

Для цитирования: Невольских А.А., Авдеенко В.А., Резник И.П., Кукарская В.А., Агабабян Т.А., Почуев Т.П., Михалёва Ю.Ю., Зибиров Р.Ф., Гриневич В.Н., Орехов И.А., Синяев П.В., Евтехов И.А., Юдин А.А., Петров Л.О., Иванов С.А., Каприн А.Д. Оптимальная доза индоцианина зеленого для картирования лимфатического коллектора при выполнении Д3-лимфодиссекции под флуоресцентным контролем у пациентов с новообразованиями правой половины ободочной кишки. Сибирский онкологический журнал. 2025; 24(4): 5–19. – doi: 10.21294/1814-4861-2025-24-4-5-19

For citation: Nevolskikh A.A., Avdeenko V.A., Reznik I.P., Kukarskaya V.A., Agababyan T.A., Pochuev T.P., Mikhaleva Yu.Yu., Zibirov R.F., Grinevich V.N., Orekhov I.A., Sinyayev P.V., Evtehov I.A., Yudin A.A., Petrov L.O., Ivanov S.A., Kaprin A.D. Optimal indocyanine green dosage for lymphatic collector mapping during fluorescence-guided laparoscopic D3 lymph node dissection in patients with right colon cancer. Siberian Journal of Oncology. 2025; 24(4): 5–19. – doi: 10.21294/1814-4861-2025-24-4-5-19

ОПТИМАЛЬНАЯ ДОЗА ИНДОЦИАНИНА ЗЕЛЕННОГО ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ ЛИМФАТИЧЕСКОГО КОЛЛЕКТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ Д3-ЛИМФОДИССЕКЦИИ ПОД ФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ КОНТРОЛЕМ У ПАЦИЕНТОВ С НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ПРАВОЙ ПОЛОВИНЫ ОБОДОЧНОЙ КИШКИ

А.А. Невольских¹, В.А. Авдеенко¹, И.П. Резник¹, В.А. Кукарская²,
Т.А. Агабабян¹, Т.П. Почуев¹, Ю.Ю. Михалёва¹, Р.Ф. Зибиров¹,
В.Н. Гриневич¹, И.А. Орехов¹, П.В. Синяев¹, И.А. Евтехов¹, А.А. Юдин¹,
Л.О. Петров¹, С.А. Иванов^{1,3}, А.Д. Каприн^{3,4,5}

¹Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ
«Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России
Россия, 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, 10

²ГАУЗ СО «Свердловский областной онкологический диспансер»
Россия, 620000, г. Екатеринбург, ул. Соболева, 29

³ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»
Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

⁴ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России
Россия, 249036, г. Обнинск, ул. Королева, 4

⁵Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ
«Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России
Россия, 125284, г. Москва, 2-й Боткинский проезд, 3

Аннотация

Введение. Общепринятый подход к лечению рака правой половины ободочной кишки (РППОК) включает тотальную мезоколонэктомию (ТМКЭ) с послыным выделением органа и высокой перевязкой сосудов. Однако стандартизация объема лимфодиссекции отсутствует. В Европе чаще выполняют D2-лимфодиссекцию, а в Азии – D3-лимфодиссекцию с удалением апикальных лимфоузлов. Недостаточная визуализация лимфатической системы затрудняет оценку радикальности резекции без специализированных красителей. **Цель исследования** – оценка непосредственных результатов картирования регионарного лимфатического коллектора у больных РППОК с использованием индивидуального расчета дозы индоцианина зеленого (ICG). **Материал и методы.** В исследование включены 63 пациента с РППОК, которым в 2023–24 гг. выполнена лапароскопическая правосторонняя гемиколэктомия (ЛПГКЭ) с ТМКЭ и D3-лимфодиссекцией. Всем проводили колоноскопию с подслизистым введением

ICG проксимальнее и дистальнее опухоли. Доза ICG определялась эмпирически (группа 1, n=27) или индивидуально на основе площади висцерального жира (ПВЖ) по данным КТ (группа 2, n=36) – 1 мг/100 см² ПВЖ. Успешность картирования оценивали по пятиуровневой шкале. **Результаты.** Успешное картирование отмечено у 81,5 % пациентов группы 1 и у 100 % группы 2. Оптимальное картирование наблюдалось у 40,7 и 86,1 % соответственно ($p<0,001$). Частота осложнений составила 37,0 и 19,4 % ($p=0,156$), осложнения $\geq$ III степени – 7,2 и 2,8 % ($p=0,156$). Медиана исследованных лимфоузлов составила 46 и 53 ($p=0,054$), пораженных – 3 и 4 ($p=0,992$). **Заключение.** Индивидуальный расчет дозы ICG на основе ПВЖ целесообразен для достижения максимальной частоты успешного (100 %) и оптимального (86,1 %) картирования лимфатического коллектора при РПОК.

Ключевые слова: рак правой половины ободочной кишки, D3-лимфодиссекция, индоцианин зеленый, оптимальное картирование.

OPTIMAL INDOCYANINE GREEN DOSAGE FOR LYMPHATIC COLLECTOR MAPPING DURING FLUORESCENCE-GUIDED LAPAROSCOPIC D3 LYMPH NODE DISSECTION IN PATIENTS WITH RIGHT COLON CANCER

A.A. Nevolskikh¹, V.A. Avdeenko¹, I.P. Reznik¹, V.A. Kukarskaya²,
T.A. Agababyan¹, T.P. Pochuev¹, Yu.Yu. Mikhaleva¹, R.F. Zibirov¹,
V.N. Grinevich¹, I.A. Orekhov¹, P.V. Sinyaev¹, I.A. Evtehov¹, A.A. Yudin¹,
L.O. Petrov¹, S.A. Ivanov^{1,3}, A.D. Kaprin^{3,4,5}

¹A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia

10, Marshal Zhukov St., Obninsk, 249031, Russia

²Sverdlovsky Regional Oncological Dispensary

29, Soboleva St., Ekaterinburg, 620000, Russia

³RUDN University

6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russia

⁴National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of Russia

4, Koroleva St., Obninsk, 249036, Russia

⁵P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of Russia

3, 2nd Botkin passage, Moscow, 125284, Russia

Abstract

Introduction. The standard approach to treating patients with right colon cancer (RCC) is complete mesocolic excision (CME), the main criteria of which include consequent surgical separation by sharp dissection of the visceral fascia layer from the parietal one and high ligation of blood vessels. However, the extent of lymph node dissection is currently not standardized. In European countries, D2 lymph node dissection is more often performed, while in many Asian countries, D3 lymph node dissection, based on the removal of the apical lymph nodes, is widely used. The lack of precise landmarks and insufficient visualization of the lymphatic system do not allow the surgeon to reliably judge the radicality of the resection of the lymphatic drainage zone without specialized dyes. **The aim of the study** was to evaluate the immediate results of regional lymphatic collector mapping in patients with RCC using individual dose calculation of indocyanine green (ICG). **Material and Methods.** The study included 63 patients with RCC who underwent laparoscopic right hemicolectomy (LRH) with CME and D3 lymph node dissection between January 2023 and October 2024. All patients underwent colonoscopy with submucosal administration of ICG 1 cm proximal and distal to the tumor on the day before surgery or on the day of surgery at least 3 hours before. In 27 patients (group 1), the ICG dose was determined empirically (0.5–7.5 mg, median 2.0 mg). In 36 patients (group 2), the dose was calculated individually based on the visceral fat area (VFA) determined by abdominal computed tomography (CT). The total ICG dose was 1 mg per 100 cm² of VFA. All cases were evaluated according to a five-level scale, with levels 1 and 5 considered as failed mapping and levels 2–4 as a positive result (successful mapping). **Results.** Successful mapping was recorded in 22 (81.5 %) of 27 patients in group 1 and in all 36 (100 %) patients in group 2. Moreover, optimal mapping (good visualization of the regional lymph collector in the NIR mode) was obtained in 11 (40.7 %) of 27 and 31 (86.1 %) of 36 patients, respectively ($p<0.001$). The complication rates were 37.0 % and 19.4 %, respectively ($p=0.156$), with complications of grade $\geq$ 3 according to Clavien–Dindo classification in 7.2 % and 2.8 % of patients ($p=0.156$). During the pathomorphological evaluation of the

removed specimen, the median number of examined lymph nodes (LN) was 46 (12–119) and 53 (33–139) ($p=0.054$), and the median of metastatic LNs was 3 and 4 nodes, respectively ($p=0.992$). **Conclusion.** When mapping the regional lymphatic collector using ICG in RCC, it is advisable to use an individual calculation of the ICG dose based on VFA, which allows achieving the maximum frequency of successful mapping (100 %) and optimal mapping in 86.1 % of cases.

