капилляров. При микроскопии серозного слоя кишечника рассчитывают эффективное соотношение клеток крови внутри русла и внутритканно, что является достоверным и может рассматриваться как «золотой стандарт» для оценки жизнеспособности кишечника.

При проведении экспериментальной интраоперационной оценки жизнеспособности кишечника использовали модель кишечной непроходимости у крыс. По изображениям, полученным с помощью ПЗС-микроскопии¹, рассчитывали отношение максимальной скорости перехода клеток крови в экспериментальном отрезке к таковой в эталонном отрезке и отношение эффективной площади сосудистого русла к общей площади сосудистого русла в экспериментальном сегменте к таковому в контрольном сегменте.

Исследователями было установлено, что в группе животных, которым выполняли микроскопию и последующую оценку кровотока в подсерозной оболочке, вероятность развития несостоятельности швов анастомоза значительно ниже, чем в группе, которой её не выполняли. Микроскопическая оценка степени повреждения сосудов в режиме реального времени может значительно снизить показатели несостоятельности швов анастомоза. Однако экспериментальных данных о применении этого метода на человеке нет [19].

Ультразвуковое доплеровское исследование

Существуют многочисленные сведения о применении данного метода для визуальной оценки пульсации маргинальных сосудов брыжейки кишечника, как в дополнение, так и отдельно. По результатам исследований, опубликованных в 2019 г., доплеровское сонографическое измерение гемодинамики анастомозированной кишки показало потенциальную ценность в прогнозировании несостоятельности анастомоза [20].

Всего в окончательный анализ были включены 163 подходящих пациента, в том числе 96 мужчин и 67 женщин, средний возраст паци-

¹ПЗС — прибор с зарядовой связью.

ентов составлял 60 лет (диапазон 25–83 года). У 15 (9,2%) пациентов развилась несостоятельность швов анастомоза, из них 3 пациента подверглись повторной операции. Медиана времени возникновения несостоятельности швов анастомоза — 8-й послеоперационный день (от 4-го до 20-го дня). Отсроченной несостоятельности швов анастомоза в этом исследовании не было [20].

С целью получения достаточной длины проксимального отдела толстой кишки для наложения анастомоза без натяжения всем пациентам выполняли лигирование сигмовидной или левой ободочной артерии. Для оценки кровоснабжения проксимальной части анастомозированной кишки доплеровские гемодинамические измерения регистрировали до и после перевязки сосудов в одном и том же месте вблизи анастомозируемой кишки. Измерения начинали после фиксации зажима в толстой кишке и повторяли после лигирования сигмовидной или левой ободочной артерии. Каждое измерение выполняли до тех пор, пока не регистрировалась стабильная форма волны. По мнению авторов, плюсы этого метода исследования — простота, высокая доступность, быстрота и дешевизна использования. Кроме того, этот метод не представляет опасности для пациентов [20].

А.В. Родиным и соавт. [1] было отмечено, что ультразвуковой сигнал от более крупных сосудов может исказить сигнал от более мелких, и необходим тесный контакт с исследуемой тканью, что может снизить локальную микроциркуляцию и неправильно интерпретировать полученные данные. Авторы считают, что доплеровское ультразвуковое исследование имеет высокую частоту ложноположительных и ложноотрицательных результатов, и в настоящее время данный метод значительно уступает лазерной доплеровской и перфузионной флюориметрии [1, 21–26].

Радиоизотопное исследование

Данный метод применяют путём введения радиоизотопных препаратов внутривенно, внутриартериально, в подслизистую оболочку ишемизированных участков кишечника или зону анастомоза. Способ включает регистрацию элиминации внутриартериально введённого ^{85}Kr (изотоп криптона) из сегмента толстой кишки, при этом γ - и β -излучение индикатора регистрируются одновременно сцинтилляционным детектором и трубкой Гейгера–Мюллера соответственно. Общий кровоток определяют путём регистрации γ -радиоактивности с использованием модификации формулы Цирле-

ра. Общий кровоток в толстой кишке составлял 18 ± 2 мл/мин в 100 г ткани толстой кишки ($n=21$) [27].

Подобный метод был использован с целью оценки кровотока на наложенном толстокишечном анастомозе. Две разные радиоактивные микросферы ^{141}Ce (церий) и ^{46}Sc (стирол) использовали для измерения кровотока в области толстой кишки у собак до и после хирургической резекции с наложением анастомоза скобками. Заживление анастомоза теоретически связано с притоком крови к месту анастомозирования. Исследования кровотока были проведены у 3 собак с использованием этой методики. Средний кровоток до операции составлял 0,558 мл/мин на грамм и 1,04 мл/мин на грамм после операции. Эти результаты указывают на статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение кровотока в месте анастомоза через 6 дней после анастомозирования по сравнению с кровотоком в той же области до любых хирургических процедур [28].

Затем, в другом исследовании, был проведён сравнительный анализ скорости потока йода ^{125}I через три различных вида анастомоза: степлерный, стандартный и анастомоз Гамби. При сравнении результатов скорость потока через степлерный анастомоз была значительно выше, чем скорость потока через стандартный анастомоз и анастомоз Гамби [29].

Данные этих экспериментов демонстрируют успешное применение радиоизотопного исследования с целью оценки кровотока анастомозируемых участков кишки. Несмотря на довольно точные показатели оценки микроциркуляции, радиоизотопное исследование имеет ряд критических недостатков: облучение персонала и пациента, необходимость содержать специализированное оборудование и утилизировать изотопы, наличие более современных методов, в связи с которыми данный метод в настоящее время не применяют [30].

