

Современные технологии визуализации и интраоперационной навигации
в гепатопанкреатобилиарной хирургии
Modern technologies of visualization and intraoperative navigation
in hepatopancreatobiliary surgery

ISSN 1995-5464 (Print); ISSN 2408-9524 (Online)

<https://doi.org/10.16931/1995-5464.2025-2-57-64>

ICG-холангиография в оценке анатомии жёлчных протоков при выполнении холецистэктомии

Завражнов А.А.¹, Кащенко В.А.^{1, 2}, Стрижелецкий В.В.^{2, 3},
Рутенбург Г.М.^{2, 3, 4}, Султанова Ф.М.^{2, 3 *}

¹ Клиника высоких технологий “Белоостров” (ООО “Мой медицинский центр Высокие технологии”); 188651, Ленинградская область, с.п. Юкковское, тер. “Клиника «Белоостров»”, зд. 1, к. 1, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО “Санкт-Петербургский государственный университет”; 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9, Российская Федерация

³ СПбГБУЗ “Городская больница Святого великомученика Георгия”; 194214, г. Санкт-Петербург, Северный проспект, д. 1, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО “Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова” Минздрава России; 192177, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8, Российская Федерация

Цель. Оценить эффективность интеграции ICG-холангиографии в систему обеспечения безопасности при лапароскопической холецистэктомии для предотвращения повреждений внепеченочных желчных протоков за счет повышения точности анатомической навигации и уменьшения риска когнитивных искажений у хирургов.

Материал и методы. Проведен анализ современных литературных источников, посвященных повышению точности интраоперационной идентификации анатомических структур при лапароскопической холецистэктомии с применением флюоресцентной ICG-холангиографии. Осуществляли поэтапную фотофиксацию ключевых этапов 76 оперативных вмешательств, затем — экспертную оценку по балльной шкале, направленную на объективизацию соблюдения критериев хирургической безопасности.

Результаты. Внедрение концепции критического взгляда на безопасность (CVS) продемонстрировало высокую эффективность в профилактике ятрогенных повреждений. Однако достижение полного CVS не всегда возможно вследствие вариабельной анатомии и спаечных изменений. Методы навигационной хирургии и, в частности, ICG-холангиография являются перспективными инструментами повышения безопасности. Их применение способствует облегчению определения структур гепатобилиарной зоны, воздействуя на ключевые когнитивные механизмы, лежащие в основе хирургических ошибок. Представлен алгоритм типичной холецистэктомии с выполнением критериев CVS и интраоперационной ICG-флюоресцентной холангиографией.

Заключение. Обязательное соблюдение принципов безопасной лапароскопической холецистэктомии, включая CVS, позволяет существенно увеличить точность идентификации анатомических структур. Использование ICG-холангиографии способствует улучшению обнаружения ключевых анатомических структур, облегчая пространственную ориентацию хирурга и уменьшая вероятность ошибки. Таким образом, ICG-холангиография — ценный инструмент в концепции CVS, который следует рассматривать как важный элемент многоуровневой системы предотвращения повреждений внепеченочных желчных протоков.

Ключевые слова: желчный пузырь; желчный проток; лапароскопическая холецистэктомия; интраоперационная безопасность; ICG-холангиография; индоцианин зеленый

Ссылка для цитирования: Завражнов А.А., Кащенко В.А., Стрижелецкий В.В., Рутенбург Г.М., Султанова Ф.М. ICG-холангиография в оценке анатомии жёлчных протоков при выполнении холецистэктомии. *Анналы хирургической гепатологии*. 2025; 30 (2): 57–64. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2025-2-57-64>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ICG-cholangiography in assessing biliary tract anatomy during cholecystectomy

Zavrazhnov A.A.¹, Kashchenko V.A.^{1, 2}, Strizheletsky V.V.^{2, 3},
Rutenburg G.M.^{2, 3, 4}, Sultanova F.M.^{2, 3 *}

¹ BELOOSTROV Clinic of High Technologies (LLC “My Medical Center High Technologies”); 1-1, Yukkovskoe, Leningrad region, 188651, Russian Federation

² St. Petersburg University; 7–9, Universitetskaya Embankment, St. Petersburg, 199034, Russian Federation

³ City Hospital of the Holy Great Martyr George; 1, North Avenue, St. Petersburg, 194214, Russian Federation

⁴ Pavlov First Saint Petersburg State Medical University; 6–8, L'va Tolstogo str., St. Petersburg, 192177, Russian Federation

Aim. To evaluate the effectiveness of integrating ICG-cholangiography into the safety system during laparoscopic cholecystectomy for the prevention of extrahepatic bile duct injuries by improving the accuracy of anatomical navigation and reducing the risk of cognitive biases in surgeons.

