

<https://doi.org/10.33878/2073-7556-2019-18-4-139-150>

МОЖЕТ ЛИ ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ АНГИОГРАФИЯ СНИЗИТЬ ЧАСТОТУ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ ТОЛСТОКИШЕЧНЫХ АНАСТОМОЗОВ? (мета-анализ)

Алексеев М.В.¹, Шелыгин Ю.А.^{1,2}, Рыбаков Е.Г.¹

¹ ФГБУ «ГНЦК им. А.Н. Рыжих» Минздрава России, г. Москва, Россия
(директор – академик РАН, профессор, д.м.н. Ю.А. Шелыгин)

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, г. Москва, Россия
(ректор – член-корр. РАН, профессор, д.м.н. Д.А. Сычев)

ЦЕЛЬ. Целью данного мета-анализа является оценка влияния флуоресцентной ангиографии (ФА) с индоцианином зеленым на снижение частоты несостоятельности колоректального анастомоза (НА).

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ. В мае 2019 года в электронной базе медицинских публикаций PubMed осуществлен поиск сравнительных исследований, посвященных флуоресцентной ангиографии в колоректальной хирургии. Первичной точкой исследований была частота несостоятельности колоректального анастомоза. Для оценки риска систематических ошибок в нерандомизированных сравнительных исследованиях была использована шкала Ньюкасл-Оттава. Отношение шансов и доверительный интервал были рассчитаны при помощи статистических инструментов для дихотомических величин с помощью метода Peto с построением Forestplot.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Всего в мета-анализ было включено 8 исследований – 2 466 пациентов, которым были проведены операции на толстой кишке с формированием межкишечного анастомоза, из них у 1218 пациентов была проведена интраоперационная методика флуоресцентной ангиографии с целью определения адекватности кровоснабжения анастомозируемых участков кишки. По данным мета-анализа выявлено статистически значимое влияние ФА на снижение частоты НА как в колоректальной хирургии – ОШ=0,58 (95% ДИ, 0,39-0,85) ($P=0,006$), так и в хирургии рака прямой кишки – ОШ=0,28 (95% ДИ, 0,14-0,55) ($P=0,0002$). Ограничением мета-анализа является включение только одного рандомизированного исследования в связи с их отсутствием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Флуоресцентная ангиография с индоцианином зеленым является методом профилактики несостоятельности колоректального анастомоза. Результаты рандомизированных клинических исследований необходимы для подтверждения эффективности методики.

[Ключевые слова: несостоятельность анастомоза, мета-анализ, колоректальная хирургия, индоцианин зеленый]

Для цитирования: Алексеев М.В., Шелыгин Ю.А., Рыбаков Е.Г. Может ли флуоресцентная ангиография снизить частоту несостоятельности толстокишечных анастомозов? (мета-анализ). Колопроктология. 2019; т. 18, № 4(70), с. 139-150.

CAN FLUORESCENT ANGIOGRAPHY REDUCE THE LEAK RATE OF COLONIC ANASTOMOSES? (a meta-analysis)

Alekseev M.V.¹, Shelygin Yu.A.^{1,2}, Rybakov E.G.¹

¹ State Scientific Centre of Coloproctology of the Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia

AIM: to evaluate of efficacy of fluorescence angiography (FA) in reducing the anastomotic leakage (AL) rate after colorectal surgery in meta-analysis. **SEARCH STRATEGY:** PubMed were searched up to May 2019 for studies comparing fluorescence imaging with standard approach. The primary outcome measure was colorectal anastomotic leakage (AL) rate. The Newcastle-Ottawa scale was used for quality assessment. A meta-analysis with random-effects model was performed to calculate odds ratios (ORs) from the original data.

RESULTS: Two thousand four hundred and sixty-six patients from 7 non-randomized studies and 1 randomized study were included. Fluorescence imaging significantly reduced the AL rate in patients after colorectal surgery (OR 0.58; 95%CI 0.39-0.85; $p=0.006$) and after rectal cancer surgery (OR 0.28; 95%CI, 0.14-0.55; $p=0.0002$). A limitation of this meta-analysis is the inclusion of only one randomized study.

CONCLUSION: Fluorescence angiography with indocyanine green is a method of preventing of leakage of colorectal anastomosis. The results of randomized clinical trials are needed to confirm the effectiveness of this technique.

