

Статья поступила в редакцию 17.10.2025; одобрена после рецензирования 19.11.2023; принята к публикации 20.11.2025.
The article was submitted 17.10.2025; approved after reviewing 19.11.2023; accepted for publication 20.11.2025.

Информация об авторах:

Сергей Владимирович Капралов – заведующий кафедрой факультетской хирургии и онкологии, доцент, доктор медицинских наук, sergejkapralov@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5859-7928; **Андрей Дмитриевич Данилов** – ассистент кафедры факультетской хирургии и онкологии, surgery1994@mail.ru, ORCID 0009-0001-6023-5683; **Григорий Алексеевич Клименко** – ассистент кафедры факультетской хирургии и онкологии, klimenko.greg@yandex.ru, ORCID 0009-0005-3194-6573; **Глеб Олегович Мареев** – заведующий кафедрой оториноларингологии, профессор, доктор медицинских наук, dr-mareev@mail.ru, ORCID 0000-0002-5906-8080; **Татьяна Юрьевна Калюта** – директор научно-образовательного центра клинических и биомедицинских исследований, доцент, кандидат медицинских наук, tatianakaluta@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3172-0804; **Илана Михайловна Агранович** – ассистент кафедры патологической физиологии им. акад. А.А. Богомольца, ilana.agranovich@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7903-3897.

Information about the authors:

Sergey V. Kapralov — Head of the Department of Faculty Surgery and Oncology, Associate Professor, DSc, sergejkapralov@yandex.ru; ORCID 0000-0001-5859-7928; **Andrey D. Danilov** — Instructor of the Department of Faculty Surgery and Oncology, surgery1994@mail.ru; ORCID 0009-0001-6023-5683; **Grigory A. Klimenko** — Instructor of the Department of Faculty Surgery and Oncology, klimenko.greg@yandex.ru; ORCID 0009-0005-3194-6573; **Gleb O. Mareev** — Head of the Department of Otorhinolaryngology, Professor, DSc, dr-mareev@mail.ru; ORCID 0000-0002-5906-8080; **Tatyana Yu. Kalyuta** — Director of the Scientific and Educational Center for Clinical and Biomedical Research, Associate Professor, PhD, tatianakaluta@yandex.ru; ORCID 0000-0003-3172-0804; **Ilana M. Agranovich** — Instructor of the Department of Pathological Physiology n. a. Academician A.A. Bogomolets, ilana.agranovich@yandex.ru; ORCID 0000-0002-7903-3897.

УДК 616.34-089:617-082

EDN: WXQHMU

<https://doi.org/10.15275/ssmj2104414>

Обзор

КРИВАЯ ОБУЧЕНИЯ В ХИРУРГИИ ТОЛСТОЙ КИШКИ (ОБЗОР)

Л.А. Тхазеплова, А.Б. Байчоров, М.А. Данилов

ГБУЗ «Московский клинический научно-практический центр им. А.С. Логинова» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

LERANING CURVE IN COLON SURGERY (REVIEW)

L.A. Thazeplova, A.B. Baichorov, M.A. Danilov

A.S. Loginov Moscow Clinical Scientific and Practical Center, Moscow, Russia

Для цитирования: Тхазеплова Л.А., Байчоров А.Б., Данилов М.А. Кривая обучения в хирургии толстой кишки (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. 2025; 21 (4): 414–422. EDN: WXQHMU. <https://doi.org/10.15275/ssmj2104414>.

Аннотация. Цель: определить продолжительность кривой обучения в лапароскопической и робот-ассистированной колоректальной хирургии, оценить ее влияние на хирургические исходы. Методика написания обзора. Выполнен систематический обзор публикаций в базах данных PubMed и eLibrary за 2000–2024 гг., содержащих сведения о кривых обучения колоректальной хирургии лапароскопической и робот-ассистированной техниками. Отобраны 24 статьи, в которых оценивались исходы оперативного вмешательства в зависимости от опыта хирурга. Заключение. Кривая обучения влияет на длительность операции и хирургические исходы лапароскопических и робот-ассистированных вмешательств: по мере накопления опыта снижаются продолжительность вмешательств, частота конверсии доступа и осложнений. При робот-ассистированной технике кривая обучения короче, чем при лапароскопической, и зависит от предшествующего опыта хирурга.

Ключевые слова: колоректальный рак, толстая кишка, лапароскопическая хирургия, робот-ассистированная хирургия, кривая обучения

For citation: Thazeplova LA, Baichorov AB, Danilov MA. Learning curve in colon surgery (review). *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2025; 21 (4): 414–422. (In Russ.) EDN: WXQHMU. <https://doi.org/10.15275/ssmj2104414>.

