

ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ АНГИОГРАФИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДОЦИАНИНА ЗЕЛЕННОГО В ХИРУРГИИ РАКА ЛЕВОЙ ПОЛОВИНЫ ОБОДОЧНОЙ КИШКИ

Ю.А. Стрельцов*, М.А. Данилов, А.В. Леонтьев, А.Б. Байчоров, З.М. Абдулатипова, Г.Г. Саакян, В.В. Цвиркун

ГБУЗ «Московский клинический научный центр им. А.С. Логинова Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

FLUORESCENCE ANGIOGRAPHY WITH INDOCYANINE GREEN IN LEFT COLON CANCER SURGERY

Yu.A. Streltsov*, M.A. Danilov, A.V. Leontiev, A.B. Baychorov, Z.M. Abdulatipova, G.G. Saakian, V.V. Tsvirkun

Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Moscow, Russia

*E-mail: yu.streltsov@mknc.ru

Аннотация

Цель исследования – оценить результаты применения флуоресцентной ангиографии в ближнем инфракрасном спектре в режиме реального времени с использованием индоцианина зеленого в хирургии рака левой половины ободочной кишки.

Материалы и методы. В период с декабря 2017 г. по январь 2022 г. выполнено 17 лапароскопических резекций толстой кишки по поводу рака левой половины ободочной кишки с применением индоцианина зеленого для флуоресцентной ангиографии.

Результаты. Средняя продолжительность операций составила 199.1 ± 44.8 минуты. Послеоперационные осложнения были зарегистрированы в двух случаях (11.8%), однако ни у одного из 17 оперированных по поводу рака левой половины ободочной кишки пациентов не было зарегистрировано несостоятельности анастомоза или осложнений, ассоциированных с применением индоцианина зеленого. В результате проведения флуоресцентной ангиографии в ближнем инфракрасном спектре с индоцианином зеленым в режиме реального времени у двух пациентов нами было принято решение об изменении области резекции кишки.

Заключение. Результаты данного исследования продемонстрировали хирургическую безопасность, воспроизводимость, легкость, простоту флуоресцентной ангиографии в ближнем инфракрасном спектре в режиме реального времени с использованием индоцианина зеленого.

Ключевые слова: колоректальный рак, рак левой половины ободочной кишки, индоцианин зеленый, флуоресцентная ангиография, несостоятельность анастомоза.

Abstract

Purpose. To assess the effectiveness of near-infrared fluorescence angiography in real time with indocyanine green during surgical interventions for left colon cancer. **Materials and methods.** In December 2017 – January 2022, 17 laparoscopic colon resections for cancer of the left half of the colon were performed with intraoperative application of indocyanine green fluorescence angiography (ICG-FA). **Results.** In average, surgeries lasted for 199.1 ± 44.8 min. Postoperative complications were reported in two cases (11.8%); however, none of 17 patients operated on for cancer of the left half of the colon had anastomosis failure or complications associated with indocyanine green. Due to ICG-FA in the near infrared spectrum in real time, the researchers decided to change the zone of intestinal resection in 2 patients. **Conclusion.** The obtained results have demonstrated that ICG-FA in the near infrared spectrum in real time is safe, reproducible and easy to handle.

Key words: colorectal cancer, left colon cancer, indocyanine green, fluorescence angiography, ICG-FA, anastomotic leakage.

Ссылка для цитирования: Стрельцов Ю.А., Данилов М.А., Леонтьев А.В., Байчоров А.Б., Абдулатипова З.М., Саакян Г.Г., Цвиркун В.В. Флуоресцентная ангиография с использованием индоцианина зеленого в хирургии рака левой половины ободочной кишки. *Кремлевская медицина. Клинический вестник.* 2022; 4: 40–44.

Несостоятельность анастомоза (НА) – одно из наиболее частых тяжелых осложнений в колоректальной хирургии, которое не только задерживает начало послеоперационной лучевой терапии и химиотерапии, увеличивая частоту местных рецидивов, но также приводит к нарушению и дефициту питания, вызванному большим объемом кишечного дренажа и длительным голоданием. НА является наиболее частым фактором риска 30-дневной послеоперационной смертности, снижения качества жизни, повышения потребности в постоянной кишечной стоме [1, 2]. Неадекватная перфу-

зия анастомозируемых участков толстой кишки является основной причиной развития НА и задержки заживления кишечного анастомоза [3].

