

Возможности ICG-флуоресцентной визуализации лимфатических узлов при радикальной цистэктомии у пациентов с раком мочевого пузыря

В.Н. Павлов, М.Ф. Урманцев✉, М.Р. Бакеев

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа, Россия

Аннотация

«Золотым стандартом» лечения агрессивных форм рака мочевого пузыря выступает радикальная цистэктомия. Важным этапом является проведение тазовой лимфаденэктомии. Данная процедура имеет решающее значение для стадирования опухолевого процесса, определения тактики лечения и улучшения результатов оперативного вмешательства. В настоящее время активно развивается концепция сигнального лимфатического узла (ЛУ), позволяющая снизить необходимый уровень диссекции ЛУ таза. Уменьшение количества резецированных ЛУ повышает уровень хирургической безопасности пациента. Ведущим способом интраоперационной визуализации сигнальных ЛУ предстает флуоресценция индоцианином зеленым в ближнем инфракрасном диапазоне спектра. Перспективы данного метода диагностики при радикальной цистэктомии у больных раком мочевого пузыря определяют вектор будущих научных исследований в этой области.

Ключевые слова: рак мочевого пузыря, радикальная цистэктомия, тазовая лимфаденэктомия, сигнальный лимфатический узел, ICG-флуоресценция, обзор

Для цитирования: Павлов В.Н., Урманцев М.Ф., Бакеев М.Р. Возможности ICG-флуоресцентной визуализации лимфатических узлов при радикальной цистэктомии у пациентов с раком мочевого пузыря. Современная Онкология. 2022;24(4):454–457. DOI: 10.26442/18151434.2022.4.201874

© ООО «КОНСИЛИУМ МЕДИКУМ», 2022 г.

REVIEW

Opportunities of ICG-fluorescent imaging of lymph nodes during radical cystectomy in patients with bladder cancer: A review

Valentin N. Pavlov, Marat F. Urmantsev✉, Marat R. Bakeev

Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

Abstract

Today, the "golden standard" for the treatment of aggressive forms of bladder cancer is radical cystectomy. An important stage is the pelvic lymphadenectomy. This procedure is crucial for staging the tumor process, determining the subsequent treatment tactics and improving the results of surgery. Currently, the concept of a signaling lymph node (LN) is actively developing, which allows reducing the necessary level of dissection of the pelvic LN. Reducing the number of resected LN increases the level of surgical safety of the patient. The leading method of intraoperative visualization of signal LN is the fluorescence of indocyanine green in the near infrared range of the spectrum. The prospects of this diagnostic method for radical cystectomy in patients with bladder cancer determine the vector of future scientific research in this area.

Keywords: bladder cancer, radical cystectomy, pelvic lymphadenectomy, signal lymph node, ICG fluorescence, review

For citation: Pavlov VN, Urmantsev MF, Bakeev MR. Opportunities of ICG-fluorescent imaging of lymph nodes during radical cystectomy in patients with bladder cancer: A review. Journal of Modern Oncology. 2022;24(4):454–457. DOI: 10.26442/18151434.2022.4.201874

Информация об авторах / Information about the authors

✉ **Урманцев Марат Фаязович** – канд. мед. наук, доц. каф. урологии с курсом Института дополнительного профессионального образования, доц. каф. онкологии с курсами онкологии и патологической анатомии Института дополнительного профессионального образования, зав. онкологическим отделением клиники ФГБОУ ВО БГМУ. E-mail: urmantsev85@mail.ru; ORCID: 0000-0002-4657-6625; SPIN-код: 3506-7753

Павлов Валентин Николаевич – чл.-кор. РАН, д-р мед. наук, проф., зав. каф. урологии с курсом Института дополнительного профессионального образования, ректор ФГБОУ ВО БГМУ. E-mail: pavlov@bashgmu.ru; ORCID: 0000-0003-2125-4897; SPIN-код: 2799-6268

Бакеев Марат Радикович – студент ФГБОУ ВО БГМУ. E-mail: m.r.bakeev@bk.ru; ORCID: 0000-0002-4160-2820