Пигментная вазоскопия

Данный метод заключается во введении красителя в корень брыжейки исследуемого участка кишки или зону предполагаемого анастомоза. При этом через короткий промежуток времени (10–15 мин) происходит активное окрашивание хорошо кровоснабжаемого участка кишки, а в зону ишемии краситель поступает в меньшей степени, что позволяет установить чёткие границы резекции кишечника [31].

О.С. Кочнев и А.Ф. Агеев (1967) разработали метод оценки кровоснабжения любого участка желудочно-кишечного тракта посредством введения в артерию исследуемого участка киш-

ки красителей. В качестве красителя использовали 0,4% раствор индигокармина, так как он показывал наиболее быстрое рассасывание после введения. В представленных ими опытах описан метод введения 1,5–2,0 мл раствора красителя в одну из магистральных артерий тонкой кишки. Через 2–3 с после начала опыта кровоснабжаемый этой артерией участок кишки окрашивался в соответствующий цвет. Пульсация артерии после введения краски ослабевала на 1–2 мин, а затем восстанавливалась.

Таким образом, была подтверждена возможность окрашивания магистральных сосудов и отходящих от них артерий. Авторы предположили возможное использование опыта с целью оценки состоятельности анастомоза не только в послеоперационном периоде, но и интраоперационно, в момент выбора предполагаемого участка резекции кишки [31].

Чтобы подтвердить хорошее кровоснабжение избранного в результате цветного окрашивания участка кишки, О.С. Кочневым выполнены четыре пересадки кишечного трансплантата. Производили резекцию кишечного трансплантата длиной от 6 до 15 см в пределах цветного окрашивания сегмента кишки. При этом отчётливо контурировались окрашенные в синий цвет сосуды брыжейки и лимфатические пути. Целостность кишки после выкраивания трансплантата восстанавливали «конец в конец» двухрядным швом. Далее на расстоянии 30–40 см от этого анастомоза пересекали петлю тонкой кишки и производили пересадку выкроенного трансплантата. Осложнений в послеоперационном периоде не было. Вскрытия на 4–6–9-й дни опытных животных (автором не указано, какие животные) показали хорошее приживление пересаженной кишки. Пульсация сосудов трансплантата была отчётливой [31].

Преимущества пигментной вазоскопии — высокая информативность, доступность, быстрота, а также возможность повторного использования в силу быстрого рассасывания красителя. Из недостатков можно обозначить травмирование сосудов брыжейки [31].

Пульсоксиметрия

Данный метод основан на принципе прохождения света с двумя разными длинами волн (940 и 660 нм) из одного источника через ткань, позволяющую пропускать часть электромагнитного излучения и регистрировать остаточный сигнал на датчике с обратной стороны ткани. При этом свободный гемоглобин поглощает больше света с длиной волны 660 нм, а оксигемоглобин — с длиной волны 940 нм. Сенсор,

противопоставленный источнику излучения, измеряет интенсивность прошедшего через ткань света и по соотношению разных длин волн позволяет оценить StO_2 .

Проведенные J.M. Salusjärvi и соавт. исследования показали, что значение StO_2 может служить для оценки возможной несостоятельности анастомоза. Среднее значение StO_2 в толстой кишке составило 91,1% у пациентов, у которых развилась несостоятельность швов анастомоза, и 93,0% у пациентов, у которых её не было. При логистическом регрессионном анализе риск несостоятельности швов анастомоза был выше в 4,2 раза при значениях $StO_2 \leq 90\%$ [32].

В других исследованиях пульсоксиметрией измеряли насыщение верхней брыжеечной артерии кислородом методом обратимой окклюзии. Было установлено, что данный метод позволяет интраоперационно оценить степень ишемии и эффективно спрогнозировать возможность некроза ущемлённой петли кишки или вероятность несостоятельности швов анастомоза. Показатели $StO_2 > 76\%$ могут указывать на обратимые изменения, такие как некроз слизистой оболочки, трансмуральный застой или кровоизлияние в слизистую оболочку, а показатели $StO_2 < 64\%$ — на стойкий трансмуральный некроз [33, 34].

Однако R.C. Delfrate и соавт. предлагают использовать пульсоксиметрию как дополнительную технику оценки, поскольку она не позволяет оценить кровообращение, а лишь отражает степень насыщенности ткани кислородом [35].

Кроме того, есть сведения, что данный метод даёт большое количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов [36].

Измерение водородного показателя

При данном методе неинвазивным способом измеряют водородный показатель (pH) внутри миоцитов кишечной стенки (pHi). При уменьшении кровоснабжения внутри слизистой оболочки pH смещается в кислую среду. Для выполнения данной процедуры в просвет кишки вводят силиконовый баллонный катетер и наполняют изотоническим раствором натрия хлорида. При этом можно осуществлять беспрепятственную диффузию двуокиси углерода. По окончании определённого времени парциальное давление углекислого газа (pCO_2) раствора внутри баллона катетера соответствует pCO_2 слизистой оболочки кишки. Далее катетер извлекают, снимают его показания, сравнивая со значением артериального бикарбоната, и делают расчёт внутримышечного pHi в уравнении Хендерсона–Хассельбаха. pHi измеряют сразу

после завершения анастомозирования и с интервалами 6–12 ч до 5 дней после операции [37].