Abstract. Objective: to determine the duration of the learning curve in laparoscopic and robot-assisted colorectal surgery and to assess its impact on surgical outcomes. Review methodology. A systematic review was conducted using PubMed and eLibrary databases covering the period from 2000 to 2024 that included information about learning curves in colorectal surgery performed with laparoscopic and robot-assisted techniques. Twenty-four articles were selected where surgical outcomes were evaluated based on surgeon experience. Conclusion. The learning curve affects both operation time and surgical outcomes in laparoscopic and robot-assisted interventions: as experience accumulates, intervention durations decrease along with conversion rates and complication frequencies. In robot-assisted technique, the learning curve is shorter than in laparoscopy and depends on prior surgeon experience.

Keywords: colorectal cancer, large intestine, laparoscopic surgery, robot-assisted surgery, learning curve

Введение. Колоректальный рак (КРР) является одной из наиболее часто диагностируемых злокачественных опухолей в мире, который находится на 3-м месте среди всех типов рака у мужчин и женщин. По данным отчета GLOBOCAN 2022, основанного на анализе заболеваемости и смертности по 36 локализациям злокачественных опухолей в 185 странах, в 2022 г. диагностировано 1 931 590 новых случаев КРР, что составило 10% от общей онкологической заболеваемости населения [1]. КРР уступает только раку легких (2 206 771 зарегистрированных случаев заболевания) и раку молочной железы (2 261 419 случаев). В структуре смертности КРР занимает 3-е место среди онкологических заболеваний: у мужчин – после рака легких и печени, у женщин – после рака молочной железы и легких. Хотя тенденция заболеваемости КРР варьируется в зависимости от региона, в глобальном масштабе наблюдается устойчивый рост числа новых случаев рака толстой кишки (ТК). В России КРР – также на 3-м месте по числу заболевших мужчин и женщин, при этом наблюдается стойкая тенденция к росту заболеваемости КРР [2]. Между тем уровень смертности от КРР в России в последние годы снижается. Прогнозы по заболеваемости и смертности от КРР на 2040 г. указывают на возможное увеличение числа новых случаев при снижении уровня смертельных исходов [3].

Хирургическая резекция остается основным и незаменимым компонентом комплексного лечения КРР. В последние десятилетия активное развитие высокотехнологичных хирургических методик способствовало широкому внедрению малоинвазивных вмешательств, включая лапароскопические и робот-ассистированные операции. Эти методы стали альтернативой традиционному открытому вмешательству, позволяя повысить безопасность и эффективность лечения заболеваний ТК [4].

По сравнению с открытой хирургией лапароскопические операции демонстрируют лучшие краткосрочные результаты, включая снижение частоты послеоперационных осложнений, уменьшение интраоперационной кровопотери, снижение выраженности болевого синдрома и ускорение восстановления и сокращение сроков госпитализации [5].

При этом онкологическая эффективность лапароскопических операций (как в кратко-, так и в долгосрочный период) сопоставима с результатами традиционной открытой хирургии, что подтверждается рандомизированными клиническими исследованиями [5, 6].

Оперативные вмешательства при злокачественных опухолях (РПК) прямой кишки (ПК) представляют собой одну из наиболее сложных и технически требовательных задач в колоректальной хирургии. Это связано с необходимостью резекции единым блоком вместе с окружающей мезоректальной клетчаткой и фасцией, при этом важно избежать их повреждения. В ходе диссекции в пресакральном пространстве требуется максимально щадяще сохранить нервные структуры, регулирующие функции мочеполовой системы, что осложняется ограниченным пространством малого таза.

Использование лапароскопической техники в данной области также сопряжено с рядом трудностей: ограниченная подвижность инструментов из-за

прямолинейной рабочей части, нестабильность изображения, его двухмерность и эффект инверсии движений рук хирурга при работе через троакары.

Достижение оптимальных онкологических и функциональных результатов во многом зависит от опыта и технического мастерства хирурга [7].

В хирургической практике применяется понятие «кривая обучения». Наиболее полно его описал I.J. Park и соавт. в 2009 г. Кривая обучения – это минимальное количество операций, которое должен выполнить хирург, чтобы самостоятельно провести хирургическое вмешательство со стабильными и удовлетворительными результатами [8].