✉ **Marat F. Urmantsev** – Cand. Sci. (Med.), Bashkir State Medical University. E-mail: urmantsev85@mail.ru; ORCID: 0000-0002-4657-6625; SPIN code: 3506-7753

Valentin N. Pavlov – D. Sci. (Med.), Prof., Corr. Memb. RAS, Bashkir State Medical University. E-mail: pavlov@bashgmu.ru; ORCID: 0000-0003-2125-4897; SPIN code: 2799-6268

Marat R. Bakeev – Student, Bashkir State Medical University. E-mail: m.r.bakeev@bk.ru; ORCID: 0000-0002-4160-2820

Введение

Тазовая лимфаденэктомия при раке мочевого пузыря

Общепризнанным мировым стандартом лечения мышечно-инвазивной формы рака мочевого пузыря (РМП) признана радикальная цистэктомия (РЦ) [1]. В настоящее время существует 3 основных методики выполнения данного оперативного вмешательства – открытая, лапароскопическая и робот-ассистированная. Несмотря на различия в способах доступа и технических аспектах, одним из ключевых моментов всех видов РЦ выступает тазовая лимфаденэктомия (ТЛАЭ). Как известно, причиной большинства смертей при злокачественных новообразованиях являются метастазы, при этом в первую очередь поражаются регионарные лимфатические узлы (ЛУ) [2–4]. Идентификация опухолевой инвазии в регионарных ЛУ таза при РМП имеет важное прогностическое значение. Гистологическое исследование ЛУ также позволяет определить стадию опухолевого процесса и необходимость адъювантной терапии [5]. Самым надежным методом оценки метастатического поражения ЛУ при РМП до сих пор остается ТЛАЭ.

Онкоурологическое сообщество проводит большое количество исследований, целью которых является изучение целесообразности, объема и границ ТЛАЭ при различных вариантах РМП. В настоящее время существует обычная (стандартная) и расширенная ТЛАЭ, лимфодиссекции при которых выполняют до уровня бифуркации общих подвздошных сосудов и бифуркации аорты или нижней брыжечной артерии соответственно [6]. В то же время не всем пациентам необходима абсолютная регионарная лимфодиссекция. С этой целью разработана концепция о сторожевом (сигнальном) ЛУ (СЛУ). СЛУ является первым ЛУ, расположенным на пути оттока лимфы от злокачественного новообразования. Концепция СЛУ основана на гипотезе о том, что при отсутствии метастатического поражения первично-дренирующего ЛУ опухолевые клетки не поражают оставшиеся регионарные ЛУ [7]. СЛУ выступает в роли своеобразного барьера на пути распространения злокачественного процесса. Особенностью РМП является огромная вариабельность путей лимфооттока, в связи с чем картирование СЛУ становится определяющим фактором при выполнении ТЛАЭ [5]. Отсутствие необходимости для расширенной, а в некоторых случаях и стандартной ТЛАЭ может позволить снизить риски развития интра- и послеоперационных осложнений, а также уменьшить время оперативного вмешательства.

Значительная перспектива концепции СЛУ и возможность перехода от ТЛАЭ к «точечной» резекции представили серьезную задачу о способах идентификации пораженных метастазами ЛУ. За последнее десятилетие большую популярность приобрел способ интраоперационной оптической визуализации в ближнем инфракрасном диапазоне [8]. В данной методике используют краситель индоцианин зеленый (indocyanine green – ICG), который обеспечивает флуоресценцию СЛУ в случае их поражения [8, 9]. Технология визуализации в ближнем инфракрасном диапазоне интегрирована в современные эндовидеохирургические системы и успешно применяется при операциях на желудочно-кишечном тракте, желчном пузыре и органах малого таза [10–15]. На данном этапе накоплено достаточное количество информации о применении ICG-флуоресценции у пациентов с РМП.

ICG-флуоресценция в эндоскопической хирургии

ICG, трикарбоцианин, является флуоресцентным маркером. Представляет собой водорастворимое вещество с пиком спектрального поглощения при 806 нм и с пиком эмиссионной флуоресценции при 830 нм [16]. История данного соединения начинается с 1959 г., когда Управление по контролю пищевых продуктов и лекарств в США одобрило его применение при ангиографии, – с тех пор ICG использовали в разных областях медицины. ICG визуализируется благодаря флуоресценции в ближнем инфракрасном диапазоне (применяется в роботических хирургических системах da Vinci®, оснащенных технологией Firefly®).