Key words: right colon cancer, D3-lymphadenectomy, indocyanine green, optimal mapping.

Введение

Выполнение тотальной мезоколонэктомии (ТМКЭ) у пациентов со злокачественными новообразованиями ободочной кишки является общепринятым стандартом. Вместе с тем, нет точного понимания того, что же следует считать ТМКЭ. Согласно европейскому подходу [1–3], необходимо выполнять диссекцию в межфасциальном пространстве с сохранением целостности параколической фасции с высокой перевязкой питающих сосудов, в то время как азиатский подход [4] предполагает выполнение аналогичного объема операции с D3-лимфодиссекцией, а именно удалением апикальных групп лимфоузлов (ЛУ). Однако нет и общепринятых стандартов выполнения D3-лимфодиссекции и особенно при раке правой половины ободочной кишки (РППОК). В большей части работ описано удаление клетчатки по передней поверхности верхней брыжеечной вены (ВБВ) [5], но при этом в ряде исследований также проводилась диссекция и по передней поверхности верхней брыжеечной артерии [4, 6], а в единичных работах даже по задней поверхности ВБВ [7]. Отсутствие точных ориентиров и недостаточная визуализация лимфатической системы не позволяют хирургу без специализированных красителей и устройств достоверно судить о радикальности резекции зоны лимфооттока.

Оценка лимфооттока и картирование ЛУ представляются необходимой интраоперационной опцией, позволяющей визуализировать зону расположения апикальных ЛУ и оптимизировать выполнение лимфодиссекции. Особенно это важно при локализации опухоли в печеночном или селезеночном изгибе, поперечно-ободочной кишке, когда лимфоотток может осуществляться нетипично, в том числе в зоны, расположенные за пределами стандартных границ лимфодиссекции. Картирование ЛУ за пределами традиционной плоскости диссекции позволяет повысить радикальность хирургического вмешательства, особенно при местнораспространенных формах рака ободочной кишки (РОК).

В настоящее время для оценки лимфооттока широкое применение получил индоцианин зеленый (Indocyanine green, ICG). Проведено большое число пилотных исследований с использованием предоперационного введения ICG с целью картирования зоны лимфатического оттока от опухоли [8, 9]. Однако протокол картирования в исследованиях в части использования различных доз препарата,

точек введения, интервала времени от введения до операции значительно различался. С этой точки зрения актуальными являются разработка и применение расчета дозы ICG в зависимости от индивидуальных параметров пациента. В МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиале ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России картирование ЛУ при РОК применяется с ноября 2022 г.

Цель исследования – оценка непосредственных результатов картирования регионального лимфатического коллектора у больных РППОК с использованием индивидуального расчета дозы ICG с учетом площади висцерального жира (ПВЖ).

Материал и методы

В исследование включено 63 пациента со злокачественными новообразованиями правой половины ободочной кишки I–IV стадии, которым в период с января 2023 по октябрь 2024 г. было выполнено хирургическое вмешательство в объеме лапароскопической правосторонней гемиколэктомии (ЛПГКЭ) с ТМКЭ и с D3-лимфодиссекцией. Всем пациентам с целью определения клинической стадии заболевания до хирургического вмешательства выполняли КТ органов брюшной полости, грудной клетки, малого таза с внутривенным болюсным контрастированием. Эндоскопическое исследование толстой кишки выполняли с целью получения материала для гистологического исследования и исключения синхронной патологии толстой кишки.

Согласно разработанному протоколу, всем пациентам накануне операции или в день операции не менее чем за 3 ч осуществляли паратуморальное введение ICG при колоноскопии. Препарат вводили в подслизистый слой стенки кишки в двух точках – в 1 см проксимальнее и дистальнее опухоли. Перед введением ICG в подслизистый слой вводили 2 мл дистиллированной воды с целью создания «водяной подушки».

У 27 пациентов (группа 1) дозу ICG определяли эмпирически, при этом на разных этапах внедрения методики доза вводимого препарата была разной и варьировала от 0,5 до 7,5 мг (медиана – 2,0 мг). У 36 пациентов (группа 2) дозу рассчитывали индивидуально, исходя из ПВЖ, определяемой по данным КТ брюшной полости [10]. Обработку полученных изображений осуществляли на мультимодальной рабочей станции Wizard, США. Измерение ПВЖ осуществляли на поперечном изо-

бражении на уровне L3. В зоне интереса жировая ткань определялась автоматически, при выборе значений плотности в диапазоне от -160 HU до -50 HU. Общая доза ICG составляла 1 мг препарата на 100 см² ПВЖ.

Всем больным выполнены хирургические вмешательства в объеме ЛПГКЭ с ТМКЭ и D3-лимфодиссекцией. Объем операции включал ТМКЭ с обязательным удалением ЛУ 203-й и 213-й групп ЛУ при опухолях слепой кишки и восходящего отдела ободочной кишки. У пациентов с локализацией опухоли в области печеночного изгиба и правой половины поперечной ободочной кишки дополнительно выполняли удаление 223-й группы ЛУ.

Хирургические вмешательства выполняли на эндоскопическом оборудовании STORZ IMAGE 1 Rubina (видеоэндоскоп 4K-3D-NIR/ICG), позволяющем получать изображения в режиме сочетания белого света и ближнего инфракрасного излучения (NIR). Все случаи оценивали по пятиуровневой шкале (табл. 1), в которой 1-й и 5-й уровни расценивали как неудавшееся картирование, а 2–4-й уровни как положительный результат (удавшееся картирование). В процессе хирургического вмешательства вся окрашенная зона лимфооттока также подлежала удалению, тем самым границы лимфодиссекции были индивидуально определены у каждого пациента. В случаях визуализации отдельно светящихся ЛУ вне границ лимфооттока их удаляли и исследовали отдельно. Видеозаписи всех

хирургических вмешательств были сохранены на сервере учреждения и доступны просмотру.

Методика патоморфологического исследования удаленного препарата, помимо рутинного метода макро- и микроскопического исследования, включала в себя оценку качества мезоколонэктомии, которую проводили согласно общепринятым критериям, предложенным N.P. West et al. [11], – все случаи делили на 3 категории: хорошее, удовлетворительное и плохое качество мезоколонэктомии. Кроме того, проводили визуальную оценку качества ТМКЭ с использованием классификации S. Benz et al. [12]. Все удаленные препараты разделяли на 4 группы в зависимости от полноты удаления клетчатки из области хирургического ствола и брыжейки ободочной кишки (табл. 2). Также производили измерение расстояния от уровня перевязки магистральной артерии до опухоли и до ближайшей кишечной стенки, общей протяженности препарата и размера опухоли в наибольшем измерении, осуществляли картирование и выделение ЛУ по группам, согласно японской клинической классификации [4], фотофиксацию основных этапов макроскопического исследования.

Первичной конечной точкой исследования была частота удавшихся картирований. Вторичной конечной точкой исследования была частота оптимальных картирований. По данным показателям проведен сравнительный анализ пациентов, у которых дозу ICG определяли эмпирически,

Таблица 1/Table 1

Шкала оценки качества ICG-картирования зоны лимфатического оттока
A scale for evaluating the quality of ICG lymph node mapping

Результат картирования/ Mapping results		Интраоперационная картина режиме NIR/Intraoperative NIR fluorescence imaging	
1	Слабое окрашивание/ Weak staining	Окрашивание региональных ЛУ не наступало в принципе. У ряда пациентов имелось окрашивание стенки толстой кишки в зоне введения ICG/The staining of regional LNs did not occur. A number of patients had colon wall staining in the ICG injection area	
2	Недоокрашивание/ Under-staining	Окрашивание региональных ЛУ неинтенсивное, апикальные ЛУ хорошо визуализируются только при приближении лапароскопа или в процессе диссекции/The staining of regional LNs is not intense, apical LNs are well visualized only when approaching a laparoscope or during dissection	
3	Оптимальное/ Optimal	Зона лимфатического оттока от опухоли четко визуализируется, отмечается интенсивное свечение апикальных ЛУ. Окрашивание окружающих органов и тканей отсутствует/The area of lymphatic drainage from the tumor is clearly visualized, there is an intense light emission by the apical LNs. There is no staining of the surrounding organs and tissues	
4	Переокрашивание/ Over-staining	Зона лимфатического оттока от опухоли визуализируется, имеется интенсивное свечение апикальных ЛУ, лимфатических протоков и остаточное пропитывание ICG окружающих тканей/The area of lymphatic drainage from the tumor is visualized, there is an intense light emission by the apical LNs, lymphatic ducts and residual ICG suffusion in surrounding tissues	
5	Избыточное окрашивание/ Excessive staining	Выраженное окрашивание брыжейки правой половины ободочной кишки, висцеральной и париетальной брюшины, двенадцатиперстной кишки, головки поджелудочной железы, истечение ICG из тканей при диссекции. Зона лимфатического оттока не визуализируется в результате переокрашивания/Pronounced staining of the mesentery of the right colon, visceral and parietal peritoneum, duodenum, head of the pancreas, ICG discharge from tissues during dissection. The lymphatic drainage zone is not visualized as a result of over-staining	

Примечание: таблица составлена авторами.
Note: created by the authors.

