Хирургия. Журнал имени Н.И. Пирогова
2024, №2, выпуск 2, с. 67–72
https://doi.org/10.17116/hirurgia202402267

Pirogov Russian Journal of Surgery
2024, No. 2, issue 2, pp. 67–72
https://doi.org/10.17116/hirurgia202402267

Применение индоцианина зеленого при отсроченной пластике пищевода толстой кишкой после его экстирпации

© Е.И. СМОЛЕНОВ[1], И.В. КОЛОБАЕВ[1], Д.Ю. МИРОНОВА[1], Г.В. АФОНИН[1], А.Б. РЯБОВ[2]

[1]Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, Обнинск, Россия;
[2]Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Совершенствование лекарственных и лучевых методов лечения позволяет расширить когорту больных, которым можно проводить хирургическое лечение по поводу рака пищевода. Оптимизация периоперационного подхода, диагностики и возможностей лечения осложнений снизила показатель ранней послеоперационной летальности у пациентов, перенесших эзофагэктомию. Одним из наиболее грозных осложнений является ишемия кондуита, приводящая к несостоятельности пищеводно-желудочного или пищеводно-кишечного анастомоза. С целью минимизации риска развития несостоятельности анастомоза и некроза трансплантата исследуются различные методы интраоперационной оценки жизнеспособности трансплантата. Флюоресцентная визуализация в ближнем инфракрасном диапазоне с применением индоцианина зеленого — метод, позволяющий оценивать перфузию трансплантата в режиме реального времени. На сегодняшний день акцент в изучении флюоресцентной визуализации направлен на оценку перфузии желудочного стебля после эзофагэктомии, однако данных о его использовании для толстокишечных кондуитов практически нет, или они ограничены единичными наблюдениями. При развитии ишемии и некроза толстокишечного трансплантата наиболее опасным моментом является отсутствие пластического материала для формирования непрерывности желудочно-кишечного тракта. Мы представляем наш первый случай отсроченной загрудинной пластики пищевода толстой кишкой, при выполнении которой применена интраоперационная флюоресцентная визуализация с индоцианином зеленым для оценки перфузии кровотока в зоне кондуита.

Ключевые слова: *эзофагэктомия, рак пищевода, интерпозиция толстой кишки, флюоресцентная визуализация, индоцианин зеленый.*

Информация об авторах:
Смоленов Е.И. — https://orcid.org/0000-0003-3782-7338
Колобаев И.В. — https://orcid.org/0000-0002-3573-6996
Миронова Д.Ю. — https://orcid.org/0000-0002-6665-5355
Афонин Г.В. — https://orcid.org/0000-0002-7128-2397
Рябов А.Б. — https://orcid.org/0000-0002-1037-2364
Автор, ответственный за переписку: Смоленов Е.И. — e-mail: e.smolenov@gmail.com

Как цитировать:
Смоленов Е.И., Колобаев И.В., Миронова Д.Ю., Афонин Г.В., Рябов А.Б. Применение индоцианина зеленого при отсроченной пластике пищевода толстой кишкой после его экстирпации. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2024;2 вып. 2:67–72.
https://doi.org/10.17116/hirurgia202402267

Indocyanine green in delayed esophageal reconstruction after previous extirpation

© E.I. SMOLENOV[1], I.V. KOLOBAEV[1], D.YU. MIRONOVA[1], G.V. AFONIN[1], A.B. RYABOV[2]

[1]Tsyb Medical Radiology Research Center, Obninsk, Russia;
[2]Herzen Moscow Research Oncology Institute, Moscow, Russia

Abstract

Advanced chemo- and radiotherapy makes it possible to expand the cohort of patients who can undergo surgical treatment for esophageal cancer. Optimization of perioperative approach, diagnosis and modern options for complications reduced early postoperative mortality after esophagectomy. Conduit ischemia with failure of esophageal-gastric or esophageal-intestinal anastomosis is one of the most serious complications. To minimize the risk of anastomotic leakage and graft necrosis in these patients, various methods of intraoperative assessment of graft viability are being investigated. Near-infrared fluorescence imaging with indocyanine green is valuable for real time assessment of graft perfusion. To date, fluorescence imaging is analyzed regarding perfusion of the gastric stalk after esophagectomy. However, there are still few or no data on this method for analysis of colonic conduit perfusion. The absence of plastic material for gastrointestinal reconstruction is the most dangerous moment in case of ischemia and necrosis of colonic graft. We present our first case of delayed retrosternal esophageal repair using intraoperative indocyanine green fluorescence imaging for assessment of conduit perfusion.

