

21. Чернышева Е. География табачных запретов. Мировой опыт/ Е.Чернышева //Коммерсантъ Business Guide.–2017.–№36.–С.14

22. Рак лёгкого. Вам поставили диагноз рак лёгкого.–М.,2021.– URL: <https://new.nmicr.ru/patientam/>(дата обращения 14.12.2024)

Сведения об авторах

**Новикова Светлана Валерьевна**, заочный аспирант кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Адрес: 455000, Челябинская область, г. Магнитогорск, ул. Солнечная, дом 18, телефон +7 (3519) 58-38-38, электронная почта [novikova.sv@novomed-mc.ru](mailto:novikova.sv@novomed-mc.ru)

**Важенин Андрей Владимирович**, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Электронная почта [anco74@chelonco.ru](mailto:anco74@chelonco.ru)

**Тюков Юрий Аркадьевич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Электронная почта [tua111@rambler.ru](mailto:tua111@rambler.ru)

УДК 616.34-006.6

## Результаты комбинированного лечения местно-распространенного рака толстой кишки с применением интраоперационной фотодинамической терапии

И. В. Крочек<sup>1,3</sup>, Р. Д. Ибатуллин<sup>3</sup>, А. Е. Анчугова<sup>1,2</sup>, А. В. Лаппа<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Челябинск, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, Россия

<sup>3</sup> ГАУЗ ОТКЗ «Городская клиническая больница №1», Челябинск, Россия

## Results of combined treatment of local advanced colon cancer using intraoperative photodynamic therapy

I. V. Krochek<sup>1,3</sup>, R. D. Ibatullin<sup>3</sup>, A. E. Anchugova<sup>1,2</sup>, A. V. Lappa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> South-Urals State Medical University, Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup> Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

<sup>3</sup> City Clinical Hospital №1, Chelyabinsk, Russia

**Аннотация. Актуальность.** Колоректальный рак является одним из самых распространенных онкологических заболеваний в России. Для его лечения наиболее часто используется исключительно хирургический метод, но его сочетание с дополнительными противоопухолевыми методами воздействия на область операционного поля позволяет снизить риск местного рецидива и перитонеального канцероматоза. **Цель исследования.** В работе исследуется комбинированный способ лечения местно-распространенного рака толстой кишки с применением интраоперационной лазерной фотодинамической терапии с фотосенсибилизатором «Фотолон». **Материалы и методы.** 38 пациентов были разделены на две сопоставимые группы: в контрольную группу вошли 18 больных, которым было выполнено только хирургическое лечение, основную группу составили 20 больных, которым дополнительно проводилась интраоперационная фотодинамическая терапия. Она включала в себя: введение фотосенсибилизатора, лазерное облучение и фотодинамическую диагностику. Последняя выполнялась абсорбционным методом, реализованным в собственной установке, и использовалась для выработки тактики облучения различных тканей. **Результаты.** Полученные первичные и отдаленные результаты лечения показывают, что все показатели (кроме длительности операции) в основной группе лучше, чем в контрольной, а такие важнейшие показатели как летальность, рецидив, гнойные осложнения и стойкая ремиссия - достоверно лучше в основной группе с высоким уровнем значимости. **Выводы.** Интраоперационная фотодинамическая терапия местно-распространенного рака толстой кишки с «Фотолоном» под фотодинамическим контролем с высокой достоверностью улучшает результаты комплексного лечения пациентов с данной патологией.

**Ключевые слова:** рак толстой кишки; фотодинамическая терапия; фотодинамическая диагностика; лазер; спектр диффузного отражения; фотосенсибилизатор; Фотолон.