При внутривенном введении ICG быстро связывается с альбуминами плазмы (95%) и почти мгновенно визуализируется в сосудистой сети и органах-мишенях. Большой проблемой эффективного использования флуоресцирующих веществ являлась сопутствующая фоновая аутофлуоресценция компонентов крови, таких как гемоглобин эритроцитов и вода. Преимущество ICG обусловлено характерной для него способностью испускать свет в ближнем инфракрасном диапазоне спектра ($\lambda=600–900$ нм), в котором отсутствует фоновая аутофлуоресценция. При этом для адекватного определения флуоресценции в ближнем инфракрасном диапазоне суммарная глубина проникновения ICG в ткань варьирует от 0,5 до 1,5 см [17, 18]. При подслизистом введении ICG диффундирует в лимфатическую систему, где связывается с липопротеинами и дренируется через лимфатические сосуды и узлы. В связи с этим ICG предстал перспективным маркером для картирования СЛУ [16].

Противопоказанием для применения ICG является аллергия на йод, который в небольшом количестве содержится в веществе. В аспекте других осложнений ни одно исследование не выявило какого-либо влияния ICG на канцерогенез, мутагенез и нарушение фертильности. Следует помнить о лекарственных веществах, которые могут снизить максимальную абсорбцию ICG, к таким соединениям относят бисульфат натрия, содержащий во многих гепариновых производных [16, 17].

Отдельного внимания заслуживает применение у беременных женщин. ICG относится к категории С для беременных, в связи с чем требуются дальнейшие исследования в этой области. Согласно рекомендациям Управления по контролю пищевых продуктов и лекарств в США стандартная доза ICG варьирует в зависимости от возраста: взрослые получают 5,0 мг, а дети и новорожденные – 2,5 и 1,25 мг соответственно. Суммарная доза должна быть менее 2 мг/кг. При урологических вмешательствах рекомендуется разводить ICG в стерильной воде для получения раствора с концентрацией вещества 2,5 мг/мл, который можно использовать для внутривенного или интраурального введения [16, 18].

ICG-флуоресценция нашла применение во многих областях абдоминальной хирургии и хирургии органов малого таза. Различные способы введения красителя позволяют использовать его для визуализации и дифференциации многих органов и тканей. В настоящее время ICG применяют для картирования СЛУ при злокачественных опухолях пищевода, желудка, толстой кишки, мочевого пузыря, предстательной железы, шейки матки, эндометрия и яичников [10–15, 19–22]. При этом исследователи отмечают высокую чувствительность данного метода интраоперационной визуализации, что подтверждается гистологической верификацией опухолевой инвазии в большинстве резецированных СЛУ.

Анализируя данные, для картирования СЛУ оптимальным способом является перитуморозная инъекция ICG, благодаря чему флуоресценция достигается в течение 15–30 мин [23]. Другим направлением применения ICG-визуализации в ближнем инфракрасном диапазоне выступает интраоперационное обнаружение различных типов опухолей. ICG можно использовать для диагностики гепатобилиарных опухолей, среди которых – метастазы в печени, холангиокарцинома и гепатоцеллюлярная карцинома [24–28]. Есть также данные об успешном применении данной технологии при дифференциации различных типов опухолей надпочечников [29–31]. Исследователи оценивали различия в перфузии между здоровыми и опухолевыми тканями, что позволило провести интраоперационную диагностику злокачественных новообразований. Следующей важной областью применения ICG-флуоресценции выступает визуализация структур, повреждения которых в пределах анатомически «опасных» областей способствуют возникновению серьезных интра- и послеоперационных осложнений. В настоящее время с этой целью идентифицируют желчные протоки и мочеточники [32–35]. Вместе с этим ICG используют для оценки тканевой перфузии при выполнении желудочно-пищеводных и колоректальных анастомозов [36–39] и при сегментэктомиях печени [40, 41].