Таблица 2/Table 2

Шкала оценки качества ТМКЭ, предложенная S. Benz et al.
CME quality assessment scale proposed by S. Benz et al.

Тип/ Type	Качество ТМКЭ/CME quality
Тип 0/ Type 0	Истинная ТМКЭ; сосудистая ножка, представленная подвздошно-ободочными сосудами и средние ободочные сосуды (правая ветвь средней ободочной артерии) соединяются полоской ткани из области хирургического ствола (пакетом клетчатки с передней и боковой поверхности верхней брыжеечной вены); при этом типе резецированная брыжейка ободочной кишки имеет внешний вид рамки, представленной латерально толстой кишкой, снизу – подвздошно-ободочными сосудами, сверху – правой верхней ободочной веной (ПВОВ) и медиально – хирургическим стволом с мезоколическим окном посередине, представленным бессосудистым участком брыжейки ободочной кишки/True CME specimen. The stalks of the ileocolic vessels and middle colic vessels (or right branches of the middle colic vessels) are connected by tissue of the surgical trunk (lymphatic tissue package covering the superior mesenteric vein). The mesocolic window has a complete medial frame of mesocolic tissue
Тип 1/ Type 1	Сосудистые ножки подвздошно-ободочных и средне-ободочных сосудов присутствуют, однако отсутствует клетчатка между ними из области хирургического ствола/The stalks of ileocolic and middle colic vessels are present but are not connected by tissue. The frame of the mesocolic window is not complete on its medial aspect
Тип 2/ Type 2	Макропрепарат имеет только одну сосудистую ножку, состоящую из подвздошно-ободочных сосудов с длиной более 50 % от предполагаемой/The stalks of the ileocolic vessels are present with more than 50 % of their anticipated length according to the geometric configuration of the specimen but the middle colic vessels are not detectable. The frame of the window has a medial and cranial defect
Тип 3/ Type 3	Присутствует только сосудистая ножка из подвздошно-ободочных сосудов, при этом длина ее менее 50 % от предполагаемой/Ileocolic vessels have an amputated appearance (less than 50 % of the anticipated length according to the geometric configuration of the specimen). The window is not detectable

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: created by the authors.

и пациентов, у которых расчет дозы препарата осуществляли индивидуально на основании показателя ПВЖ.

Для статистической обработки использовали коммерческие биомедицинские пакеты Prism 3.1 и InStat (GraphPad Software, Inc., San Diego, USA). При описательной статистике основные параметры представлены в виде медиан ряда значений показателей, в скобках указаны минимальные и максимальные значения. Оценку уровня статистической значимости различий между показателями проводили с помощью критерия χ^2 Пирсона. Различия считали достоверными при величине p меньше 0,05.

Результаты

У большинства больных имелась II–III стадия заболевания (табл. 3). В большей части случаев новообразования локализовались в восходящем отделе ободочной кишки и слепой кишке. Всем пациентам выполнена D3-лимфодиссекция с удалением апикальных групп ЛУ. В процессе мобилизации чаще применяли каудо-краниальный способ мобилизации правой половины ободочной кишки, т. к. он позволяет четко визуализировать сосудистую ось, безопасно выделить и клипировать питающий сосуд у его основания. Перевязку питающих сосудов осуществляли только после окончания выделения всех сосудистых структур по ходу ВБВ.

При оценке непосредственных результатов лечения (табл. 4) медиана длительности хирур-

гического вмешательства значимо в группах не отличалась – 260 (150–370) и 248 (150–455) мин ($p=0,833$). Медиана объема кровопотери составила 100 мл в обеих группах ($p=0,355$). Конверсия доступа была проведена в 2 (7,4 %) случаях в группе с эмпирическим подбором дозы – в первом из-за выраженного спаечного процесса после ранее перенесенной операции, во втором – из-за абсцесса в большом сальнике; и в 3 (8,3 %) случаях – при индивидуальном расчете ($p=0,999$), причиной которой у двух пациентов явился спаечный процесс, у одного – опухолевая инвазия в стенку двенадцатиперстной кишки.

Оценку эффективности применения ICG при выполнении ПГКЭ с D3-лимфодиссекцией проводили в процессе хирургического вмешательства, а в спорных случаях – при повторном пересмотре видеозаписей операций. В результате удавшиеся картирования зарегистрированы у 22 (81,5 %) пациентов в группе 1 и у 36 (100 %) пациентов в группе 2 (табл. 5). При этом оптимальное картирование (хорошая визуализация регионарного лимфоколлектора в флуоресцентном режиме, рис. 1) получено у 11 (40,7 %) и 31 (86,1 %) пациента соответственно ($p<0,001$). В 5 случаях в группе 1 картирование было расценено как неудавшееся. В двух случаях (пациент 26, ПВЖ – 180 см², доза ICG – 7,5 мг и пациент 27, ПВЖ – 170 см², доза ICG – 7,5 мг) наблюдалось избыточное окрашивание брюшины, брыжеек ободочной и тонкой кишки, петель кишечника, что не позволяло провести идентификацию регионарного лимфатического

Таблица 3/Table 3

Характеристика больных
Baseline characteristics

Параметр/Parameter	Группа 1/Group 1 (n=27)	Группа 2/Group 2 (n=36)	p
Пол (муж/жен)/ Gender (men/women)	11 (40,7 %)/16 (59,3 %)	17 (47,2 %)/19 (52,8 %)	0,798
Медиана возраста, лет/Age, years	62 (48–84) CI 95 % [59; 66]	63 (38–77) CI 95 % [60; 71]	0,453
Индекс массы тела, кг/м ² / BMI, kg/m ²	28,0 (18,7–42,1) CI 95 % [26,4; 30,9]	29,0 (19,4–43,8) CI 95 % [27,1; 31,6]	0,775
ПВЖ, см ² /VFA, cm ²	172 (52–407) CI 95 % [139; 225]	180 (26–450) CI 95 % [167; 205]	0,769
Локализация опухоли/Tumor site			
Слепая кишка/Cecum	9 (33,3 %)	8 (22,2 %)	0,507
Восходящий отдел/Ascending	9 (33,3 %)	18 (50,0 %)	
Печеночный изгиб/Hepatic flexure	4 (14,8 %)	6 (16,7 %)	
Поперечно-ободочная кишка/ Transverse colon	5 (18,5 %)	4 (11,1 %)	
Глубина инвазии опухоли/Depth of tumor invasion			
T1	1 (3,7 %)	1 (2,8 %)	0,499
T2	8 (29,6 %)	6 (16,7 %)	
T3	17 (63,0 %)	25 (69,4 %)	
T4	1 (3,7 %)	4 (11,1 %)	
Поражение регионарных лимфоузлов/Regional lymph node			
N0	15 (55,6 %)	17 (47,2 %)	0,807
N1	7 (25,9 %)	11 (30,6 %)	
N2	5 (18,5 %)	8 (22,2 %)	

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: created by the authors.

Таблица 4/Table 4

Результаты хирургических вмешательств
Surgical outcomes

Параметр/Parameter	Группа 1/Group 1 (n=27)	Группа 2/Group 2 (n=36)	p
Продолжительность операции, мин/ Surgery time, min	260 (150–370) CI 95 % [220; 295]	248 (150–455) CI 95 % [225; 280]	0,833
Медиана объема кровопотери, мл/ Estimated blood loss, ml	100 (50–200) CI 95 % [50; 150]	100 (10–300) CI 95 % [40; 150]	0,355
Медиана послеоперационного койко-дня, дни/ Postoperative hospital stay, days	7 (6–22) CI 95 % [7; 8]	7 (5–25) CI 95 % [7; 8]	0,701
Объем хирургического вмешательства/Extent of surgery			
Стандартная/Standard	25 (92,6 %)	30 (83,3 %)	0,448
Комбинированная/Combined	1 (3,7 %)	2 (5,6 %)	0,999
Симультанная/Simultaneous	1 (3,7 %)	4 (11,1 %)	0,381
Конверсия/Conversion	2 (7,4 %)	3 (8,3 %)	0,999
Осложнения по классификации Clavien–Dindo/Clavien–Dindo Complications			
I	8 (29,6 %)	4 (11,1 %)	0,156
II	–	2 (5,5 %)	
III	2 (7,4 %)	1 (2,8 %)	
IV–V	–	–	
Всего осложнений/All complications	10 (37,0 %)	7 (19,4 %)	

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: created by the authors.