**Abstract. Relevance.** Colorectal cancer is one of the most common oncological diseases in Russia. For its

treatment, the surgical method is most often used exclusively, but its combination with complex antitumor methods of influencing the area of the surgical field allows to reduce the risk of sudden relapse and peritoneal carcinomatosis. **The Aim of the study.** This work studies a combined method for the treatment of locally advanced colon cancer using an intraoperative laser photodynamic therapy with the Photolon photosensitizer. **Materials and methods.** 38 patients were divided into two comparable groups: the control group included 18 patients who had only surgical treatment, the experimental group consisted of 20 patients who additionally had intraoperative photodynamic therapy. PDT included: the photosensitizer injection, laser irradiation and photodynamic diagnostics. PDD was carried out by the absorption method, implemented in our own complex, and was used to develop tactics for irradiating various tissues. **Results.** The obtained primary and long-term treatment results show that all indicators (except for the duration of the operation) in the experimental group are better than in the control group, and such important indicators as mortality, recurrence, purulent complications and persistent remission are significantly better in the experimental group with a high level of significance. **Conclusion.** Intraoperative photodynamic therapy of locally advanced colon cancer with Photolon under photodynamic control significantly improves the results of complex treatment of patients with this pathology. **Keywords:** colon cancer; photodynamic therapy; photodynamic diagnostics; laser; diffuse reflectance spectrum; photosensitizer; Photolon.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflicts of interest:** The authors declare no conflicts of interest

**Введение.** По последним данным аналитического отчета МНИОИ им. П. А. Герцена колоректальный рак находится на третьем месте по распространенности онкологических заболеваний в России [1]. Для его лечения наиболее часто (в 64,9% случаев для опухолей ободочной кишки и 44,7% - для опухолей ректосигмоидного отдела и прямой кишки [1]) используют исключительно хирургический метод, но иногда удаления первичной опухоли и метастатических очагов недостаточно из-за прогрессирования опухолевого процесса. Так, по данным работ [2,3], во время операции у 12-30% больных раком толстой кишки обнаруживают местное распространение опухоли. Для снижения риска местного рецидива и перитонеального канцероматоза применяют комбинированные способы лечения, сочетающие хирургический метод с дополнительными противоопухолевыми методами воздействия на область операционного поля.

Одним из таких дополнительных методов является фотодинамическая терапия (ФДТ). Имеется большое число публикаций, описывающих единичные клинические случаи применения ФДТ в лечении колоректального рака (например, [4-10]), тогда как крупномасштабные рандомизированные контролируемые испытания не проводились. Анализ существующих исследований в соответствии с протоколом PRISMA выполнен в систематическом обзоре, недавно зарегистрированном в международном реестре [11]. Его авторы ставили целью выявить наиболее успешные схемы лечения, но столкнулись с большой вариативностью представленных в работах параметров лечения. Анализируемые исследования, среди которых была и наша статья [10], отличаются типом и дозой использованного фотосенсибилизатора (ФС), наличием или отсутствием контроля его накопления в тканях (иногда называемого фотодинамической диагностикой (ФДД)), длиной волны и световой дозой лазерного излучения, способом его доставки к опухоли. Все авторы сообщают об эффективности применения ФДТ в лечении колоректального рака, как в качестве самостоятельного метода для неоперабельных больных [4,8,9], так и в сочетании с хирургическим

методом [5,10]. Но недостаточный объем статистики и большая неоднородность параметров лечения не позволяет сделать общих выводов по поводу наилучших схем лечения. Особенно это касается выбора и применения ФС. Наиболее распространенные в России фотосенсибилизаторы хлоринового типа в данном обзоре практически не представлены, за исключением «Радахлорина» в нашей работе [10], а популярный «Фотолон», используемый в настоящей работе, не рассматривается вовсе.

**Цель исследования:** изучение комбинированного способа лечения местно-распространенного рака толстой кишки, сочетающего хирургический метод с интраоперационной лазерной ФДТ с ФС «Фотолон».

#### Материалы и методы.

**1. Группы.** Исследования проводились в онкологическом отделении ГКБ №1 г. Челябинска в период с 2017 по 2021 год. 38 пациентов с местно-распространенными формами рака толстого кишечника были разделены на две сопоставимые группы. Основную группу составили 20 больных (9 мужчин и 11 женщин), которым в комплексе с плановым хирургическим лечением проводилась интраоперационная ФДТ. В контрольную группу вошли 18 пациентов (7 мужчин, 11 женщин), находившихся на лечении в 2015-2016 гг., которым интраоперационная ФДТ не проводилась.