В настоящее время отсутствует унифицированный реестр показателей, характеризующих продолжительность и хирургические исходы типовых оперативных вмешательств в колоректальной хирургии, что приводит к сложностям в определении оптимальной кривой обучения для того или иного вида вмешательства.

Цель – провести анализ кривой обучения в лапароскопической и робот-ассистированной колоректальной хирургии, оценить ее влияние на хирургические исходы и определить ключевые факторы, влияющие на продолжительность освоения этих методов.

Методика написания систематического обзора.

Систематический поиск литературы выполнен по методологии PRISMA (Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses – «Предпочтительные элементы отчетности для систематических обзоров и метаанализов») с использованием научных баз данных PubMed и eLibrary. Глубина поиска составила период с 2000 по 2024 г. Поиск проводили с использованием комбинаций ключевых слов: «кривая обучения в колоректальной хирургии», «лапароскопическая колоректальная хирургия», «робот-ассистированная колоректальная хирургия», «кривая обучения», «малоинвазивная колоректальная хирургия», «хирургические исходы колоректальной хирургии» и их англоязычных аналогов: «learning curve colorectal surgery», «laparoscopic colorectal surgery learning curve», «robot-assisted colorectal surgery learning curve», «minimally invasive colorectal surgery, colorectal surgery outcomes».

Критерии включения:

- 1) оригинальные исследования (про-и ретроспективные) с участием человека;
- 2) полнотекстовые статьи на английском или русском языках;
- 3) работы, оценивающие параметры кривой обучения в лапароскопической или робот-ассистированной хирургии ТК и ПК;
- 4) статьи, содержащие данные по хирургическим исходам (время операции, кровопотеря, осложнения, длительность госпитализации и др.).

Критерии невключения:

- 1) обзорные статьи, клинические рекомендации;
- 2) работы без количественного анализа характеристик кривой обучения;
- 3) исследования с недостаточным описанием методики или исходов;
- 4) экспериментальные работы на животных моделях;
- 5) обучение на симуляторах/с применением виртуальной реальности.

Поиск также проводили по пристатейным спискам литературы отобранных публикаций.



Отбор статей для обзора в соответствии с PRISMA-методологией

Методология отбора литературных источников представлена на рисунке.

Данные об исследованиях, отобранных для анализа, суммированы в таблице, включающей следующие параметры:

- 1) автор исследования, год, страна, номер библиографической ссылки в списке источников;
- 2) число пациентов (операций);
- 3) число хирургов;
- 3) техника операции (лапароскопическая/роботизированная);
- 4) длительность наблюдения;
- 5) клинические характеристики пациентов, 6) исходы в зависимости от опыта хирурга.

Результаты. Литературный поиск выявил 24 публикации, соответствующие критериям включения и не имеющих критериев исключения, из них 11 исследований лапароскопической техники, 10 исследований робот-ассистированной техники колоректальной хирургии, 3 исследования, в которых сравнивались кривые обучения обеих техник. Данные об исходах операций в зависимости от опыта хирурга представлены в таблице.

В большинстве работ оценка кривой обучения основывалась на периоперационных показателях, прежде всего продолжительности операции, частоте осложнений и конверсий доступа (переход к лапаротомии).

Согласно данным таблицы, для лапароскопических вмешательств плато кривой обучения, как правило, достигалось после выполнения 50–80 операций (среднее значение – 59 операций), что сопровождалось снижением времени оперативного вмешательства, частоты конверсий и других послеоперационных осложнений [8–10, 13–15, 17–23, 26]. Для робот-ассистированных вмешательств

характерна более короткая кривая обучения – 15–30 операций (среднее значение – 28 операций), особенно у хирургов с предшествующим лапароскопическим опытом [10–12, 15, 16, 23–25, 27–31]. Применение стандартизированных хирургических техник [14], наставничества и симуляционного обучения способствовало ускорению выхода на плато и улучшению хирургических исходов [20, 21, 25].

Одним из ключевых аспектов исследований, посвященных хирургии, является анализ кривой обучения. В одном из систематических обзоров, оценивающим данный аспект, установлено, что большинство исследований фокусируются на технических показателях, таких как время операции, игнорируя при этом клинические и ориентированные на пациента исходы [32]. Согласно данным одного из обзоров по колоректальной хирургии, приблизительно 79% исследований сосредоточены исключительно на технических аспектах, а время операции является наиболее часто используемым параметром для оценки кривой обучения (в 65% случаев). Однако данный показатель имеет сложную интерпретацию, поскольку на него влияет множество факторов, включая индивидуальный опыт хирурга, анатомические особенности пациента и сложность конкретного случая [33].