Оценка перфузии анастомоза производится по цвету стенки кишки, перистальтике кишечника, пульсации артерий и кровотечению из анастомоза. Эти обследования субъективны и зависят от опыта хирурга, что может привести к ошибочному диагнозу. В случаях, когда кровеносные сосуды погружены в жировую ткань из-за висцерального ожирения, точность оценки перфузии толстой кишки значи-

Таблица 1

Исходные данные пациентов (n = 27)

Показатель	M ± SD (абс, %)
Возраст, полных лет	61.3 ± 11.9
Пол:	
мужской	11 (64.7%)
женский	6 (35.3%)
Масса тела, кг	77.47 ± 12.41
Рост, см	170.29 ± 6.77
Индекс массы тела, кг/м ²	26.63 ± 3.39
Степень ожирения по ВОЗ:	
избыточный вес	11 (64.7%)
ожирение I степени	3 (17.6%)
ECOG:	
0	12 (70.6%)
1	4 (23.5%)
2	1 (5.9%)
ASA:	
II	12 (70.6%)
III	5 (29.4%)
МНОАР:	
II степень (II degree)	11 (64.7%)
III степень (III degree)	6 (35.3%)
Локализация опухоли:	
левый изгиб ободочной кишки	1 (5.9%)
сигмовидная кишка	15 (88.2%)
ректосигмоидный отдел толстой кишки	1 (5.9%)
Осложнения:	
анемия	9 (52.9%)
явления кишечной непроходимости	1 (5.9%)
Сопутствующие заболевания:	
гипертоническая болезнь	13 (76.5%)
ишемическая болезнь сердца	12 (70.6%)
сахарный диабет 2-го типа	5 (29.4%)
хроническая болезнь почек	4 (23.5%)
	1 (5.9%)
Операция:	
левосторонняя гемиколэктомия	2 (11.8%)
резекция сигмовидной кишки	14 (82.4%)
передняя резекция прямой кишки	1 (5.9%)
Тип анастомоза:	
«бок в бок»	4 (23.5%)
«конец в конец»	13 (76.5%)
Формирование стомы	2 (11.8%)
Адьювантная химиотерапия	9 (52.9%)

Примечание. ECOG – шкала оценки общего состояния пациента Восточной объединенной онкологической группы (ECOG Performance Status Scale); ASA – система классификации физического статуса пациентов Американского общества анестезиологов (ASA physical status classification system); МНОАР – шкала Московского научного общества анестезиологов-реаниматологов.

Оперативные вмешательства выполняли лапароскопическим способом с применением видеоэндоскопической системы Olympus Visera Elite II с системой визуализации в ближнем ИК-спектре в режиме реального времени. Во время операции после лигирования питающих сосудов и разметки предполагаемой зоны резекции клипсами вводили 5–7 мл раствора ИЦЗ (2.5 мг/мл) внутривенно. Через одну-две минуты после

тельно снижается [4, 5]. Обычные методы оценки перфузии не могут быть в полной мере применены при лапароскопии и даже при лапаротомии не всегда являются объективными [6]. За последние годы тестировалось и использовалось множество методов для оценки васкуляризации, такие как пульсоксиметрия, ультразвуковая доплерография маргинальных артерий, лазерная доплеровская флоуметрия, исследование ультрафиолетовой флуоресценции, тканевой микродиализ, однако их использование было ограничено высокой стоимостью, технической сложностью и низкой воспроизводимостью [7, 8].

Индоцианин зеленый (ИЦЗ) представляет собой амфифильную (как гидрофильную, так и гидрофобную) молекулу красителя трикарбоцианина иодида. Связанный с белками ИЦЗ дает излучение в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне с максимумом около 810–830 нм и может быть использован как флуоресцентное контрастное вещество [9, 10]. ИЦЗ можно применять как для внутривенных, так и для внутритканевых инъекций. Внутривенно введенный ИЦЗ быстро связывается с белками плазмы, такими как альбумины, глобулины и липопротеины. Приблизительно 95–98% введенного ИЦЗ остается в кровотоке. Оставшиеся 2–5% находятся в свободном состоянии в сыворотке, а затем транспортируются в желчь глутатион-S-трансферазой [11, 12]. Краситель избирательно поглощается гепатоцитами и в неизменном виде выводится с желчью. Период полувыведения ИЦЗ составляет от 3 до 5 минут, вещество экскретируется с желчью через 15–20 минут, что позволяет применять ИЦЗ многократно [2, 13].