В структуре операций, выполненных пациентам обеих групп, радикальные вмешательства составили: в основной группе - 75% (15 пациентов), контрольной - 72,2% (13 пациентов), остальным пациентам сделаны условно-радикальные операции. В основной группе проводились комбинированные резекции толстой кишки с резекцией смежных структур, вовлеченных в опухолевый процесс: право- и левосторонние гемиколэктомии, резекции поперечно-ободочной кишки с лимфодиссекцией D2, брюшно-промежностные экстирпации прямой кишки с лимфодиссекцией D2. Показанием к выполнению комбинированных операций при местно-распространенных формах рака толстого кишечника считалось врастание опухоли в соседние структуры при резектабельности процесса и отсутствии множественных отдаленных метастазов. После

резекций в рамках основного этапа ФДТ производилось облучение ложа опухоли и под резецированными тканями. В контрольной группе выполнялся такой же объем оперативного вмешательства, за исключением ФДТ. Во всех операциях использовалась мультимодальная анестезия. После операций пациентам обеих групп проведены полностью идентичные схемы АПХТ FOLFOX6, FOLFIRI.

По итогам операций разгрузочные колостомы выведены у 10 пациентов (4 - в основной и 6 - в контрольной группах). Поводом для этого служили опасность нарушения кровоснабжения стенки кишки даже при незначительных проявлениях хронической кишечной непроходимости и при низко расположенных опухолях прямой кишки, особенно при травматичном этапе резекций.

Всем пациентам обеих групп проведены общеклинические исследования, эндоскопические исследования, рентгенологические исследования кишечника, с обязательными УЗИ, МРТ или КТ для оценки распространенности процесса. У всех пациентов опухолевые процессы были морфологически верифицированы. Выполнялись также фиброгастродуоденоскопия, внутривенная урография с нисходящей цистографией, по

показаниям - цистоскопия, осмотр гинеколога и уролога с целью определения характера местного распространения опухоли.

Распределения пациентов обеих групп по полу и возрасту, стадиям и локализации опухолей, вовлечению в онкологический процесс соседних органов, на которых проведены сопутствующие операции резекции, представлены в табл. 1-4.

Таким образом, распределение больных в основной и контрольной группах по полу, возрасту, стадиям и локализации опухолей, объему хирургического лечения вполне сопоставимо. Сопоставимы они и по гистологической оценке злокачественности опухолей: чаще наблюдались умеренно-дифференцированные и высокодифференцированные аденокарциномы (52,9% - в основной и 61,1% - в контрольной группах), в остальных случаях - низкодифференцированные и недифференцированные (47,1% - в основной и 38,9% - в контрольной группах).

**2. ФДТ, ФС, ФДД.** ФДТ проводилась пациентам основной группы и включала в себя: введение фотосенсибилизатора, лазерное облучение и ФДД (измерение уровня накопления ФС в тканях). Использовались: «Фотолон» - ФС второго поколения хлоринового типа,

Таблица 1

Пол и возраст (чел.%)

Пол, возраст	Основная группа	Контрольная группа
Пол м ж	9 11	7 11
40-49 лет	2 (10,0%)	2 (11,1%)
50-59 лет	3 (15,9%)	2 (11,1%)
60-69 лет	8 (40,0%)	8 (44,4%)
70-79 лет	5 (25,0%)	5 (27,7%)
80 лет и старше	2 (10,0%)	1 (5,6%)

Таблица 2

Стадии онкологического процесса (чел.%)

Стадии онкопроцесса	Основная группа	Контрольная группа
II стадия (T3 N0 M0, T4 N0 M0)	2 (10,0%)	2 (11,1%)
III стадия (T4 N2 M0)	14 (70,0%)	13 (72,2%)
IV стадия (T1-4 N1-2 M1)	4 (20,0%)	3 (16,7%)

Таблица 3

Локализация онкологического процесса (чел.%)

Отделы толстого кишечника/	Основная группа	Контрольная группа
Слепая кишка	1 (5,0%)	2 (11,1%)
Восходящая кишка	2 (10,0%)	1 (5,6%)
Печеночный изгиб	2 (10,0%)	1 (5,6%)
Селезеночный изгиб	1 (5,0%)	2 (11,1%)
Нисходящая кишка	1 (5,0%)	2 (11,1%)
Сигмовидная кишка	4 (20,5%)	4 (22,2%)
Ректосигмоидный отдел	6 (30,0%)	3 (16,7%)
Прямая кишка	3 (15,0%)	3 (16,7%)

Резецированные близлежащие органы, пораженные опухолевым процессом (чел. (%))