Таблица 5/Table 5

Результаты картирования зоны лимфатического коллектора

Results of ICG lymphatic mapping

№	Группа/ Group	Возраст/ Age	ИМТ/ BMI	pT	pN	Время до операции/ Time to surgery, hours	Число точек введения/ Number of in- jection points	Доза, мг/ Dose, mg	Результат/ Outcome	ПВЖ, см ² / VFA, cm ²
1	1	58	30,4	3	2	22,5	3	0,5	1	240
2	1	78	36,4	2	0	1,5	2	2	1	172
3	1	59	28,8	3	1	3	2	2	1	235
4	1	52	26	3	0	27	2	1,5	2	294
5	1	53	30,9	3	1	27	2	2	2	257
6	1	61	41,2	2	0	4	2	3	2	254
7	1	60	28,4	4	2	5	2	1	3	139
8	1	66	26,4	3	2	3,5	2	1,5	3	166
9	1	65	42,1	3	2	30	2	1,5	3	194
10	1	54	27,2	3	0	4,5	2	2	3	124
11	1	84	23	2	0	6	2	2	3	52
12	1	65	27,3	3	0	6,5	2	2	3	258
13	1	62	30,4	2	0	7	2	2	3	145
14	1	61	28	3	0	19	2	2	3	154
15	1	70	26,5	3	0	25	2	2	3	95
16	1	74	32	1	1	28	2	2	3	407
17	1	50	27,3	2	0	4	3	3,75	3	136
18	1	65	33,9	3	1	21,5	2	2	4	140
19	1	66	22,9	3	1	22	2	2	4	189
20	1	67	18,7	2	1	24	2	2	4	85
21	1	51	24,4	2	2	25	2	2	4	104
22	1	59	26,8	3	0	26	2	2	4	193
23	1	60	26,2	2	1	24	2	2,52	4	126
24	1	71	32,6	3	0	3	2	3,1	4	225
25	1	48	25,6	3	0	24	3	7,5	4	197
26	1	65	39,1	3	0	7	3	7,5	5	180
27	1	63	28,1	3	0	48	3	7,5	5	170
28	2	47	20	3	1	0,5	2	0,3	3	26
29	2	38	22,2	3	0	3,5	2	0,4	3	42
30	2	53	19,4	4	2	27,5	2	0,6	3	63
31	2	57	20,7	4	1	25	2	0,9	3	87
32	2	55	24,9	3	0	2	2	1	3	102
33	2	64	23,4	3	2	18	2	1	3	103
34	2	48	32,9	3	2	24,5	2	1,1	3	110
35	2	63	23,9	2	0	18,5	2	1,2	3	116
36	2	71	27,3	2	0	6	2	1,6	3	161
37	2	70	32	3	0	24,5	2	1,6	3	162
38	2	77	27,1	3	0	4	2	1,7	3	167
39	2	42	43,8	2	1	4	2	1,7	3	170
40	2	61	39	3	2	22	2	1,7	3	172
41	2	61	31,6	3	0	29	2	1,7	3	171
42	2	62	35,3	3	2	21	2	1,8	3	180
43	2	71	33	3	0	21,5	2	1,8	3	175
44	2	74	27,9	4	0	6	2	1,9	3	188
45	2	68	23,8	3	0	24	2	1,9	3	187
46	2	77	24,1	3	0	24,5	2	1,9	3	192
47	2	61	33,1	3	1	4	2	2	3	198
48	2	70	31,6	3	1	20	2	2	3	202
49	2	71	34,8	1	0	21	2	2	3	208
50	2	66	28	4	2	24	2	2	3	205

Окончание таблицы 5/End of Table 5

51	2	76	27	3	1	26,5	2	2	3	196
52	2	54	28	2	0	6,5	2	2,1	3	210
53	2	74	32,3	3	1	21,5	2	2,2	3	220
54	2	73	29,1	2	0	19,5	2	2,4	3	240
55	2	75	25,5	3	1	3,5	2	2,6	3	261
56	2	59	29	3	2	6,5	2	2,8	3	282
57	2	53	29,4	3	0	21	2	3	3	295
58	2	61	38,4	3	1	8	2	4,5	3	450
59	2	39	30,8	3	1	5	2	1,66	4	166
60	2	75	29,6	2	1	5	2	1,7	4	167
61	2	60	35,1	3	0	22	2	2,1	4	207
62	2	72	29,6	3	0	18	2	2,4	4	238
63	2	76	28,4	3	2	8	2	2,6	4	255

Примечания: цифры в столбце «результат» обозначают: 1 – неудавшееся картирование, слабое окрашивание; 2 – удавшееся картирование, недоокрашивание; 3 – удавшееся картирование, оптимальное картирование; 4 – удавшееся картирование, переокрашивание; 5 – неудавшееся картирование, избыточное окрашивание; таблица составлена авторами.

Notes: the numbers in the ‘outcome’ column indicate 1 – failed mapping, weak staining; 2 – successful mapping, under-staining; 3 – successful mapping, optimal mapping; 4 – successful mapping, over-staining; 5 – failed mapping, excessive staining; created by the authors.

Таблица 6/Table 6

Сопоставление количества исследованных и пораженных ЛУ по группам
Comparison of the number of harvested and metastatic LNs by groups

Группа/ Group	Параметр/ Parameter	201	202	203	211	212	213	221	222	223	Всего/ Total
Группа 1/ Group 1 (n=27)	Медиана	9	5	6	3	2	5	4	1	6	46 (12–119)
	исследованных ЛУ/ Harvested LNs, median	(3–29)	(2–18)	(1–20)	(1–12)	(1–9)	(1–22)	(1–21)	(1–12)	(2–11)	CI 95 % [39; 54]
	Медиана	3	1	2	1	1	0	2	0	1	3 (1–18)
	пораженных ЛУ/ Metastatic LNs, median	(1–17)	1	(2–3)	(1)	(1)	(0)	(1–5)	(0)	(1)	CI 95 % [1; 3]
Группа 2/ Group 2 (n=36)	Медиана	15	5	10	6	2	6	5	2	8	53 (33–139)
	исследованных ЛУ/ Harvested LNs, median	(3–56)	(1–25)	(1–31)	(1–21)	(1–15)	(1–22)	(1–15)	(1–11)	(1–17)	CI 95 % [45; 59]
	Медиана	4	2	2	2	1	1	1	0	2	4 (1–21)
	пораженных ЛУ/ Metastatic LNs, median	(1–17)	(1–4)	(1–3)	(1–8)	(1)	(1)	(1)	(0)	(2)	CI 95 % [1; 2]

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: created by the authors.

коллектора. У 3 других пациентов (пациент 1, ПВЖ – 240 см², доза ICG – 0,5 мг; пациент 2, ПВЖ – 172 см², доза – ICG 2 мг; пациент 3, ПВЖ – 235 см², доза ICG – 2 мг), напротив, наблюдалось слабое окрашивание, также не позволившее идентифицировать зону лимфоотока от опухоли. Если у пациентов 1 и 3 общая доза ICG была относительно небольшой при большой ПВЖ, что может быть объяснением неудавшегося картирования, то у пациента 2 доза составила 2 мг при средней в российской популяции пациентов ПВЖ, равной 176 см². Возможным объяснением неудавшегося картирования является небольшой интервал между введением препарата и началом операции – менее 1,5 ч, так как у данного пациента имелось отклонение от протокола картирования.

В группе 2 оптимальное окрашивание зоны лимфатического коллектора было зарегистриро-

вано в 31 (86,1 %) случае. В 5 случаях (пациент 59, ПВЖ – 166 см², доза ICG – 1,7 мг; пациент 60, ПВЖ – 167 см², доза ICG – 1,7 мг; пациент 61, ПВЖ – 207 см², доза ICG – 2,1 мг; пациент 53, ПВЖ – 238 см², доза ICG – 2,4 мг; пациент 54, ПВЖ – 255 см², доза ICG – 2,6 мг) наблюдали незначительное переокрашивание тканей, не искажающее ориентиры лимфатического оттока. Данные изменения в результате картирования сложно интерпретировать на малой выборке, также необходим поиск других факторов, влияющих на результат картирования (табл. 5).