Keywords: *esophagectomy, esophageal cancer, colon interposition, fluorescence imaging, indocyanine green.*

Information about the authors:
Smolenov E.I. — https://orcid.org/0000-0003-3782-7338
Kolobaev I.V. — https://orcid.org/0000-0002-3573-6996
Mironova D.Yu. — https://orcid.org/0000-0002-6665-5355
Afonin G.V. — https://orcid.org/0000-0002-7128-2397
Ryabov A.B. — https://orcid.org/0000-0002-1037-2364
Corresponding author: Smolenov E.I. — e-mail: e.smolenov@gmail.com

To cite this article:
Smolenov EI, Kolobaev IV, Mironova DYu, Afonin GV, Ryabov AB. Indocyanine green in delayed esophageal reconstruction after previous extirpation. *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova*. 2024;2 vyp 2:67–72. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/hirurgia202402267

Введение

После проведения эзофагэктомии с целью восстановления непрерывности желудочно-кишечного тракта наиболее часто в качестве материала для пластического компонента используется желудок. К сожалению, частота несостоятельности пищеводно-желудочного анастомоза остается высокой [1]. При возникновении дефекта анастомоза или желудочного стебля и невозможности справиться консервативно показана экстирпация желудочного стебля. В дальнейшем возможно выполнение отсроченной пластики с применением толстой кишки в качестве пластического материала [2]. При развитии некроза толстокишечного трансплантата, помимо послеоперационных осложнений, наиболее критичным фактором является отсутствие дальнейшей возможности реконструктивных операций для достижения непрерывности желудочно-кишечного тракта.

Основной причиной несостоятельности анастомозов является тканевая гипоксия, возникающая в результате нарушения кровоснабжения «новой пищеводной трубки». Оценка перфузии кондуита — наиболее важный шаг для предотвращения его ишемии и развития данного осложнения. Мы демонстрируем применение флюоресцентной визуализации в ближнем инфракрасном диапазоне с использованием индоцианина зеленого (ICG) при отсроченной загрудинной пластике пищевода толстой кишкой у пациента со злокачественным новообразованием пищевода.

Клинический случай

Пациент, 49 лет, считает себя больным в течение 16 месяцев, когда впервые появились жалобы на затруднение глотания полутвердой пищи. Выполнено обследование с морфологической верификацией диагноза, по результатам которого обнаружен плоскоклеточный рак пищевода III стадии. Согласно решению мультидисциплинарного консилиума пациенту на первом этапе проведены два индукционных цикла полихимиотерапии с последующим химиолучевым компонентом до суммарной очаговой дозы 46 Гр. На втором этапе (11 месяцев назад) выполнена тораколапароскопическая субтотальная одномоментная резекция и пластика пищевода желудочным стеблем с лимфодиссекцией в объеме 2F (операция по типу McKewon). На 4-е послеоперационные сутки диагностирована несостоятельность механического шва эзофагогастроанастомоза, что послужило показанием к последующему хирургическому вмешательству с целью разобщения анастомоза и экстирпации желудочного стебля. После лечения пациент выписан из стационара. В дальнейшем, при прохождении контрольных обследований, данные о прогрессировании онкологического заболевания не получены. На момент визита в клинику пациенту предложен вариант отсроченной загрудинной пластики пищевода толстой кишкой. Из особенностей соматического статуса отмечалась рефрактерная кахексия и гипопротеинемия (индекс массы тела 16,9 кг/м^2; уровень общего белка 58,4 г/л).

На дооперационном этапе рекомендовано проведение колоноскопии, в результате признаки патологии кишечника не выявлены. Выполнена оценка кровоснабжения ободочной кишки с использованием компьютерной томографии с целью визуализации сосудистого русла и прогноза кровоснабжения будущего трансплантата **(рис. 1)**.

