



© В.К. Лядов¹⁻³, М.Р. Гарипов¹, А.Н. Москаленко¹, А.С. Невров²

Сравнительная оценка эффективности флюоресцентной ангиографии с индоцианином зеленым в стандартной (15 мг) и редуцированной (5 мг) дозировке в хирургии рака левой половины толстой кишки: рандомизированное клиническое исследование

¹Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

³Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Новокузнецк, Российская Федерация

© Vladimir K. Lyadov¹⁻³, Marat R. Garipov¹, Alexey N. Moskalenko¹, Andrey S. Nevrov²

Comparative Efficacy of Standard-Dose (15 mg) versus Reduced-Dose (5 mg) Indocyanine Green Fluorescence Angiography in Left-Sided Colon Cancer Surgery: A Randomized Clinical Trial

¹City Clinical Hospital named S.S. Yudin, Moscow Healthcare Department, Moscow, the Russian Federation

²Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Department of Oncology and Palliative Medicine named after Academician I.A. Savitsky, Moscow, the Russian Federation

³Novokuznetsk State Medical Institute for Advanced Training of Physicians, Novokuznetsk, the Russian Federation

Введение. Несостоятельность колоректального анастомоза остается серьезным осложнением после резекций толстой кишки, приводя к увеличению летальности, повторным операциям и ухудшению качества жизни пациентов. Хотя интраоперационная флюоресцентная ангиография с индоцианином зеленым (ICG) улучшает оценку перфузии кишечной стенки и показала уменьшение частоты данного осложнения в предыдущих исследованиях, ее широкое применение ограничено высокой стоимостью препарата и отсутствием стандартизированных дозировок. Впервые в мировой клинической практике будет проведено исследование с целью сравнить эффективность стандартной (15 мг) и редуцированной (5 мг) доз ICG в хирургии рака левой половины толстой кишки.

Материалы и методы. Исследование представляет собой проспективное двойное слепое рандомизированное испытание (исследование отсутствия различий по дизайну), в которое планируется включить 60 пациентов (по 30 в каждую группу). Критерии включения: возраст 18–85 лет, гистологически подтвержденный рак левой половины толстой кишки (cT1-4bN0-2bM0-1), плановая резекция с формированием первичного анастомоза. Основные конечные точки включают: 1. Качество интраоперационной флюоресценции ICG по пятибалльной шкале Likert; 2. Частоту изменения хода операции (высоты пересечения ободочной кишки). 3. Частоту несостоятельности анастомоза (в т. ч. клинически незначимой), диагностируемую по уровню С-реактивного белка (на вторые и четвертые сутки) и данным КТ с контрастированием (на пятые сутки или по мере клинической необходимости). Вмешательство заключает-

Introduction. Colorectal anastomotic leakage remains a severe complication following colon resections, leading to increased mortality, reoperations, and diminished patient quality of life. Although intraoperative fluorescence angiography with indocyanine green (ICG) enhances intestinal wall perfusion assessment and has demonstrated reduced complication rates in prior studies, its widespread adoption is limited by high drug costs and the absence of standardized dosing regimens. This study represents the first global clinical investigation to compare the efficacy of standard (15 mg) versus reduced (5 mg) ICG doses in left-sided colon cancer surgery.

Materials and methods. This is a prospective, double-blind, randomized non-inferiority trial planned to enroll 60 patients (30 per group). Inclusion criteria: age 18–85 years, histologically confirmed left-sided colon cancer (cT1-4bN0-2bM0-1), scheduled resection with primary anastomosis. Primary endpoints include: 1. Intraoperative ICG fluorescence quality assessed via a 5-point Likert scale; 2. Frequency of surgical plan modifications (resection height) based on perfusion assessment; 3. Incidence of anastomotic leakage (including clinically insignificant), diagnosed by C-reactive protein levels (days 2 and 4) and contrast-enhanced CT findings (day 5 or as clinically indicated). The intervention involves bolus administration of ICG at 15 mg or 5 mg following bowel mobilization. The hypothesis posits that the reduced dose (5 mg) is non-inferior to the standard dose (15 mg) for perfusion visualization efficiency. As a pilot study, power calculations

ся в болюсном введении ICG в дозе 15 или 5 мг после мобилизации кишки. Гипотеза исследования предполагает, что редуцированная доза (5 мг) не уступает стандартной (15 мг) по эффективности визуализации перфузии. Из-за пилотного характера исследования расчет мощности не проводился, а объем обоснован практической целесообразностью.