Частота послеоперационных осложнений была несколько выше в группе с эмпирическим расчетом дозы ICG – 37,0 % (n=10) и 19,4 % (n=7), но не достигла уровня статистической значимости (p=0,156). В большинстве случаев осложнения были I–II степени по классификации Clavien–

Таблица 7/Table 7

Патоморфологическая характеристика групп

Pathology outcome details

Параметр/Parameter	Группа 1/Group 1 (n=27)	Группа 2/Group 2 (n=36)	p
Качество мезоколонэктомии по West/Quality of mesocolic excision according to N.P. West			
Степень 1/Grade 1	—	—	0,077
Степень 2/Grade 2	3 (11,1 %)	11 (30,6 %)	
Степень 3/Grade 3	24 (88,9 %)	25 (69,4 %)	
Качество удаленного препарата по Benz/Quality of the removed specimen according to S.R. Benz			
Тип 0/Type 0	19 (70,4 %)	26 (72,2 %)	0,933
Тип 1/Type 1	5 (18,5 %)	7 (19,4 %)	
Тип 2/Type 2	3 (11,1 %)	3 (8,3 %)	
Степень дифференцировки опухоли/Tumor grade			
G1	1 (3,7 %)	4 (11,1 %)	0,325
G2	21 (77,8 %)	22 (61,1 %)	
G3	5 (18,5 %)	10 (27,8 %)	
Медиана протяженности удаленного препарата, см/ Median length of the removed specimen, cm	32,5 (24,0–180,0) CI 95 % [28; 39]	34 (21,0–72,0) CI 95 % [27; 38]	0,958
Протяженность опухоли в наибольшем измерении, см/Tumor diameter, cm	4,5 (1,5–11,0) CI 95 % [3; 7]	3,5 (2,0–9,0) CI 95 % [2,5; 5]	0,149
Медиана расстояния от опухоли до уровня перевязки ближайшей магистральной артерии, см/ Median distance from the tumor to the level of ligation of the nearest main artery, cm	9 (4,5–17,0) CI 95 % [7; 12]	10 (5,0–17,0) CI 95 % [9; 11]	0,803
Медиана расстояния от места перевязки магистральной артерии до кишечной стенки, см/ Median distance from the site of ligation of the main artery to the bowel wall, cm	8 (4,5–14,0) CI 95 % [7; 11]	9 (4,5–14,0) CI 95 % [7; 10]	0,826
Перинеуральная инвазия/Perineural invasion	4 (14,8 %)	6 (16,7 %)	0,999
Лимфоваскулярная инвазия/ Lymphovascular invasion	9 (33,3 %)	15 (41,7 %)	0,603

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: created by the authors.

Dindo. Повторные хирургические вмешательства выполнены 3 пациентам – в 2 и в 1 случае в группах соответственно ($p=0,999$). Медиана длительности послеоперационного периода в обеих группах составила 7 дней ($p=0,701$).

При патоморфологической оценке удаленного препарата медиана количества исследованных ЛУ в группах была практически одинакова – 46 (12–119) и 53 (33–139) ЛУ ($p=0,054$), медиана пораженных ЛУ составила 3 и 4 узла соответственно ($p=0,992$). В табл. 6 представлены медианы исследованных и пораженных ЛУ по группам, согласно японской классификации. Поражение апикальных ЛУ зарегистрировано у 3 (11,1 %) пациентов в первой группе и в 4 (11,1 %) случаях во второй ($p=0,999$). По результатам визуальной и морфологической оценки препарата значимые различия между группами не отмечены (табл. 7).

Обсуждение

Дискуссия о том, какой объем лимфодиссекции необходимо выполнять пациентам с РППОК, ведется на протяжении многих лет. Согласно

российским и европейским клиническим рекомендациям [1–3, 13], необходимо выполнять высокую перевязку питающего сосуда, но сам объем лимфодиссекции не определен. Только в японских клинических рекомендациях [4] закреплено выполнение ДЗ-лимфодиссекции при РППОК категории Т2 и более. Вместе с тем, существует достаточно большая гетерогенность в понимании объема и границ резекции при выполнении ДЗ-лимфодиссекции, а также вариабельность определений в представлении ЛПГКЭ [5, 14]. Вариабельность методик, несогласованность терминов и различный тип исследований не дают возможности выделить лучший вариант выполнения ДЗ-лимфодиссекции, позволяющий удалить большее количество ЛУ, вовлеченных в зону лимфатического оттока от опухоли. Ввиду этого актуальной представляется визуализация лимфатического коллектора при РППОК.

На данный момент имеется большое количество исследований, в которых с целью картирования зоны лимфатического оттока при РППОК применяли ICG. Визуализация ЛУ и лимфатических

Таблица 8/Table 8

Клинические исследования по использованию ICG с целью картирования лимфатического коллектора при РКО

Clinical studies on the use of ICG lymphatic mapping in colon cancer

Автор, год/ Authors, year	n	Стадия/ Stage	Доза ICG, мг/ ICG dose, mg	Число точек введения/ Number of injection points	Интервал до операции, ч/ Time to surgery, hours	ЛУ, медиана/ LNs, median	Доля удавшихся картирований/ Successful mapping
Ahn H. et al., 2021 [15]	192	T0–T2 – 52,6 % T3–T4 – 47,4 %	0,3–12	≥2	16–18	33	70,8 %
Ribero D. et al., 2022 [16]	70	T0–T1 – 14,3 % T2–T3 – 85,7 %	3	4	24–72	16 (5–24)	100 %
Petz W. et al., 2021 [17]	50	0–II – 56,0 % III–IV – 44,0 %	3	4	3–31	34 (12–86)	100 %
Ho M.F. et al., 2022 [18]	21	pT1–T2 – 42,9 % pT3–T4 – 57,1 %	1–3	2–3	144	н.д.	86 %
Sato Y. et al., 2021 [19]	155	0–II – 73,5 % III–IV – 26,5 %	0,5	2	н.д.	н.д.	н.д.
Ushijima H. et al., 2020 [20]	57	0–II – 57,9 % III–IV – 42,1 %	0,5–0,75	1	24–48	н.д.	75 %
Park J.H. et al., 2018 [21]	25	T3–T4 – 100 %	2,5–10	1–2	3–24	41	100 %
Nishigori N. et al., 2016 [22]	19	T0–T1 – 36,8 % T2–T3 – 63,2 %	0,5–0,75	2–3	24–48	н.д.	100 %

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: created by the authors.

сосудов позволяет оптимизировать и персонализировать выполнение лимфодиссекции. Однако протокол внутритканевого введения препарата значительно отличается в разных исследованиях в части использования различных доз препарата, точек введения, интервала времени от введения до операции, используемого источника света. При этом ни в одном из исследований не проводили индивидуальный расчет дозы препарата, а частота удавшихся картирований колебалась в диапазоне от 70 до 100 % (табл. 8) [15–22].

Так, в работе Н. Ahn et al. [15] у 192 больных колоректальным раком было выполнено картирование лимфатического коллектора – ICG вводили в подслизистый слой толстой кишки в нескольких точках дистальнее опухоли. При этом общая частота успешного картирования апикальных ЛУ составила 70,8 %. При многофакторном анализе достоверное влияние на частоту успешных лимфографий оказывали индекс массы тела, общая доза вводимого препарата, количество точек инъекций, а также источник света камеры. В значительной степени результат картирования зависел от общего количества вводимого ICG. Авторы, разделив пациентов на 5 подгрупп в зависимости от общей дозы (>12 мг, 1–12 мг, 1–0,5 мг, 0,5–0,3 мг и <0,3 мг), определили, что частота оптимальной визуализации зоны лимфатического оттока была самой высокой при введении от 0,5 до 1 мг ICG – 84,0 % (p=0,002). При использовании доз ICG в интервале от 1 до 12 мг частота удавшихся картирований составляла порядка 60 %.