[Key words: anastomosis leakage, meta-analysis, colorectal surgery, indocyanine green]

For citation: Alekseev M.V., Shelygin Yu.A., Rybakov E.G. Can fluorescent angiography reduce the leak rate of colonic anastomoses? (a meta-analysis). Koloproktologia. 2019; v. 18, no. 4(70), pp. 139-150.

Адрес для переписки: Алексеев Михаил Владимирович, ФГБУ «ГНЦК им. А.Н. Рыжих» Минздрава России,

ул. Саляма Адила, д. 2, Москва, 123423; e-mail: doctor-pro@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Колоректальный рак – одно из наиболее частых онкологических заболеваний в мире, при этом заболеваемость растет из года в год [1]. Благодаря техническим нововведениям, лучшему пониманию физиологии и анатомии, а также совершенствованиям в хирургической технике, в настоящее время онкологические результаты лечения данной категории больных улучшаются. Однако, частота послеоперационных осложнений и, в частности, частота несостоятельности анастомоза (НА) остается на прежнем уровне и варьирует от 3 до 23% [2]. Данное осложнение ухудшает как непосредственные, так и отдаленные (онкологические) результаты лечения [3].

По мнению большинства авторов, основными причинами несостоятельности колоректального анастомоза являются плохое кровоснабжение и натяжение проксимального участка кишки при его формировании [4]. Если последняя проблема решается путем мобилизации левого изгиба ободочной кишки, то определение адекватности кровоснабжения анастомозируемых участков кишки – непростая задача. Связано это с вариабельностью сосудистой сети левой половины ободочной кишки, возможным атеросклеротическим поражением сосудов брыжейки у пожилых пациентов. Стандартной интраоперационной методикой определения адекватности васкуляризации анастомозируемых сегментов кишки является оценка хирургом цвета кишечной стенки, пульсации и степени кровоистечения из краевого сосуда при его пересечении [5]. Этот метод достаточно субъективен, напрямую зависит от опыта хирурга и сложен для применения в лапароскопической хирургии.

В настоящее время имеются данные клинических исследований, демонстрирующих существенное снижение частоты НА в колоректальной хирургии при использовании метода объективного определения перфузии кишечной стенки – флуоресцентной ангиографии (ФА) с индоцианином зеленым [6]. Данный метод уже более полувека применяется в различных областях медицины: пластической и гепатобилиарной хирургии, кардиохирургии, офтальмологии и последние десять лет используется в колоректальной хирургии. Интраоперационная ФА с индоцианином зеленым привлекательна для рутинного применения в связи с быстротой (3-5 минут) и простотой ее проведения, возможностью оценки кровотока в режиме реального времени [7]. Благодаря применению данного метода в колоректальной хирургии, можно минимизировать риск НА, связанный с его плохим кровоснабжением анастомозированных участков кишки [8].

ЦЕЛЬ

Целью работы является проведение мета-анализа опубликованных результатов исследований влияния ФА с индоцианином зеленым на частоту НА в колоректальной хирургии.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Данный мета-анализ создан, согласно рекомендациям Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses statement (PRISMA) [9].

Поиск литературы осуществлен в электронной базе медицинских публикаций PubMed в мае 2019 года. В качестве ключевых слов для поиска данных использовались: несостоятельность анастомоза, колоректальная хирургия, флуоресцентная ангиография. В мета-анализ были включены только полнотекстовые сравнительные исследования влияния ФА с индоцианином зеленым на частоту НА в колоректальной хирургии. Были исключены следующие публикации: абстракты, неанглоязычные статьи, обзоры литературы, применение ФА на животных, применение ФА не как метода профилактики НА, пилотные исследования без групп сравнения, описание клинических случаев.

Для оценки риска систематических ошибок в нерандомизированных сравнительных исследованиях была использована шкала Ньюкасл-Оттава (NOS) [10]. При этом считали, что исследования, набравшие менее 6 баллов, имеют высокий риск систематических ошибок.