Materials and methods. An analysis of current literature was conducted, with a particular focus on improving the accuracy of intraoperative identification of anatomical structures during laparoscopic cholecystectomy using fluorescent ICG-cholangiography. Step-by-step photographic documentation of key stages was performed in 76 surgical procedures, followed by expert evaluation using a scoring system aimed at objectively assessing compliance with surgical safety criteria.

Results. The implementation of the Critical View of Safety (CVS) concept demonstrated high effectiveness in preventing iatrogenic injuries. However, achieving complete CVS is not always possible due to anatomical variability and adhesions. Navigation-assisted surgical methods, particularly ICG-cholangiography, represent promising tools for enhancing surgical safety. Their use facilitates the identification of hepatobiliary structures by influencing key cognitive mechanisms underlying surgical errors. An algorithm for a typical cholecystectomy meeting CVS criteria and incorporating intraoperative ICG-fluorescent cholangiography is presented.

Conclusion. Strict compliance with the principles of safe laparoscopic cholecystectomy, including the Critical View of Safety (CVS), significantly improves the accuracy of identification of anatomical structures. The use of ICG-cholangiography enhances the detection of key anatomical landmarks, facilitates the surgeon's spatial orientation, and reduces the likelihood of error. Thus, ICG-cholangiography is a valuable tool within the CVS concept and should be considered an important component of a multi-level system for preventing extrahepatic bile duct injuries.

Keywords: gallbladder; bile duct; laparoscopic cholecystectomy; intraoperative safety; ICG-cholangiography; indocyanine green

For citation: Zavrazhnov A.A., Kashchenko V.A., Strizheletsky V.V., Rutenburg G.M., Sultanova F.M. ICG-cholangiography in assessing biliary tract anatomy during cholecystectomy. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB surgery*. 2025; 30 (2): 57–64. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2025-2-57-64> (In Russian)

The authors declare no conflict of interest.

● Введение

Повреждение желчевыводящих путей остается одним из наиболее серьезных осложнений в гепатобилиарной хирургии, особенно при лапароскопической холецистэктомии (ЛХЭ). Несмотря на совершенствование хирургической техники и развитие образовательных программ, частота повреждений желчных протоков сохраняется на уровне 0,3–0,7%, что значительно больше, чем при открытых вмешательствах [1]. Это осложнение может приводить к развитию билиарных стриктур, вторичного билиарного цирроза, требовать сложных реконструктивных операций или даже трансплантации печени.

В основе профилактики повреждения желчных путей во время холецистэктомии лежит понимание фундаментальных механизмов их развития. Принято считать, что сложная анатомия или недостаточный опыт хирурга приводят к трагическим ошибкам. Однако в основе боль-

шинства повреждений лежит ошибка в распознавании анатомического объекта. Когнитивная психология изучает, как мозг интерпретирует неполные искажения в зрительной информации. Наш мозг автоматически заполняет пробелы, чтобы создать цельную картину мира. Это называется эвристической обработкой информации. Мозг хирурга создает ложное восприятие анатомии, основываясь на ожиданиях. Даже если данные расходятся с реальностью, хирург может не заметить ошибки. Эти механизмы не зависят от уровня подготовки — даже опытные хирурги подвержены подобным ошибкам [2]. По данным ряда авторов, основной причиной ошибки в 97% ятрогенных повреждений оказалась зрительная иллюзия, тогда как технические ошибки были причиной только в 3% наблюдений. Ошибки знаний и суждений играли второстепенную роль. В 64 (25%) наблюдениях повреждение было замечено во время операции,

но только в 15 (6%) хирург смог предотвратить его развитие [3]. Наиболее частым механизмом ошибки была иллюзия формы объекта. Например, в 61% наблюдений (класс III) общий желчный проток (ОЖП) ошибочно принимали за пузырный проток, что приводило к его пересечению. Это было связано с особенностями восприятия формы хирургом.