ICG-визуализация ЛУ у пациентов с РМП

Современный подход к лечению наиболее агрессивных форм РМП подразумевают выполнение РЦ с ТЛАЭ. При этом этап ТЛАЭ увеличивает время операции и может спровоцировать развитие таких послеоперационных осложнений, как застой лимфы, боли в малом тазу, сдавление мочеоточника, развитие инфекционного процесса [42]. РМП характеризуется большой вариабельностью паттернов лимфооттока, что затрудняет процесс картирования СЛУ [43]. В связи с данным фактом ICG-визуализация облегчает процесс идентификации СЛУ. В нескольких исследованиях продемонстрировано успешное применение флуоресценции в ближнем инфракрасном диапазоне при лимфодиссекции СЛУ у пациентов с РМП.

В своем исследовании В. Schaafsma и соавт. изучали достоверность метода интраоперационной ICG-флуоресцентной визуализации СЛУ при РМП с определением наиболее эффективной методики доставки красителя. В эксперименте приняли участие 20 пациентов с мышечно-инвазивной формой РМП. Авторы сравнивали методы цистоскопической инъекции слизистой оболочки мочевого пузыря и внутрибрюшной серозной инъекции. Результаты работы показали преимущество цистоскопической инъекции слизистой оболочки с растяжением мочевого пузыря. Данный метод ICG-флуоресценции позволил диагностировать СЛУ *in vivo* в 11 (92%) из 12 случаев. Исследователи также отметили будущую перспективу метода подслизистого введения ICG, который позволит уменьшить частоту ложноотрицательных случаев и поможет визуализировать более подробную схему лимфооттока при РМП [44].

В другом значимом исследовании W. Polom и соавт. проводили биопсию СЛУ в группе из 47 пациентов, сравнивая методы ICG-визуализации и радиоколлаидной диагностики. У всех пациентов СЛУ, выявленные с помощью радиоколлаида, соответствовали таковым при ICG-флуоресценции. Однако в 12 (25,6%) из 47 случаев с помощью ICG идентифицировано больше СЛУ. В заключение авторы указали на высокую диагностическую ценность и легкость выполнения ICG-флуоресцентной визуализации, но среди недостатков отметили небольшую глубину проникновения в ткани и большее по сравнению с радиоколлаидом количество ложноположительных ЛУ [5].

Т. Матпу и соавт. в своей работе изучали интраоперационную ICG-визуализацию опухоли мочевого пузыря, идентификацию СЛУ при РМП, а также мезентериальную ангиографию. Флуоресценция опухолевой ткани и картирование СЛУ достигнуты у 9 (90%) из 10 пациентов. При этом данная методика обладала чувствительностью 75% и специфичностью 52%. ICG-флуоресцентная ангиография оказалась успешной у 8 (100%) из 8 пациентов. Авторы отметили надежность и безопасность интраоперационной ICG-визуализации у пациентов с РМП [45]. Флуоресценция в ближнем инфракрасном диапазоне может стать основным методом визуализации СЛУ при РЦ у пациентов с РМП. Учитывая прогностическую ценность лимфодиссекции при РМП, картирование ЛУ с помощью ICG-визуализации обладает большим потенциалом [46].

Заключение

В заключение следует отметить перспективу развивающегося направления флуоресцентной хирургии. Дополнительные методы интраоперационной диагностики оказывают серьезную помощь при выполнении как рутинных, так и технически сложных оперативных вмешательств. Метод ICG-флуоресцентной визуализации продемонстрировал свою эффективность и безопасность во многих разделах хирургии. Текущее состояние онкоурологических вмешательств требует минимизации периоперационных рисков и индивидуализации оказываемого лечения. Шаблонное выполнение ТЛАЭ не соответствует современным требованиям компетентной онкологической помощи. В связи с этим интраоперационная ICG-визуализация может стать главным предиктором успешного лечения и улучшения качества жизни у пациентов с РМП. Безусловно, гарантом увеличения выживаемости и снижения смертности выступают низкие послеоперационные осложнения. Лимфодиссекция СЛУ под контролем ICG-флуоресценции начинает составлять серьезную конкуренцию стандартной и расширенной ТЛАЭ в аспекте минимизации осложнений. Визуализация в ближнем инфракрасном диапазоне не ограничивается картированием СЛУ при РМП. Уже сейчас можно наблюдать активное применение данного способа для интраоперационной верификации опухолей, оценки состоятельности анастомозов и определения границ резекций. В ближайшем будущем методы флуоресцентной визуализации прочно войдут в состав большинства лапароскопических и робот-ассистированных операций.