В исследовании К. Kamiya и соавт. среднее значение rHi сразу после операции у пациентов составило $7,32 \pm 0,11$ [37]. Среднее значение постепенно увеличивалось и оставалось стабильным между 7,32 и 7,41. С другой стороны, у 3 пациентов с сосудистой обструкцией rHi уменьшился до $<7,10$. Снижение значения rHi $<7,10$ произошло у 2 больных с обтурацией сосудов тромбом в течение 30 ч после операции и у 11 пациента через 54 ч. Значение rHi у этих 3 пациентов продолжало снижаться до $6,72 \pm 0,16$ в течение 24 ч после того, как стало $<7,10$. Основываясь на результатах исследования rHi на ранней стадии, авторы определили, что критическое значение rHi составляет 7,1 [37, 38].

В работе М. Milan и соавт. [38] также проводили исследование 90 пациентов, перенёвших резекцию прямой кишки при раке. Было выяснено, что снижение rHi $<7,24$ в первые 24 ч после операции увеличивает риск несостоятельности анастомоза в 22 раза. Однако, по мнению авторов, будучи довольно точной методикой, данный способ скорее целесообразен для контролирования степени ишемизации кишечника в послеоперационном периоде с целью прогнозирования или ранней диагностики несостоятельности швов анастомоза [38].

Измерение сократительной способности кишечника

Данный метод заключается в количественном измерении сокращений стенки кишечника специальным аппаратом. Аппарат состоит из чувствительного зонда, который закрепляется на серозной поверхности кишечника и улавливает перистальтические волны, фиксируемые на блоке управления в виде миограммы. С интервалом 2 см определяют активность кишечника. Количественный подсчёт идёт в милливольтгах на электромиограмме. Низкие значения соответствуют ишемизированным участкам кишечника, полное же отсутствие — некрозу [39].

Экспериментально Р. J. Orland и соавт. создавали ишемию в стенке кишки с использованием одного из двух методов: хроническая модель, в которой останавливали кровоснабжение 40 см подвздошной кишки и через 24 ч оценивали её жизнеспособность, и острая модель, в которой была окклюзирована главная верхняя брыжеечная артерия на 0,5 ч, а затем освобождена. В группе собак с созданным длительным нарушением кровоснабжения кишки 3 из 20 собак умерли от некроза, а в группе

с острым нарушением ни у одной из 12 собак летальных исходов не было. В острой модели значения электромиографии неуклонно возрастали после реперфузии, стабилизируясь через 15 мин после высвобождения. Средние значения в период от 15 до 30 мин после высвобождения были значительно выше, чем значения через 5 и 10 мин после высвобождения и перед ним, что свидетельствует о влиянии реперфузии на электромиограмму [39].

Данную методику использовали R. E. Brodin и соавт. и как единственный параметр оценки жизнеспособности, и одновременно с флуориметрией и доплеровским ультразвуковым исследованием [40]. Измерение сокращений стенки кишечника не считают методом выбора, поскольку оно требует достаточно много времени для эффективной оценки жизнеспособности, так как после реперфузии ишемизированного участка кишечника данные электромиографии достигают нормальных значений только через 15 мин [39].

Термография

Данный метод исследования использует инфракрасное излучение для сканирования разностей температур между соседними структурами. Чем меньше интенсивность излучения, тем ниже температура исследуемого участка ткани, что соответствует плохому кровоснабжению. К. Nishikawa и соавт. показали, что термография достаточно информативна для оценки жизнеспособности желудочно-кишечного тракта во время операции [41].

Исследования М. Ю. Розенгартена (1969) [42] продемонстрировали, что наиболее закономерным параметром, характеризующим жизнеспособность кишечной петли, служит индекс жизнеспособности — отношение сдвигов температур исследуемой петли (в течение определённого времени) и кишки, в жизнеспособности которой сомнений нет.

Исследования проводили с помощью электротермометра ТЕМП-60 с ценой деления $0,2^\circ$. Оказалось, что во время лапаротомии поверхностная температура нормальной кишечной петли при её эвентрации понижается лишь до какого-то конкретного уровня, достигая определённого температурного плато. Уровень последнего зависит от температуры внешней среды. Последующее снижение температуры столь незначительно, что им можно пренебречь. Некротизированная же кишечная петля уподобляется физическому телу, в котором теплообмен осуществляется без участия физиологических процессов, определяющих приток

тепла. По этой причине при эвентрации температура кишки с нарушенным кровотоком резко снижается и практически достигает температуры внешней среды.

Обязательное условие получения правильно-го результата — измерение температуры эвентрированных кишечных петель. При измерении температуры непосредственно в брюшной полости можно получить ложный результат, так как кишечные петли приобретают температуру соседних внутренних органов. Индекс жизнеспособности проверен в эксперименте на животных, а также при субоперационном исследовании у 480 больных при заболеваниях, в основе патогенеза которых лежит ангиологический компонент [42].

Однако данный метод не получил достаточного широкого распространения, вероятно, в связи с тем, что температура служит косвенным показателем кровоснабжения, и её изменения во многом могут зависеть от температуры соседних структур [43].

Флюоресцентные методы исследования

Впервые флюоресцентные методы были использованы в 1976 г. для оценки сосудов сетчатки глаза, они широко распространены в офтальмологии [44].

Двумя основными методами служат лазерная флюоресцентная ангиография (ФА) и перфузионная флюориметрия. Основной механизм этих методов — внутривенное введение люминесцентного препарата и распределение его в кишечнике, при этом кишечник освещают ультрафиолетовой лампой. При перфузионной флюориметрии подсвеченные флуоресцеином натрия участки жизнеспособного кишечника окрашиваются в ярко-зелёный цвет, некротизированный или ишемизированный участок кишечника не окрашивается в отражённом ультрафиолетовом свете, который можно использовать при лапаротомии с лампой Вуда или лапароскопии с ультрафиолетовой подсветкой [45, 46].