Первый шаг в направлении профилактики ошибки восприятия анатомических объектов сделал S.M. Strasberg в 1995 г., предложив метод “критического вида безопасности” (Critical View of Safety, CVS) [4]. Концепция CVS представляет собой систему контроля безопасности, основанную на целевых параметрах, и предусматривает следующие ключевые позиции [1]. Первое – это диссекция пузырно-печеночного треугольника “пузырный проток – общий печеночный проток (ОПП) – печень”; второе – идентификация только двух трубчатых структур, идущих к желчному пузырю (ЖП) (идентификация ОЖП не обязательна); третье – мобилизация нижней части ЖП от печени и осмотр нижней трети его ложа (cystic plate). В классическом варианте необходимо представить передний (медиальный) и задний (латеральный) виды для оценки критериев CVS [5]. Концепция CVS нашла широкое применение в клинической практике ввиду эффективности в профилактике повреждения билиарных структур. Применение концепции CVS позволило уменьшить частоту желчеистечения с 1,4 до 0,5%. Однако стандартный осмотр при лапароскопии не всегда позволяет достичь необходимой четкости анатомических структур. Когда достижение CVS перепроверяли на записи из видеоархива, частота успеха оказалась крайне низкой (8–15,9%) [6].

Невозможность достижения критериев безопасности при всех вмешательствах требует поиска дополнительных решений. Одним из них может быть внедрение технологии навигационной хирургии и, в частности, флюоресцентной холангиографии с индоцианином зеленым (ИЦЗ, ICG), обеспечивающей отображение желчевыводящих путей в реальном времени. Доказана эффективность метода в уменьшении риска повреждения желчных протоков, и он уже включен в клинические рекомендации ведущими хирургическими сообществами [7]. Метод стали применять для осмотра желчевыводящих протоков не так давно, однако его истоки уходят в развитие флюоресцентной диагностики, контрастных агентов для гепатобилиарной системы и лапароскопической хирургии.

ИЦЗ был разработан в 1957 г. в Kodak Research Laboratories и предложен для клинического применения American Optical Company [8]. В 1959 г. FDA США одобрило его для медицинской диагностики [9]. Первоначально ИЦЗ применяли

для оценки функции сердечно-сосудистой системы и печени, поскольку он обладает уникальным свойством связываться с белками плазмы и выделяться исключительно печенью, не подвергаясь метаболизации. В 70-х годах его начали использовать для ангиографии сетчатки и других исследований сосудов [9]. С развитием лапароскопической хирургии в 80-х и 90-х годах появилась необходимость точной интраоперационной идентификации желчных протоков для уменьшения частоты их повреждений, особенно при ЛХЭ. Переломный момент в истории ICG-холангиографии произошел в 2005 г., когда группа исследователей из Токийского университета впервые описала возможность использования флюоресценции ИЦЗ для интраоперационной интерпретации анатомии билиарного тракта. В 2008 г. в Японии выполнили первую ЛХЭ с применением ICG-холангиографии. Вскоре после этого метод стал распространяться в Европе и США, где его преимущества были подтверждены в ряде клинических исследований, показавших большую точность определения анатомии желчных протоков до начала диссекции. В 10-е годы ICG-холангиография получила широкое распространение благодаря появлению инфракрасных (NIR) камер, интегрированных в лапароскопические и роботические хирургические системы. Это позволило хирургам получать в реальном времени четкое изображение желчевыводящих путей без необходимости введения катетера и применения рентгеновского оборудования. К 20-м годам ICG-холангиография стала стандартной вспомогательной технологией, используемой при ЛХЭ, резекциях печени и сложных билиарных реконструкциях.

● Материал и методы

Проведен анализ данных современной научной литературы по улучшению интраоперационной идентификации анатомических структур при выполнении ЛХЭ с ICG-холангиографией. Также интраоперационно 76 больным выполнили фотофиксацию всех этапов оперативного вмешательства с последующей балльной оценкой критериев безопасности.

● Результаты и обсуждение

Роль ICG-флюоресценции в концепции безопасной холецистэктомии. Важное место в концепции безопасной холецистэктомии занимает метод ICG-флюоресцентной идентификации желчных протоков. Флюоресцентная холангиография – это современный неинвазивный метод интраоперационного отображения билиарного тракта с помощью ИЦЗ. При использовании ИЦЗ во время ЛХЭ после внутривенного введения начинается накопление препарата в паренхиме печени, что обуславливает нарастающее