Флуоресцентная ангиография (ФА) в ближнем ИК-спектре с использованием ИЦЗ все чаще рассматривается как потенциальный интраоперационный инструмент для точной и объективной оценки кровоснабжения кишечного анастомоза и может использоваться в повседневной практике для обеспечения адекватной перфузии во время формирования анастомоза, что позволяет хирургам визуализировать кровоснабжение кишечника в режиме реального времени [14].

Цель исследования – оценка ФА в ближнем ИК-спектре в режиме реального времени с использованием ИЦЗ в хирургии рака левой половины ободочной кишки.

Материалы и методы

В период с декабря 2017 г. по январь 2022 г. в отделении колопроктологии МКНЦ им. А.С. Логинова выполнено 17 операций с применением ФА с ИЦЗ по поводу злокачественных новообразований левой половины ободочной кишки. У всех пациентов был гистологически верифицирован рак левой половины ободочной кишки с клинически установленными стадиями I–III (cT1-4aN0-2M0) (табл. 1). Среди них было 11 (64.7%) мужчин и 6 (35.3%) женщин в возрасте от 31 до 81 года (средний возраст – 61.3 ± 11.9 полных лет), при этом больше половины (58.8%) были пациенты пожилого возраста (от 60 до 74 полных лет). Наиболее частой локализацией опухоли была сигмовидная кишка (88.2%), реже верифицировались рак левого изгиба ободочной кишки (5.9%) и рак ректосигмоидного отдела толстой кишки (5.9%). 14 (82.4%) пациентам была проведена резекция сигмовидной кишки, 2 (11.8%) – левосторонняя гемиколэктомия, 1 (5.9%) – передняя резекция прямой кишки. У 13 (76.5%) пациентов в ходе операции были сформированы анастомозы «конец в конец», у 4 (23.5%) – «бок в бок». Создание кишечной стомы потребовалось 2 (11.8%) пациентам.

инфузии красителя в ближнем ИК-спектре оценивали наличие или отсутствие флуоресценции в стенке толстой кишки. В участках кишки с адекватной перфузией визуализировали флуоресценцию ИЦЗ, в областях с недостаточным кровоснабжением – отсутствие флуоресценции. Между данными участками отчетливо регистрировали демаркационную линию. В случае ее совпадения с предполагаемой линией резекции производили операцию в ранее размеченной области. Среди пациентов, у которых намеченная область резекции оказалась в зоне гипофлуоресценции, изменяли план операции в сторону увеличения протяженности удаляемого участка кишки. Отдельно стоит заметить, что четкая демаркационная линия при использовании ИЦЗ исчезала спустя 3–5 минут, что обуславливало необходимость своевременной оценки и разметки кишки посредством фиксации клипсы между зонами нормальной перфузии и недостаточного кровоснабжения (зоны гипофлуоресценции).

Из стандартных периоперационных показателей оценивали продолжительность операции, объем кровопотери, потребность конверсии лапароскопического доступа в лапаротомию. Среди параметров раннего послеоперационного периода анализировали длительность послеоперационного пареза кишечника, сроки активизации больного, первый прием пищи, длительность проводимой антибактериальной терапии, суммарную и послеоперационную продолжительность пребывания в стационаре. Ранние послеоперационные осложнения оценивали с помощью классификации Clavien-Dindo в зависимости от степени тяжести и требуемого лечения.

Стадию опухолевого процесса устанавливали на основании классификации TNM (8-е издание) [15]. Рецидив расценивали как наличие гистологической и рентгенологически подтвержденной опухоли. Наблюдение за пациентами проводили согласно разработанной карте мониторинга больных колоректальным раком (через месяц, три месяца, далее каждые три месяца до двух лет). Осмотр пациентов и исследование уровня онкомаркеров проводили при каждом визите. Колоноскопию выполняли через год и затем каждый год, КТ органов грудной клетки и брюшной полости – каждые полгода.

Статистический анализ проводили с использованием программы StatTech v. 2.8.3 (ООО «Статтех», Россия).