Выводы. Подтверждение эквивалентности редуцированной дозы ICG (5 мг) стандартной (15 мг) позволит сократить стоимость методики в пять раз, что сделает ее более доступной для широкого клинического применения. Это может привести к снижению частоты послеоперационных осложнений при снижении затрат ресурсов здравоохранения. В перспективе работа может способствовать оптимизации хирургического лечения колоректального рака, сочетая клиническую эффективность с экономической выгодой.

Ключевые слова: рак толстой кишки; колоректальный рак; индоцианин зеленый; интраоперационная флюоресцентная ангиография

Для цитирования: Лядов В.К., Гарипов М.Р., Москаленко А.Н., Невров А.С. Сравнительная оценка эффективности флюоресцентной ангиографии с индоцианином зеленым в стандартной (15 мг) и редуцированной (5 мг) дозировке в хирургии рака левой половины толстой кишки: рандомизированное клиническое исследование. *Вопросы онкологии*. 2026; 72(2): 348-354.-DOI: <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2026-72-2-OF-2418>

✉ Контакты: Невров Андрей Сергеевич, andynerg@mail.ru

Введение

Колоректальный рак занимает третье место по частоте и второе — по смертности среди злокачественных новообразований [1]. В России ежегодно диагностируется около 40 тыс. новых случаев колоректального рака, при этом более 40 % пациентов требуют хирургического лечения [2]. Несостоятельность колоректального анастомоза развивается после 1,5–23 % плановых резекций толстой кишки в зависимости от локализации опухоли, состояния пациента, оснащенности и опыта операционной бригады [3–5]. Несостоятельность анастомоза является важной причиной послеоперационной летальности, повышает частоту повторных операций, продолжительность госпитализации, ухудшает последующее качество жизни пациентов из-за необходимости формирования колостомы.

Среди причин возникновения несостоятельности кишечного анастомоза важнейшее значение имеет дефицит кровоснабжения соединяемых участков кишечной трубки. Субъективные методы оценки кровоснабжения стенки кишки (по окраске или наличию пульсирующего кровотока в краевом сосуде) не позволяют уверенно прогнозировать последующее развитие ишемии. В связи с этим в последние годы был разработан и внедрен в мировую клиническую практику метод интраоперационной флюоресцентной ангиографии с индоцианином зеленым (далее — ICG) для объективной оценки перфузии кишечной стенки. Наиболее крупный на сегодняшний день систематический обзор литературы и мета-

were not performed, with sample size justified by practical feasibility.

Conclusion. Confirmation of equivalence between the reduced ICG dose (5 mg) and the standard dose (15 mg) would reduce the procedural cost fivefold, enhancing accessibility for widespread clinical use. This approach could potentially decrease postoperative complication rates while optimizing healthcare resource utilization. Ultimately, this work may contribute to refining colorectal cancer surgical protocols by balancing clinical efficacy with economic efficiency.

Keywords: colon cancer; colorectal cancer; indocyanine green; intraoperative fluorescence angiography

For Citation: Vladimir K. Lyadov, Marat R. Garipov, Alexey N. Moskalenko, Andrey S. Nevrov. Comparative efficacy of standard-dose (15 mg) versus reduced-dose (5 mg) indocyanine green fluorescence angiography in left-sided colon cancer surgery: A randomized clinical trial. *Voprosy Onkologii = Problems in Oncology*. 2026; 72(2): 348-354.-DOI: <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2026-72-2-OF-2418>

анализ обобщает результаты 32 исследований, в т. ч. три проспективных рандомизированных, и включает результаты лечения более 11 тыс. пациентов [6]. Применение ICG в рамках рандомизированных исследований показало снижение частоты несостоятельности анастомоза с 12,1 до 8,1 % ($p = 0,04$), что позволяет рекомендовать данную методику для рутинной клинической практики [6].