Пораженные органы	Основная группа	Контрольная группа
Мочевой пузырь, простата	4 (23,5%)	3 (16,6%)
Матка и шейка матки	2 (10,0%)	1 (5,6%)
Придатки матки	3 (15,0%)	3 (16,6%)
Простата	1 (5,0%)	1 (5,6%)
Передняя брюшная стенка	2 (10,0%)	2 (11,1%)
Почка, забрюшинное пространство	1 (5,0%)	2 (11,1%)
Петли тонкого кишечника	5 (25,0%)	5 (27,7%)
Левая доля печени	2 (10,0%)	1 (5,6%)

имеющий высокий пик в спектре поглощения с максимумом на длине волны около 662 нм (в биоткани); диодный лазер «Лахта-Милон» (ООО «Милон-лазер»), излучающий на этой длине волны с оптической мощностью до 2,5 Вт, с доставкой излучения посредством кварцевых световодов диаметром (по сердцевине) 600 мкм; абсорбционный метод для ФДД в отражательно-зондовой схеме. Последний использует изменения в спектре диффузного отражения ткани, вызываемые накоплением в ней ФС. Пик поглощения ФС вызывает провал в спектре отражения, по которому и определяется уровень накопления.

Метод реализован в собственной установке (рис. 1а), включающей светодиодный термостабилизированный источник белого света, ССD-спектрометр «Avantes», оптоволоконный зонд диаметром 3,4 мм (рис. 1б), компьютер с управляющей и обрабатывающей программой, написанные нами с использованием динамической библиотеки функций, предоставленной производителем спектрометра.

На торец зонда выходит 5 кварц-кварцевых 600 мкм (по сердцевине) волокон: 4 осветительных, плотно расположенных, и 1 детектирующий, отстоящий от них на 1,5 мм (между краями). По первому свет от источника поступает в исследуемый объект, по второму – отво-

дится из него на спектрометр. Непосредственно измеряемый им приборный спектр сильно отличается от нужного спектра диффузного отражения света в данной геометрии (в детектирующем волокне от осветительных) из-за спектральных зависимостей излучения источника, проницаемости волокон и чувствительности спектрометра. Как результат, провал от ФС в приборном спектре почти не виден. Но он проявляется в отношении приборных спектров от исследуемой ткани и от некоторого несенсибилизированного отражателя (референса), поскольку в таком отношении указанные зависимости сокращаются, и остается чистый относительный спектр диффузного отражения. Максимально четко провал проявляется если в качестве референса взять исследуемую ткань до введения ФС. В нашем случае такой идеальный референс недоступен, и мы используем универсальные референсы, в частности, почти непоглощающий водный раствор интралипида, имеющий достаточно однородный спектр отражения. При таких референсах для применимости метода (проявления провала) дополнительно необходимо, чтобы пик поглощения ФС был достаточно узким на фоне спектра поглощения ткани. И это неплохо выполняется у хлориновых сенсibilизаторов, включая «Фотолон», что иллюстрируют (на рис. 2) реальные относительные