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure of interest. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи. В.Н. Павлов – формирование концепции, анализ данных литературы; М.Ф. Урманцев – анализ данных литературы, написание обзора; М.Р. Бакеев – анализ данных литературы, написание обзора.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All 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 and agree to be accountable for all aspects of the work. V.N. Pavlov – concept formulation, literature data analysis; M.F. Urmantsev – literature data analysis, review writing; M.R. Bakeev – literature data analysis, review writing.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

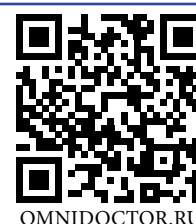
ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Witjes JA, Compérat E, Cowan NC, et al. EAU guidelines on muscle-invasive and metastatic bladder cancer: summary of the 2013 guidelines. *Eur Urol*. 2014;65(4):778–92.
- Mehlen P, Puisieux A. Metastasis: a question of life or death. *Nat Rev Cancer*. 2006;6(6):449–58.
- Nguyen DX, Bos PD, Massagué J. Metastasis: from dissemination to organ-specific colonization. *Nat Rev Cancer*. 2009;9(4):274–84.
- Pini G, Matin SF, Suardi N, et al. Robot assisted lymphadenectomy in urology: pelvic, retroperitoneal and inguinal. *Minerva Urol Nefrol*. 2017;69(1):38–55.
- Polom W, Markuszewski M, Cytawa W, et al. Fluorescent Versus Radioguided Lymph Node Mapping in Bladder Cancer. *Clin Genitourin Cancer*. 2017;15(3):e405–9.
- Leissner J, Ghoneim MA, Abol-Enein H, et al. Extended radical lymphadenectomy in patients with urothelial bladder cancer: results of a prospective multicenter study. *J Urol*. 2004;171(1):139–44.
- Inoue S, Shiina H, Mitsui Y, et al. Identification of lymphatic pathway involved in the spread of bladder cancer: Evidence obtained from fluorescence navigation with intraoperatively injected indocyanine green. *Can Urol Assoc J*. 2013;7(5–6):E322–8.
- Polom K, Murawa D, Rho YS, et al. Current trends and emerging future of indocyanine green usage in surgery and oncology: a literature review. *Cancer*. 2011;117(21):4812–22.