Результаты

Средняя продолжительность операций составила 199.1 ± 44.8 (от 115 до 300) минут. Ни одному из пациентов в ходе операции не потребовалась конверсия доступа. Медиана (Ме) интраоперационной кровопотери составила 50 (интерквартильный размах (ИКР) – 20–50) мл. Другие периоперационные

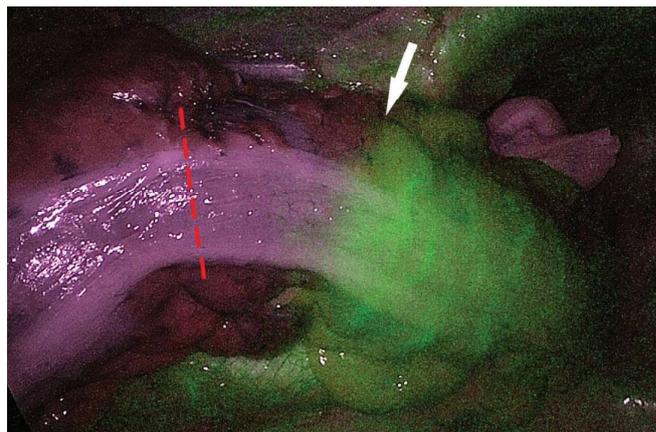


Рис. 1. Флуоресцентная ангиография с индоцианином зеленым в ближнем инфракрасном спектре при проведении резекции сигмовидной кишки

Примечание. Пунктирной линией отмечена зона планируемой резекции толстой кишки, белой стрелкой – начало зоны флуоресценции и измененная линия резекции соответственно.

показатели и характеристики раннего послеоперационного периода представлены в табл. 2.

Послеоперационные осложнения были зарегистрированы в 2 (11.8%) случаях: гипертонический криз (степень II по Clavien – Dindo) у одного пациента (купирован антигипертензивными средствами), кровотечение из зоны анастомоза (степень IIIb) у другого больного, потребовавшее проведения эндоскопического гемостаза, однако ни у одного из 17 прооперированных пациентов не было зарегистрировано НА. Длительность пребывания в отделении реанимации в послеоперационном периоде была менее суток у 82.4% пациентов. У 2 (11.8%) больных на вторые послеоперационные сутки была выявлена тяжелая анемия, потребовавшая проведения гемотрансфузии. Продолжительность антибактериальной терапии варьировала от 3 до 11 дней.

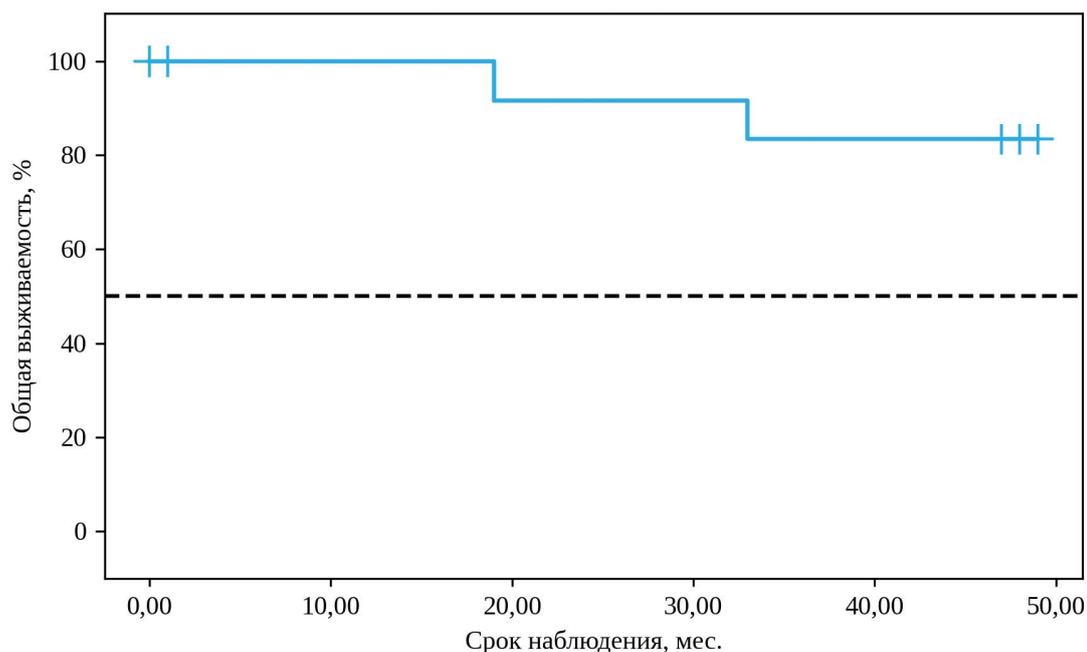
В результате проведения ФА в ближнем ИК-спектре с ИЦЗ в режиме реального времени у двух пациентов было принято решение об изменении области резекции кишки. Одному из пациентов проводили резекцию сигмовидной кишки со скелетизацией нижней брыжеечной артерии, селективным лигированием сигмовидной артерии и лимфаденэктомией D3 (рис. 1), другому – левостороннюю гемиколэктомию с лигированием нижней брыжеечной артерии у основания.

