

DOI: 10.18027/2224-5057-2023-13-1-17-23

Цитирование: Павлов В. Н., Урманцев М. Ф., Бакеев М. Р. Возможности ICG-флуоресцентной визуализации лимфатических узлов у больных раком мочевого пузыря. Злокачественные опухоли ; 13 (1) : 17–23.

ВОЗМОЖНОСТИ ICG-ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ У БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ

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

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

«Золотым стандартом» лечения агрессивных форм рака мочевого пузыря является радикальная цистэктомия. Важным этапом является проведение тазовой лимфаденэктомии. Данная процедура имеет решающее значение для стадирования опухолевого процесса, определения последующей тактики лечения и улучшения результатов оперативного вмешательства. В настоящее время активно развивается концепция сигнального лимфатического узла, позволяющая снизить необходимый уровень диссекции лимфатических узлов таза. Уменьшение количества резецированных лимфатических узлов повышает уровень хирургической безопасности пациента. Ведущим способом интраоперационной визуализации сигнальных лимфатических узлов 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, ICG-флуоресценция, радикальная цистэктомия

ВВЕДЕНИЕ

Тазовая лимфаденэктомия при раке мочевого пузыря общепризнанным мировым стандартом лечения мышечно-инвазивной формы рака мочевого пузыря (РМП) является радикальная цистэктомия (РЦ) [1]. В настоящее время существуют три 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 [2–4]. Идентификация опухолевой инвазии в регионарных лимфатических узлах таза при РМП имеет важное прогностическое значение. Также гистологическое исследование лимфатических узлов позволяет определить стадию опухолевого процесса и составить план адъювантной терапии [5]. Самым надежным способом для оценки метастатического поражения лимфатических узлов 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 выполняются до уровня бифуркации общих

подвздошных сосудов и бифуркации аорты или нижней брыжеечной артерии, соответственно [6]. В то же время, не для всех пациентов необходима абсолютная регионарная лимфодиссекция. С этой целью была разработана концепция о сторожевом (сигнальном) лимфатическом узле (СЛУ). СЛУ является первым лимфатическим узлом, расположенном на пути оттока лимфы от злокачественного новообразования. Концепция СЛУ основана на гипотезе о том, что при отсутствии метастатического поражения первично-дренирующего лимфоузла опухолевые клетки не поражают оставшиеся регионарные лимфатические узлы [7]. СЛУ выступает в роли своеобразного барьера на пути распространения злокачественного процесса. В настоящее время картирование СЛУ при РМП становится определяющим фактором при выполнении ТЛАЭ [5]. Отсутствие необходимости выполнения 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 «точной» резекции представили серьезную задачу о способах идентификации пораженных метастазами лимфатических узлов. За последнее десятилетие большую популярность приобрел способ интраоперационной оптической визуализации в ближнем инфракрасном диапазоне [8]. В данной методике используется краситель индоцианин зеленый (indocyanine green —

Обзоры и аналитика

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 FDA одобрило его применение при ангиографии, с тех пор ICG нашел применение 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 ($\lambda = 600\text{--}900$ нм), в котором отсутствует фоновая аутофлуоресценция. При этом для адекватного определения флуоресценции в ближнем инфракрасном диапазоне суммарная глубина проникновения ICG в ткани 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, содержащийся 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 области использования этого соединения беременными. Согласно рекомендациям FDA, стандартная доза ICG варьирует в зависимости от возраста: взрослые получают 5,0 мг, а дети и новорожденные получают 2,5 мг и 1,25 мг соответственно. Суммарная доза должна быть

менее 2 мг/кг. При урологических вмешательствах рекомендуется разведение ICG в стерильной воде для получения раствора с концентрацией вещества 2,5 мг/мл, который можно использовать для внутривенного или интрамурального 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 применяется 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 говорят о высокой чувствительности данного метода интраоперационной визуализации, что подтверждается гистологической верификацией опухолевой инвазии в большинстве резецированных СЛУ. Анализируя имеющиеся данные, можно прийти к выводу, что для картирования СЛУ оптимальным способом является перитуморозная инъекция ICG, благодаря чему флуоресценция достигается в течение 15–30 минут [23]. Одним из других направлений 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]. Также имеются данные об успешном применении данной технологии при дифференциации различных типов опухолей надпочечников [30–31]. 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 используется для оценки тканевой перфузии при выполнении желудочно-пищеводных и колоректальных анастомозов [36–39] и сегментэктомиях печени [40,41].