Статистический анализ был проведен с помощью Review Manager 5.3 (The Cochrane Collaboration, Дания). Отношение шансов (ОШ) и доверительный интервал были рассчитаны при помощи статистических инструментов для дихотомических величин в отношении частоты НА в группе ФА и контрольной группе. Отношение шансов было рассчитано с помощью метода Peto с построением Forestplot, при этом $ОШ > 1,0$ указывало на высокий риск возникновения НА в основной группе, а при $P < 0,05$ результат считался статистически достоверным. Для оценки гетерогенности, включенных в мета-анализ исследований, использовались критерии χ^2 и I^2 с нулевой гипотезой о равном эффекте во всех исследованиях с уровнем значимости $P = 0,1$ для повышения статистической мощности (чувствительности) теста. Также применялся воронкообразный график (funnel plot), при этом $P < 0,1$ и $I^2 > 50\%$ обозначало наличие гетерогенных исследований, включенных в мета-анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате поиска литературы всего было обнаружено 117 исследований, посвященных применению флуоресцентной ангиографии в колоректальной хирургии (Рис. 1). Далее были исключены 41 неполнотекстовая публикация и не англоязычные статьи. Из 76 полнотекстовых публикаций было отобрано 8 исследований, опубликованных с 2010 по 2019 гг., подходящих под критерии включения в данный мета-анализ – семь сравнительных нерандомизированных, из них – шесть ретроспективных, и одно проспективное рандомизированное исследование [11-18].

Характеристика восьми исследований дана в таблице 1. Всего в мета-анализ было включено 2466 пациентов, которым были проведены операции на толстой кишке с формированием межкишечного анастомоза, из них у 1218 пациентов была проведена интраоперационная методика флуоресцентной ангиографии с целью определения адекватности кровоснабжения анастомозируемых участков кишки (основная группа).

Все авторы использовали стандартную методику интраоперационной флуоресцентной ангиографии, которая заключалась во внутривенном введении 5-10 мг индоцианина зеленого, разведенного в 1-2 мл физиологического раствора, перед формированием анастомоза. Затем через 3-5 минут с помощью видеоэндоскопического оборудования по флуоресценции в ближнем инфракрасном свете определяли адекватность кровоснабжения выбранных для формирования анастомоза участков кишки. В случае неадекватного кровоснабжения данный участок кишки резецировался, это считалось изменением плана операции. Ряд авторов [6,7] выполняли повторную

флуоресцентную ангиографию после формирования анастомоза с целью подтверждения его адекватного кровоснабжения. По данным мета-анализа восьми исследований – изменение плана операции в виде резекции неадекватно кровоснабжаемого, по данным ФА, участка кишки происходило в 4,6-27,1% случаев. При оценке риска систематических ошибок в нерандомизированных исследованиях была использована шкала Ньюкасл-Оттава (NOS). При этом все работы набрали 6 и более баллов, что говорит о низком риске систематических ошибок в отобранных исследованиях.

По данным мета-анализа применения ФА, в колоректальной хирургии частота НА составила от 0 до 10,4% – в основной и от 1,3 до 18% – в контрольной группах. При построении Forestplot (Рис. 2) выявлено статистически значимое влияние ФА на снижение частоты НА – ОШ=0,58 (95% ДИ, 0,39-0,85) ($P=0,006$). Среди восьми отобранных для мета-анализа исследований в четырех пациентам были выполнены резекции прямой кишки с формированием колоректальных анастомозов. По данным мета-анализа применения ФА в хирургии рака прямой кишки, частота НА составила от 0 до 10,4% – в основной и от 5 до 18% – в контрольной группах. При построении Forestplot (Рис. 3) выявлено еще более значимое влияние ФА на снижение частоты несостоятельности «низких» анастомозов – ОШ=0,28 (95% ДИ, 0,14-0,55) ($P=0,0002$). Для оценки гетерогенности, включенных в мета-анализ исследований, посвященных применению ФА в колоректальной хирургии, был построен воронкообразный график (funnel plot) (Рис. 4), при этом показатели $I^2=43\%$ и $P=0,09$ свидетельствуют об отсутствии гетерогенности между исследованиями.