Во время хирургического вмешательства произведена мобилизация восходящего, поперечного и нисходящего отделов ободочной кишки. С учетом данных комплексного обследования и интраоперационной картины принято решение об использовании в качестве трансплантата левой половины ободочной кишки с сохранением левой ветви, отходящей от срединной артерии. После пережатия нецелевых артерий при визуальном контроле отмечалось достаточное кровоснабжение трансплантата. Выполнено пересечение толстой кишки на уровне печеночного угла поперечной ободочной кишки и на границе сигмовидной и нисходящей ветви ободочной кишки с сохранением аркадного кровотока.

В связи с явлениями у пациента кахексии и гипоальбуминемии принято решение о выполнении интраоперационной флюоресцентной визуализации



Рис. 1. **Результаты ангиографии толстого кишечника.**

Верхняя брыжеечная артерия диаметром 4,6 мм; средняя ободочная артерия диаметром 2,9 мм: правая бранша — 1,2 мм, левая бранша — 2,5 мм. Определяется анастомоз между правой браншей средней ободочной артерии и *a. ileocolica*. *A. Ileocolica* диаметром 3,5 мм. Добавочные печеночные артерии из верхней брыжеечной артерии не выявлены. Нижняя брыжеечная артерия диаметром 2 мм. Левая ободочная артерия (ветвь нижней брыжеечной артерии) диаметром 1,1 мм. Левая ободочная артерия образует анастомоз с левой браншей средней ободочной артерии.

Fig. 1. **Angiography of the large intestine.**

Superior mesenteric artery 4.6 mm; middle colic artery 2.9 mm: right branch — 1.2 mm, left branch — 2.5 mm; anastomosis between the right branch of the middle colic artery and a.ileocolica; a. ileocolica with a diameter of 3.5 mm; no accessory hepatic arteries from superior mesenteric artery; inferior mesenteric artery 2 mm; left colic artery (branch of inferior mesenteric artery) 1.1 mm; left colic artery forming anastomosis with the left branch of the middle colic artery.

в ближнем инфракрасном диапазоне с использованием ICG с целью объективизации оценки перфузии трансплантата. Пациенту введен индоцианин зеленый (ООО «Лайф Сайнсес ОХФК», Россия) 5,2 мг (0,1 мг на 1 кг массы тела) внутривенно болюсно. Выполнена оценка кровотока в ближнем инфракрасном свете. Спустя 40 с на проксимальном конце кондуита наблюдалась однородная и равномерная по интенсивности флюоресценция **(рис. 2)**.

Мобилизован дистальный участок культи пищевода, эзофагостома иссечена. Через сформированный ретростернально тоннель проведены левые отделы толстой кишки. Сформирован двурядный эзофагоколоанастомоз. Дистальный конец кишки отсечен с учетом кровоснабжения стебля, определенного с применением ICG **(рис. 3)**. После наложения анастомоза методом флюоресцентной визуализации с ICG подтверждена адекватная перфузия.

Послеоперационный период протекал гладко. С целью контроля анастомоза на 6-е сутки выполнена рентгеноскопия верхних отделов желудочно-кишечного тракта с водорастворимым контрастом **(рис. 4)**. Данные о несостоятельности анастомоза не получены. Дальнейшее течение протекало также без осложнений. Пациент выписан на 11-е сутки после хирургического вмешательства.