В то же время широкое внедрение ICG в практику хирургической колопроктологии затруднено высокой стоимостью препарата и отсутствием общепризнанной методологии его применения, а также некоторым сохраняющимся субъективизмом при оценке интенсивности флуоресценции. Так, в инструкции к применению препарата Индоцианин зеленый (ООО «Лайф Сайнсес ОХФК», Россия) указано, что препарат применяется в диагностических целях для диагностики нарушений кровоснабжения, в т. ч. микроциркуляции, вводится внутривенно, болюсно, в дозировке 0,1–0,3 мг/кг массы тела при циркуляторной диагностике (7–21 мг на пациента с массой тела 70 кг). С клинической точки зрения нужно отметить, что в наиболее крупных рандомизированных исследованиях PILLAR-II [7] и FLAG [8] использовались различные дозировки: 0,05–0,01 (3,75–7,5) и 0,2 мг/кг (14 мг для пациента массой 70 кг) соответственно. При этом в обоих исследованиях приемлемая с точки зрения хирургов флуоресценция отмечена во всех наблюдениях.

С нашей точки зрения, проспективное сравнение клинической эффективности вышеприве-

денных дозировок ICG (15 против 5 мг) является важным этапом на пути к более широкому распространению методики благодаря стандартизации методологии и снижению стоимости.

Материалы и методы

Планируемое двойное слепое рандомизированное контролируемое исследование инициировано специалистами отделения онкологии № 4 Онкологического центра № 1 Городской клинической больницы имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы. Дизайн клинического исследования одобрен на заседании Проблемной комиссии учреждения, протокол № 1 от 24.12.2025 — локальным этическим комитетом, протокол № 1.2025 от 17.01.2025. Исследование является частично спонсируемым — индоцианин зеленый предоставляется ООО «Лайф Сайнсес ОХФК» в рамках договора пожертвования. Обследование и лечение пациентов соответствует актуальным клиническим рекомендациям [9] и проводится в рамках ОМС.

Дизайн исследования представлен на рис. 1.

Рандомизация выполняется централизованно с сокрытием последовательности, по схеме переменного-блочной рандомизации со случайным выбором размеров блоков 4 и 6. В качестве единственного стратификационного фактора используется высота анастомоза: 1) ≤ 6 см от зубчатой линии (низкий/колоанальный анастомоз); 2) > 6 см (высокий колоректальный или другие анастомозы).

Списки распределения генерируются заранее и хранятся в защищенном доступе; назначение группы раскрывается только после фиксации страты для конкретного пациента. Аллокация пациентов производится последовательно в пределах соответствующей страты. В связи с отсутствием различий по субъективной оценке флуоресценции хирургами в ранее опубликованных

работах выбран дизайн исследования — отсутствия различий (*non-inferiority trial*).

Цель исследования: оптимизация метода интраоперационной флуоресцентной ангиографии с ICG для оценки перфузии низводимого участка ободочной кишки при радикальных вмешательствах по поводу опухолей левой половины толстой кишки.

Конечные точки исследования: 1. Качество интраоперационной флуоресценции ICG по пятибалльной шкале Likert (рис. 2); 2. Частота изменения хода операции (высоты пересечения ободочной кишки); 3. Частота несостоятельности анастомоза.

Критерии включения: возраст от 18 до 85 лет, гистологически подтвержденный рак левой половины толстой кишки, в т. ч. прямой, cT1-4bN0-2bM0-1, плановая резекция участка левой половины толстой кишки (резекция левых отделов ободочной кишки, левосторонняя гемиколэктомия, резекция сигмовидной кишки, передняя резекция прямой кишки) с формированием первичного анастомоза. Критерии невключения: наличие в анамнезе аллергической реакции на йодсодержащие препараты, а также ранее выполненная резекция левой половины толстой кишки; отказ от участия в исследовании.