ДИСКУССИЯ

По данным литературы, ФА с использованием индоцианина зеленого может стать методом профилактики НА, поскольку позволяет объективно определить степень адекватности кровоснабжения анастомозируемых участков кишки в колоректальной хирургии. Так, в обзоре литературы Degett et al. [8] было проанализировано 10 исследований, посвященных изучению влияния ФА на частоту несостоятельности колоректальных анастомозов. При этом ФА была проведена 693 пациентам, стандартная операция без данной методики – 223 больным. Частота НА была статистически значимо ниже у пациентов основной группы – 3,83% против 8,5% ($P=0,005$). В другом обзоре литературы van den Bos et al. [6] было также проанализировано 10 исследований. При этом ФА была проведена 894 пациентам, стандартная операция без данной методики – 434 больным. Изменение плана

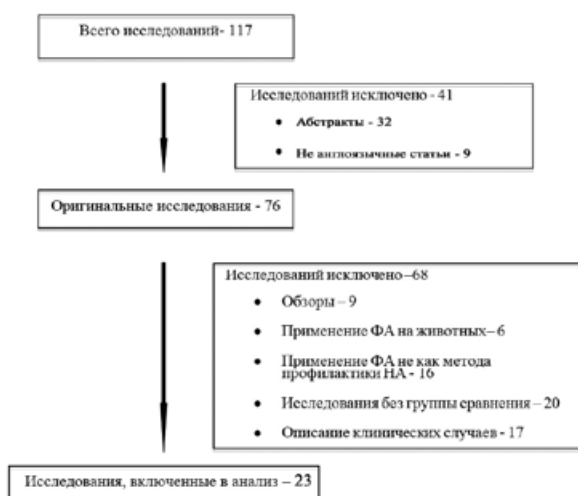


Рисунок 1. Блок-схема процесса отбора исследований для мета-анализа

Таблица 1. Характеристика включенных в мета-анализ исследований

Автор	Год	Дизайн исследования	Число пациентов (основная: контрольная группы)	Средний возраст (основная: контрольная группы)	Виды операций	Изменение плана операции	Частота НА, % (основная: контрольная группы)	Качество исследования по NOS
Kudszus [3]	2010	Ретроспективное	402 201:201	69:67,8	Лапароскопические и открытые право- и левосторонние гемиколэктомии, резекции прямой кишки	16,4%	3,5%:7,5%	7
Jafari [4]	2013	Ретроспективное	38 6:22	58:63	Роботические НПР	19%	6%:18%	6
Kin [5]	2015	Ретроспективное	346 173:173	58,2:58,1	Лапароскопические и открытые право- и левосторонние гемиколэктомии, резекции прямой кишки	4,6%	7,5%:6,4%	6
Boni [6]	2016	Ретроспективное	80 42:38	69:67	Лапароскопические НПР	4,7%	0%:5%	7
Kim [7]	2017	Проспективное	657 310:347	57:58	Роботические резекции прямой кишки	Нет данных	0,6%:5,2%	8
Dinallo [8]	2018	Ретроспективное	554 320:234	61,5:62,5	Лапароскопические и открытые право- и левосторонние гемиколэктомии, резекции прямой кишки	5,6%	1,3%:1,3%	7
Wada [9]	2018	Ретроспективное	149 48:101	66:67	Лапароскопические НПР	27,1%	10,4%:6,9%	6
De Nardi [10]	2019	Проспективное рандомизированное	240 118:122	66,1:65,1	Левосторонние гемиколэктомии, резекции прямой кишки	11%	5%:9%	9