В современной научной литературе устоялось разделение параметров оценки хирургических методов на 2 основные группы. Периоперационные показатели включают время операции – показатель технической сложности вмешательства и навыков хирурга; объем кровопотери – отражает уровень травматичности процедуры; выраженность болевого синдрома – оценивается по интенсивности послеоперационной боли и необходимости анальгезии; продолжительность госпитализации – важный

Исходы лапароскопических и робот-ассистированных операций в колоректальной хирургии в зависимости от опыта хирурга

Исследование (автор, год, страна)	Число пациентов (операций)	Число хирургов	Техника операции	Наблюдение	Клинические характеристики	Параметры кривой обучения и исходы
I.J. Park и соавт., 2009, Южная Корея [8]	1000	Несколько	Лапароскопическая	Периоперационный период	Паценты с КРР, лапароскопические резекции ТК и ПК	Снижение времени операции и частоты конверсий после выхода на плато кривой обучения. Плато кривой обучения достигалось после 60–70 операции
B. Goksoy и соавт., 2022, Турция [9]	106	1	Лапароскопическая	Периоперационный период	РПК	Трехфазная кривая: фаза 1 (1–53), фаза 2 (54–68), фаза 3 (69–106 операций); в фазе 3 – стабилизация времени операции, снижение кровопотери и осложнений
G. Melech и соавт., 2015, США/Корея, [10]	558	1	Лапароскопическая/робот-ассистированная	Периоперационный период	РПК	Роботические операции показали более быструю кривую обучения и меньшее время операции на поздних сроках обучения (плато). Робот-ассистированные: плато 20–25 операций; лапароскопия: 40–50
Y. Nassefi и соавт., 2021, США [11]	80	1	Робот-ассистированная	Периоперационный период	КРР	Трехфазная кривая обучения (1–20, 21–40, 41–80); по мере накопления опыта снижаются количество осложнений и время операции
C.Y. Lin и соавт., 2022, Тайвань [12]	100	2	Робот-ассистированная	30 дней	КРР	После ~25 операций – стабилизация времени вмешательства, снижение количества осложнений и сроков госпитализации
P. Suk и соавт., 2023, Дания [13]	152	2	Лапароскопическая	Периоперационный период	Правосторонняя гемиколэктомия	После ~40 операций отмечены сокращение осложнений и улучшение качества мезоколэктомии
I.G. Gkionis и соавт., 2020, Греция [14]	308	3	Лапароскопическая	Периоперационный период	КРР	Стандартизованная техника нивелирует недостаток исходного опыта и уменьшает осложнения
N. De'Angelis и соавт., 2016, Франция [15]	60	1	Робот-ассистированная/лапароскопическая	Периоперационный период	Рак правых отделов ободочной кишки	Роботические операции имеют более короткую кривую обучения по сравнению с лапароскопическими: Выход на плато во времени операции после 16 против 25 операций для лапароскопической техники. Объем кровопотери и частота конверсий ниже при роботических операциях
C.S.J. Kolehmainen и соавт., 2023, Финляндия [16]	80	2	Робот-ассистированная	30 дней	РПК	Плато достигается после 25–30 операций, снижается конверсия и осложнения
V.M. Unguian и соавт., 2018, Россия [17]	124	Не указано	Лапароскопическая	Периоперационный период	КРР	После выполнения 54-го вмешательства наступало плато по частоте послеоперационных осложнений, длительности госпитализации, летальности, количеству удаленных лимфатических узлов
P.P. Tekkis и соавт., 2005, США [18]	900	Не указано	Лапароскопическая	30 дней	Онкологические заболевания, дивертикулит, воспалительные заболевания с показаниями к резекции ТК	После 55 операций при правосторонних резекциях и после 62 операций при левосторонних резекциях наступало плато по частоте конверсии доступа и времени операции

Продолжение табл.