9. Xiong L, Gazyakan E, Yang W, et al. Indocyanine green fluorescence-guided sentinel node biopsy: a meta-analysis on detection rate and diagnostic performance. *Eur J Surg Oncol*. 2014;40(7):843-9.
10. Абоян И.А., Пакус Д.И., Пакус С.М., и др. Робот-ассистированная тазовая лимфаденэктомия с использованием ICG-диагностики у пациентов с раком предстательной железы. *Онкоурология* 2018;14(3):51-7 [Aboyan IA, Pakus DI, Pakus SM, et al. Robot-assisted pelvic lymph node dissection using ICG testing in patients with prostate cancer. *Onkourologiya = Cancer Urology*. 2018;14(3):51-7 (in Russian)].
11. Imboden S, Papadia A, Nauwerk M, et al. A Comparison of Radiocolloid and Indocyanine Green Fluorescence Imaging. Sentinel Lymph Node Mapping in Patients with Cervical Cancer Undergoing Laparoscopic Surgery. *Ann Surg Oncol*. 2015;22(13):4198-203.
12. Papadia A, Imboden S, Siegenthaler F, et al. Laparoscopic Indocyanine Green Sentinel Lymph Node Mapping in Endometrial Cancer. *Ann Surg Oncol*. 2016;23(7):2206-11.
13. Hachey KJ, Gilmore DM, Armstrong KW, et al. Safety and feasibility of near-infrared image-guided lymphatic mapping of regional lymph nodes in esophageal cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016;152(2):546-54.
14. Kinami S, Oonishi T, Fujita J, et al. Optimal settings and accuracy of indocyanine green fluorescence imaging for sentinel node biopsy in early gastric cancer. *Oncol Lett*. 2016;11(6):4055-2.
15. Currie AC, Brigg A, Thomas-Gibson S, et al. A pilot study to assess near infrared laparoscopy with indocyanine green (ICG) for intraoperative sentinel lymph node mapping in early colon cancer. *Eur J Surg Oncol*. 2017;43(11):2044-51.
16. Pathak RA, Hemal AK. Intraoperative ICG-fluorescence imaging for robotic-assisted urologic surgery: current status and review of literature. *Int Urol Nephrol*. 2019;51(5):765-71.
17. Schaafsma BE, Mieog JS, Hutteman M, et al. The clinical use of indocyanine green as a near-infrared fluorescent contrast agent for image-guided oncologic surgery. *J Surg Oncol*. 2011;104(3):323-32.
18. Schols RM, Bouvy ND, van Dam RM, Stassen LP. Advanced intraoperative imaging methods for laparoscopic anatomy navigation: an overview. *Surg Endosc*. 2013;27(6):1851-9.
19. Chennamsetty A, Zhumkhawala A, Tobis SB, et al. Lymph node fluorescence during robot-assisted radical prostatectomy with indocyanine green: prospective dosing analysis. *Clin Genitourin Cancer*. 2017;15(4):e529-34.
20. Buda A, Bussi B, Di Martino G, et al. Sentinel lymph node mapping with near-infrared fluorescent imaging using indocyanine green: a new tool for laparoscopic platform in patients with endometrial and cervical cancer. *J Minim Invasive Gynecol*. 2016;23(2):265-9.
21. Buda A, Dell'Anna T, Vecchione F, et al. Near-infrared sentinel lymph node mapping with indocyanine green using the VITOM II ICG exoscope for open surgery for gynecologic malignancies. *J Minim Invasive Gynecol*. 2016;23(4):628-32.
22. Buda A, Passoni P, Corrado G, et al. Near-infrared fluorescence-guided sentinel node mapping of the ovary with indocyanine green in a minimally invasive setting: a feasible study. *J Minim Invasive Gynecol*. 2017;24(1):165-70.
23. van Manen L, Handgraaf HJM, Diana M, et al. A practical guide for the use of indocyanine green and methylene blue in fluorescence-guided abdominal surgery. *J Surg Oncol*. 2018;118(2):283-300.
24. Ishizawa T, Masuda K, Urano Y, et al. Mechanistic background and clinical applications of indocyanine green fluorescence imaging of hepatocellular carcinoma. *Ann Surg Oncol*. 2014;21(2):440-8.
25. Aoki T, Yasuda D, Shimizu Y, et al. Image-guided liver mapping using fluorescence navigation system with indocyanine green for anatomical hepatic resection. *World J Surg*. 2008;32(8):1763-7.
26. Boogerd LS, Handgraaf HJ, Lam HD, et al. Laparoscopic detection and resection of occult liver tumors of multiple cancer types using real-time near-infrared fluorescence guidance. *Surg Endosc*. 2017;31(2):952-61.
27. Peloso A, Franchi E, Canepa MC, et al. Combined use of intraoperative ultrasound and indocyanine green fluorescence imaging to detect liver metastases from colorectal cancer. *HPB (Oxford)*. 2013;15(12):928-34.