Таким образом, исследуемая популяция — операбельные пациенты со злокачественными опухолями левой половины толстой кишки, которым планируется резекция с формированием первичного анастомоза. Исследование будет проводиться в соответствии с действующей версией Хельсинской декларации, положениями Национального стандарта РФ ГОСТ Р 52379-2005 о Надлежащей клинической практике от 01 апреля 2006 г., Приказом Министерства здравоохранения РФ от 1 апреля 2016 г. № 200н «Об утверждении правил надлежащей клинической практики». Личные данные пациентов третьим лицам не передаются. Все проспективно набранные

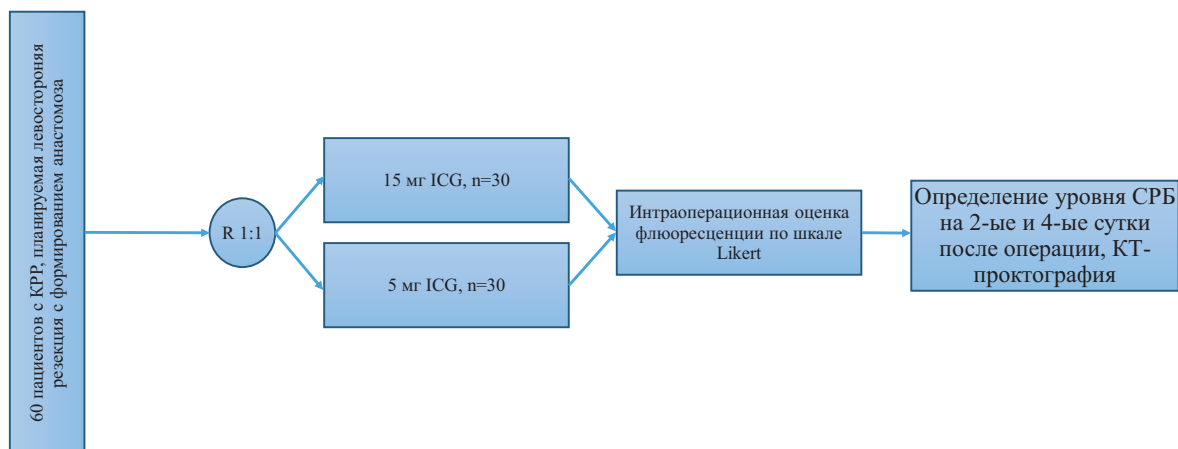


Рис. 1. Дизайн исследования
Fig. 1. Study design

Шкала Likert, оценка удовлетворённости хирурга визуализацией перфузии толстой кишки при использовании индоцианина зеленого

ФИО пациента: _____

№ истории болезни: _____

Эндохирургическая система: Karl Storz Rubina/Da Vinci Xi



Рис. 2. Шкала Likert, оценка удовлетворенности хирурга визуализацией перфузии толстой кишки при использовании индоцианина зеленого

Fig. 2. Surgeon-rated Likert scale for assessing intraoperative colon perfusion visualization quality with indocyanine green (ICG)

пациенты перед оперативным вмешательством будут информированы о проводимом исследовании, и им после ознакомления будет предложено подписать информированное согласие.

Оперативное вмешательство будет проведено тремя опытными хирургами (ВКЛ, МРГ, АНМ), выполнившими самостоятельно более 100 подобных колоректальных операций по поводу рака. В исследовании допускаются открытые, лапароскопические и робот-ассистированные вмешательства. Флуоресценция будет оценена при помощи систем визуализации Karl Storz IMAGE1 S™ Rubina или Da Vinci Xi.

Учитывая пилотный характер исследования, статистический расчет мощности исследования не проводился, поэтому в исследование планируется включить 60 пациентов — 30 человек в группу со стандартной дозировкой ICG (15 мг) и 30 в группу с редуцированной дозой (5 мг).

Введение препарата внутривенно болюсно будет осуществляться после пересечения кишки на уровне дистальной границы резекции, мобилизации низводимого участка толстой кишки, перед пересечением на уровне проксимальной границы резекции. Вскрытие конверта и введение препарата осуществляется независимым специалистом (процедурная медсестра отделения онкологии № 4). Хирурги и пациенты не осведомлены об используемой дозировке препарата. Далее оперирующим хирургом будет субъективно оцениваться качество флуоресценции

стенки низводимого участка толстой кишки при помощи пятибалльной шкалы Likert.