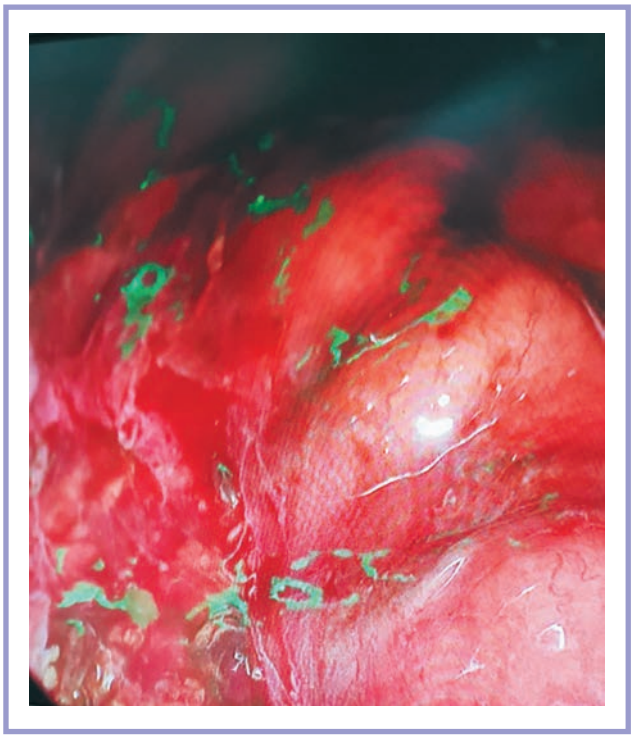


Рис. 2. **Применение флюоресцентной визуализации в ближнем инфракрасном диапазоне с использованием индоцианина зеленого.**
Fig. 2. **Near-infrared fluorescence imaging with indocyanine green.**

Обсуждение

Важным предиктором состоятельности сформированного анастомоза является перфузия трансплантата [3]. В настоящее время оценку перфузии проводят с использованием таких субъективных параметров, как цвет и температура ткани, а также пульсация сосудов. Указанные параметры имеют ограниченную прогностическую ценность, определяются субъективно, а это значит, что необходим поиск безопасного и неинвазивного метода объективной оценки жизнеспособности трансплантата. В литературе представлены различные методы интраоперационной оценки кондуита, например, такие как лазерная контрастная визуализация, тонометрия желудка, допплеровская флоуметрия, спектроскопия и ангиография [4]. Однако все чаще в клинической практике используется флюоресцентная визуализация в ближнем инфракрасном диапазоне с применением ICG [5, 6]. В метаанализе, выполненном E. Van Daele и соавт. и включавшем 19 исследований (n=1192), проведено сравнение результатов лечения 758 больных, у которых применен ICG для оценки перфузии анастомоза, и 434 пациентов, у которых оценка жизнеспособности кондуита выполнена на основании клинических данных и/или ультразвуковой допплерографии. Авторы сделали вывод, что использование флюоресцентной визуализации в ближнем инфракрасном спектре с применением ICG является простым и безопасным методом оценки перфузии желудочного стебля при реконструктивной хирургии пищевода, позволяющим уменьшить количество случаев несостоятельности анастомоза в послеоперационном периоде [6].

Следует еще раз отметить, что метод применения ICG при реконструктивно-пластических вмешательствах на пищеводе с целью оценки перфузии желудочного трансплантата широко представлен в литературе, но использование технологии ICG при пластике толстой кишкой описывается в единичных публикациях [7]. Однако если мы обратимся к работе P. Thomas и соавт., то увидим, что толстая кишка является пластическим материалом в 18,5% случаев одномоментной резекции и пластики пищевода при различных заболеваниях, то есть почти у каждого пятого пациента [8].

Первая публикация, посвященная оценке перфузии толстокишечного трансплантата с применением ICG, принадлежит O. Wiesel и соавт. и опубликована в 2020 г. [9]. В дальнейшем представлен случай использования флюоресцентной визуализации в ближнем инфракрасном спектре при отсроченной пластике толстой кишкой у пациента с доброкачественным заболеванием пищевода [10]. На сегодняшний день наиболее важным исследованием, позволяющим проследить результаты оценки перфузии сегментов толстой кишки при эзофагэктомии с использованием ICG, является работа J.J. Joosten и соавт. [11]. В исследование включено 28 пациентов, пролеченных в период с 2015 по 2021 г., которым выполнена эзофагэктомия с интерпозицией толстой кишки в связи с невозможностью применения желудочного стебля в качестве трансплантата. Метод с использованием ICG применен у 15 (54%) из 28 пациентов. Введение препарата осуществлялось непосредственно перед формированием анастомоза путем внутривенной болюсной инъекции из расчета 0,1 мг на 1 кг массы тела. С целью оценки визуального контроля использовалась система Spy-phi (Stryker). Средняя продолжительность хирургического вмешательства в группах статистически значимо не различалась и составила 372±99 мин в при использовании дополнительного метода оценки кровотока толстокишечного трансплантата и 399±113 мин без использования (p=0,85).