Исследование (автор, год, страна)	Число пациентов (операций)	Число хирургов	Техника операции	Наблюдение	Клинические характеристики	Параметры кривой обучения и исходы
S. Dincler et al., 2003 (Швейцария/Великобритания), [19]	338	2	Лапароскопическая	Периоперационный период	Резекция сигмовидной кишки, в т.ч. по поводу онкологических заболеваний	Плато по длительности операции достигалось после 90–110 вмешательств, плато по интраоперационным осложнениям и частоте конверсий доступа – после 70–80 операций
J.C. Li и соавт., 2009, Китай [20]	100	1	Лапароскопическая	Периоперационный период	Колонэктомия по различным показаниям	Время операции достигало плато после 45–50 вмешательств, после 50 вмешательств для сохранения плато по периоперационным осложнениям и длительности госпитализации не требовалось присутствия наставника в операционной
J.H. Kim и соавт., 2013, Китай [21]	143	1	Лапароскопическая	30 дней	KPP	После 70 хирургических вмешательств, выполненных в присутствии наставника, сохраняются сопоставимые исходы при самостоятельном выполнении операции
K. Perivoliotis и соавт., 2022, Греция [22]	214	2	Лапароскопическая	Периоперационный период	Колоректальная резекция, показания не указаны	После 145 операций отмечается выход на плато по времени хирургического вмешательства. На частоту периоперационных осложнений опыт хирурга не влиял
P.A. Мурашко, 2017, Россия [23]	200	Не указано	Робот-ассистированная/лапароскопическая	Периоперационный период	KPP	Кривая обучения для робот-ассистированных операций составила 46 случаев, для лапароскопических вмешательств – 54 случая. После выхода на плато снижается время роботических операций, время вмешательства и объем интраоперационной кровопотери при лапароскопических операциях
S.W. Wong и соавт., 2023, Австралия [24]	85	Не указано	Робот-ассистированная	Интраоперационный период	РПК	После 50-й процедуры отмечается плато длительности операции и времени использования роботической поддержки
M. Odermat и соавт., 2017, Великобритания [25]	384	2	Робот-ассистированная	30 дней	РПК	После обучения не менее 30 ч на симуляторе хирург с опытом 1500 лапароскопических операций достигал плато по времени вмешательства, длительности госпитализации и частоте осложнений после 7 роботических операций, хирург с опытом 400 лапароскопических операций – после 15 роботических
C.M. Schlachta, 2001, Канада [26]	461	3	Лапароскопическая	Периоперационный период	Онкологические заболевания, дивертикулит, воспалительные заболевания с показаниями к колоректальной резекции	После выполнения 30 операций достоверно снижается время операции и длительность госпитализации. По частоте конверсии доступа интра- и постоперационных осложнений достоверных отличий не выявлено, отмечена тенденция к снижению числа конверсий и интраоперационных осложнений
M.B. Vokhal и соавт., 2011, США [27]	50	1	Робот-ассистированная	Периоперационный период	Резекция прямой и сигмовидной кишки	Фаза плато наступает после 15-й операции, после 25-й операции хирург профессионально владеет техникой (обучение завершено). После первых 15 операций достоверно снижается время вмешательства и объем интраоперационной кровопотери

Окончание табл.

Исследование (автор, год, страна)	Число пациентов (операций)	Число хирургов	Техника операции	Наблюдение	Клинические характеристики	Параметры кривой обучения и исходы
D.D. Shaw и соавт., 2018, США [28]	62	2	Робот-ассистированная	Средний период наблюдения 15,4 мес	КРР	После 15 операций сократилось время вмешательства и частота осложнений. Отдаленные исходы не отличались
J.C. Вугл и соавт., 2014, США [29]	85	1	Робот-ассистированная	Периоперационный период	Рак, воспалительные заболевания, выпадение ПК	После 42 хирургических операций достоверно снижались время вмешательства, отличий в длительности госпитализации и частоты осложнений не установлено
K.K. Sng и соавт., 2013, Корея [30]	197	1	Робот-ассистированная	Периоперационный период	КРР	Начальная кривая обучения составила 1–35 случаев, фаза плато – 36–128 случаев, завершающая фаза обучения – 129–197 случаев. В начальной фазе обучения длительность операции и госпитализации была значительно ниже. Достоверных отличий по краткосрочным хирургическим исходам и осложнениям не выявлено
E.J. Park и соавт., 2014, Южная Корея [31]	130	1	Робот-ассистированная	Периоперационный период	РПК	В кривой обучения выделены 3 фазы: 1–44 операции (начальный период обучения), 45–78 операции (плато компетентности), 79–130 операций (период повышения сложности). После 75-й операции достигаются приемлемые периоперационные исходы, снижается общее и консолевное время операции

параметр, влияющий на экономическую эффективность лечения; частота послеоперационных осложнений – показатель безопасности метода. Результаты лечения включают время до первого отхождения газов – индикатор восстановления моторной функции кишечника; время до начала приема мягкой пищи – важный параметр реабилитации; границы резекции – отсутствие опухолевых клеток по краям удаленной ткани является критерием онкологической радикальности; количество удаленных лимфатических узлов – индикатор адекватности хирургического вмешательства и прогностический фактор онкологического лечения; выживаемость пациентов – основной критерий долгосрочной эффективности лечения; качество жизни – особенно важно после низких резекций ПК, так как операция может влиять на функцию кишечника, мочеиспускание и половую функцию [34].