Пациенты были прослежены в катамнезе. Медиана срока наблюдения за пациентами составила 47 (ИКР – 1–48) месяцев.

Таблица 2

Периоперационные показатели

Показатель	M ± SD / Me (ИКР)	Min – max
Продолжительность операции, минуты	194.41 ± 46.73	115–300
Интраоперационная кровопотеря, мл	50 (20–50)	5–100
Время до первого стула, сутки п/о	3 (2–3)	2–9
Начало энтерального питания, сутки	1 (1–1)	1–3
Активизация, сутки п/о	1 (1–1)	1–2
Длительность дренирования брюшной полости/мочевого пузыря, сутки п/о	3 (3–4)	1–9
Трансуретральный катетер, сутки п/о	1 (1–2)	1–3
Продолжительность пребывания в стационаре, дни	8 (7–10)	7–12
Продолжительность пребывания в стационаре после операции, дни	7 (6–7)	6–10



Наблюдений	13	12	11	11	10	0
Цензурировано	4	5	5	5	5	15
Событий	0	0	1	1	2	2

Рис. 2. Кривая общей выживаемости

За время наблюдения у трех пациентов был верифицирован рецидив основного заболевания, у двоих из них был зарегистрирован канцер-специфичный летальный исход. Проведен анализ общей выживаемости у исследуемых пациентов (рис. 2). Анализ продемонстрировал, что медиана срока дожития не была достигнута, трехлетняя общая и канцер-специфическая выживаемость составила 83.3%.

Обсуждение

При лапароскопических операциях затруднена оценка перфузии в зоне предполагаемого пересечения кишки, особенно сложно определять жизнеспособность тканей при интракорпоральном формировании анастомоза. С учетом совершенствования лапароскопической хирургии колоректального рака и увеличения частоты таких операций актуальной является разработка алгоритма оценки тканей с использованием дополнительных диагностических процедур, способствующих уменьшению частоты и предотвращению НА. В систематическом обзоре С. Алиус и соавт. (2020) пришли к выводу, что использование ФА с ИЦЗ уменьшает частоту анастомотических осложнений, особенно при левосторонней гемиколэктомии. Кроме того, чем ниже уровень анастомоза, тем важнее оценка кровоснабжения для предотвращения НА [16]. Настоящее исследование также было посвящено изучению эффективности применения ФА с ИЦЗ в хирургии левой половины ободочной кишки.

В метаанализе W. Zhang и соавт. (2021) на основе обзора 29 исследований, включавших 6312 пациентов, была изучена корреляция между интраоперационной флуоресцентной визуализацией с ИЦЗ и частотой НА после колоректальной операции. Было установлено, что частота НА при использовании флуоресценции с ИЦЗ была ниже, чем в контрольной группе (3.23 против 9.17%) [17]. По данным метаанализа

D. Liu и соавт. (2021) также было определено, что интраоперационное использование флуоресцентной визуализации с ИЦЗ является эффективным подходом для оценки перфузии и, следовательно, снижает риск НА при резекции толстой кишки. Частота НА после колоректальной операции составила 7.8% в контрольной группе и 3.8% в группе ИЦЗ (отношение шансов (ОШ) 0.44; 95%-ный доверительный интервал (95% ДИ) 0.33–0.59; $p < 0.001$). В нашем исследовании не было зарегистрировано НА ни у одного из пациентов. Вполне вероятно, что решение об изменении области резекции кишки, основанное на результатах использования флуоресцентной ангиографии с ИЦЗ, позволило предотвратить данное грозное осложнение у наших пациентов. Однако связь между изменением области резекции и снижением частоты НА требует дополнительного изучения, поскольку существуют иные, в том числе системные, факторы риска развития НА.