Авторы продемонстрировали результаты анализа частоты несостоятельности анастомоза, а именно в 20% (3/15) случаев у пациентов с использованием дополнительного метода оценки перфузии толстокишечного трансплантата и в 31% (4/13) случаев у пациентов без применения ICG (3 случая несостоятельности и 1 случай некроза кишки) (p=0,67). Отмечено также у 3 пациентов группы с использованием флюоресцентной визуализации интраоперационное изменение сегмента кишки для формирования анастомоза по причине выявления гипоперфузии кровотока.

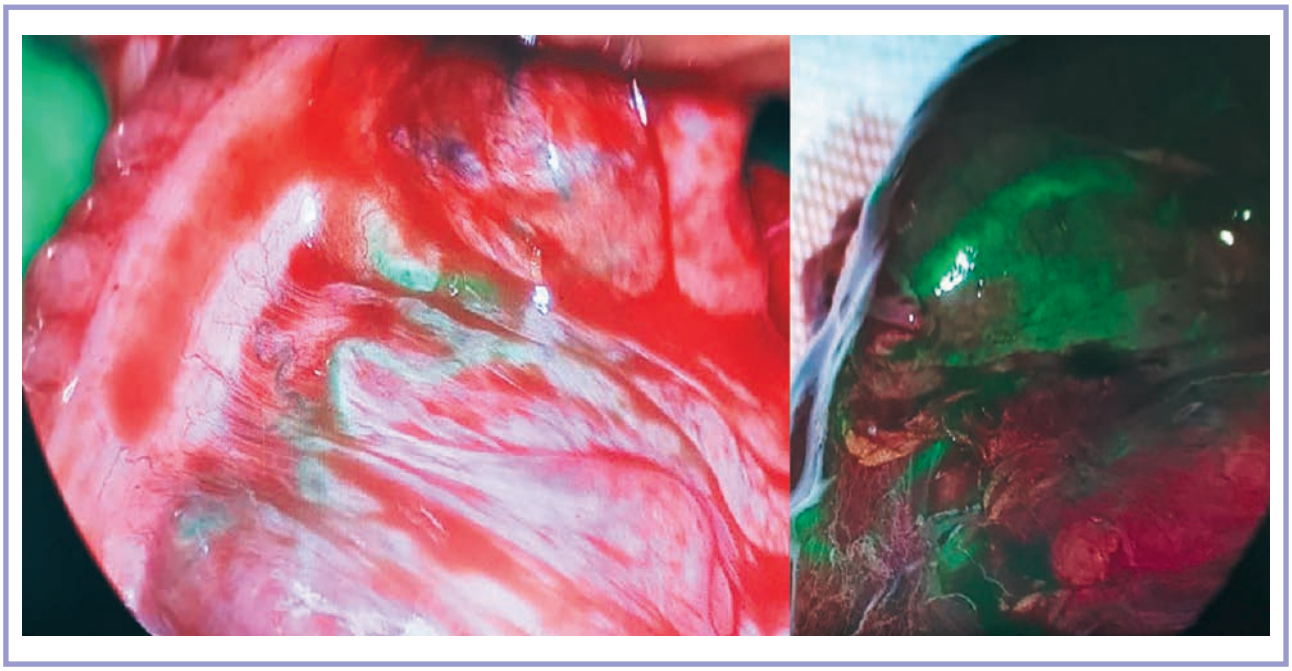


Рис. 3. **Применение флюоресцентной визуализации в ближнем инфракрасном диапазоне с использованием индоцианина зеленого (дистальный край трансплантата).**
Fig. 3. **Near-infrared fluorescence imaging with indocyanine green (distal graft edge).**