Выход на плато кривой обучения – важный этап в хирургическом обучении, обозначая момент, когда хирург достигает стабильных показателей эффективности и качества операции после периода совершенствования навыков. На начальных этапах освоения методики наблюдается сокращение времени операции и снижение частоты осложнений. Тем не менее со временем эти улучшения замедляются, и показатели достигают стабильного уровня – так называемого плато кривой обучения.

Для объективной оценки продолжительности этого процесса исследователи часто анализируют результаты, разделяя операции на 3 группы (начальный период обучения, плато и продвинутый уровень) и проводя статистическое сравнение между ними.

Одним из ключевых препятствий на пути к стандартизации хирургических вмешательств является отсутствие единой терминологии. Например, понятие «продолжительность операции» интерпретируется по-разному: одни исследователи определяют его как время от первого разреза кожи до наложения последнего шва; другие включают в этот период время от разреза кожи до наложения стерильной повязки. Такие расхождения в терминологии затрудняют сравнение результатов различных исследований и мешают разработке единых клинических стандартов.

Ряд параметров, которые не поддаются быстрой коррекции, оказывают существенное влияние на продолжительность и характер кривой обучения. К таким факторам относятся финансовые возможности медицинского учреждения, общий уровень опыта клиники, доступность необходимого оборудования и расходных материалов, наличие квалифицированного наставника, доступ к симуляционным центрам, наличие второй консоли для ассистента (в случае робот-ассистированных операций), а также опыт ассистирующего хирурга [20].

Результаты проведенного обзора показали, что количество операций, необходимое для достижения профессионального уровня в малоинвазивной хирургии, варьируется в широком диапазоне – от 7 до 145. В ряде систематических обзоров показано, что робот-ассистированная колоректальная хирургия характеризуется более короткой кривой обучения (в среднем 15–30 операций), что сопровождается более быстрым снижением продолжительности операции и частоты конверсий по сравнению с лапароскопией при сохранении сопоставимых показателей безопасности [35–37]. Эти данные подтверждают результаты нашего исследования.

Однако роботическая хирургия имеет и ряд недостатков, среди которых – длительное время установки системы, зависящее от модели используемого робота и опыта хирургической команды. Показано, что в первые 30 операций время докинга составляло практически $\frac{1}{2}$ общей продолжительности оперативного вмешательства. Вместе с тем по мере накопления опыта, после выполнения более 30 вмешательств, наблюдалось значительное сокращение как времени докинга, так и общей длительности операции [31].

Указаны факторы, влияющие на динамику кривой обучения в колоректальной хирургии [38]:

1) частота проведения хирургических вмешательств – установлено, что хирурги, выполняющие от 5 до 10 операций в месяц, осваивают методику значительно быстрее, чем те, кто оперирует реже;

2) операционная техника – лапароскопические операции требуют более высокой точности движений и пространственного восприятия по сравнению с открытыми вмешательствами, что удлиняет период их освоения;

3) использование симуляционных технологий – современные тренажеры и виртуальные симуляторы способствуют более быстрому формированию мануальных навыков и пространственной ориентации.

По данным N. Sinou и соавт., хирурги, прошедшие симуляционное обучение, сокращали кривую обучения на 20–30%, а тренировки на животных моделях снижали этот показатель на 10–15% [39]; наставничество – наличие опытного наставника на ранних этапах обучения позволяет снизить частоту технических ошибок на 35% и уменьшить длительность операции на 15% уже в первые 50 процедур [20, 21].

Доказано, что высокий опыт лапароскопии сокращает кривую обучения на роботической системе, количество выполненных операций в год также сокращает достижение плато при выполнении роботических вмешательств [25].

Основным показателем оценки кривой обучения считается продолжительность оперативного вмешательства при сравнении лапароскопических и роботических вмешательств. Так, в исследовании I.J. Park и соавт. [8, 31] обнаружено, что на ранних этапах роботизированные операции выполнялись быстрее (229,8 мин vs 242,3 мин), но на поздних этапах лапароскопические операции становились короче (168,8 мин vs 207,9 мин). Напротив, в исследовании G. Melich и соавт. [10]: на начальных этапах роботизированные операции длились дольше (397 мин против 308 мин), но к III фазе роботизированная хирургия стала быстрее лапароскопической (204 мин vs 220 мин).