НПР – низкая передняя резекция прямой кишки

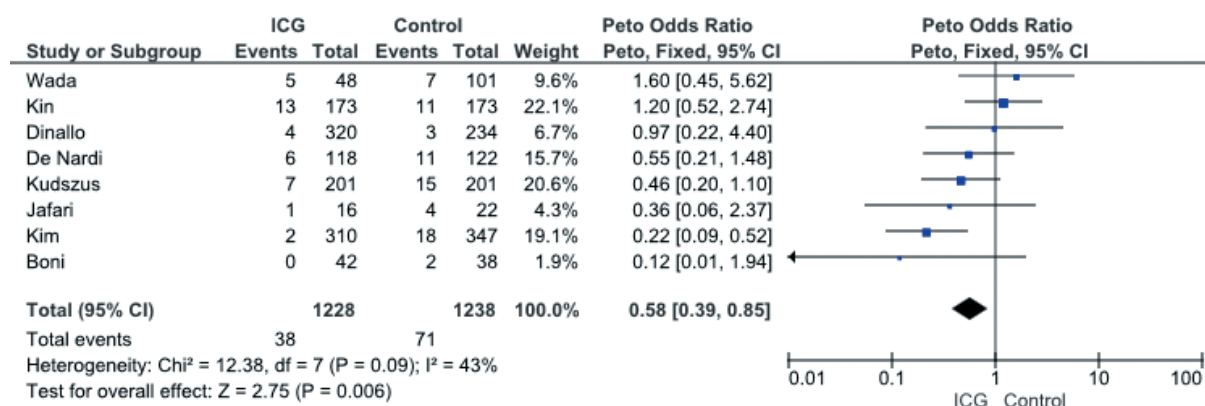


Рисунок 2. Forestplot, демонстрирующий влияние ФА на частоту НА в колоректальной хирургии

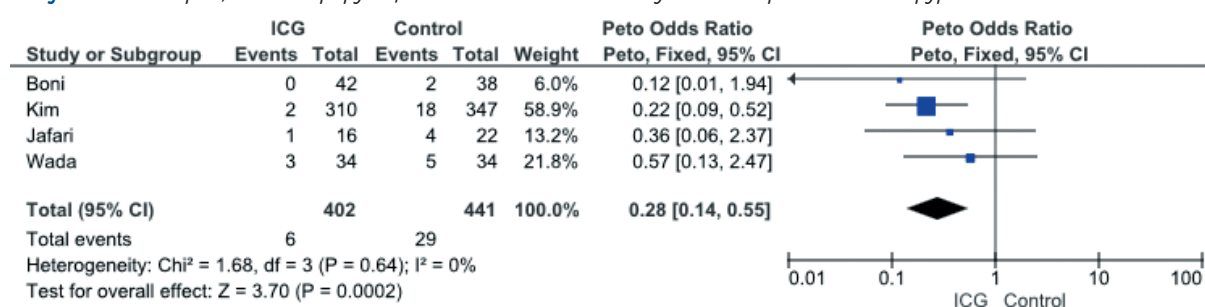


Рисунок 3. Forestplot, демонстрирующий влияние ФА на частоту НА в хирургии рака прямой кишки

операции после проведения ФА произошло у 10,8% пациентов. Частота НА была статистически значимо ниже у пациентов основной группы – 3,5% против 7,4% ($P=0,002$).

В настоящее время опубликовано 2 мета-анализа применения ФА в колоректальной хирургии [19,20]. В мета-анализ Blanco-Colino et al. [19] включено 5 сравнительных рандомизированных исследований [11-15], при этом 555 пациентам проведена ФА, а в 747 наблюдениях адекватность кровоснабжения анастомозируемых участков толстой кишки оценивалась традиционным методом. При анализе данных исследований было показано, что применение ФА в колоректальной хирургии не влияет на частоту НА – $ОШ=0,51$ (95% ДИ, 0,23-1,13) ($P=0,1$), при этом ФА снижает частоту НА в хирургическом лечении колоректального рака – $ОШ=0,34$ (95% ДИ, 0,16-0,74) ($P=0,006$) и рака прямой кишки, в частности – $ОШ=0,19$ (95% ДИ, 0,05-0,75) ($P=0,02$). В другой мета-анализ Shen et al. [20] включено 4 сравнительных нерандомизированных исследования [11,13-15], 569 пациентам была проведена ФА и 608 пациентов были включены в контрольную группу. В результате проведенного мета-анализа была показана эффективность ФА в виде статистически достоверного снижения частоты НА в лечении колоректального рака – $ОШ=0,27$ (95% ДИ, 0,13-0,53) ($P=0,0002$).

Настоящий мета-анализ показал эффективность применения интраоперационной флуоресцентной ангиографии в колоректальной хирургии и, особенно, в хирургии рака прямой кишки в виде статистически достоверного снижения частоты НА в послеоперационном периоде – $ОШ=0,28$ (95% ДИ, 0,14-0,55) ($P=0,0002$). Низкий уровень НА в группе пациентов с ФА можно объяснить лучшим кровоснабжением анастомозируемых участков, которое возможно объективно определять при помощи данной методики. Применение ФА привело к изменению плана операции в виде резекции неадекватно кровоснабжаемого участка кишки в 5-27% случаев, что также могло привести к снижению частоты НА в основной группе.