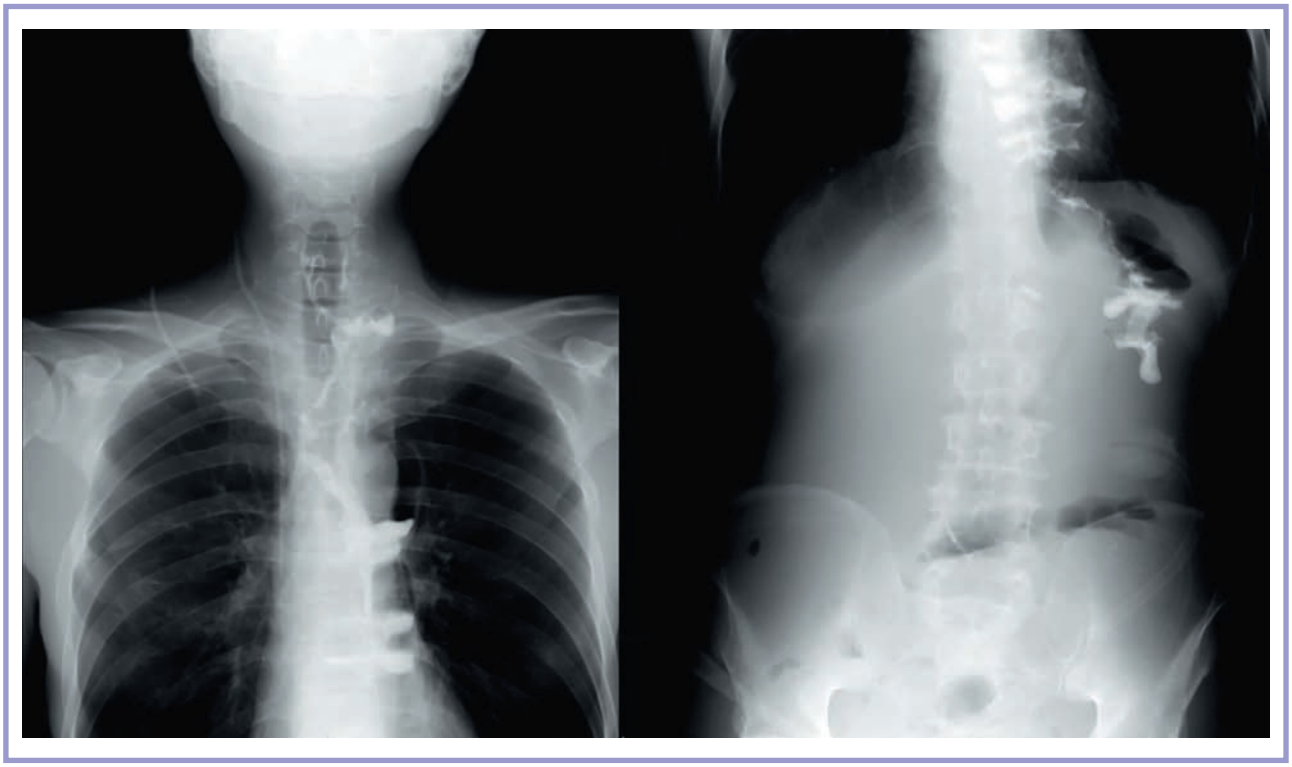


Рис. 4. **Результаты рентгеноскопии пищевода с водорастворимым контрастом.**
Сформированные эзофагоколоанастомоз, кологастроанастомоз состоятельны, свободно проходимы. Эвакуация своевременная, видимые сегменты тонкой кишки обычного диаметра.

Fig. 4. **Contrast-enhanced fluoroscopy of the esophagus.**
Patent esophagocolonic anastomosis and cologastrostomy with timely evacuation; normal diameter of visible small intestine segments.

Авторы пришли к выводу, что использование ICG является безопасным, простым и осуществимым методом оценки перфузии кровотока при интерпозиции толстой кишки, и препарат можно применять с целью уменьшения риска ишемии и некроза трансплантата.