Анализ интраоперационной кровопотери продемонстрировал различия при выполнении лапароскопических и роботических вмешательств: в исследовании I.J. Park и соавт. [8] в роботизированной группе наблюдалось значительное снижение кровопотери на поздних фазах обучения. Напротив, в исследовании G. Melich и соавт. [10] показано, что на ранних стадиях (1–30 операций) кровопотеря была высокой в обеих группах. При всем том уже на средних стадиях (30–50 операций) кровопотеря в роботизированных операциях снижалась быстрее, чем в лапароскопических. На заключительном этапе – различия в кровопотере выравниваются, но в ряде исследований роботизированная хирургия демонстрирует лучшие показатели.

Процесс освоения лапароскопических и роботизированных методик в колоректальной хирургии

представляет собой сложный, но ключевой этап, определяющий не только профессиональную компетентность хирурга, но и безопасность пациента. Анализ научной литературы показывает, что обучение лапароскопической и роботической хирургии проходит поэтапно, и каждый этап сопровождается уменьшением частоты осложнений, сокращением времени операции и повышением уверенности хирурга.

Факторы, влияющие на скорость освоения новых хирургических методик

1. Частота выполнения операций – хирурги, выполняющие более 50 лапароскопических операций в год, демонстрируют более быстрое освоение методики.

2. Симуляционное обучение – позволяет сократить количество реальных операций, необходимых для достижения экспертного уровня.

3. Наставничество (менторство) – снижает частоту осложнений и способствует более безопасному прохождению ранних этапов обучения.

4. Доступ к современным технологиям – роботизированная хирургия расширяет технические возможности хирурга, но требует значительных временных затрат на освоение.

Будущее обучения хирургов в колоректальной хирургии связано с внедрением новых образовательных технологий, включая:

- использование искусственного интеллекта для анализа хирургических ошибок.

- применение виртуальной реальности для ускоренной подготовки специалистов.

- разработку инновационных образовательных программ, сочетающих симуляционные технологии, видеоанализ и дистанционное обучение.

Заключение. Анализ доступных исследований показывает, что кривая обучения, являясь значимым фактором, влияющим на результаты лапароскопических и робот-ассистированных вмешательств в колоректальной хирургии. На ранних этапах освоения отмечаются более длительные времена операции, более высокая частота конверсий и периоперационных осложнений, тогда как по мере накопления опыта эти показатели постепенно улучшаются. Достижение плато кривой обучения сопровождается стабилизацией качества резекции, снижением количества технических ошибок и повышением онкологической радикальности.

Длительность кривой обучения варьирует в зависимости от метода и уровня подготовки хирурга: в лапароскопической хирургии она обычно составляет 50–70 операций, тогда как при робот-ассистированных вмешательствах 15–30 операций.

Ключевыми факторами, влияющими на продолжительность освоения, являются: исходный опыт хирурга в малоинвазивной хирургии, частота выполнения операций, стандартизация техники, наличие наставничества, применение симуляционных технологий и современных систем визуализации.

Таким образом, кривая обучения оказывает существенное влияние на хирургические исходы колоректальных операций, а ее оптимизация – через обучение, симуляции и структурированные образовательные программы – является важным условием повышения качества лечения пациентов.

Конфликт интересов отсутствует.

Вклад авторов. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

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

References (Список источников)