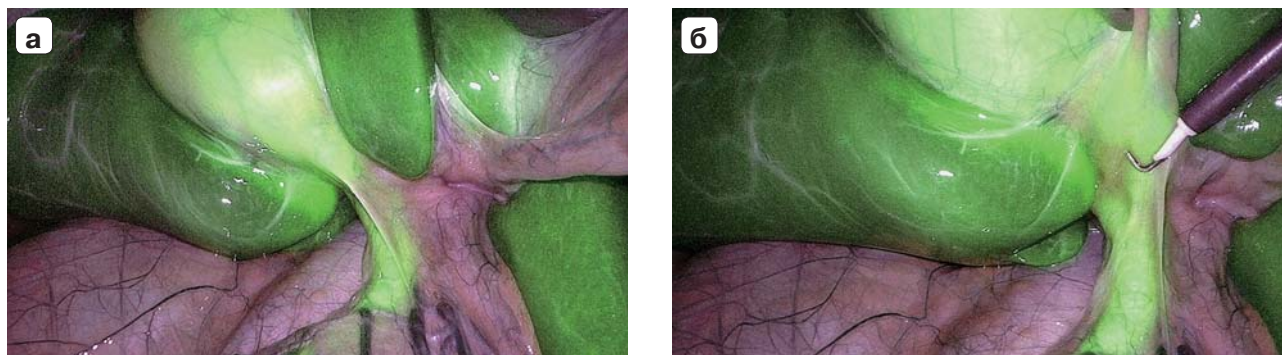


Рис. 1. Интраоперационное фото. Лапароскопия в флуоресцентном режиме. Контроль расположения магистральных желчных протоков: **а** — передний вид; **б** — задний вид.

Fig. 1. Intraoperative photo. Laparoscopy in fluorescence mode. Visualization of the main bile ducts: **a** — anterior view; **b** — posterior view.

свечение ткани органа. С 10–15-й минуты экскреция ИЦЗ с желчью приводит к свечению желчных протоков. Максимальная интенсивность свечения достигается ко 2–3-му часу и остается стабильно высокой в течение 6–10 ч. При этом происходит уменьшение свечения паренхимы печени, поскольку краситель полностью перемещается в желчные протоки [10, 11]. Во время ЛХЭ возможно применение билиарного и сосудистого флуоресцентного режима, что позволяет идентифицировать анатомические особенности расположения и желчных протоков, и сосудистых структур [12]. Преимущества метода:

1) возможность быстрой и безопасной идентификации атипичных вариантов билиарной и сосудистой анатомии в реальном времени (дополнительная пузырная артерия, дополнительный печеночный проток, aberrantный тип, киста ОЖП) [1, 13];

2) возможность диагностики синдрома Мириззи;

3) обеспечение безопасности работы в условиях перивезикального инфильтрата [12];

4) возможность применения метода при остром холецистите с учетом определенных ограничений [11];

5) профилактика оставления излишне длинной культи пузырного протока и связанных с этим осложнений;

6) контроль желчеистечения на всех этапах операции [14].

Техника флуоресцентной холангиографии. Лиофилизат препарата разводят в 10 мл стерильной воды для инъекций и вводят внутривенно 6 мл за 4–6 ч до плановой операции. Для выполнения срочной ЛХЭ экспозиция может быть сокращена, однако всегда следует стремиться ввести препарат как можно раньше в день операции. Интраоперационное введение ИЦЗ будет сопровождаться получением менее контрастной картины и может оказаться малоинформативным. Стандартная доза ИЦЗ при выполнении

холецистэктомии составляет 0,1–0,2 мг/кг. Метод отличается высокой чувствительностью [15, 16]. При необходимости идентификации пузырной артерии вводят 2–3 мл ИЦЗ в разведении 0,2 мг/мл/кг. Как правило, пузырная артерия становится видна через 20–40 с после введения, продолжительность флуоресценции артерии — 20–30 с [14].

Этапы безопасной ЛХЭ. Использование флуоресцентной навигации позволяет с первых минут оперативного вмешательства контролировать расположение магистральных желчных протоков. После этапа обзорной лапароскопии хирург включает режим флуоресцентной лапароскопии и оценивает индивидуальную анатомию пациента при различных вариантах позиционирования ЖП (рис. 1), намечая линию диссекции тканей в стороне от магистральных желчных протоков.

В соответствии с критериями S.M. Strasberg, первоначально выполняют диссекцию в области пузырно-печеночного треугольника и треугольника Кало. Это необходимо для поиска двух трубчатых структур, идущих к ЖП, — пузырного протока и пузырной артерии. Мобилизуют нижнюю часть ЖП от печени и осматривают нижнюю треть ложа ЖП — cystic plate. Во время оперативного вмешательства камеру поочередно переводят из режима белого света в инфракрасный, что позволяет контролировать расположение желчных протоков и обеспечивает безопасность диссекции. Фотофиксацию осуществляют в позиционировании переднего вида, когда выполняют тракцию за карман Хартмана вправо (рис. 2), и заднего вида, при тракции за карман Хартмана влево (рис. 3).