Для изучения частоты несостоятельности анастомоза, в т. ч. клинически незначимой, на вторые и четвертые сутки после оперативного вмешательства каждому больному, включенному в исследование, будет проводится оценка уровня С-реактивного белка. На пятые сутки послеоперационного периода либо по мере клинической необходимости всем пациентам будет проводиться компьютерная томография с внутривенным и внутривидеолюминальным контрастированием.

Распределение и статистический анализ планируются по завершении набора всех участников. Для выявления различий между двумя группами по качеству флуоресценции каждой процедуре будет присвоена ранговая оценка от 1 до 5 согласно шкале Likert, далее каждому показателю по шкале будет присвоена бинарная оценка (Likert \geq 4 или $<$ 4) со стратифицированной оценкой разницы долей. Порог «отсутствия различий» — 10 %. Снижение доли пациентов с хорошей/отличной визуализацией не более чем на 10 % считается клинически допустимым. Для выявления статистических различий между группами будет использоваться непараметрический тест Манна — Уитни. Кроме того, планируется провести количественный анализ флуоресценции, используя параметры T0 (время от инъекции раствора ICG до начала флуоресценции региона интереса), Fmax (максимальное

значение флуоресценции ICG), Tmax (время от начала флуоресценции в регионе интереса до достижения максимального значения флуоресценции), S (отношение Fmax/Tmax, что означает скорость достижения пикового значения флуоресценции) [10]. Расчет и анализ данных параметров будет осуществляться в программной среде ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, MD, США, доступна по адресу <https://imagej.net/ij/>).

Обсуждение

В настоящее время оценка кровоснабжения анастомозируемых участков кишечника у одного пациента требует применения 25 мг ICG, поскольку в одном флаконе содержится 25 мг препарата, а приготовленный раствор хранению после разведения не подлежит и должен быть использован немедленно. При подтверждении равной эффективности дозровок 15 и 5 мг возможно использование одного флакона, содержащего 5 мг препарата, что позволит снизить цену исследования в пять раз. Кроме того, медико-социальная значимость исследования заключается в том, что более широкое внедрение в практику вышеописанной методики будет способствовать повышению безопасности резекций толстой кишки и снижению их стоимости благодаря уменьшению числа тяжелых осложнений.

Критерии включения пациентов разработаны с учетом ранее проведенных исследований и сформулированы максимально широко, чтобы избежать возможной ошибки отбора. Однако включение пациентов только с диагнозом колоректального рака представляет некоторые ограничения, т. к. формирование первичного колоректального анастомоза является этапом различных вмешательств, выполняемых не только по поводу рака толстой кишки. Также следует отметить, что методика оценки флуоресценции остается субъективной и зависит только от хирурга, оценивающего интенсивность свечения и другие сопутствующие факторы. На данный момент на рынке присутствует отечественная система, позволяющая количественно оценить интенсивность кровотока по степени флуоресценции (ICG-система MAPS, ОАО «ИАИ», Россия), однако она недоступна в нашем учреждении. Исходя из проблемы субъективности оценки флуоресценции, критерий «ослепления» хирургов кажется нам критически важным при инициации исследования. Двойное ослепление позволит избежать предвзятости при оценке флуоресценции. Кроме того, недостатком исследования является сравнительно небольшой объем выборки пациентов. Поскольку на момент публикации нам не удалось об-

наружить в мировой литературе проспективные исследования или другие работы, сравнивающие применение стандартной и редуцированной дозировки ICG в клинической практике, мы считаем данную работу гипотезообразующей для будущих аналогичных испытаний. В литературе существуют немногочисленные данные в отношении предиктивной способности качества перфузии кишечной стенки, количественными параметрами (T0, Tmax, Fmax и S (Fmax/Tmax) при операциях на левой половине толстой кишки [10]. В первой подобной работе исследователи определили пороговое значение Fmax (52 условные единицы (UE)), ниже которого у всех пациентов в их когорте наблюдалась несостоятельность колоректального анастомоза в раннем послеоперационном периоде. В свою очередь, отхождение стула после операции на вторые сутки и ранее чаще наблюдалось у пациентов с Tmax = 27,7 сек, когда значение 38,5 сек ассоциировалось с отсутствием стула в первые двое суток [11].