В серии работ, посвящённых флюоресцентным исследованиям, включающим больных раком ободочной кишки, показано, что все метастатические узлы были выявлены с помощью индоцианинового зелёного красителя и что можно получить таким образом достоверные сведения о лимфогенном распространении этих опухолей [47–49].

В 2015 г. в Американском колледже хирургов проведено открытое клиническое исследование в 11 центрах, в котором оценивали возможность и полезность ФА для интраоперационной оцен-

ки перфузии во время левосторонней колэктомии и передней резекции прямой кишки. Всего были включены 147 пациентов, из которых 13 подходили для анализа. Дивертикулит (44%), рак прямой кишки (25%) и рак толстой кишки (21%) были наиболее распространёнными показателями к операции.

Средний уровень анастомозирования составил 10 ± 4 см от ануса. Мобилизация селезёночного изгиба выполнена у 81%, высокая перевязка нижней брыжеечной артерии — у 61,9% пациентов.

ФА изменила хирургический план у 11 (8%) пациентов, причём большинство изменений произошло во время резекции проксимального конца (7%). Частота осложнений составила 17%, несостоятельность швов анастомоза — 1,4% ($n=2$). У 11 пациентов, которым изменили план операции на основании интраоперационной оценки перфузии с помощью ФА, несостоятельности швов анастомозов не было [50].

Безопасность применения внутривенных флюоресцеиновых контрастов изучали в многоцентровом исследовании, где проведён анализ 2272 процедур конфокальной лазерной микроскопии желудочно-кишечного тракта. Авторы не зафиксировали серьёзных нежелательных явлений. Лёгкие нежелательные явления были у 1,4% пациентов, включая тошноту/рвоту, транзиторную артериальную гипотензию без шока, эритему в месте инъекции, диффузную сыпь и лёгкую боль в эпигастральной области. Ограничение состоит в том, что активно отслеживали только события, происходящие сразу после процедуры. Наиболее распространённая доза контрастного вещества составляла 2,5–5 мл 10% флуоресцеина натрия [51].

Один из недостатков перфузионной флюориметрии — вязкость препарата, так как флуоресцеин натрия прилипает к тканям, и повторное проведение пробы уже неэффективно [32].

В большинстве случаев выведение красителя из организма с мочой происходит в течение 12–24 ч. У 1 пациента с острой почечной недостаточностью следы красителя сохранялись в течение 2–3 дней, но без явных неблагоприятных признаков [52].

Более точным флюоресцентным методом исследования служит лазерная ФА, при которой используют индоцианин зелёный внутривенно и локальное лазерное освещение. Обработанные цифровые видеозаписи дают более точное представление о кровоснабжении и жизнеспособности кишечника. Преимущество лазерной ФА над перфузионной флюориметрией — возмож-

Таблица 1. Частота возникновения несостоятельности швов толстокишечного анастомоза

Авторы	Количество пациентов		Частота несостоятельности швов анастомоза		p
	ФА+	ФА–	ФА+	ФА–	
Boni L. et al., 2017 [55]	42	38	0	2 (5%)	<0,05
Kin C. et al., 2015 [56]	173	173	13	11	0,67
Kim J.C. et al., 2015 [57]	123	313	1 (0,8%)	17 (5,4%)	0,031
Kim J.C. et al., 2017 [58]	310	347	2 (0,6%)	18 (5,2%)	<0,001
Kudzsus S. et al., 2010 [54]	201	201	7 (3,5 %)	15 (7,5%)	0,01
Mizrahi I. et al., 2018 [59]	30	30	0	2 (6,7%)	0,492
Ashraf S.Q. et al., 2013 [60]	254	31	9 (3,5%)	6 (19,4)	0,003
Jafari M.D. et al., 2015 [26]	173		2 (1, 4%)		—

Примечание: ФА — флюоресцентная ангиография.

ность повторного введения индоцианата натрия в венозное русло, так как краситель быстро поглощается печенью и выводится с жёлчью [53].

S. Kudzsus и соавт. проводили интраоперационное исследование всех краёв анастомозов с использованием лазерной ФА. Контрольной группой служили пациенты, перенёвшие резекцию толстой кишки в период с 1998 по 2003 г. без лазерной ФА. Из-за несостоятельности швов анастомоза потребовалось 33 хирургические ревизии: 7 (3,5%) в группе лазерной ФА и 15 (7,5%) в контрольной.

Анализ в подгруппах показал, что при плановых резекциях частота ревизий составила 3,1% (группа лазерной ФА) и 7,7% (контрольная группа) — риск ревизии снизился на 60%. У пациентов старше 70 лет частота ревизий составила 4,3% в группе лазерной ФА, 11,9% — в группе контроля (снизился на 64%). После ручного наложения анастомоза частота ревизий составила 1,2% в группе лазерной ФА и 8,5% в группе контроля (риск несостоятельности снизился на 84%). Длительность госпитализации значительно сократилась в группе лазерной ФА. Безопасность флюоресцентного препарата также высока и позволяет использовать его неоднократно во время операции без вреда для пациента [54].

L. Boni и соавт. сообщают, что использование интраоперационной лазерной ФА привело к смещению уровня резекции, что позволило полностью избежать несостоятельности швов анастомоза [55].

S. Kin и соавт. в своём исследовании также сообщают о том, что на фоне применения лазерной ФА в 25% случаев приходилось менять линию резекции брыжейки толстой кишки из-за визуализации лимфатического протока индоцианиновым зелёным красителем [56].