При анализе фотоизображений оценивают качество реализации критериев безопасности в баллах (таблица). Выполнение каждого из трех критериев оценивают присвоением 0, 1 или 2 баллов для переднего и заднего вида одновременно. Ноль баллов — требования по критерию

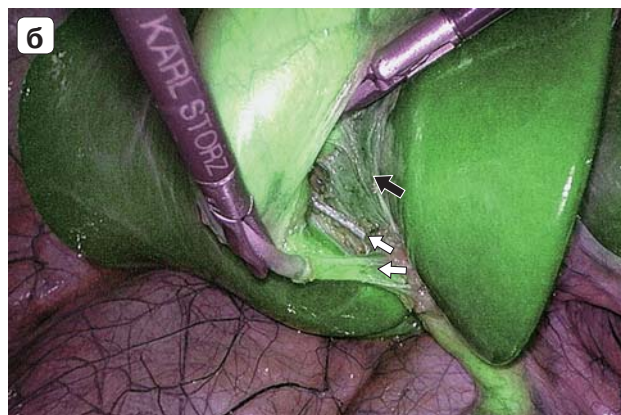
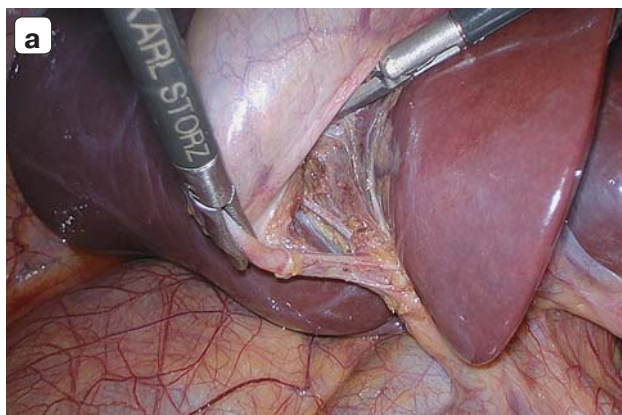


Рис. 2. Интраоперационное фото. Этап ЛХЭ. Демонстрация переднего вида критериев безопасности по S.M. Strasberg: **а** – при стандартном освещении; **б** – в режиме флюоресценции. Видны две трубчатые структуры, идущие к ЖП (белые стрелки), и мобилизованная нижняя треть ложа (cystic plate) (черная стрелка).

Fig. 2. Intraoperative photo. Stage of laparoscopic cholecystectomy. Critical view of safety criteria by S.M. Strasberg, anterior view: **a** – under standard lighting; **б** – in fluorescence mode. Two tubular structures leading to the gallbladder (white arrows) and the mobilized lower third of the cystic plate are visible (black arrows).

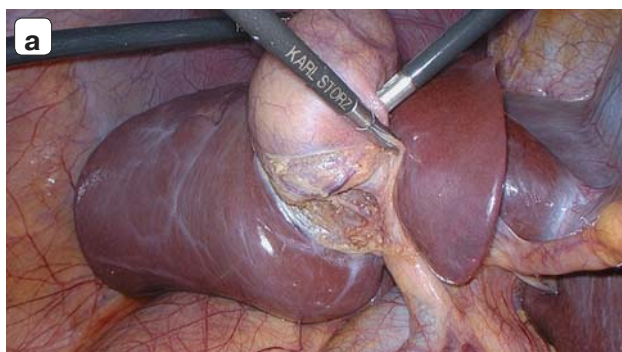


Рис. 3. Интраоперационное фото. Этап ЛХЭ. Демонстрация заднего вида критериев безопасности по S.M. Strasberg: **а** – при обычном освещении; **б** – в режиме флюоресценции. Видны две трубчатые структуры (белые стрелки), идущие к ЖП, и мобилизованная нижняя треть его ложа (черная стрелка).

Fig. 3. Intraoperative photo. Stage of laparoscopic cholecystectomy. Critical view of safety criteria by S.M. Strasberg, posterior view: **a** – under standard lighting; **б** – in fluorescence mode. Two tubular structures (white arrows) leading to the gallbladder and the mobilized lower third of the cystic plate are visible (black arrows).

Таблица. Оценка критериев безопасности на основе анализа интраоперационных фото

Table. Evaluation of safety criteria based on intraoperative photo analysis

Признак	Описание		
	0 баллов	1 балл	2 балла
Диссекция тканей пузырно-печеночного треугольника	Диссекция недостаточная, нечетко видны все анатомические объекты	Недостаточно широкая диссекция, основные анатомические объекты видны, но есть сомнения в отдельных деталях	Диссекция широкая и обеспечивает полную мобилизацию нижней трети ЖП и экспозицию всех необходимых для обеспечения безопасности анатомических структур
Отображение только 2 трубчатых структур, идущих к ЖП	Отображение нечеткое. Видна только 1 трубчатая структура. Появление 3-й структуры	Видны 2 трубчатые структуры, но нечетко	Четко видны только 2 трубчатые структуры
Мобилизация нижней части ЖП от печени и осмотр нижней трети его ложа	Нет	Мобилизация недостаточна, чтобы исключить возможность контакта с желчным протоком	Мобилизация достаточная, видно не менее нижней трети ложа ЖП



Рис. 4. Интраоперационное фото. Этап ЛХЭ. Уровень клипирования пузырного протока выбран под контролем флюоресценции.