В большинстве исследований, посвященных применению ФА с ИЦЗ при колоректальном раке, частота изменения зоны резекции кишки варьировала от 1.6 до 13.3%. В нашей работе была зарегистрирована сопоставимая частота (11.8%) [18, 19].

Кроме того, было показано, что интраоперационное использование ИЦЗ может потенциально снизить риск других осложнений и улучшить исходы хирургического лечения колоректального рака. В метаанализе D. Liu и соавт. (2021) было продемонстрировано, что применение интраоперационной визуализации с ИЦЗ было ассоциировано с более низкой частотой повторных операций (2.6 и 6.9% в группе ИЦЗ и контрольной группе соответственно) по поводу рака прямой кишки (ОШ 0.39; 95% ДИ 0.16–0.94; $p = 0.04$) [20]. В нашем исследовании при катамнестическом наблюдении за пациентами не было зарегистрировано потребности в повторных оперативных вмешательствах по поводу основного заболевания. Кроме того, общая и канцер-специфическая выживаемость

больных в нашей серии наблюдений были сопоставимы с таковыми у пациентов, оперированных по поводу рака левой половины ободочной кишки, данные о которых представлены в современной литературе [21].

Сообщалось, что с помощью ИЦЗ возможно осуществить более быстрое и точное определение перфузии кишечника, общее время операции не увеличивается вследствие применения данной техники, а, наоборот, сокращается благодаря более быстрому выбору края резекции. В работе Н. Су и соавт. (2020) средняя длительность операции с использованием ФА с ИЦЗ среди 84 пациентов составила 125.8 ± 34.9 минуты, а в группе пациентов, прооперированных без ИЦЗ, – 136.6 ± 35.9 минуты ($p = 0.037$) [22]. Однако в работах ряда других исследователей не наблюдалось такой разницы в длительности операции между основной группой и группой сравнения. Так, в работе У. Тсанг и соавт. (2020) средняя продолжительность операции с использованием ИЦЗ была статистически значимо выше, чем без использования красителя (179.0 ± 55.2 и 140.8 ± 44.8 минуты, $p < 0.001$) [19]. В нашем исследовании среднее время операции составило 194.4 ± 46.7 минуты, что также значительно выше, чем среднее время подобных хирургических вмешательств, проведенных в нашей стране [23] и за рубежом [24].

Заключение

Результаты представленной серии наблюдений продемонстрировали хирургическую безопасность, воспроизводимость, легкость, простоту ФА в ближнем ИК-спектре в режиме реального времени с использованием ИЦЗ. Применение данного диагностического метода исследования позволяет принять решение о необходимости изменения области резекции и, следовательно, помогает интраоперационно идентифицировать факторы высокого риска НА, уменьшая таким образом частоту НА. ФА с ИЦЗ может быть рекомендована в качестве рутинного теста в хирургии рака левой ободочной кишки.

Конфликт интересов отсутствует.

Литература

1. Kudsus S. et al. Intraoperative laser fluorescence angiography in colorectal surgery: a noninvasive analysis to reduce the rate of anastomotic leakage // *Langenbeck's Arch Surg.* – 2010. – V. 395. – № 8. – P. 1025–1030.
2. Ris F. et al. Near-infrared (NIR) perfusion angiography in minimally invasive colorectal surgery // *Surg Endosc.* – 2014. – V. 28. – № 7. – P. 2221–2226.
3. Rutegård M. Anastomotic leakage in rectal cancer surgery: the role of blood perfusion // *World J Gastrointest Surg.* – 2015. – V. 7. – № 11. – P. 289.
4. James D.R.C. et al. Fluorescence angiography in laparoscopic low rectal and anorectal anastomoses with pinpoint perfusion imaging – a critical appraisal with specific focus on leak risk reduction // *Color Dis.* – 2015. – V. 17. – P. 16–21.
5. Daskalaki D. et al. Fluorescence in robotic surgery // *J Surg Oncol.* – 2015. – V. 112. – № 3. – P. 250–256.
6. Jafari M.D. et al. Perfusion assessment in laparoscopic left-sided/anterior resection (PILLAR II): a multi-institutional study // *J Am Coll Surg.* – 2015. – V. 220. – № 1. – P. 82–92.e1.
7. Deeba S. et al. Use of rapid sampling microdialysis for intraoperative monitoring of bowel ischemia // *Dis Colon Rect.* – 2008. – V. 51. – № 9. – P. 1408–1413.
8. Somashekhar S.P. et al. A prospective study of real-time identification of line of transection in robotic colorectal