ПРИМЕНЕНИЕ ICG-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ У ПАЦИЕНТОВ С РАКОМ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ

Современный подход к лечению наиболее агрессивных форм рака мочевого пузыря подразумевают выполнение РЦ с ТЛАЭ. При этом этап ТЛАЭ увеличивает время операции и может спровоцировать развитие послеоперационных осложнений, таких как лимфостаз, боли в малом тазу, сдавление мочеточника, возникновение инфекционного процесса [42]. РМП характеризуется большой вариабельностью паттернов лимфооттока, что затрудняет процесс

картирования СЛУ [43]. В связи с данным фактом применение ICG-визуализации облегчает процесс идентификации СЛУ. В нескольких исследованиях было продемонстрировано успешное применение флуоресценции в ближнем инфракрасном диапазоне при выполнении лимфодиссекции у пациентов с РМП.

Schaafsma et al. в своем исследовании изучали метод интраоперационной флуоресцентной визуализации СЛУ при раке мочевого с помощью красителя ICG. Одной из задач исследователей являлась определение надежной и безопасной методики доставки красителя. В эксперименте приняли участие 20 пациентов с мышечно-инвазивной формой рака мочевого пузыря. Авторы сравнивали методы цистоскопической инъекции слизистой оболочки мочевого пузыря и интраперитонеальной серозной инъекции. При этом после цистоскопического введения препарата части пациентов в течение 15 минут оставляли наполненным физиологическим раствором мочевого пузыря с целью улучшения лимфодренажа. В результате был сделан вывод о преимуществе цистоскопической инъекции слизистой оболочки мочевого пузыря с последующим принудительным наполнением. Данный метод ICG-флуоресценции позволил диагностировать СЛУ *in vivo* в 11 из 12 случаев (92%). В обсуждении авторы заявили о трудностях диагностики паттернов лимфооттока при РМП в рутинной практике, которые зависят от локализации и типа опухоли, а также особенностей кровоснабжения органов малого таза. Интраоперационная флуоресценция позволяет контролировать процесс доставки красителя и его распространение в режиме реального времени, учитывая состояние злокачественного новообразования и анатомические особенности данной области. Также исследователи высказались о будущей перспективе метода подслизистого введения ICG с принудительным наполнением мочевого пузыря, который позволит уменьшить частоту ложноотрицательных случаев и поможет визуализировать более подробную схему лимфооттока при РМП [44].

Интраоперационная ICG-визуализация опухоли мочевого пузыря, идентификация СЛУ при РМП, а также мезентериальная ангиография изучалась в работе Mannu et al. Флуоресценция опухолевой ткани и картирование СЛУ были достигнуты у 9 из 10 пациентов (90%). При этом данная методика обладала чувствительностью 75% и специфичностью 52%. ICG-флуоресцентная ангиография оказалась успешной у 8 из 8 пациентов (100%). Авторы отметили надежность и безопасность интраоперационной ICG-визуализации у пациентов с РМП [45]. В другом исследовании Polom et al. проводили биопсию СЛУ в группе из 47 пациентов с РМП, сравнивая методы ICG-визуализации и радиоколлоидной диагностики. У всех пациентов СЛУ, выявленные с помощью радиоколлоида, соответствовали таковым при ICG-флуоресценции. Однако в 12 из 47 случаев (25,6%) с помощью ICG было идентифицировано больше СЛУ. Исследователи отметили, что ICG-визуализация показывает большее, по сравнению с радиоколлоидной диагностикой, количество

ложноположительных лимфатических узлов. При этом интраоперационная ICG-визуализация оказалась удобной для определения путей лимфооттока мочевого пузыря и позволила определить труднодоступные при ТЛАЭ лимфатические узлы. В заключении авторы отметили высокую диагностическую ценность и легкость выполнения ICG-визуализации, но среди недостатков отметили небольшую глубину проникновения в ткани [5]. Флуоресценция в ближнем инфракрасном диапазоне может стать основным методом визуализации СЛУ при радикальной цистэктомии у пациентов с РМП. Учитывая прогностическую ценность лимфодиссекции при РМП, картирование лимфатических узлов с использованием ICG-визуализации обладает большим потенциалом [46].