Fig. 4. Intraoperative photo. Stage of laparoscopic cholecystectomy. The level of cystic duct clipping is selected under fluorescence guidance.



Рис. 5. Интраоперационное фото. Этап ЛХЭ. Контроль адекватности клипирования пузырного протока — отсутствие подтекания флюоресцирующей желчи.

Fig. 5. Intraoperative photo. Stage of laparoscopic cholecystectomy. Verification of adequate cystic duct clipping; no fluorescent bile leakage is observed.



Рис. 6. Интраоперационное фото. Этап ЛХЭ. Флюоресценция ЖП позволяет контрастнее представить оптимальную плоскость его диссекции из ложа.

Fig. 6. Intraoperative photo. Stage of laparoscopic cholecystectomy. Gallbladder fluorescence provides enhanced contrast for identifying the optimal dissection plane from the liver bed.



Рис. 7. Интраоперационное фото. Этап ЛХЭ. Контроль желчеистечения.

Fig. 7. Intraoperative photo. Stage of laparoscopic cholecystectomy. Bile leakage control.

не выполнены; 1 балл — требования выполнены частично; 2 балла — требования выполнены полностью для переднего и заднего вида. Достижение 6 баллов свидетельствует о высоком уровне безопасности вмешательства; ≤ 3 балла свидетельствует об опасной технике или анатомической ситуации, не позволившей реализовать основные этапы безопасного оперативного приема. Уровень клипирования пузырного протока и пузырной артерии также контролируют с помощью ICG-флюоресценции, чтобы не оставлять длинную культю пузырного протока (рис. 4, 5).

Метод ICG-флюоресценции также можно использовать на этапе отделения ЖП от ложа печени для определения границы ЖП и для обнаружения aberrантных протоков Люшка (рис. 6) [11]. В конце оперативного вмешательства осуществляют контрольный осмотр в инфракрасном свете для своевременной диагностики несостоятельности культи пузырного протока и наличия желчеистечения (рис. 7) [14].

Ограничением применения метода является недостаточное качество отображения при остром холецистите и при ожирении, т.е. когда глубокие внутрипеченочные или внепеченочные протоки покрыты окружающими органами и инфильтративно измененной тканью. При этом следует упомянуть о специально разработанном прозрачном устройстве из пластика, которым хирург может оказывать давление на ткани, что усиливает свечение [11]. Кроме того, при несоблюдении сроков введения препарата и его объема удовлетворительного отображения трубчатых структур достичь не удастся и информативность метода уменьшается.

Современные исследования направлены на совершенствование ICG-холангиографии, включая ее интеграцию с технологиями искусственного интеллекта для автоматического распознавания анатомии и использование в сочетании с методами дополненной реальности для оптимизации хирургической навигации.

● Заключение

Обязательное соблюдение принципов безопасной ЛХЭ, включая применение концепции CVS, позволяет существенно увеличить точность идентификации анатомических структур. Использование ICG-холангиографии способствует усилению визуального контроля ключевых анатомических структур, улучшению пространственной ориентации хирурга и уменьшению вероятности ошибки. Таким образом, ICG-холангиография представляет собой ценное дополнение к концепции CVS и может рассматриваться как важный элемент многоуровневой системы предотвращения повреждений внепеченочных желчных протоков.

Участие авторов

Завражнов А.А. — концепция и общий план исследования, ответственность за целостность всех частей статьи.

Кашенко В.А. — сбор и обработка материала, статистическая обработка данных.

Стрижелецкий В.В. — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи.

Рутенбург Г.М. — редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи.

Султанова Ф.М. — сбор и обработка материала, написание текста.

Authors contributions

Zavrazhnov A.A. — concept and general plan of the research, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Kashchenko V.A. — collection and processing of material, statistical analysis.

Strizheletsky V.V. — editing, approval of the final version of the article.

Rutenburg G.M. — editing, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Sultanova F.M. — collection and processing of material, writing text.