Данный мета-анализ имеет следующие ограничения: все исследования, кроме одного [18], носят нерандомизированный характер, что снижает его доказательную ценность. При этом в данном исследовании [18], в связи с небольшим количеством пациентов не была доказана эффективность ФА в виде снижения частоты НА – 5% против 9% ($P>0,05$). Также стоит

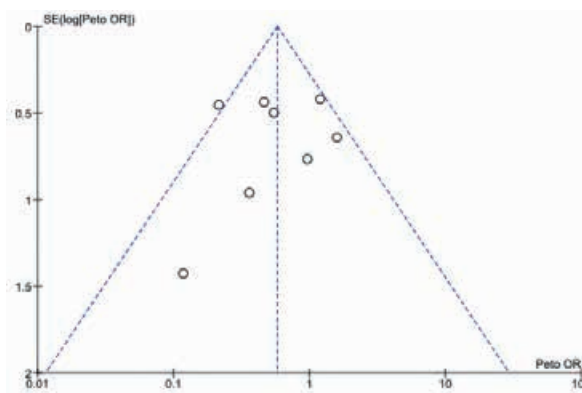


Рисунок 4. Воронкообразный график

отметить, что среди остальных семи нерандомизированных исследований только в исследовании Kim et al. [7] получены статистически достоверные различия в частоте НА между основной и контрольной группой – 0,6% против 5,2%, $P=0,006$.

Несмотря на ограничения настоящего мета-анализа, применение ФА в колоректальной хирургии по поводу рака и, особенно, в лечении рака прямой кишки выглядит многообещающей методикой, которая может быть внедрена в клиническую практику для профилактики НА. Однако, с целью подтверждения эффективности интраоперационной ФА необходимы результаты рандомизированных исследований. В настоящее время в базе клинических исследований clinicaltrials.gov имеются данные о двух рандомизированных исследованиях, в которых продолжается набор пациентов – PILLAR-III (NCT02205307) и FLAG-trial (NCT03390517). Возможно, результаты этих исследований позволят, с точки зрения доказательной медицины, подтвердить эффективность ФА как метода профилактики несостоятельности колоректального анастомоза.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ

Концепция и дизайн исследования – Рыбаков Е.Г., Алексеев М.В.

Сбор и обработка материала – Алексеев М.В.

Статистическая обработка – Алексеев М.В.

Написание текста – Алексеев М.В.