В исследовании GREENLIGHT, проведенном в Швейцарии [16], ICG вводили в нескольких точках рядом с опухолью в дозе 3 мг за 24 (49 пациентов) или 72 ч (21 пациент) до операции. Первичной конечной точкой исследования было число пациентов, у которых флуоресцентное картирование ЛУ изменило пределы лимфодиссекции по сравнению со стандартными анатомическими ориентирами при белом свете. Для этого авторы перед началом диссекции обозначали монополярным электроинструментом границы планируемой ДЗ-лимфодиссекции. Только после этого в режиме NIR определяли наличие и локализацию флуоресцирующих ЛУ. В итоге у 35 (50 %) пациентов границы лимфодиссекции после использования методики флуоресцентного картирования ЛУ были изменены. В зависимости от локализации опухоли изменение границ лимфодиссекции чаще происходило при РПКО (63,1 %) по сравнению с опухолями левой половины ободочной (55,0 %) и прямой (38,7 %) кишки, однако различия не достоверны (p=0,212). При этом авторы отметили, что время также оказывало влияние на качество картирований – при введении ICG за 24 ч до операции доля пациентов, у которых изменился план диссекции, была почти в 2 раза выше по сравнению с 72 ч – 57,1 и 33,3 % соответственно, но эти различия также не достигли статистической значимости (p=0,116).

В исследовании W. Petz et al. [17] также была установлена единая доза вводимого паратуморально ICG – 3 мг, при этом у 17 (34,0 %) из 50

пациентов авторы отметили наличие аберрантного лимфатического оттока от опухоли. В дальнейшем при патоморфологическом исследовании поражение ЛУ вне стандартных границ лимфоколлектора зарегистрировано в 5 (29,4 %) из 17 случаев. Согласно данным других исследований, наличие ЛУ вне стандартных границ D3-лимфодиссекции (в том числе вдоль левой ветви средней ободочной артерии) составляет от 3,5 до 34,0 % [23, 24]. При этом частота метастатического поражения аберрантных ЛУ достигала 9,8 % [25].

Следует отметить, что в целом нет противоречий в том, что при применении ICG в дозе 0,5–1 мг в работе Н. Ahn et al. [15] и в дозе 3 мг в исследованиях GREENLIGHT [17] и W. Petz et al. [17] показаны сопоставимые результаты картирования зоны лимфатического оттока при РППОК. Обращаясь к популяционным характеристикам населения стран, в которых были проведены работы, следует сказать, что имеются выраженные различия в индексе массы тела, но, что более значимо, – в ПВЖ в разных странах. ПВЖ в европейской популяции (100–250 см²) почти в два раза выше, чем в азиатской (60–150 см²) [26]. На наш взгляд, расчет дозы ICG, исходя из ПВЖ пациента, необходим для улучшения качества картирования и индивидуализации объема лимфодиссекции.

Качество картирования может быть действительно разным, именно поэтому нами разработана пятиуровневая шкала оценки его результатов. Оптимальное картирование – это те случаи, когда во флуоресцентном режиме наблюдается свечение всех региональных ЛУ – от ЛУ первого порядка до апикальных, при этом отсутствует окрашивание окружающих органов и тканей (окрашивание толстой кишки дистальнее опухоли является побочным эффектом подслизистого введения красителя). При введении эмпирически рассчитанных доз ICG без учета ПВЖ оптимальные картирования были получены у 40,7 % пациентов, тогда как при индивидуальном расчете дозы препарата данный показатель составил 86,1 % ($p < 0,001$). Таким образом, более чем у 4 из 5 пациентов было получено хорошее качественное изображение всего регионарного лимфатического коллектора. Современные технологии визуализации при лапароскопической хирургии позволяют работать одновременно в режиме белого света и NIR, что очень удобно, и

качество окрашивания лимфатических структур играет большую роль.

Сравнение наших результатов картирования с применением индивидуального расчета дозы ICG с мировым опытом маркировки зоны лимфатического оттока позволило сделать вывод о том, что индивидуализация методики по определенному стандарту возможна и необходима для повышения качества картирования. Введение стандартных доз ICG не позволяет эффективно визуализировать зону лимфатического оттока от опухоли у всех больных РППОК, в то время как индивидуальный расчет препарата, исходя из ПВЖ, позволяет достичь частоты удавшихся картирования в 100 % и оптимальных картирования в 86,1 % случаев. Открытым остается вопрос о том, каким должен быть интервал введения ICG до операции. Наш опыт картирования позволяет утверждать, что ICG оптимально вводить в интервале от 3 до 30 ч до операции. Это совпадает с результатами, полученными Н. Ahn et al., которые провели исследование с наибольшим количеством пациентов [15]. Но, вместе с тем, и в нашей работе в 5 (13,9 %) случаях было отмечено незначительное переокрашивание зоны лимфатического оттока, не искажающее ориентиры лимфатического оттока (интервалы введения ICG – 5, 5, 8, 18 и 22 ч до операции), что говорит о необходимости поиска и анализа других факторов, влияющих на фармакокинетические свойства ICG.

Заключение

Картирование регионарного лимфатического коллектора с помощью ICG при РППОК позволяет оптимизировать объем D3-лимфодиссекции. Однако применение стандартных дозировок препарата не позволяет получить окрашивание зоны лимфатического оттока у всех пациентов. Применение индивидуального расчета дозы ICG на основании ПВЖ пациента позволяет достичь максимальной частоты удавшихся картирования (100 %) и оптимальных картирования в 86,1 % случаев. Тем не менее актуальным остается поиск других факторов, влияющих на фармакокинетические свойства ICG и эффективность картирования ЛУ. Для окончательной стандартизации методики необходимо дальнейшее проведение многоцентровых клинических исследований на разных популяциях больных.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Злокачественное новообразование ободочной кишки: клинические рекомендации Министерства здравоохранения РФ. 2022. [*Colorectal cancer: clinical guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation*. 2022]. [Internet]. [cited 01.03.2025]. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/396_3?ysclid=md8at2k2ga152240752.
2. Argilés G., Tabernero J., Labianca R., Hochhauser D., Salazar R., Iveson T., Laurent-Puig P., Quirke P., Yoshino T., Taieb J., Martinelli E., Arnold D.; ESMO Guidelines Committee. Localised colon cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol*. 2020; 31(10): 1291–305. doi: 10.1016/j.annonc.2020.06.022.
3. Benson A.B., Venook A.P., Adam M., Chang G., Chen Y.J., Ciombor K.K., Cohen S.A., Cooper H.S., Deming D., Garrido-Laguna I., Grem J.L., Haste P., Hecht J.R., Hoffe S., Hunt S., Hussan H., Johung K.L., Joseph N.,

- Kirilcuk N., Krishnamurthi S., Malla M., Maratt J.K., Messersmith W.A., Meyerhardt J., Miller E.D., Mulcahy M.F., Nurkin S., Overman M.J., Parikh A., Patel H., Pedersen K., Saltz L., Schneider C., Shibata D., Shogan B., Skibber J.M., Sofocleous C.T., Tavakkoli A., Willett C.G., Wu C., Gurski L.A., Snedeker J., Jones F. Colon Cancer, Version 3.2024, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J Natl Compr Canc Netw*. 2024; 22(2 D): e240029. doi: 10.6004/jnccn.2024.0029.
4. Hashiguchi Y., Muro K., Saito Y., Ito Y., Ajioka Y., Hamaguchi T., Hasegawa K., Hotta K., Ishida H., Ishiguro M., Ishihara S., Kanemitsu Y., Kinugasa Y., Murofushi K., Nakajima T.E., Oka S., Tanaka T., Taniguchi H., Tsuji A., Uehara K., Ueno H., Yamanaka T., Yamazaki K., Yoshida M., Yoshino T., Itabashi M., Sakamaki K., Sano K., Shimada Y., Tanaka S., Uetake H., Yamaguchi S., Yamaguchi N., Kobayashi H., Matsuda K., Kotake K., Sugihara K.; Japanese Society for Cancer of the Colon and