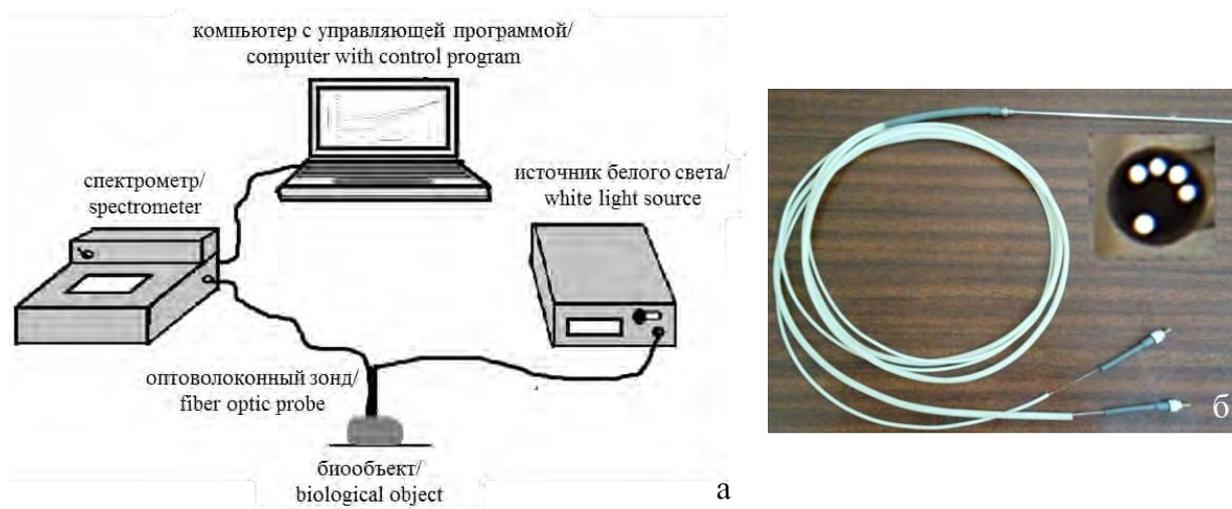


Рисунок 1. Общая схема установки для ФДД (а) и оптоволоконный зонд (б)

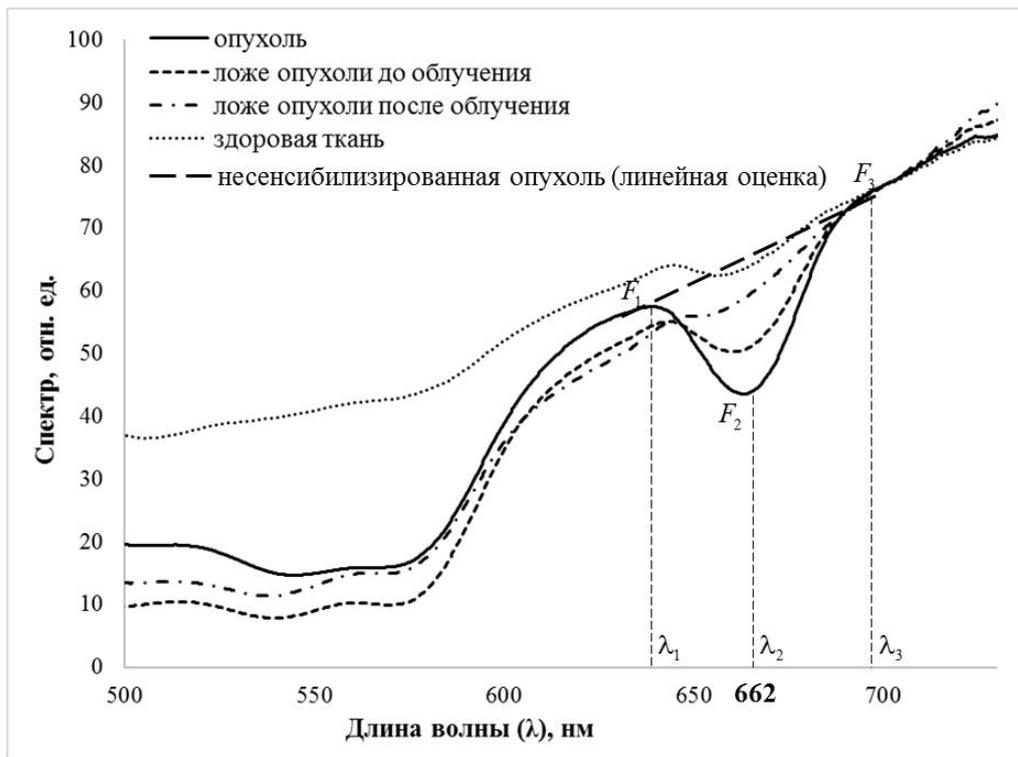


Рисунок 2. Относительный спектр отражения сенсибилизированных тканей с интралипидным референсом у пациента основной группы

спектры с реальными концентрациями «Фотолон», измеренные в процессе ФДД одного из пациентов основной группы.

Хорошо видны провалы на месте пика поглощения ФС и положительная корреляция их глубины и концентрации ФС. В качестве количественной меры этой глубины – ФС-сигнала - мы приняли величину

$$\delta = \lg \frac{F_1^{1-k} F_3^k}{F_2}, k = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_3 - \lambda_1}, \text{ где } \lambda_i - \text{длины волн,}$$

$F_i$  - относительные спектры отражения на них.  $\lambda_2$  отвечает максимуму пика поглощения ФС (662 нм),  $\lambda_1, \lambda_3$  - границы существенного диапазона пика (эмпирические параметры метода). В ФДД с «Фотолоном»

мы принимали  $\lambda_1 = 642$  нм,  $\lambda_3 = 684$  нм ( $k = 0,476$ ). В экспериментах на фантомах мы показали, что эти параметры обеспечивают прямую пропорциональность ФС-сигнала  $\delta$  от концентрации ФС при всех наблюдаемых в клинике концентрациях, при этом коэффициент пропорциональности слабо зависит от типа ткани. Поэтому отношение ФС-сигналов для разных тканей близко к отношению концентраций ФС в них, и мы принимаем его как соответствующую контрастность накопления.