Определенные трудности при диагностике лимфатических узлов мочевого пузыря и других органов малого таза обусловлены вариантами паттернов лимфооттока. Данные различия объясняются особенностями анатомии данной области, вариациями отхождения кровоснабжающих органов сосудов и сопутствующих их венозных стволов. Большое количество важных с оперативной точки зрения малых пространств в пределах подбрюшинного слоя малого таза требуют надежной интраоперационной навигации. Одна из крупных работ, посвященных изучению паттернов лимфооттока при РМП, была проведена Roth et al. В исследовании приняли участие 60 пациентов с диагнозом РМП. Всем пациентам проводили цистоскопическую инъекцию технецием слизистой оболочки мочевого пузыря и в дальнейшем с помощью предоперационной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) в сочетании с компьютерной томографией (КТ) определяли расположение патологических лимфатических узлов. При проведении цистэктомии интраоперационно также визуализировались дополнительные пораженные лимфатические узлы с использованием гамма-зонда. Важным этапом являлось проведение ТЛАЭ, по результатам которой ретроспективно (по данным гистологической картины) оценивались выделенные лимфатические узлы. В результате авторы сделали вывод о необходимости комплексного подхода к визуализации метастатических лимфатических узлов при РМП, так как шаблонная ТЛАЭ затрагивает только до 50% от всех пораженных лимфатических узлов [47]. Использование ICG-визуализации может позволить решить ряд важных технических вопросов на этапе первичной зрительной визуализации и мобилизации лимфатических узлов, что при РМП позволяет сохранять принципы абластики и хирургической безопасности.

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

Обзоры и аналитика

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-диагностика 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 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, оценке состоятельности анастомозов и определения границ резекций. В ближайшем будущем методы флуоресцентной визуализации прочно войдут в комплекс большинства лапароскопических и робот-ассистированных операций.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Валентин Н. Павлов, акад. РАН, д. м. н., профессор, ректор Университета, заведующий кафедры урологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа, Республика Башкортостан, e-mail: pavlov@bashgmu.ru

Марат Ф. Урманцев, к. м. н., доцент кафедры урологии, с курсом ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, доцент кафедры онкологии с курсами онкологии и патологической анатомии ИДПО ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа, Республика Башкортостан, e-mail: urmantsev85@mail.ru

Марат Р. Бакеев, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа, Республика Башкортостан, e-mail: m.r.bakeev@bk.ru

DOI: 10.18027/2224-5057-2023-13-1-17-23

For citation: Pavlov V. N., Urmantsev M. F., Bakeev M. R. ICG fluorescence imaging for the evaluation of lymph nodes in bladder cancer. Malignant Tumors ; 13 (1) : 17–23 (In Russ.).

ICG FLUORESCENCE IMAGING FOR THE EVALUATION OF LYMPH NODES IN BLADDER CANCER

V. N. Pavlov, M. F. Urmantsev, M. R. Bakeev

Bashkir State Medical University, Ufa, The Republic of Bashkortostan

Radical cystectomy is the gold standard treatment for aggressive bladder cancer. Pelvic lymphadenectomy is an important step. This procedure is crucial for the cancer staging, determination of further treatment strategy, and optimization of surgical outcomes. Currently, the sentinel lymph node concept is being actively developed, which allows to reduce the required extent of pelvic lymph node dissection. Decrease in number of removed pelvic lymph node improves surgical safety of the patient. Indocyanine green near-infrared fluorescence is the main approach to the intraoperative visualization of sentinel lymph nodes. The prospects of this diagnostic technique application in radical cystectomy performed for bladder cancer determine the vector of future scientific research in this area.

Key words: bladder cancer, ICG fluorescence, radical cystectomy

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valentin N. Pavlov, Academician of the Russian Academy of Sciences, the University Rector, the Head of the Urology Department with the Course of the Institute of Postgraduate Education of Bashkir State Medical University, Ufa, The Republic of Bashkortostan, e-mail: pavlov@bashgmu.ru

Marat F. Urmantsev, MD, PhD, Assistant Professor of the Department of Urology, Assistant Professor of the Department of Oncology with the Course of Oncology and Anatomical Pathology, Bashkir State Medical University, Ufa, The Republic of Bashkortostan, e-mail: urmantsev85@mail.ru

Marat R. Bakeev, Bashkir State Medical University, Ufa, The Republic of Bashkortostan, e-mail: m.r.bakeev@bk.ru