В работе Iwamoto и соавт. [12] значение T0, равное $37,5 \pm 17,1$ сек, ассоциировалось с несостоятельностью колоректального анастомоза, в то время как в группе без данного осложнения среднее значение находилось в диапазоне $11 \pm 13,1$ сек.

Критерии оценки по шкале Likert сфокусированы на интерпретируемости изображения, а не на абсолютных параметрах сигнала, что нивелирует вариабельность, связанную с техническими и физиологическими факторами. Ранее подобный вариант оценки эффективности флуоресценции был апробирован Bourdel и соавт. в ходе оценки кровоснабжения прямой кишки в хирургии эндометриоза [13]. Низкие баллы (1–2) соответствуют непригодности данных для клинического использования, средний балл (3) указывает на необходимость интеграции с клиническим опытом, и использовании данного метода как «дополнительного» в принятии решения. Высокие баллы (4–5) отражают высокую диагностическую уверенность и четкую визуализацию зоны демаркации. Шкала Likert, по нашему мнению, позволит эффективно стратифицировать пациентов в ходе операции и объективно оценить различия качества флуоресценции между стандартной и редуцированной дозировкой ICG.

Отсутствие стандартизации дозы препарата, программного обеспечения, методики регистрации флуоресценции накладывает очевидные ограничения на интеграцию данного подхода в клиническую практику. Мы убеждены, что накопление опыта количественного анализа флуоресценции является важным шагом к большей объективизации оценки перфузии анастомозируемого участка толстой кишки.

Заключение

Впервые в мировой клинической практике будет проведено сравнительное исследование по оценке эффективности интраоперационной флюоресцентной ангиографии с ICG в стандартной (15 мг) и редуцированной (5 мг) дозировке. Подтверждение равной эффективности дозровок 5 и 15 мг позволит сократить расходы на проведение данного исследования в пять раз, что сделает методику более доступной для широкого внедрения в клиническую практику. Кроме того, снижение количества используемого препарата без потери эффективности позволит улучшить результаты лечения, снизив его стоимость.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Финансирование

Исследование является частично спонсируемым — индонианом зеленый предоставляется ООО «Лайф Сайнесс ОХФК» в рамках договора пожертвования.

Funding

This study received partial sponsorship. The diagnostic agent indocyanine green was provided as a material grant by Life Science OHFK LLC under a donation agreement.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией ВМА в редакции 2013 г. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом Городской клинической больницы имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы. Протокол № 1.2025 от 17.01.2025.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

This study was conducted in accordance with the ethical standards of the Declaration of Helsinki (2013 revision). The study protocol was approved by the Local Ethics Committee of the S.S. Yudin City Clinical Hospital, Moscow Healthcare Department (Protocol No. 1.2025, dated January 17, 2025).

Участие авторов

Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Authors' contributions

All the authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2021; 71(3): 209-249.-DOI: <https://doi.org/10.3322/caac.21660>.-URL: <https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3322/caac.21660>.
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Злокачественные новообразования в России в 2023 году

(заболеваемость и смертность). Под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Шахзадовой А.О. М.: МНИ-ОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. 2024: 276.-URL: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2024/08/zis-2023-elektronnaya-versiya.pdf>. [Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Shakhzadova A.O. Malignant neoplasms in Russia in 2023 (morbidity and mortality). Ed. by Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Shakhzadova A.O. Moscow: P.A. Herzen Moscow Scientific Research Oncological Institute — Branch of NMRC for Radiology, Ministry of Health of Russia. 2024: 276.-URL: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2024/08/zis-2023-elektronnaya-versiya.pdf> (In Rus)].