«Фотолон» применяли в дозе 1,0 – 1,2 мг/кг массы тела больного. Рассчитанную дозу растворяли в 200 мл 0,9% раствора натрия хлорида и вводили внутривенно капельно в течение 30 мин за 1 ч до начала операции. Через 2-5 ч после введения ФС и проведения основного хирургического этапа проводился сеанс поверх-

ностного лазерного облучения «ложа» опухоли вместе с зоной пораженных соседних органов, а также путей возможного метастазирования, в суммарной световой дозе 50-200 Дж/см<sup>2</sup>. Длительность процедуры составляла 15-35 мин. Разброс перечисленных параметров обусловлен различными размерами «опухолевого очага», обстоятельствами операции и организационными моментами.

ФДД проводилось на трех этапах операции: 1) после достижения доступа к опухоли и региональным лимфатическим узлам (до их удаления), 2) сразу после их удаления, 3) после облучения. В первом случае измерения проводились в центре опухоли, в лимфоузлах I и II порядка, в окружении опухоли (2-3 см от края) и на здоровом участке стенки толстой кишки. Второе и третье измерения проводились в «ложах» опухоли и удаленных узлов, в не удалённых узлах, окружении и здоровых тканях.

**3. Статистическая обработка результатов** лечения проводилась с помощью программ Microsoft Excel 2010 и StatSoft Statistica 10. Оценка достоверности различий между сравниваемыми показателями строилась с помощью критерия Стьюдента. Применялся общепринятый уровень значимости:  $p=0,05$ .

**Результаты.** Применение ФДД позволило выработать тактику облучения различных тканей во время ФДТ. На рис. 3 представлены значения контрастности накопления ФС относительно здоровой ткани для центра опухоли, её «ложа» после удаления, окружения и лимфатических узлов, осредненные по всем операциям основной группы. Видно, что в большинстве случаев уровень накопления ФС в «ложе» опухоли

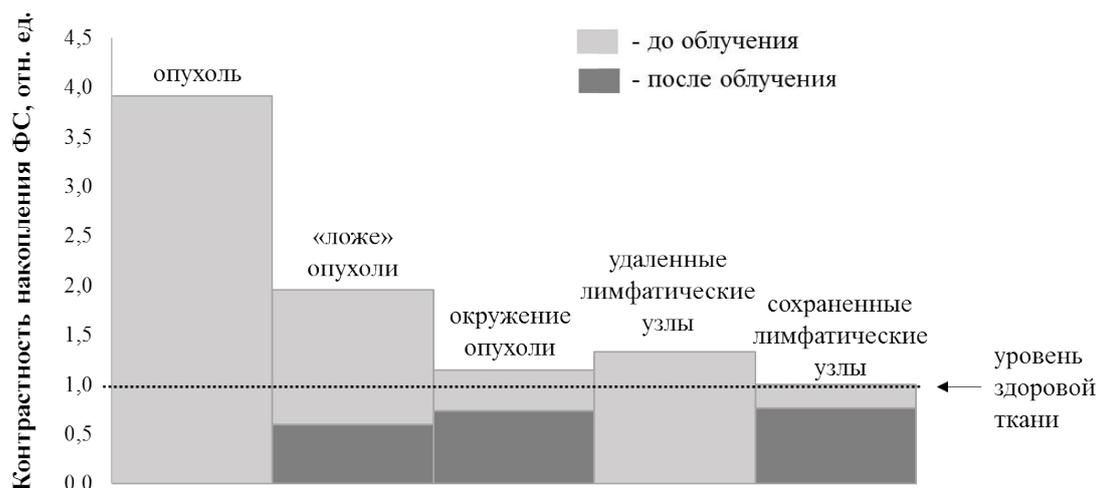


Рисунок 3. Средние значения контрастности накопления ФС в различных тканях

меньше, чем в самой опухоли до удаления, но больше в сравнении со здоровыми тканями, что может свидетельствовать о сохранении остаточных очагов раковых клеток в «ложе» опухоли и подтверждает правильность выбранной методики лечения (необходимость ФДТ). «Профилактический» сеанс облучения проводился и в тех отдельных случаях, когда накопление ФС в «ложе» опухоли было на уровне здоровых тканей. Зона окружения опухоли имела повышенную контрастность накопления ФС, что может указывать на вовлечение данных тканей в онкологический процесс и требует их облучения во время ФДТ. Среди лимфатических узлов удалению подлежали те, которые имели накопление