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Witjes JA, Compérat E, Cowan NC, De Santis M, Gakis G, Lebre T, et al. EAU guidelines on muscle-invasive and metastatic bladder cancer : summary of the 2013 guidelines. *Eur Urol*. 2014 ; 65 (4) : 778–792.
2. Mehlen P, Puisieux A. Metastasis : a question of life or death. *Nat Rev Cancer* 2006 ; 6 : 449–58.
3. Nguyen DX, Bos PD, Massagué J. Metastasis : from dis semination to organ-specific colonization. *Nat Rev Cancer* 2009 ; 9 : 274–84.
4. Pini G, Marin SF, Suardi N, Desai M, Gill I, Porter J, et al. Robot assisted lymphadenectomy in urology : pelvic, retroperitoneal and inguinal. *Minerva Urol Nefrol* 2017 ; 69 : 38–55.
5. Polom W, Markuszewski M, Cytawa W, Czapiewski P, Lass P, Matuszewski M. Fluorescent Versus Radioguided Lymph Node Mapping in Bladder Cancer. *Clin Genitourin Cancer*. 2017 ; 15 (3) : e405-e409.
6. Leissner J, Ghoneim MA, Abol-Enein H, Thüroff JW, Franzaring L, Fisch M, et al. Extended radical lymphadenectomy in patients with urothelial bladder cancer : results of a prospective multicenter study. *J Urol* 2004 ; 171 : 139–44.
7. Inoue S, Shiina H, Mitsui Y, Yasumoto H, Matsubara A, Igawa M. 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-E328.
8. Polom K, Murawa D, Rho YS, Nowaczyk P, Hünerbein M, Murawa P. Current trends and emerging future of indocyanine green usage in surgery and oncology : a literature review. *Cancer* 2011 ; 117 : 4812–22.
9. Xiong L, Gazyakan E, Yang W, Engel H, Hünerbein M, Kneser U, et al. Indocyanine green fluorescence-guided sentinel node biopsy : a meta-analysis on detection rate and diagnostic performance. *Eur J Surg Oncol* 2014 ; 40 : 843–9.
10. Абоян И. А., Пакус Д. И., Пакус С. М., Грачев С. В., Березин К. В. Робот-ассистированная тазовая лимфаденэктомия с использованием ICG-диагностики у пациентов с раком предстательной железы. *Онкоурология* 2018 ; 14 (3) : 51–7. [Aboyan I. A., Pakus D. I., Pakus S. M., Grachev S. V., Berezin K. V. Robot-assisted pelvic lymph node dissection using ICG testing in patients with prostate cancer. *Onkourologiya = Cancer Urology* 2018 ; 14 (3) : 51–7.]
11. Imboden S, Papadia A, Nauwerk M, McKinnon B, Kollmann Z, Mohr S, 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) : 4198–4203.
12. Papadia A, Imboden S, Siegenthaler F, Gasparri ML, Mohr S, Lanz S, et al. Laparoscopic Indocyanine Green Sentinel Lymph Node Mapping in Endometrial Cancer. *Ann Surg Oncol*. 2016 ; 23 (7) : 2206–2211.
13. Hachey KJ, Gilmore DM, Armstrong KW, Harris SE, Hornick JL, Colson YL, 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 : 546–554.
14. Kinami S, Oonishi T, Fujita J, Tomita Y, Funaki H, Fujita H, et al. Optimal settings and accuracy of indocyanine green fluorescence imaging for sentinel node biopsy in early gastric cancer. *Oncol Lett*. 2016 ; 11 : 4055–4062.
15. Currie AC, Brigid A, Thomas-Gibson S, Suzuki N, Moorghen M, Jenkins JT, 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) : 2044–2051.
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) : 765–771.
17. Schaafsma BE, Mieog JS, Hutteman M, van der Vorst JR, Kuppen PJ, Löwik CW, 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) : 323–332.
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, Ruel N, Lau CS, Yamzon J, et al. Lymph node fluorescence during robot-assisted radical prostatectomy with indocyanine green : prospective dosing analysis. *Clin Genitourin Cancer*. 2017 ; 15 : e529-e534.
20. Buda A, Bussi B, Di Martino G, Di Lorenzo P, Palazzi S, Grassi T, 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 : 265–269.