- Rectum*. Japanese Society for Cancer of the Colon and Rectum (JSCCR) guidelines 2019 for the treatment of colorectal cancer. *Int J Clin Oncol*. 2020; 25(1): 1–42. doi: 10.1007/s10147-019-01485-z.
5. Sica G.S., Vinci D., Siragusa L., Sensi B., Guida A.M., Bellato V., Garcia-Granero A., Pellino G. Definition and reporting of lymphadenectomy and complete mesocolic excision for radical right colectomy: a systematic review. *Surg Endosc*. 2023; 37(2): 846–61. doi: 10.1007/s00464-022-09548-5.
 6. Mazzarella G., Muttillio E.M., Picardi B., Rossi S., Muttillio I.A. Complete mesocolic excision and D3 lymphadenectomy with central vascular ligation in right-sided colon cancer: a systematic review of post-operative outcomes, tumor recurrence and overall survival. *Surg Endosc*. 2021; 35(9): 4945–55. doi: 10.1007/s00464-021-08529-4.
 7. Nesgaar J.M., Stimec B.V., Bakka A.O., Edwin B., Bergamaschi R., Ignjatovic D. Right Colectomy with Extended D3 Mesenterectomy: Anterior and Posterior to the Mesenteric Vessels. *Surg Technol Int*. 2019; 35: 138–42.
 8. Son G.M., Yun M.S., Lee I.Y., Im S.B., Kim K.H., Park S.B., Kim T.U., Shin D.H., Nazir A.M., Ha G.W. Clinical Effectiveness of Fluorescence Lymph Node Mapping Using ICG for Laparoscopic Right Hemicolectomy: A Prospective Case-Control Study. *Cancers (Basel)*. 2023; 15(20): 4927. doi: 10.3390/cancers15204927.
 9. Shevchenko I., Serban D., Dascalu A.M., Tribus L., Alius C., Cristea B.M., Suceveanu A.I., Voiculescu D., Dumitrescu D., Bobirca F., Suceveanu A.P., Georgescu D.E., Serboiu C.S. Factors Affecting the Efficiency of Near-Infrared Indocyanine Green (NIR/ICG) in Lymphatic Mapping for Colorectal Cancer: A Systematic Review. *Cureus*. 2024; 16(2): e55290. doi: 10.7759/cureus.55290.
 10. Невольских А.А., Авдеенко В.А., Михалёва Ю.Ю., Синяев П.В., Юдин А.А., Агабабян Т.А., Евтехов И.А., Иванов С.А., Каприн А.Д. Способ картирования лимфатического коллектора при раке правой половины ободочной кишки с помощью паратуморального введения индоцианина зеленого. Патент РФ № 2814766 C2. Заявл. 22.12.2023; Оpubл. 04.03.2024. [Nevolskikh A.A., Avdeenko V.A., Mikhaleva Yu., Sinyayev P.V., Yudin A.A., Agababyan T.A., Yevtekhov I.A., Ivanov S.A., Kaprin A.D. Method for mapping lymphatic collector in right colon cancer by paratumoral administration of indocyanine green. RF patent No. 2814766 C2. Declared. 22.12.2023; Publ 04.03.2024. (in Russian)]. EDN: MOSHCL.
 11. West N.P., Morris E.J., Rotimi O., Cairns A., Finan P.J., Quirke P. Pathology grading of colon cancer surgical resection and its association with survival: a retrospective observational study. *Lancet Oncol*. 2008; 9(9): 857–65. doi: 10.1016/S1470-2045(08)70181-5.
 12. Benz S.R., Feder I.S., Vollmer S., Tam Y., Reinacher-Schick A., Denz R., Hohenberger W., Lippert H., Tannapfel A., Stricker I. Complete mesocolic excision for right colonic cancer: prospective multicentre study. *Br J Surg*. 2022; 110(1): 98–105. doi: 10.1093/bjs/znac379.
 13. Невольских А.А., Авдеенко В.А., Резник И.П., Почуев Т.П., Зибиров Р.Ф., Иванов С.А., Каприн А.Д. Хирургическое лечение рака правой половины ободочной кишки. Сибирский онкологический журнал. 2024; 23(3): 133–49. [Nevolskikh A.A., Avdeenko V.A., Reznik I.P., Pochuev T.P., Zibirov R.F., Ivanov S.A., Kaprin A.D. Surgical treatment of right colon cancer. *Siberian Journal of Oncology*. 2024; 23(3): 133–49. (in Russian)]. doi: 10.21294/1814-4861-2024-23-3-133-149. EDN: SB-BUMV.
 14. Tejedor P., Francis N., Jayne D., Hohenberger W., Khan J.; on behalf the CME Project Working Group. Consensus statements on complete mesocolic excision for right-sided colon cancer-technical steps and training implications. *Surg Endosc*. 2022; 36(8): 5595–601. doi: 10.1007/s00464-021-08395-0.
 15. Ahn H.M., Son G.M., Lee I.Y., Shin D.H., Kim T.K., Park S.B., Kim H.W. Optimal ICG dosage of preoperative colonoscopic tattooing for fluorescence-guided laparoscopic colorectal surgery. *Surg Endosc*. 2022; 36(2): 1152–63. doi: 10.1007/s00464-021-08382-5.
 16. Ribero D., Mento F., Segal V., Lo Conte D., Mellano A., Spinoglio G. ICG-Guided Lymphadenectomy during Surgery for Colon and Rectal Cancer-Interim Analysis of the GREENLIGHT Trial. *Biomedicine*. 2022; 10(3): 541. doi: 10.3390/biomedicine10030541.
 17. Petz W., Bertani E., Borin S., Fiori G., Ribero D., Spinoglio G. Fluorescence-guided D3 lymphadenectomy in robotic right colectomy with complete mesocolic excision. *Int J Med Robot*. 2021; 17(3): 2217. doi: 10.1002/rcs.2217.
 18. Ho M.F., Futaba K., Mak T.W.C., Ng S.S.M. Personalized laparoscopic resection of colon cancer with the use of indocyanine green lymph node mapping: Technical and clinical outcomes. *Asian J Endosc Surg*. 2022; 15(3): 563–68. doi: 10.1111/ases.13050.
 19. Sato Y., Satoyoshi T., Okita K., Kyuno D., Hamabe A., Okuya K., Nishidate T., Akizuki E., Ishii M., Yamano H.O., Sugita S., Nakase H., Hasegawa T., Takemasa I. Snapshots of lymphatic pathways in colorectal cancer surgery using near-infrared fluorescence, in vivo and ex vivo. *Eur J Surg Oncol*. 2021; 47(12): 3130–36. doi: 10.1016/j.ejso.2021.07.025.
 20. Ushijima H., Kawamura J., Ueda K., Yane Y., Yoshioka Y., Daito K., Tokoro T., Hida J.I., Okuno K. Visualization of lymphatic flow in laparoscopic colon cancer surgery using indocyanine green fluorescence imaging. *Sci Rep*. 2020; 10(1): 14274. doi: 10.1038/s41598-020-71215-3.
 21. Park J.H., Moon H.S., Kwon I.S., Yun G.Y., Lee S.H., Park D.H., Kim J.S., Kang S.H., Lee E.S., Kim S.H., Sung J.K., Lee B.S., Jeong H.Y. Usefulness of colonic tattooing using indocyanine green in patients with colorectal tumors. *World J Clin Cases*. 2018; 6(13): 632–40. doi: 10.12998/wjcc.v6.i13.632.
 22. Nishigori N., Koyama F., Nakagawa T., Nakamura S., Ueda T., Inoue T., Kawasaki K., Obara S., Nakamoto T., Fujii H., Nakajima Y. Visualization of Lymph/Blood Flow in Laparoscopic Colorectal Cancer Surgery by ICG Fluorescence Imaging (Lap-IGFI). *Ann Surg Oncol*. 2016; 23 Suppl 2: 266–74. doi: 10.1245/s10434-015-4509-0.
 23. Park I.J., Choi G.S., Kang B.M., Lim K.H., Jun S.H. Lymph node metastasis patterns in right-sided colon cancers: is segmental resection of these tumors oncologically safe? *Ann Surg Oncol*. 2009; 16(6): 1501–6. doi: 10.1245/s10434-009-0368-x.
 24. Kelder W., Braat A.E., Karrenbeld A., Grond J.A.K., De Vries J.E., Oosterhuis J.W.A., Baas P.C., Plukker J.T.M. The sentinel node procedure in colon carcinoma: a multi-centre study in The Netherlands. *Int J Colorectal Dis*. 2007; 22(12): 1509. doi: 10.1007/s00384-007-0351-6.
 25. Saha S., Johnston G., Korant A., Shaik M., Kanaan M., Johnston R., Ganatra B., Kaushal S., Desai D., Mannam S. Aberrant drainage of sentinel lymph nodes in colon cancer and its impact on staging and extent of operation. *Am J Surg*. 2013; 205(3): 302–5; discussion 305–6. doi: 10.1016/j.amjsurg.2012.10.029.
 26. Tanaka S., Horimai C., Katsukawa F. Ethnic differences in abdominal visceral fat accumulation between Japanese, African-Americans, and Caucasians: a meta-analysis. *Acta Diabetol*. 2003; 40 Suppl 1: 302–4. doi: 10.1007/s00592-003-0093-z.

Поступила/Received 08.03.2025

Одобрена после рецензирования/Revised 11.07.2025

Принята к публикации/Accepted 26.08.2025

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Невольских Алексей Алексеевич, доктор медицинских наук, заместитель директора по лечебной работе, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). SPIN-код: 3787-6139. ORCID: 0000-0001-5961-2958.

Авдеенко Виолетта Андреевна, клинический ординатор, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). ORCID: 0000-0002-2678-016X.