Список литературы [References]

1. Strasberg S.M., Hertl M., Soper N.J. An analysis of the problem of biliary injury during laparoscopic cholecystectomy. *J. Am. Coll. Surg.* 1995; 180 (1): 101–125.
2. Jin Y., Liu R., Chen Y., Liu J., Zhao Y., Wei A., Li Y., Li H., Xu J., Wang X., Li A. Critical view of safety in laparoscopic cholecystectomy: a prospective investigation from both cognitive and executive aspects. *Front. Surg.* 2022; 9: 946917. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.946917>
3. Way L.W., Stewart L., Gantert W., Liu K., Lee C.M., Whang K., Hunter J.G. Causes and prevention of laparoscopic bile duct injuries: analysis of 252 cases from a human factors and cognitive psychology perspective. *Ann. Surg.* 2003; 237 (4): 460–469. <https://doi.org/10.1097/01.SLA.0000060680.92690.E9>
4. Васильев А.Ю., Ратников В.А. Магнитно-резонансная холангиография в диагностике заболеваний желчевыводящих путей: практическое пособие. М.: Медицина, 2006. 200 с.

5. Vasiliev A.Yu., Ratnikov V.A. Magnetic resonance cholangiography in the diagnosis of biliary tract diseases: A practical guide. Moscow: Medicine, 2006. 200 p. (In Russian)
6. Zarin M., Khan M.A., Khan M.A., Shah S.A.M. Critical view of safety faster and safer technique during laparoscopic cholecystectomy? *Pak. J. Med. Sci.* 2018; 34 (3): 574–577. <https://doi.org/10.12669/pjms.343.14309>
7. Sgarrella L.I., Gurrado A., Pasculli A., de Angelis N., Memeo R., Prete F.P., Berti S., Ceccarelli G., Rigamonti M., Badessi F.G.A., Solari N., Milone M., Catena F., Scabini S., Vittore F., Perrone G., de Werra C., Cafiero F., Testini M. SYoN Italian Collaborative Group. The critical view of safety during laparoscopic cholecystectomy: Strasberg yes or no? An Italian multicentre study. *Surg. Endosc.* 2021; 35 (7): 3698–3708. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-07852-6>
8. Boni L., David G., Mangano A., Dionigi G., Rausei S., Spampatti S., Cassinotti E., Fingerhut A. Clinical applications of indocyanine green (ICG) enhanced fluorescence in laparoscopic surgery. *Surg. Endosc.* 2015; 29 (7): 2046–2055. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3895-x>
9. Alander J.T., Kaartinen I., Laakso A., Pätälä T., Spillmann T., Tuchin V.V., Venermo M., Välsuö P. A review of indocyanine green fluorescent imaging in surgery. *Int. J. Biomed. Imaging.* 2012; 2012: 940585. <https://doi.org/10.1155/2012/940585>
10. Reinhart M.B., Huntington C.R., Blair L.J., Heniford B.T., Augenstein V.A. Indocyanine green: historical context, current applications, and future considerations. *Surg. Innov.* 2016; 23 (2): 166–175. <https://doi.org/10.1177/1553350615604053>
11. Кашенко В.А., Лодыгин А.В., Тодидзе В.В., Богатиков А.А., Ахметов А.Д., Назаренко А.А., Коробицына А.М. Основные направления снижения риска осложнений хирургического лечения желчнокаменной болезни: концепция “безопасной холецистэктомии”. Клиническая больница. 2018; 4: 33–39.
12. Kashchenko V.A., Lodygin A.V., Toidze V.V., Bogatikov A.A., Akhmetov A.D., Nazarenko A.A., Korobitsyna A.M. The main ways to reduce the risk of complications of cholelithiasis treatment: safe cholecystectomy conception. The Hospital. 2018; 4: 33–39. (In Russian)
13. Scroggie D.L., Jones C. Fluorescent imaging of the biliary tract during laparoscopic cholecystectomy. *Ann. Surg. Innov. Res.* 2014; 8: 5. <https://doi.org/10.1186/s13022-014-0005-7>
14. Schols R.M., Bouvy N.D., Masclee A.A., van Dam R.M., Dejong C.H., Stassen L.P. Fluorescence cholangiography during laparoscopic cholecystectomy: a feasibility study on early biliary tract delineation. *Surg. Endosc.* 2013; 27 (5): 1530–1536. <https://doi.org/10.1007/s00464-012-2635-3>
15. Vlek S.L., van Dam D.A., Rubinstein S.M., de Lange-de Klerk E.S.M., Schoonmade L.J., Tuynman J.B., Meijerink W.J.H.J., Ankersmit M. Biliary tract visualization using near-infrared imaging with indocyanine green during laparoscopic cholecystectomy: results of a systematic review. *Surg. Endosc.* 2017; 31 (7): 2731–2742. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-5318-7>
16. Boni L., Macina S., David G., Cassinotti E., Fingerhut A. ICG-enhanced fluorescence-guided laparoscopic surgery. Tuttlingen, 2016. 20 p.
17. Buchs N.C., Pugin F., Azagury D.E., Jung M., Volonte F., Hagen M.E., Morel P. Real-time near-infrared fluorescent cholangiography could shorten operative time during robotic single-site cholecystectomy. *Surg. Endosc.* 2013; 27 (10): 3897–3901. <https://doi.org/10.1007/s00464-013-3005-5>
18. Dip F.D. Fluorescence imaging for surgeons: concepts and applications. Springer International Publishing, 2015. 360 p.