Немаловажную роль в сравнении методик интраоперационного контроля кровотока играет экономичность. В сравнительном анализе с другими методиками, такими как доплерометрия, перфузионная флуометрия, селективная ангиография показала экономическую выгоду использования лазерной ФА (в среднем 5000 руб. на одно исследование). Однако лазерная ФА имеет ряд недостатков, связанных с тем, что хирург может проследить флюоресцентный кровоток только в пределах непосредственной видимости, тогда как зачастую зона интереса скрыта веткой сосуда, клипсой, аневризмой и пр. [56].

В табл. 1 представлено несколько работ, в которых авторы приводят данные об исследовании частоты возникновения несостоятельности швов анастомоза в зависимости от применения лазерной ФА и без неё, где критический уровень значимости при проверке статистических гипотез p принимали равным 0,05.

Заключение

Существует достаточно много методов интраоперационной оценки кровоснабжения кишки для снижения риска несостоятельности швов анастомоза при резекции толстой кишки, однако не все они применимы с учётом их недостатков или несовершенства техники. Среди наиболее известных методов оценки микроциркуляции кишечной стенки во время операции, от экспериментальных до прикладных, большинство авторов выделяют такой наиболее современный и информативный метод, как лазерная доплеровская флуориметрия. Однако единого мнения о целесообразности и эффективности нет. Другие же методы оценки микроциркуляции нецелесообразны ввиду сложности их осуществления либо неэффективности.

Несмотря на это обстоятельство, среди всех методов выгодно отличаются перфузионная флюориметрия и лазерная ФА, особенно последняя, так как позволяет более точно определить состояние кишки и довольно нетребовательна в исполнении. Менее точным, но более доступным методом служит ультразвуковое доплеровское исследование, так как не требует больших затрат материальных средств. В послеоперационном периоде возможно использование рН-метрии в качестве метода контроля над состоянием анастомоза и прогнозирования развития несостоятельности швов анастомоза.

Участие авторов. Н.В.Ф. — сбор и обработка материала; Р.Р.Г. и В.И.Е. — обработка материала и написание текста; Ф.Ш.А. — редактирование.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родин А.В., Плешков В.Г. Интраоперационная оценка жизнеспособности кишки при острой кишечной непроходимости. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2016;15(1):75–82. [Rodin AV, Pleshkov VG. Evaluation of the viability of the intestine during surgical treatment in the course of acute intestinal obstruction. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii*. 2016;15(1):75–82. (In Russ.)] EDN: VVVVHR.
2. Sujatha-Bhaskar S, Jafari MD, Stamos MJ. The role of fluorescent angiography in anastomotic leaks. *Surg Technol Int*. 2017;30:83–88. DOI: 10.1177/000313481708301011.
3. Pommergaard HC, Achiam MP, Burcharth J, Rosenberg J. Impaired blood supply in the colonic anastomosis in mice compromises healing. *Int Surg*. 2015;100(1):70–76. DOI: 10.9738/INTSURG-D-13-00191.1.
4. Gröne J, Koch D, Kreis ME. Impact of intraoperative microperfusion assessment with Pinpoint Perfusion Imaging on surgical management of laparoscopic low rectal and anorectal anastomoses. *Colorectal Dis*. 2015;17(Suppl 3):22–28. DOI: 10.1111/codi.13031.
5. Hoek VT, Buettner S, Sparreboom CL, Detering R, Menon AG, Kleinrensink GJ; Dutch ColoRectal Audit group. A preoperative prediction model for anastomotic leakage after rectal cancer resection based on 13.175 patients. *Eur J Surg Oncol*. 2022;48(12):2495–2501. DOI: 10.1016/j.ejso.2022.06.016.
6. Emile SH, Khan SM, Wexner SD. Impact of change in the surgical plan based on indocyanine green fluorescence angiography on the rates of colorectal anastomotic leak: a systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc*. 2022;36(4):2245–2257. DOI: 10.1007/s00464-021-08973-2.
7. Pommergaard HC. Experimental evaluation of clinical colon anastomotic leakage. *Dan Med J*. 2014;61(3):B4821. PMID: 24814921.
8. Saur NM, Paulson EC. Operative management of anastomotic leaks after colorectal surgery. *Clin Colon Rectal Surg*. 2019;32(03):190–195. DOI: 10.1055/s-0038-1677025.
9. Karliczek A, Harlaar NJ, Zeebregts CJ, Wiggers T, Baas PC, van Dam GM. Surgeons lack predictive accuracy for anastomotic leakage in gastrointestinal surgery. *Int J Colorectal Dis*. 2009;24(5):569–576. DOI: 10.1007/s00384-009-0658-6.
10. Daskalopoulou D, Kankam J, Plambeck J. Intraoperative real-time fluorescence angiography with indocyanine green for evaluation of intestinal viability during surgery for an incarcerated obturator hernia: A case report. *Patient Saf Surg*. 2018;12:24. DOI: 10.1186/s13037-018-0173-1.
11. Young W. H2 clearance measurement of blood flow: a review of technique and polarographic principles. *Stroke*. 1980;11(5):552–564. DOI: 10.1161/01.str.11.5.552.
12. Metzger HP. The hydrogen gas clearance method for liver blood flow examination: inhalation or local application of hydrogen? *Adv Exp Med Biol*. 1989;248:41–149. DOI: 10.1007/978-1-4684-5643-1_18.
13. Barbu A, Jansson L, Sandberg M, Quach M, Palm F. The use of hydrogen gas clearance for blood flow measurements in single endogenous and transplanted pancreatic islets. *Microvasc Res*. 2015;97:124–129. DOI: 10.1016/j.mvr.2014.10.002.
14. Duchs R, Foitzik T. Possible pitfalls in the interpretation of microcirculatory measurements. A comparative study using intravital microscopy, spectroscopy and polarographic pO₂ measurements. *Eur Surg Res*. 2008;40(1):47–54. DOI: 10.1159/000109310.
15. Hirano Y, Omura K, Tatsuzawa Y, Shimizu J, Kawaura Y, Watanabe G. Tissue oxygen saturation during colorectal surgery measured by near-infrared spectroscopy: pilot study to predict anastomotic complications. *World J Surg*. 2006;30(3):457–461. DOI: 10.1007/s00268-005-0271-y.
16. Sheridan WG, Lowndes RH, Young HL. Tissue oxygen tension as a predictor of colonic anastomotic healing. *Dis Colon Rectum*. 1987;30(11):867–871. DOI: 10.1007/BF02555426.
17. Jacobi CA, Zieren HU, Zieren J, Müller JM. Is tissue oxygen tension during esophagectomy a predictor of esophagogastric anastomotic healing? *J Surg Res*. 1998;74(2):161–164. DOI: 10.1006/jsre.1997.5239. PMID: 9587355.
18. Boersema GSA, Wu Z, Kroese LF, Vennix S, Bastiaansen-Jenniskens YM, van Neck JW, Lam KH, Kleinrensink GJ, Jeekel J, Lange JF. Hyperbaric oxygen therapy improves colorectal anastomotic healing. *Int J Colorectal Dis*. 2016;31(5):1031–1038. DOI: 10.1007/s00384-016-2573-y.
19. Yasumura M, Mori Y, Takagi H, Yamada T, Sakamoto K, Iwata H, Hirose H. Experimental model to estimate intestinal viability using charge-coupled device microscopy. *Br J Surg*. 2003;90(4):460–465. DOI: 10.1002/bjs.4059.
20. Du CZ, Fan ZH, Yang YF, Yuan P, Gu J. Value of intra-operative Doppler sonographic measurements in predicting post-operative anastomotic leakage in rectal cancer: a prospective pilot study. *Chin Med J*. 2019;132(18):2168–2176. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000410.
21. Бабкова И.В., Мишукова Л.Б., Ларичев С.Е. Ультразвуковая диагностика нарушения внутривисцерального кровотока при острой тонкокишечной непроходимости с помощью доплерографии. *Медицинская визуализация*. 2000;(3):5–9. [Babkova IV, Mishukova LB, Larichev SE. Ultrasound diagnosis of intraparietal blood flow disorders in acute small bowel obstruction using Doppler sonography. *Medical visualization*. 2000;(3):5–9. (In Russ.)]