28. Abo T, Nanashima A, Tobinaga S, et al. Usefulness of intraoperative diagnosis of hepatic tumors located at the liver surface and hepatic segmental visualization using indocyanine green-photodynamic eye imaging. *Eur J Surg Oncol*. 2015;41(2):257-64.
29. DeLong JC, Chakedis JM, Hosseini A, et al. Indocyanine green (ICG) fluorescence-guided laparoscopic adrenalectomy. *J Surg Oncol*. 2015;112(6):650-3.
30. Sound S, Okoh AK, Bucak E, et al. Intraoperative tumor localization and tissue distinction during robotic adrenalectomy using indocyanine green fluorescence imaging: a feasibility study. *Surg Endosc*. 2016;30(2):657-62.
31. Manny TB, Pompeo AS, Hemal AK. Robotic partial adrenalectomy using indocyanine green dye with near-infrared imaging: the initial clinical experience. *Urology*. 2013;82(3):738-42.
32. Dip F, Roy M, Lo Menzo E, et al. Routine use of fluorescent incisionless cholangiography as a new imaging modality during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc*. 2015;29(6):1621-6.
33. Dip FD, Asbun D, Rosales-Velderrain A, et al. Cost analysis and effectiveness comparing the routine use of intraoperative fluorescent cholangiography with fluoroscopic cholangiogram in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc*. 2014;28(6):1838-43.
34. Siddighi S, Yune JJ, Hardesty J. Indocyanine green for intraoperative localization of ureter. *Am J Obstet Gynecol*. 2014;211(4):436.e1-2.
35. Lee Z, Moore B, Giusto L, Eun DD. Use of indocyanine green during robot-assisted ureteral reconstructions. *Eur Urol*. 2015;67(2):291-8.
36. Kumagai Y, Ishiguro T, Haga N, et al. Hemodynamics of the reconstructed gastric tube during esophagectomy: assessment of outcomes with indocyanine green fluorescence. *World J Surg*. 2014;38(1):138-43.
37. Koyanagi K, Ozawa S, Oguma J, et al. Blood flow speed of the gastric conduit assessed by indocyanine green fluorescence: new predictive evaluation of anastomotic leakage after esophagectomy. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(30):e4386.
38. Watanabe J, Ota M, Suwa Y, et al. Evaluation of the intestinal blood flow near the rectosigmoid junction using the indocyanine green fluorescence method in a colorectal cancer surgery. *Int J Colorectal Dis*. 2015;30(3):329-35.
39. Kin C, Vo H, Welton L, Welton M. Equivocal effect of intraoperative fluorescence angiography on colorectal anastomotic leaks. *Dis Colon Rectum*. 2015;58(6):582-7.
40. Inoue Y, Arita J, Sakamoto T, et al. Anatomical liver resections guided by 3-dimensional parenchymal staining using fusion indocyanine green fluorescence imaging. *Ann Surg*. 2015;262(1):105-11.
41. Kawaguchi Y, Nomura Y, Nagai M, et al. Liver transection using indocyanine green fluorescence imaging and hepatic vein clamping. *Br J Surg*. 2017;104(7):898-906.
42. Котов С.В., Простомолотов А.О. Симптоматические лимфатические кисты после онкоурологических операций на органах малого таза и влияние их анатомической локализации на клиническую картину. *Вестник урологии*. 2020;8(4):72-9 [Kotov SV, Prostomolotov AO. Symptomatic lymphatic cysts after oncurological operations on the pelvic organs and influence of their anatomical localization on the clinical appearance. *Urology Herald*. 2020;8(4):72-9 (in Russian)].
43. Hurler R, Naspro R. Pelvic lymphadenectomy during radical cystectomy: a review of the literature. *Surg Oncol*. 2010;19(4):208-20.
44. Schaafsma BE, Verbeek FP, Elzevier HW, et al. Optimization of sentinel lymph node mapping in bladder cancer using near-infrared fluorescence imaging. *J Surg Oncol*. 2014;110(7):845-50.
45. Manny TB, Hemal AK. Fluorescence-enhanced robotic radical cystectomy using unconjugated indocyanine green for pelvic lymphangiography, tumor marking, and mesenteric angiography: the initial clinical experience. *Urology*. 2014;83(4):824-9.
46. Patel MN, Hemal AK. Molecular Targeted Fluorescence-Guided Intraoperative Imaging of Bladder Cancer Nodal Drainage Using Indocyanine Green During Radical and Partial Cystectomy. *Curr Urol Rep*. 2016;17(10):74.

Статья поступила в редакцию / The article received: 10.04.2022

Статья принята к печати / The article approved for publication: 29.11.2022



OMNIDOCTOR.RU