Резник Иван Павлович, патологоанатом патологоанатомического отделения, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). ORCID: 0000-0003-0710-1771.

Кукарская Валерия Андреевна, рентгенолог, ГАУЗ СО «Свердловский областной онкологический диспансер» (г. Екатеринбург, Россия). ORCID: 0009-0001-4872-3182.

Агабабян Татев Артаковна, кандидат медицинских наук, заведующая отделением лучевой диагностики, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). ORCID: 0000-0002-9971-3451.

Почуев Тарас Петрович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения лучевого и хирургического лечения заболеваний абдоминальной области, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). SPIN-код: 1858-0968. ORCID: 0000-0002-9243-6519.

Михалёва Юлия Юрьевна, онколог отделения лучевого и хирургического лечения заболеваний абдоминальной области, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). ORCID: 0000-0002-9449-2135.

Зибиров Руслан Фяритович, патологоанатом патологоанатомического отделения, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). SPIN-код: 6704-9766. ORCID: 0000-0001-5252-0436.

Гриневич Вячеслав Николаевич, заведующий отделом патоморфологии, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия).

Орехов Иван Анатольевич, онколог отделения лучевого и хирургического лечения заболеваний абдоминальной области, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия).

Синяев Петр Валентинович, заведующий отделением эндоскопии, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия).

Евтехов Илья Алексеевич, эндоскопист отделения эндоскопии, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия).

Юдин Андрей Александрович, эндоскопист отделения эндоскопии, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия).

Петров Леонид Олегович, кандидат медицинских наук, заведующий отделением лучевого и хирургического лечения заболеваний абдоминальной области, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия). SPIN-код: 4559-3613.

Иванов Сергей Анатольевич, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, директор, Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия); профессор кафедры онкологии и рентгенодиагностики им. В.П. Харченко медицинского института, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (г. Москва, Россия). SPIN-код: 4264-5167. ORCID: 0000-0001-7689-6032.

Каприн Андрей Дмитриевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, академик РАО, генеральный директор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России (г. Обнинск, Россия); директор, Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; заведующий кафедрой онкологии и рентгенодиагностики им. В.П. Харченко медицинского института, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (г. Москва, Россия). ORCID: 0000-0001-8784-8415.

ВКЛАД АВТОРОВ

Невольских Алексей Алексеевич: разработка концепции научной работы, общее руководство проектом, написание статьи, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Авдеев Виолетта Андреевна: сбор материала исследования, статистическая обработка данных, обзор литературы, написание статьи.

Резник Иван Павлович: редактирование статьи с внесением ценного интеллектуального содержания, сбор и обработка данных.

Кукарская Валерия Андреевна: сбор материала исследования, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Агабабян Татев Артаковна: критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Почуев Тарас Петрович: сбор материала исследования, научное редактирование.

Михалёва Юлия Юрьевна: сбор материала исследования, анализ научной работы с внесением ценного интеллектуального содержания.

Зибиров Руслан Фяритович: сбор материала исследования, научное редактирование.

Гриневич Вячеслав Николаевич: анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Орехов Иван Анатольевич: сбор материала исследования, редактирование.

Синяев Петр Валентинович: сбор материала исследования, редактирование статьи с внесением ценного интеллектуального содержания.

Евтехов Илья Алексеевич: сбор материала исследования, редактирование.

Юдин Андрей Александрович: сбор материала исследования, редактирование.

Петров Леонид Олегович: анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Иванов Сергей Анатольевич: критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Каприн Андрей Дмитриевич: критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

Финансирование

Это исследование не потребовало дополнительного финансирования.

Конфликт интересов

Автор Каприн А.Д. (доктор медицинских наук, профессор, академик РАН и РАО) является членом редколлегии «Сибирского онкологического журнала». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой статьей.

Соответствие принципам этики

Проведенное исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации, одобрено независимым этическим комитетом Медицинского радиологического научного центра им. А.Ф. Цыба (Россия, 249031, г. Обнинск, ул. Маршала Жукова, 10), протокол № 935 от 20.11.24.

Информированное согласие

Все пациенты подписали письменное информированное согласие на публикацию данных в медицинском журнале, включая его электронную версию.

ABOUT THE AUTHORS

Aleksey A. Nevolskikh, MD, DSc, Deputy Director for Medical Work, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia). ORCID: 0000-0001-5961-2958.

Violetta A. Avdeenko, MD, Clinical Resident, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia). ORCID: 0000-0002-2678-016X.

Ivan P. Reznik, MD, Pathologist, Pathology Department, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia). ORCID: 0000-0003-0710-1771.

Valeria A. Kukarskaya, MD, Radiologist, Sverdlovsky Regional Oncological Dispensary (Ekaterinburg, Russia). ORCID: 0009-0001-4872-3182.

Tatev A. Agababyan, MD, PhD, Head of the Department of Radiation Diagnostics, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia). ORCID: 0000-0002-9971-3451.

Taras P. Pochuev, MD, PhD, Senior Researcher, Department of Radiation and Surgical Treatment of Abdominal Diseases, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia). ORCID: 0000-0002-9243-6519.

Yulia Yu. Mikhaleva, MD, Oncologist, Department of Radiation and Surgical Treatment of Abdominal Diseases, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia). ORCID: 0000-0002-9449-2135.

Ruslan F. Zibirov, MD, Pathologist, Pathology Department, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia). ORCID: 0000-0001-5252-0436.

Vyacheslav N. Grinevich, MD, Head of the Pathomorphology Department, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia).

Ivan A. Orekhov, MD, Oncologist, Department of Radiation and Surgical Treatment of Abdominal Diseases, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia).

Petr V. Sinyayev, MD, Head of the Endoscopy Department, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia).

Ilya A. Evtehov, MD, Endoscopist, Endoscopy Department, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia).

Andrey A. Yudin, MD, Endoscopist, Endoscopy Department, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia).

Leonid O. Petrov, MD, PhD, Head of the Department of Radiation and Surgical Treatment of Abdominal Diseases, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia).

Sergey A. Ivanov, MD, DSc, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, A. Tsyb Medical Radiological Research Centre – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia); Professor, Department of Oncology and Roentgenology named after V.P. Kharchenko, RUDN University (Moscow, Russia). ORCID: 0000-0001-7689-6032.

Andrey D. Kaprin, MD, DSc, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Academician of the Russian Academy of Education, Director General, National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia (Obninsk, Russia); Director, P. Hertsen Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of Russia; Head of the Department of Oncology and Roentgenology named after V.P. Kharchenko, Medical Institute, RUDN University (Moscow, Russia). ORCID: 0000-0001-8784-8415.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Aleksey A. Nevolskikh: study conception, overall project management, manuscript writing, critical revision with valuable intellectual content contribution.

Violetta A. Avdeenko: collection of research material, statistical data processing, literature review, manuscript writing.

Ivan P. Reznik: editing the manuscript with valuable intellectual content contribution, data collection and processing.

Valeria A. Kukarskaya: collection of research material, critical revision with valuable intellectual content contribution.

Tatev A. Agababyan: critical revision with valuable intellectual content contribution.

Taras P. Pochuev: collection of research material, scientific editing.

Yulia Yu. Mikhaleva: collection of research material, analysis of scientific work with valuable intellectual content contribution.

Ruslan F. Zibirov: collection of research material, scientific editing.

Vyacheslav N. Grinevich: analysis of scientific work, critical revision with valuable intellectual content contribution.

Ivan A. Orekhov: collection of research material, editing.

Petr V. Sinyayev: collection of research material, editing the manuscript with valuable intellectual content contribution.

Ilya A. Evtehov: collection of research material, editing.

Andrey A. Yudin: collection of research material, editing.

Leonid O. Petrov: analysis of scientific work, critical revision with valuable intellectual content contribution.

Sergey A. Ivanov: critical revision with valuable intellectual content contribution.

Andrey D. Kaprin: critical revision with valuable intellectual content contribution.

All authors approved the final version of the manuscript prior to publication and agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work were appropriately investigated and resolved.

Funding

This study required no funding.

Conflict of interests

Prof. Kaprin A.D. is a member of the editorial board of Siberian Journal of Oncology. The authors are not aware of any other potential conflicts of interest related to this manuscript.

Compliance with Ethical Standards

The study was conducted in accordance with ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki approved by Ethics Committee of A. Tsyb Medical Radiological Research Centre (10, Marshal Zhukov St., Obninsk, 249031, Russia), protocol No. 935 dated November 20, 2024

Voluntary informed consent

Written informed voluntaries consents were obtained from the patients for the publication of data in medical journal.