- cancer surgery by ICG // *J Robot Surg.* – 2021. – V. 15. – № 3. – P. 369–374.
9. Landsman M.L. et al. Light-absorbing properties, stability, and spectral stabilization of indocyanine green // *J Appl Physiol.* – 1976. – V. 40. – № 4. – P. 575–583.
10. Principles of fluorescence spectroscopy / Ed. by J.R. Lakowicz. Boston, MA: Springer US. – 2006.
11. Engel E. et al. Light-induced decomposition of indocyanine green // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – 2008. – V. 49. – № 5. – P. 1777–1783.
12. Reinhart M.B. et al. Indocyanine green: historical context, current applications, and future considerations // *Surg Innov.* – 2016. – V. 23. – № 2. – P. 166–175.
13. Mandovra P. et al. Real-time visualization of ureters using indocyanine green during laparoscopic surgeries: can we make surgery safer? // *Surg Innov.* – 2019. – V. 26. – № 4. – P. 464–468.
14. Shen Y. et al. Intraoperative indocyanine green fluorescence angiography to prevent anastomotic leak after low anterior resection for rectal cancer: a meta-analysis // *ANZ J Surg.* – 2020. – V. 90. – № 11. – P. 2193–2200.
15. AJCC Cancer Staging Manual. 8th edn. / Ed. by M.B. Amin, S.B. Edge, F.L. Greene. Switzerland: Springer. – 2017.
16. Alius C. et al. Indocyanine green-enhanced colorectal surgery – between being superfluous and being a game-changer // *Diagnostics.* – 2020. – V. 10. – № 10. – P. 742.
17. Zhang W. et al. Effect of indocyanine green fluorescence angiography on preventing anastomotic leakage after colorectal surgery: a meta-analysis // *Surg Today.* – 2021. – V. 51. – № 9. – P. 1415–1428.
18. Mizrahi I. et al. Indocyanine green fluorescence angiography during low anterior resection for low rectal cancer: results of a comparative cohort study // *Techn Coloproctol.* – 2018. – V. 22. – № 7. – P. 535–540.
19. Tsang Y. et al. Indocyanine green fluorescence angiography to evaluate anastomotic perfusion in colorectal surgery // *Int J Colorectal Dis.* – 2020. – V. 35. – № 6. – P. 1133–1139.
20. Liu D. et al. Does intraoperative indocyanine green fluorescence angiography decrease the incidence of anastomotic leakage in colorectal surgery? A systematic review and meta-analysis // *Int J Colorectal Dis.* – 2021. – V. 36. – № 1. – P. 57–66.
21. O'Connell J.B. et al. Colon cancer survival rates with the new American Joint Committee on Cancer sixth edition staging // *J Nat Cancer Inst.* – 2004. – V. 96. – № 19. – P. 1420–1425.
22. Su H. et al. Indocyanine green fluorescence imaging to assess bowel perfusion during totally laparoscopic surgery for colon cancer // *BMC Surg.* – 2020. – V. 20. – № 1. – P. 1–7.
23. Быкасов С.А. и др. Непосредственные результаты выполнения D3-лимфодиссекции при раке ободочной кишки // *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена.* – 2020. – Т. 9. – № 2. – С. 9–15. [Bykasov S.A. et al. Results of D3 lymph node dissection in colon cancer // *Onkologiya. Zhurnal im. P.A. Gertsena.* – 2020. – V.9. – № 2. – P. 9–15. In Russian].
24. Sun J. et al. Short-term and medium-term clinical outcomes of laparoscopic-assisted and open surgery for colorectal cancer: a single center retrospective case-control study // *BMC Gastroenterol.* – 2011. – V. 11. – № 1. – P. 1–12.