3. Heuvelings D.J., Mollema O., van Kuijk S.M., et al. Quality of reporting on anastomotic leaks in colorectal cancer trials: A systematic review. *Dis Colon Rectum.* 2024; 67(11): 1383-401.-DOI: <https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000003475>.-URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11477855>.
4. Gielen A.H., Heuvelings D.J., Sylla P., et al. Impact of anastomotic leakage after colorectal cancer surgery on quality of life: A systematic review. *Dis Colon Rectum.* 2025; 68(2): 154-70.-DOI: <https://doi.org/10.1097/dcr.0000000000003478>.-URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39440840>.
5. Meyer J., Joshi H., Buchs N.C., et al. Fluorescence angiography likely protects against anastomotic leak in colorectal surgery: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Surg Endosc.* 2022; 36(10): 7775-80.-DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-022-09255-1>.-URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35508666>.
6. Safiejko K., Tarkowski R., Kozlowski T.P., et al. Safety and efficacy of indocyanine green in colorectal cancer surgery: a systematic review and meta-analysis of 11,047 patients. *Cancers.* 2022; 14(4): 1036.-DOI: <https://doi.org/10.3390/cancers14041036>.-URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8869881>.
7. Jafari M.D., Wexner S.D., Martz J.E., et al. Perfusion assessment in laparoscopic left-sided/anterior resection (PIL-LAR II): a multi-institutional study. *J Am Coll Surg.* 2015; 220(1): 82-92.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2014.09.015>.-URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25451666>.
8. Alekseev M., Rybakov E., Shelygin Y., et al. A study investigating the perfusion of colorectal anastomoses using fluorescence angiography: results of the FLAG randomized trial. *Colorectal Dis.* 2020; 22(9): 1147-53.-DOI: <https://doi.org/10.1111/codi.15037>.-URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32189424>.
9. Федянин М.Ю., Гладков О.А., Гордеев С.С., et al. Рак ободочной кишки, ректосигмоидного соединения и прямой кишки. Практические рекомендации RUSSCO, часть 1.1. *Злокачественные опухоли.* 2024; 14(3s21): 263-322.-DOI: <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2024-14-3s2-1.1-14>.-URL: <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2024-14-3s2-1.1-14>. [Fedyanin M.Yu., Gladkov O.A., Gordeev S.S., et al. Colon, rectosigmoid junction and rectal cancer. RUSSCO practical guidelines, part 1.1. *Malignant Tumours.* 2024; 14(3s21): 263-322.-DOI: <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2024-14-3s2-1.1-14>.-URL: <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2024-14-3s2-1.1-14> (In Rus)].
10. Kong W., Wang B., Niu Q., et al. Quantitative evaluation of anastomotic perfusion during colorectal surgery via indocyanine green fluorescence angiography: a narrative re-

- view. *Ann Transl Med.* 2022; 10(24): 1402.-DOI: <https://doi.org/10.21037/atm-22-5312>.-URL: <https://atm.amegroups.org/article/view/106306/html>.
11. Wada T., Kawada K., Takahashi R., et al. ICG fluorescence imaging for quantitative evaluation of colonic perfusion in laparoscopic colorectal surgery. *Surg Endosc.* 2017; 31: 4184-93.-DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-017-5475-3>.-URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00464-017-5475-3>.
 12. Iwamoto H., Matsuda K., Hayami S., et al. Quantitative indocyanine green fluorescence imaging used to predict anastomotic leakage focused on rectal stump during laparoscopic anterior resection. *J Laparoendosc Adv Surg Tech.* 2020; 30(5): 542-6.-DOI: <https://doi.org/10.1089/lap.2019.0788>.-URL: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/lap.2019.0788>.
 13. Bourdel N., Jaillet L., Bar-Shavit Y., et al. Indocyanine green in deep infiltrating endometriosis: a preliminary feasibility study to examine vascularization after rectal shaving. *Fertil Steril.* 2020; 114(2): 367-373.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2020.03.042>.-URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0015028220303290>.

Поступила в редакцию / Received / 25.06.2025
 Прошла рецензирование / Reviewed / 03.09.2025
 Принята к печати / Accepted for publication / 18.12.2025

Сведения об авторах / Author Information / ORCID ID

Владимир Константинович Лядов / Vladimir K. Lyadov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7281-3591>; eLibrary SPIN: 5385-7889.

Марат Русланович Гарипов / Marat R. Garipov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9282-5509>; eLibrary SPIN: 6371-9606.

Алексей Николаевич Москаленко / Alexey N. Moskalenko / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2499-6637>; eLibrary SPIN: 8087-1930.

Андрей Сергеевич Невров / Andrey S. Nevrov / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7054-9440>; eLibrary SPIN: 9220-3697.