22. Vardhan S, Deshpande SG, Singh A, Kumar SCA, Bisen YT, Dighe OR, Kumar C. A techniques for diagnosing anastomotic leaks intraoperatively in colorectal surgeries: A review. *Cureus*. 2023;15(1):e34168. DOI: 10.7759/cureus.34168.
23. Cassar M, Ismael GY, Cahill RA. Assessment of bowel vascularity and adjuncts to anastomotic healing. In: *Coloproctology*. Cham: Springer; 2017. p. 133–160. DOI: 10.1007/978-3-319-55957-5_7.
24. Ivanov D, Cvijanović R, Gvozdenović L. Intraoperative air testing of colorectal anastomoses. *Srp Arh Celok Lek*. 2011;139(5–6):333–338. DOI: 10.2298/SARH1106333I.
25. Ris F, Hompes R, Cunningham C, Lindsey I, Guy R, Jones O, George B, Cahill RA, Mortensen NJ. Near-infrared (NIR) perfusion angiography in minimally invasive colorectal surgery. *Surg Endosc*. 2014;28(7):2221–2226. DOI: 10.1007/s00464-014-3432-y.
26. Jafari MD, Wexner SD, Martz JE, McLemore EC, Margolin DA, Sherwinter DA, Lee SW, Senagore AJ, Phe-lan MJ, Stamos MJ. Perfusion assessment in laparoscopic left-sided/anterior resection (PILLAR II): A multi-institutional study. *J Am Coll Surg*. 2015;220(1):82–92. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.
27. Hulten L, Jodal M, Lindhagen J, Lundgren O. Colonic blood flow in cat and man as analyzed by an inert gas washout technique. *Gastroenterology*. 1976;70(1):36–44. DOI: 10.1016/S0016-5085(76)80400-3.
28. Hummel SJ, Delgado G, Butterfield A, Dritschilo A, Harbert J. Measurement of blood flow through surgical anastomosis using the radioactive microsphere technique. *Obstet Gynecol*. 1985;66(4):579–581. PMID: 4047547.
29. Wheelless CR Jr, Smith JJ. A comparison of the flow of iodine 125 through three different intestinal anastomoses: Standard, Gambee, and stapler. *Obstet Gynecol*. 1983;62(4):513–518. PMID: 6193469
30. Prinzen FW, Bassingthwaighte JB. Blood flow distributions by microsphere deposition methods. *Cardiovasc Res*. 2000;45(1):13–21. DOI: 10.1016/s0008-6363(99)00252-7.
31. Кочнев О.С., Агеев А.Ф. Метод оценки кровоснабжения кишечника. *Казанский медицинский журнал*. 1967;48(3):84–85. [Kochnev OS, Ageev AF. Method for assessing intestinal blood supply. *Kazan medical journal*. 1967;48(3):84–85. (In Russ.)] DOI: 10.17816/kazmj59265.
32. Salusjärvi JM, Carpelan-Holmström MA, Louhimo JM, Kruuna O, Scheinin TM. Intraoperative colonic pulse oximetry in left-sided colorectal surgery: can it predict anastomotic leak? *Int J Colorect Dis*. 2018;33(3):333–336. DOI: 10.1007/s00384-018-2963-4.
33. Gray M, Marland JR, Murray AF, Argyle DJ, Potter MA. Predictive and diagnostic biomarkers of anastomotic leakage: a precision medicine approach for colorectal cancer patients. *J Pers Med*. 2021;11(6):471. DOI: 10.3390/jpm11060471.
34. Marland JR, Gray ME, Argyle DJ, Underwood I, Murray AF, Potter MA. Post-operative monitoring of intestinal tissue oxygenation using an implantable microfabricated oxygen sensor. *Micromachines*. 2021;12(7):810. DOI: 10.3390/mi12070810.
35. Delfrate R, Bricchi M, Forti P, Franceschi C. Infrared parietal colorectal flowmetry: A new application of the pulse oximeter. Is this method useful for general surgeons in preventing anastomotic leakage after colorectal resections? *Open Access Surgery*. 2015;8:61. DOI: 10.2147/OAS.S81138.
36. Dyess DL, Bruner BW, Donnell CA. Intraoperative evaluation of intestinal ischemia: A comparison of methods. *South Med J*. 1991;84(8):966–969. DOI: 10.1097/00007611-199108000-00008.