ФС выше уровня здоровой ткани и те, которые не имели накопления ФС, но соотносились с общепринятыми объемами лимфодиссекции D2. В контрольной группе также выполнялась общепринятая лимфодиссекция D2. Уменьшение контрастности накопления ФС после ФДТ, наблюдаемое во всех облученных тканях, связано с «выгоранием» (эффект фотобликинга) ФС, сопровождающим фотодинамическую реакцию.

Полученные первичные и отдаленные (в течение 3,5 лет) результаты лечения у пациентов с местно-распространенным раком толстой кишки представлены в таблицах 5, 6.

Несмотря на небольшую статистику наблюдений и

Таблица 5

Первичные результаты лечения

Показатель	Основная группа	Контрольная группа
Длительность операции (часы)	3,2±1,7	2,4±0,5
Боль по ВАШ (баллы)	2,1±0,6	3,5±1,3
Восстановление перистальтики ЖКТ (сутки)	1,8±1,1	2,2±1,2
Длительность отделяемого по дренажам (сутки)	2,5±1,4	3,3±1,6
Острая задержка мочи (чел. (%))	-	2 (11,1%)
Период гипертермии (сутки)	3,2±1,6	4,1±1,4
Нагноения/серомы (чел. (%))	2 (10,0%)*	4 (22,2%)
Длительность госпитализации (сутки)	13,1±1,3*	16,4±2,3

Примечание: \* достоверная разность с контрольной группой,  $p \leq 0,05$

Таблица 6

Отдаленные результаты лечения

Показатель	Основная группа	Контрольная группа
Рецидив опухоли (за 42 мес.) (чел. (%))	6 (30,0%)*	11 (61,1%)
Умерло после операции (за 42 мес.) (чел. (%))	3 (15,0%)	4 (22,2%)
Стойкая ремиссия после лечения (за 42 мес.) (чел. (%))	11 (55,0%)*	7 (38,9%)

Примечание: \* достоверная разность с контрольной группой,  $p \leq 0,05$

отсутствие достоверных различий между группами по целому ряду показателей, можно сделать следующие предварительные выводы:

- все показатели (кроме длительности операции) в основной группе лучше, чем в контрольной;
- важные показатели: общая и безрецидивная выживаемость и гнойные осложнения - достоверно лучше в основной группе с высоким уровнем значимости.

**Обсуждение.** Существенные различия в схемах лечения, особенно касающиеся выбора ФС, и отсутствие единых критериев оценки успешности лечения не позволяют провести корректное сравнение полученных нами результатов с работами других авторов. Тем не менее, тенденции на улучшение первичных результатов лечения совпадают. Например, о достоверном ( $p \leq 0,05$ ) уменьшении длительности госпитализации, клинических симптомов и послеоперационных осложнений у пациентов, перенесших ФДТ после химиотерапии, в сравнении с теми, кому ФДТ не проводилась, сообщается в работе [8]. Важно отметить, что это единственная найденная нами работа по лечению

колоректального рака с применением ФДТ, в которой производится деление пациентов на группы сравнения. Полученные результаты авторы не анализируют, но мы склонны их связывать с более быстрым купированием воспалительных изменений в зоне операции и менее интенсивным болевым синдромом у пациентов основной группы в сравнении с контрольной. Возможно, эти эффекты объясняются действием низкоинтенсивной лазерной терапии (эффект фотобиостимуляции), сопровождающей процедуру ФДТ. В пользу данного предположения говорит используемая в стоматологии методика применения ФДТ с целью уменьшения послеоперационной боли и воспалений, объясняемая фотобиостимуляционным и антимикробным эффектами от ФДТ [12, 13].