Сведения об авторах [Authors info]

Завражнов Анатолий Анатольевич — доктор мед. наук, профессор, главный врач Клиники высоких технологий “Белоостров” (ООО “Мой медицинский центр Высокие технологии”). <https://orcid.org/0000-0015889-5175>. E-mail: zaa.70@mail.ru

Кашенко Виктор Анатольевич — доктор мед. наук, профессор, заместитель главного врача по хирургии Клиники высоких технологий “Белоостров” (ООО “Мой медицинский центр Высокие технологии”); заведующий кафедрой факультетской хирургии Медицинского института ФГБОУ ВО СПбГУ. <https://orcid.org/0000-0002-4958-5850>. E-mail: surg122@yandex.ru

Стрижелецкий Валерий Викторович — доктор мед. наук, профессор, главный врач СПбГБУЗ “Городская больница Святого великомученика Георгия”; заведующий кафедрой общей хирургии Медицинского института ФГБОУ ВО СПбГУ. <https://orcid.org/0000-0002-1838-9961>. E-mail: strival@mail.ru

Рутенбург Григорий Михайлович — доктор мед. наук, профессор, главный хирург СПбГБУЗ “Городская больница Святого великомученика Георгия”; профессор кафедры общей хирургии Медицинского института ФГБОУ ВО СПбГУ; профессор кафедры хирургии факультетской с курсами лапароскопической и сердечно-сосудистой хирургии ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России. <https://orcid.org/0000-0002-9353-0769>. E-mail: gmrutenburg@mail.ru

Султанова Флора Миргалимовна — врач-хирург 3-го хирургического отделения Городского центра инновационных медицинских технологий, координатор учебного центра Российского общества эндоскопических хирургов СПбГБУЗ “Городская больница Святого великомученика Георгия”; ассистент кафедры общей хирургии Медицинского института ФГБОУ ВО СПбГУ. <https://orcid.org/0000-0003-1626-6025>. E-mail: florachka-b@mail.ru

Для корреспонденции *: Султанова Флора Миргалимовна — e-mail: dr.flora_sultanova@mail.ru

Anatoly A. Zavrazhnov — Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Physician of the BELOOSTROV Clinic of High Technologies. <https://orcid.org/0000-0015889-5175>. E-mail: zaa.70@mail.ru

Viktor A. Kashchenko — Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Chief Physician for Surgery, BELOOSTROV Clinic of High Technologies; Head of the Department of Faculty Surgery at the Medical Institute, St. Petersburg University. <https://orcid.org/0000-0002-4958-5850>. E-mail: surg122@yandex.ru

Valery V. Strizheletsky — Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Physician of the City Hospital of the Holy Great Martyr George; Head of the Department of General Surgery at the Medical Institute, St. Petersburg State University. <https://orcid.org/0000-0002-1838-9961>. E-mail: strival@mail.ru

Grigoriy M. Rutenburg — Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Surgeon of the City Hospital of the Holy Great Martyr George; Professor of the Department of General Surgery at the Medical Institute, St. Petersburg State University; Professor of the Faculty's Department of Surgery with Courses in Laparoscopic and Cardiovascular Surgery, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University. <https://orcid.org/0000-0002-9353-0769>. E-mail: gmrutenburg@mail.ru

Flora M. Sultanova — Surgeon of the 3rd Surgical Department of the State Center of Medical and Technical Medicine, Coordinator of the Training Center of the Russian Society of Endoscopic Surgery of the City Hospital of the Holy Great Martyr George; Assistant of the Department of General Surgery of the Medical Institute, St. Petersburg State University. <https://orcid.org/0000-0003-1626-6025>. E-mail: florachka-b@mail.ru

For correspondence *: Flora M. Sultanova — e-mail: dr.flora_sultanova@mail.ru

Статья поступила в редакцию журнала 8.04.2025.
Received 8 April 2025.

Принята к публикации 22.04.2025.
Accepted for publication 22 April 2025.