37. Kamiya K, Suzuki S, Mineta H, Konno H. Tonometer pH_i monitoring of free jejunal grafts following pharyngogastroesophagectomy for hypopharyngeal or cervical oesophageal cancer. *Dig Surg*. 2007;24(3):214–220. DOI: 10.1159/000102902.
38. Milan M, Garcia-Granero E, Flor B, García-Botello S, Lledo S. Early prediction of anastomotic leak in colorectal cancer surgery by intramucosal pH. *Dis Colon Rectum*. 2006;49(5):595–601. DOI: 10.1007/s10350-006-0504-7.
39. Orland PJ, Cazi GA, Semmlow JL, Reddell MT, Brolin RE. Determination of small bowel viability using quantitative myoelectric and color analysis. *J Surg Res*. 1993;55(6):581–581. DOI: 10.1006/jsre.1993.1188.
40. Brolin RE, Bibbo C, Petschenik A, Reddell MT, Semmlow JL. Comparison of ischemic and reperfusion injury in canine bowel viability assessment. *J Gastrointest Surg*. 1997;1(6):511–516. DOI: 10.1016/S1091-255X(97)80066-2.
41. Nishikawa K, Matsudaira H, Suzuki H, Mizuno R, Hanyuu N, Iwabuchi S, Yanaga K. Intraoperative thermal imaging in oesophageal replacement: its use in the assessment of gastric tube viability. *Surg Today*. 2006;36(9):802–806. DOI: 10.1007/s00595-006-3260.
42. Розенгартен М.Ю. Опыт диагностики и лечения острой непроходимости кишечника. *Казанский медицинский журнал*. 1991;72(2):108–111. [Rosengarten MY. Experience in the diagnosis and treatment of acute intestinal obstruction. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 1991;72(2):108–111. (In Russ.)] DOI: 10.17816/kazmj105382.
43. Tokunaga T, Shimada M, Higashijima J, Yoshikawa K, Nishi M, Kashihara H, Yoshimoto T. Intraoperative thermal imaging for evaluating blood perfusion during laparoscopic colorectal surgery. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. 2021;31(3):281–284. DOI: 10.1097/SLE.0000000000000893.
44. Flower RW, Hochheimer BF. Indocyanine green dye fluorescence and infrared absorption choroidal angiography performed simultaneously with fluorescein angiography. *Johns Hopkins Med J*. 1976;138(2):33–42. PMID: 1249879.
45. Iwamoto M, Ueda K, Kawamura J. A narrative review of the usefulness of indocyanine green fluorescence angiography for perfusion assessment in colorectal surgery. *Cancers*. 2022;14(22):5623. DOI: 10.3390/cancers14225623.
46. Wexner S, Abu-Gazala M, Boni L, Buxey K, Cahill R, Carus T, Rosenthal RJ. Use of fluorescence imaging and indocyanine green during colorectal surgery: Results of an intercontinental Delphi survey. *Surgery*. 2022;172(6):38–45. DOI: 10.1016/j.surg.2022.04.016.
47. Vaassen H, Wermelink B, Geelkerken B, Lips D. Fluorescence angiography for peri-operative assessment of bowel viability in patients with mesenteric ischaemia. *EJVES Vascular Forum*. 2022;54:53–54. DOI: 10.1016/j.ejvsf.2021.12.076.
48. Rodríguez-Luna MR, Okamoto N, Cinelli L, Baratelli L, Ségaud S, Rodríguez-Gómez A, Gioux S. Quantification of bowel ischaemia using real-time multispectral Single Snapshot Imaging of Optical Properties (SSOP). *Surg Endosc*. 2022;37(3):2395–2403. DOI: 10.1007/s00464-022-09764-z.
49. Baiocchi GL, Diana M, Boni L. Indocyanine green-based fluorescence imaging in visceral and hepatobiliary and pancreatic surgery: State of the art and future directions. *World J Gastroenterol*. 2018;24(27):2921–2930. DOI: 10.3748/wjg.v24.i27.2921.
50. Arpaia P, Bracale U, Corcione F, Egidio B, Alesandro B, Vincenzo C, Luigi D, Roberto P, Roberto P. Assessment of blood perfusion quality in laparoscopic colo-