Обзоры и аналитика

21. Buda A, Dell'Anna T, Vecchione F, Verri D, Di Martino G, Milani R. 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 : 628–632.
22. Buda A, Passoni P, Corrado G, Bussi B, Cutillo G, Magni S, 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 : 165–170.
23. van Manen L, Handgraaf HJM, Diana M, Dijkstra J, Ishizawa T, Vahrmeijer AL, 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, Kawaguchi Y, Satou S, Kaneko J, et al. Mechanistic background and clinical applications of indocyanine green fluorescence imaging of hepatocellular carcinoma. *Ann Surg Oncol.* 2014 ; 21 : 440–448.
25. Aoki T, Yasuda D, Shimizu Y, Odaira M, Niya T, Kusano T, et al. Image-guided liver mapping using fluorescence navigation system with indocyanine green for anatomical hepatic resection. *World J Surg.* 2008 ; 32 : 1763–1767.
26. Boogerd LS, Handgraaf HJ, Lam HD, Huurman VA, Farina-Sarasqueta A, Frangioni JV, 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 : 952–961.
27. Peloso A, Franchi E, Canepa MC, Barbieri L, Briani L, Ferrario J, et al. Combined use of intraoperative ultrasound and indocyanine green fluorescence imaging to detect liver metastases from colorectal cancer. *HPB.* 2013 ; 15 : 928–934.
28. Abo T, Nanashima A, Tobinaga S, Hidaka S, Taura N, Takagi K, 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 : 257–264.
29. DeLong JC, Chakedis JM, Hosseini A, Kelly KJ, Horgan S, Bouvet M. Indocyanine green (ICG) fluorescence-guided laparoscopic adrenalectomy. *J Surg Oncol.* 2015 ; 112 : 650–653.
30. Sound S, Okoh AK, Bucak E, Yigitbas H, Dural C, Berber E. Intraoperative tumor localization and tissue distinction during robotic adrenalectomy using indocyanine green fluorescence imaging : a feasibility study. *Surg Endosc.* 2016 ; 30 : 657–662.
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 : 738–742.
32. Dip F, Roy M, Lo Menzo E, Simpfendorfer C, Szomstein S, Rosenthal RJ. Routine use of fluorescent incisionless cholangiography as a new imaging modality during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc.* 2015 ; 29 : 1621–1626.
33. Dip FD, Asbun D, Rosales-Velderrain A, Lo Menzo E, Simpfendorfer CH, Szomstein S, 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 : 1838–1843.
34. Siddighi S, Yune JJ, Hardesty J. Indocyanine green for intraoperative localization of ureter. *Am J Obstet Gynecol.* 2014 ; 211 : 436e431–436e432.
35. Lee Z, Moore B, Giusto L, Eun DD. Use of indocyanine green during robot-assisted ureteral reconstructions. *Eur Urol.* 2015 ; 67 : 291–298.
36. Kumagai Y, Ishiguro T, Haga N, Kuwabara K, Kawano T, Ishida H. Hemodynamics of the reconstructed gastric tube during esophagectomy : assessment of outcomes with indocyanine green fluorescence. *World J Surg.* 2014 ; 38 : 138–143.
37. Koyanagi K, Ozawa S, Oguma J, Kazuno A, Yamazaki Y, Ninomiya Y, et al. Blood flow speed of the gastric conduit assessed by indocyanine green fluorescence : new predictive evaluation of anastomotic leakage after esophagectomy. *Medicine.* 2016 ; 95 : e4386.
38. Watanabe J, Ota M, Suwa Y, Suzuki S, Suwa H, Momiyama M, 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 : 329–335.
39. Kin C, Vo H, Welton L, Welton M. Equivocal effect of intraoperative fluorescence angiography on colorectal anastomotic leaks. *Dis Colon Rectum.* 2015 ; 58 : 582–587.
40. Inoue Y, Arita J, Sakamoto T, Ono Y, Takahashi M, Takahashi Y, et al. Anatomical liver resections guided by 3-dimensional parenchymal staining using fusion indocyanine green fluorescence imaging. *Ann Surg.* 2015 ; 262 : 105–111.
41. Kawaguchi Y, Nomura Y, Nagai M, Koike D, Sakuraoka Y, Ishida T, et al. Liver transection using indocyanine green fluorescence imaging and hepatic vein clamping. *Br J Surg.* 2017 ; 104 : 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) : 72–79. [Kotov S. V., Prostromolotov A. O. Symptomatic lymphatic cysts after oncurological operations on the pelvic organs and influence of their anatomical localization on the clinical appearance. *Vestnik Urologii.* 2020 ; 8 (4) : 72–79.].

43. Hurle R, Naspro R. Pelvic lymphadenectomy during radical cystectomy : a review of the literature. *Surg Oncol.* 2010 ; 19 : 208–220.
44. Schaafsma BE, Verbeek FP, Elzevier HW, Tummers QR, van der Vorst JR, Frangioni JV, et al. Optimization of sentinel lymph node mapping in bladder cancer using near-infrared fluorescence imaging. *J Surg Oncol.* 2014 ; 110 (7) : 845–850.
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) : 824–829.
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.
47. Roth B, Wissmeyer MP, Zehnder P, Birkhäuser FD, Thalmann GN, Krause TM et al. A new multimodality technique accurately maps the primary lymphatic landing sites of the bladder. *Eur Urol.* 2010 Feb ; 57 (2) : 205–11. doi: 10.1016/j.eururo. 2009.10.026.