Редактирование – Шелыгин Ю.А., Рыбаков Е.Г.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Состояние онкологической помощи населению России в 2018 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. 2019; 236 с.
2. McDermott FD, Heeney A, Kelly ME. et al. Systematic review of preoperative, intraoperative and postoperative risk factors for colorectal anastomotic leaks. *Br J Surg*. 2015;102(5):462-479. DOI: 10.1002/bjs.9697.
3. Sammour T, Hayes IP, Jones IT. Impact of anastomotic leak on recurrence and survival after colorectal cancer surgery: a BioGrid Australia analysis. *ANZ J Surg*. 2018;88:6-10. DOI: 10.1111/ans.13648.
4. Trencheva K, Morrissey KP, Wells M. et al. Identifying important predictors for anastomotic leak after colon and rectal resection: prospective study on 616 patients. *Ann Surg*. 2013;257:108-113. DOI: 10.1097/SLA.0b013e318262a6cd.
5. Chadi SA, Fingerhut A, Berho M. et al. Emerging trends in the etiology, prevention, and treatment of gastrointestinal anastomotic leakage. *J Gastrointest Surg*. 2016;20(12):2035-2051. DOI:10.1007/s11605-016-3255-3.
6. van den Bos J, Al-Taher M, Schols RM. Near-Infrared Fluorescence Imaging for Real-Time Intraoperative Guidance in Anastomotic Colorectal Surgery: A Systematic Review of Literature. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2018;28(2):157-167. DOI: 10.1089/lap.2017.0231.
7. Vallance A, Wexner S, Berho M. et al. A collaborative review of the current concepts and challenges of anastomotic leaks in colorectal surgery. *Colorectal Dis*. 2017;19(1):1-12. DOI: 10.1111/codi.13534.
8. Degett TH, Andersen HS, Gögenur I. Indocyanine green fluorescence angiography for intraoperative assessment of gastrointestinal anastomotic perfusion: a systematic review of clinical trials. *Langenbecks Arch Surg*. 2016;401(6):767-75. DOI: 10.1007/s00423-016-1400-9.
9. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol*. 2009;62:1006-1012. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097.
10. Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *Eur J Epidemiol*. 2010;25:603-605. DOI: 10.1007/s10654-010-9491-z.
11. Kudsus S, Roesel C, Schachtrupp A. Intraoperative laser fluorescence angiography in colorectal surgery: a non-invasive analysis to reduce the rate of anastomotic leakage. *Langenbeck's Arch Surg*. 2010;395(8):1025-1030. DOI: 10.1007/s00423-010-0699-x.
12. Kin C, Vo H, Welton L. Equivocal effect of intraoperative fluorescence angiography on colorectal anastomotic leaks. *Dis Colon Rectum*. 2015;58(6):582-587. DOI: 10.1097/DCR.0000000000000320.
13. Jafari MD, Lee KH, Halabi WJ. The use of indocyanine green fluorescence to assess anastomotic perfusion during robotic assisted laparoscopic rectal surgery. *Surg Endosc*. 2013;27(8):3003-3008. DOI: 10.1007/s00464-013-2832-8.
14. Kim JC, Lee JL, Yoon YS. Utility of indocyanine-green fluorescent imaging during robot-assisted sphincter-saving surgery on rectal cancer patients. *Int J Med Robot Comput Assist Surg*. 2016;12:710-717. DOI: 10.1002/rcs.1710.
15. Boni L, Fingerhut A, Marzorati A. Indocyanine green fluorescence angiography during laparoscopic low anterior resection: results of a case-matched study. *Surg Endosc*. 2017;31(4):1836-1840. DOI: 10.1007/s00464-016-5181-6.
16. Dinallo AM, Kolarsick P, Boyan WP. Does routine use of indocyanine green fluorescence angiography prevent anastomotic leaks? A retrospective cohort analysis. *Am J Surg*. 2019;218(1):136-139. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2018.10.027.
17. Wada T, Kawada K, Hoshino N. The effects of intraoperative ICG fluorescence angiography in laparoscopic low anterior resection: a propensity score-matched study. *Int J Clin Oncol*. 2019;24(4):394-402. DOI: 10.1007/s10147-018-1365-5.
18. De Nardi P, Elmore U, Maggi G. Intraoperative angiography with indocyanine green to assess anastomosis perfusion in patients undergoing laparoscopic colorectal resection: results of a multicenter randomized controlled trial. *Surg Endosc*. 2019; epub Mar 21. DOI: 10.1007/s00464-019-06730-0.
19. Blanco-Colino R, Espin-Basany E. Intraoperative use of ICG fluorescence imaging to reduce the risk of anastomotic leakage in colorectal surgery: a systematic review and meta-analysis. *Tech Coloproctol*. 2018;22:15-23. DOI: 10.1007/s10151-017-1731-8.
20. Shen R, Zhang Y, Wang T. Indocyanine Green Fluorescence Angiography and the Incidence of Anastomotic Leak After Colorectal Resection for Colorectal Cancer: A Meta-analysis. *Dis Colon Rectum*. 2018;61(10):1228-1234. DOI: 10.1097/DCR.0000000000001123.