rectal surgery by means of Machine Learning. *Sci Rep.* 2022;12:14682. DOI: 10.1038/s41598-022-16030-8.

51. Wallace MB, Meining A, Canto MI, Fockens P, Miehke S, Roesch T, Lightdale CJ, Pohl H, Carr-Locke D, Löhr M, Coron E, Filoche B, Giovannini M, Moreau J, Schmidt C, Kiesslich R. The safety of intravenous fluorescein for confocal laser endomicroscopy in the gastrointestinal tract. *Aliment Pharmacol Ther.* 2010;31(5):548–552. DOI: 10.1111/j.1365-2036.2009.04207.x.

52. Bulkley GB, Zuidema GD, Hamilton SR, O'Mara CS, Klacsmann PG, Horn SD. Intraoperative determination of small intestinal viability following ischemic injury: A prospective, controlled trial of two adjuvant methods (Doppler and fluorescein) compared with standart clinical judgment. *Ann Surg.* 1981;193(5):628–637. DOI: 10.1097/00000658-198105000-00014.

53. Vignolini G, Sessa F, Greco I. Intraoperative assessment of ureteral and graft reperfusion during robotic kidney transplantation with indocyanine green fluorescence videography: A pilot study and systematic review of the literature. *Minerva Urol Nefrol.* 2019;71(1):79–84. DOI: 10.23736/S0393-2249.18.03278-2.

54. Kudzus S, Roesel C, Schachtrupp A, Jörg J. Intraoperative laser fluorescence angiography in colorectal surgery: A noninvasive analysis to reduce the rate of anastomotic leakage. *Langenbecks Arch Surg.* 2010;395(8):1025–1030. DOI: 10.1007/s00423-010-0699-x.

55. Boni L, David G, Dionigi G, Rausei S, Cassinotti E, Fingerhut A. Indocyanine green-enhanced fluorescence to

assess bowel perfusion during laparoscopic colorectal resection. *Surg Endosc.* 2016;30(7):2736–2742. DOI: 10.1007/s00464-015-4540-z.

56. Kin C, Vo H, Welton L, Welton M. Equivocal effect of intraoperative fluorescence angiography on colorectal anastomotic leaks. *Dis Colon Rectum.* 2015;58(6):582–587. DOI: 10.1097/DCR.0000000000000320.

57. Kim JC, Lee JL, Yong S, Alotaibi AM, Kim J. Utility of indocyanine-green fluorescent imaging during robot-assisted sphincter-saving surgery on rectal cancer patients. *Int J Med Robot.* 2015;12(4):710–717. DOI: 10.1002/rcs.1710.

58. Kim JC, Lee JL, Park SH. Interpretative guidelines and possible indications for indocyanine green fluorescence imaging in robot-assisted sphincter-saving operations. *Dis Colon Rectum.* 2017;60(4):376–384. DOI: 10.1097/DCR.0000000000000782.

59. Mizrahi I, Abu-Gazala M, Rickles AS, Fernandez LM, Petrucci A, Wolf J, Sands DR, Wexner SD. Indocyanine green fluorescence angiography during low anterior resection for low rectal cancer: Results of a comparative cohort study. *Tech Coloproctol.* 2018;22(7):535–540. DOI: 10.1007/s10151-018-1832-z.

60. Ashraf SQ, Burns EM, Jani A, Altman S, Young JD, Cunningham C, Faiz O, Mortensen NJ. The economic impact of anastomotic leakage after anterior resections in English NHS hospitals: Are we adequately remunerating them? *Colorectal Dis.* 2013;15(4):190–198. DOI: 10.1111/codi.12125.

Сведения об авторах

Ахметзянов Фoaт Шайхутдинович, докт. мед. наук, проф., зав. каф., каф. онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии, ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; руководитель, хирургическая клиника лечебно-диагностического корпуса №2, ГАУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер Минздрава России, г. Казань, Россия; akhmetzyanov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4516-1997>

Егоров Василий Иванович, канд. мед. наук, асс., каф. онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии, ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; врач-онколог, онкологическое отделение №11, ГАУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер Минздрава России, г. Казань, Россия; drvasiliy21@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6603-1390>

Гайнаншин Рамиль Римович, аспирант, каф. онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии, ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; врач-онколог, ГАУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер Минздрава России, г. Казань, Россия; gaynanshin90@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9415-4251>

Федотова Наталья Владимировна, ординатор, каф. онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии, ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России, г. Казань, Россия; realanata@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7096-345x>

Author details

Foat Sh. Akhmetzyanov, M.D., D. Sci. (Med.), Prof., Head of Depart., Depart. of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University, Kazan, Russia; Head, Surgical Clinic of Treatment and Diagnostic Center 2, Republican Clinical Oncological Dispensary, Kazan, Russia; akhmetzyanov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4516-1997>

Vasily I. Egorov, M.D., Cand. Sci. (Med.), Assistant, Depart. of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University, Kazan, Russia; Oncologist, Oncology Department No. 11, Republican Clinical Oncological Dispensary, Kazan, Russia; drvasiliy21@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6603-1390>

Ramil R. Gaynanshin, PhD Stud., Depart. of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University, Kazan, Russia; Oncologist, Republican Clinical Oncological Dispensary, Kazan, Russia; gaynanshin90@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9415-4251>

Natalya V. Fedotova, Resident, Depart. of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University, Kazan, Russia; realanata@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7096-345x>