Выводы. Проведенные исследования с высокой достоверностью показывают, что применение интраоперационной ФДТ местно-распространенного рака толстой кишки с «Фотолоном» под ФДД-контролем улучшает результаты комплексного лечения пациентов с данной патологией.

#### Литература

1. Состояние онкологической помощи населению России в 2021 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. 2022. 239 с.
2. Хватов А. А. и др. Возможности хирургического лечения пациентов с рецидивами рака прямой кишки // Вестник хирургии имени ИИ Грекова. – 2018. – Т. 177. – №. 2. – С. 39-45.
3. Ачкасов СИ, Назаров ИВ, Сушков ОИ, Лихтер МС. Местный рецидив рака ободочной кишки: результаты лечения // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2019. – №. 3. – С. 21-31.
4. Barr H, Krasner N, Boulos PB. Photodynamic therapy for colorectal cancer: a quantitative pilot study // British Journal of Surgery. – 1990. – Т. 77. – №. 1. – С. 93-96.
5. Stranadko EP, Skobelkin OK, Vorozhtsov GN et al. Photodynamic therapy of cancer: five-year clinical experience // Photochemotherapy: Photodynamic Therapy and other Modalities III. – SPIE, 1997. – Т. 3191. – С. 253-262.
6. Nakamura M, Nishikawa J, Hamabe K et al. Preliminary study of photodynamic diagnosis using 5-aminolevulinic acid in gastric and colorectal tumors // World Journal of Gastroenterology: WJG. – 2015. – Т. 21. – №. 21. – С. 6706.
7. Kawczyk-Krupka A, Bugaj AM, Latos W et al. Photodynamic therapy in colorectal cancer treatment—the state of the art in preclinical research // Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. – 2016. – Т. 13. – С. 158-174.
8. Sun B. O., Li W., Liu N. Curative effect of the recent photofrin photodynamic adjuvant treatment on young patients with advanced colorectal cancer // Oncology Letters. – 2016. – Т. 11. – №. 3. – С. 2071-2074.
9. Zhang S. Q. et al. Photodynamic therapy as salvage therapy for residual microscopic cancer after ultra-low anterior resection: A case report // World Journal of Clinical Cases. – 2019. – Т. 7. – №. 6. – С. 798.
10. Privalov VA, Lappa AV, Seliverstov OV. Clinical trials of a new chlorin photosensitizer for photodynamic therapy of malignant tumors // Optical Methods for Tumor Treatment and Detection: Mechanisms and Techniques in Photodynamic Therapy XI. – SPIE, 2002. – Т. 4612. – С. 178-189.
11. Guidolin K, Ding L, Yan H et al. Photodynamic therapy for colorectal cancer: a systematic review of clinical research // Surgical Innovation. – 2022. – Т. 29. – №. 6. – С. 788-803.
12. Alves-Silva EG, Arruda-Vasconcelos R, Louzada EV et al. The effect of photodynamic therapy on postoperative pain in teeth with primary endodontic infection // Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. – 2022. – Т. 37. – С. 102700.
13. Coelho MS., Vilas-Boas L, Tawil PZ. The effects of photodynamic therapy on postoperative pain in teeth with necrotic pulps. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. – 2019. – Т. 27. С. 396-401.

#### Сведения об авторах

**Крочек Игорь Викторович**, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры общей и детской хирургии ФГБОУ ВО «Южно-Уральского государственного медицинского университета» Минздрава России  
Адрес: 454092, Россия, Челябинск, ул. Воровского, д. 64, телефон 8 (351) 232-73-71, электронная почта igor\_krochek@mail.ru

**Ибатуллин Роберт Дамирович**, заведующий онкологическим отделением ГАУЗ ОТКЗ «Городская клиническая больница №1 г. Челябинск»  
Электронная почта 2xo@mail.ru

**Анчугова Анастасия Евгеньевна**, физик НОЦ «Проблемы фундаментальной медицины» ФГБОУ ВО «Южно-Уральского государственного медицинского университета» Минздрава России, старший преподаватель кафедры общей и теоретической физики ФГБОУ ВО «Челябинского государственного университета»  
Электронная почта anchugova.ae@gmail.com

**Лаппа Александр Владимирович**, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры общей и теоретической физики ФГБОУ ВО «Челябинского государственного университета»  
Электронная почта lappa@csu.ru