Заключение

Использование флюоресцентной визуализации с применением индоцианина зеленого является простым, безопасным и воспроизводимым методом оценки перфузии трансплантата при реконструктивной хирургии пищевода. Недостаточная перфузия толстокишечного трансплантата может указывать на необходимость принятия дополнительных мер во время хирургического вмешательства с целью улучшения васкуляризации пластического материала, что позволяет избежать последующих послеоперационных осложнений, вызванных ишемией и некрозом кондуита. Приведенный нами клинический пример подчеркивает преимущества флюоресцентной визуализации в случаях толстокишечной пластики при операциях на пищеводе.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Athanasiou A, Hennessy M, Spartalis E, Tan BHL, Griffiths EA. Conduit necrosis following esophagectomy: An up-to-date literature review. *World Journal of Gastrointestinal Surgery*. 2019;11(3):155-168. https://doi.org/10.4240/wjgs.v11.i3.155
2. Рябов А.Б., Хомяков В.М., Колобаев И.В., Черемисов В.В., Ермошина А.Д., Ратушный М.В. Отсроченная колоэзофагопластика в сложных клинических ситуациях. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2016;(2):33-38.
Ryabov AB, Khomyakov VM, Kolobaev IV, Cheremisov VV, Ermoshina AD, Ratushny MV. Delayed coloesophagoplasty in difficult clinical situations. *Hirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2016;(2):33-38. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/hirurgia2016233-38
3. Kassis ES, Kosinski AS, Ross P Jr, Koppes KE, Donahue JM, Daniel VC. Predictors of anastomotic leak after esophagectomy: an analysis of the society of thoracic surgeons general thoracic database. *Annals of Thoracic Surgery*. 2013;96(6):1919-1926. https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.07.119
4. Tsekov C, Belyaev O, Tcholakov O, Tcherveniakov A. Intraoperative Doppler assessment of gastric tube perfusion in esophagogastroplasty. *Journal of Surgical Research*. 2006;132(1):98-103. https://doi.org/10.1016/j.jss.2005.07.037
5. Ladak F, Dang JT, Switzer N, Mocanu V, Tian C, Birch D, Turner SR, Karmali S. Indocyanine green for the prevention of anastomotic leaks following esophagectomy: a meta-analysis. *Surgical Endoscopy*. 2019;33(2):384-394. https://doi.org/10.1007/s00464-018-6503-7
6. Van Daele E, Van Nieuwenhove Y, Ceelen W, Vanhove C, Braeckman BP, Hoorens A, Van Limmen J, Varin O, Van de Putte D, Willaert W, Pattyn P. Near-infrared fluorescence guided esophageal reconstructive surgery: A systematic review. *World Journal of Gastrointestinal Surgery*. 2019;11(3):250-263. https://doi.org/10.4251/wjgo.v11.i3.250
7. Casas MA, Angeramo CA, Bras Harriott C, Dreifuss NH, Schlottmann F. Indocyanine green (ICG) fluorescence imaging for prevention of anastomotic leak in totally minimally invasive Ivor Lewis esophagectomy: a systematic review and meta-analysis. *Diseases of the Esophagus*. 2022;35(4):doab056. https://doi.org/10.1093/dote/doab056
8. Thomas P, Fuentes P, Giudicelli R, Reboud E. Colon interposition for esophageal replacement: current indications and long-term function. *Annals of Thoracic Surgery*. 1997;64(3):757-764. https://doi.org/10.1016/s0003-4975(97)00678-4
9. Wiesel O, Shaw JP, Ramjist J, Brichkov I, Sherwinter DA. The use of fluorescence imaging in colon interposition for esophageal replacement: A technical note. *Journal of Laparoendoscopic and Advanced Surgical Techniques. Part A*. 2020;30(2):103-109. https://doi.org/10.1089/lap.2019.0244
10. Gupta R, Madaan V, Kumar S, Govil D. Indocyanine green enhanced near-infrared fluorescence imaging for perfusion assessment of colonic conduit for esophageal replacement: Utility of a novel technique. *Journal of Postgraduate Medicine*. 2021;67(3):168-170.
11. Joosten JJ, Gisbertz SS, Heineman DJ, Daams F, Eshuis WJ, van Berge Henegouwen MI. The role of fluorescence angiography in colonic interposition after esophagectomy. *Diseases of the Esophagus*. 2023;36(5):doac076. https://doi.org/10.1093/dote/doac076

Поступила 13.10.2023
Received 13.10.2023
Принята к печати 30.10.2023
Accepted 30.10.2023