REFERENCES

1. Kaprin A.D., Starinsky V.V., Petrova G.V. The state of cancer care in Russia in 2018, Moscow: MSROI named after P. A. Herzen, the branch of the National Medical Radiology Research Center under Ministry of Healthcare of Russia. 2019; p. 236. (In Russ.).
2. McDermott FD, Heeney A, Kelly ME. et al. Systematic review of preoperative, intraoperative and postoperative risk factors for colorectal anastomotic leaks. *Br J Surg*. 2015;102(5):462-479. DOI: 10.1002/bjs.9697.
3. Sammour T, Hayes IP, Jones IT. Impact of anastomotic leak on recurrence and survival after colorectal cancer surgery: a BioGrid Australia analysis. *ANZ J Surg*. 2018;88:6-10. DOI: 10.1111/ans.13648.
4. Trencheva K, Morrissey KP, Wells M. et al. Identifying important predictors for anastomotic leak after colon and rectal resection: prospective study on 616 patients. *Ann Surg*. 2013;257:108-113. DOI: 10.1097/SLA.0b013e318262a6cd.
5. Chadi SA, Fingerhut A, Berho M. et al. Emerging trends in the etiology, prevention, and treatment of gastrointestinal anastomotic leakage. *J Gastrointest Surg*. 2016;20(12):2035-2051. DOI:10.1007/s11605-016-3255-3.
6. van den Bos J, Al-Taher M, Schols RM. Near-Infrared Fluorescence Imaging for Real-Time Intraoperative Guidance in Anastomotic Colorectal Surgery: A Systematic Review of Literature. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2018;28(2):157-167. DOI: 10.1089/lap.2017.0231.
7. Vallance A, Wexner S, Berho M. et al. A collaborative review of the current concepts and challenges of anastomotic leaks in colorectal surgery. *Colorectal Dis*. 2017;19(1):1-12. DOI: 10.1111/codi.13534.
8. Degett TH, Andersen HS, Gögenur I. Indocyanine green fluorescence angiography for intraoperative assessment of gastrointestinal anastomotic perfusion: a systematic review of clinical trials. *Langenbecks Arch Surg*. 2016;401(6):767-75. DOI: 10.1007/s00423-016-1400-9.

9. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol*. 2009;62:1006-1012. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097.
10. Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *Eur J Epidemiol*. 2010;25:603-605. DOI: 10.1007/s10654-010-9491-z.
11. Kudsus S, Roesel C, Schachtrupp A. Intraoperative laser fluorescence angiography in colorectal surgery: a non-invasive analysis to reduce the rate of anastomotic leakage. *Langenbeck's Arch Surg*. 2010;395(8):1025-1030. DOI: 10.1007/s00423-010-0699-x.
12. Kin C, Vo H, Welton L. Equivocal effect of intraoperative fluorescence angiography on colorectal anastomotic leaks. *Dis Colon Rectum*. 2015;58(6):582-587. DOI: 10.1097/DCR.0000000000000320.
13. Jafari MD, Lee KH, Halabi WJ. The use of indocyanine green fluorescence to assess anastomotic perfusion during robotic assisted laparoscopic rectal surgery. *Surg Endosc*. 2013;27(8):3003-3008. DOI: 10.1007/s00464-013-2832-8.
14. Kim JC, Lee JL, Yoon YS. Utility of indocyanine-green fluorescent imaging during robot-assisted sphincter-saving surgery on rectal cancer patients. *Int J Med Robot Comput Assist Surg*. 2016;12:710-717. DOI: 10.1002/rcs.1710.
15. Boni L, Fingerhut A, Marzorati A. Indocyanine green fluorescence angiography during laparoscopic low anterior resection: results of a case-matched study. *Surg Endosc*. 2017;31(4):1836-1840. DOI: 10.1007/s00464-016-5181-6.
16. Dinallo AM, Kolarsick P, Boyan WP. Does routine use of indocyanine green fluorescence angiography prevent anastomotic leaks? A retrospective cohort analysis. *Am J Surg*. 2019;218(1):136-139. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2018.10.027.
17. Wada T, Kawada K, Hoshino N. The effects of intraoperative ICG fluorescence angiography in laparoscopic low anterior resection: a propensity score-matched study. *Int J Clin Oncol*. 2019;24(4):394-402. DOI: 10.1007/s10147-018-1365-5.
18. De Nardi P, Elmore U, Maggi G. Intraoperative angiography with indocyanine green to assess anastomosis perfusion in patients undergoing laparoscopic colorectal resection: results of a multicenter randomized controlled trial. *Surg Endosc*. 2019; epub Mar 21. DOI: 10.1007/s00464-019-06730-0.
19. Blanco-Colino R, Espin-Basany E. Intraoperative use of ICG fluorescence imaging to reduce the risk of anastomotic leakage in colorectal surgery: a systematic review and meta-analysis. *Tech Coloproctol*. 2018;22:15-23. DOI: 10.1007/s10151-017-1731-8.
20. Shen R, Zhang Y, Wang T. Indocyanine Green Fluorescence Angiography and the Incidence of Anastomotic Leak After Colorectal Resection for Colorectal Cancer: A Meta-analysis. *Dis Colon Rectum*. 2018;61(10):1228-1234. DOI: 10.1097/DCR.0000000000001123.