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2024;74(3):229-63. DOI:10.3322/caac.21834
2. Kaprin AD, Starinsky VV, Shakhzadova AO, eds. Malignant neoplasms in Russia in 2023 (morbidity and mortality). Moscow: P.A. Herzen Moscow Medical Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution “NMITS of Radiology” of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2024; 276 p. (In Russ.) Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О., ред. Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024; 276 с.
3. Pan H, Tang Y, Zhu H, et al. Global burden, trends, and risk factors of early-onset and late-onset colorectal cancer from 1990 to 2021, with projections to 2040: A population-based study. *BMC Gastroenterology.* 2025;25(1):486. DOI:10.1186/s12876-025-04086-5
4. Stanoevich US, Krashikhina TV, Kolesnikov PG, et al. Evolution of surgical treatment for colorectal cancer. *Bulletin of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Health of the Russian Federation.* 2017;17(3):1-13. (In Russ.) Станоевич У.С., Крашихина Т.В., Колесников П.Г. и др. Эволюция хирургического лечения колоректального рака. *Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии Минздрава России.* 2017;17(3):1-13.
5. van der Pas MH, Haglind E, Cuesta MA, et al. COLOrectal cancer Laparoscopic or Open Resection II (COLOR II) Study Group. Laparoscopic versus open surgery for rectal cancer (COLOR II): Short-term outcomes of a randomised, phase 3 trial. *Lancet Oncol.* 2013;14(3):210-8. DOI:10.1016/S1473-0245(13)70016-0
6. Green BL, Marshall HC, Collinson F, et al. Long-term follow-up of the Medical Research Council CLASICC trial of conventional versus laparoscopically assisted resection in colorectal cancer. *Br J Surg.* 2013;100(1):75-82. DOI:10.1002/bjs.8945
7. Tsai KY, Kiu KT, Huang MT, et al. The learning curve for laparoscopic colectomy in colorectal cancer at a new regional hospital. *Asian J Surg.* 2016;39(1):34-40. DOI:10.1016/j.asjsur.2015.03.008
8. Park IJ, Choi GS, Lim KH, et al. Multidimensional analysis of the learning curve for laparoscopic colorectal surgery: Lessons from 1,000 cases of laparoscopic colorectal surgery. *Surg Endosc.* 2009;23(4):839-46. DOI:10.1007/s00464-008-0259-4
9. Goksoy B, Kiyak M, Karadag M, et al. Learning curve of laparoscopic surgery for colorectal cancer at a new regional state hospital: A single-surgeon experience of 106 consecutive cases without supervision. *Surg Technol Int.* 2022;41:173-81. DOI:10.52198/22.STI.41.CR1596
10. Melich G, Hong YK, Kim J, et al. Simultaneous development of laparoscopy and robotics provides acceptable perioperative outcomes and shows robotics to have a faster learning curve and to be overall faster in rectal cancer surgery: Analysis of novice MIS surgeon learning curves. *Surg Endosc.* 2015;29(3):558-68. DOI:10.1007/s00464-014-3698-0
11. Nasser Y, Stettler I, Shen W, et al. Learning curve in robotic colorectal surgery. *J Robot Surg.* 2021;15(3):489-95. DOI:10.1007/s11701-020-01131-1
12. Lin CY, Liu YC, Chen MC, Chiang FF. Learning curve and surgical outcome of robotic assisted colorectal surgery with ERAS program. *Sci Rep.* 2022;12(1):20566. DOI:10.1038/s41598-022-24665-w
13. Cuk P, Simonsen RM, Sherzai S, et al. Surgical efficacy and learning curves of laparoscopic complete mesocolic excision with intracorporeal anastomosis for right-sided colon cancer: A retrospective two-center cohort study. *J Surg Oncol.* 2023;127:1152-9. DOI:10.1002/jso.27230
14. Gkionis IG, Flamourakis ME, Tsagkatakis ES, et al. Multidimensional analysis of the learning curve for laparoscopic colorectal surgery in a regional hospital: The implementation of a standardized surgical procedure counterbalances the lack of experience. *BMC Surg.* 2020;20(1):308. DOI:10.1186/s12893-020-00975-6

15. de'Angelis N, Lizzi V, Azoulay D, Brunetti F. Robotic versus laparoscopic right colectomy for colon cancer: Analysis of the initial simultaneous learning curve of a surgical fellow. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2016;26(11):882-92. DOI:10.1089/lap.2016.0321
16. Kolehmainen CSJ, Ukkonen MT, Tomminen T, et al. Short learning curve in transition from laparoscopic to robotic-assisted rectal cancer surgery: A prospective study from a Finnish tertiary referral centre. *J Robot Surg*. 2023;17(5):2361-7. DOI:10.1007/s11701-023-01626-7
17. Unguryan VM, Babich AI, Pobeditseva YuA, et al. Implementation of laparoscopic approach in colorectal cancer surgery – A single center's experience. *Onkologicheskaya Koloproktologiya = Colorectal Oncology*. 2018;8(4):60-4. (In Russ.) Унгуриян В.М., Бабич А.И., Побединцева Ю.А. и др. Внедрение лапароскопических технологий в хирургию колоректального рака на примере регионального онкологического центра. *Онкологическая колопроктология* 2018;8(4):60–4. DOI: 10.17650/2220-3478-2018-8-4-60-64
18. Tekkis PP, Senagore AJ, Delaney CP, Fazio VW. Evaluation of the learning curve in laparoscopic colorectal surgery: Comparison of right sided and left sided resections. *Ann Surg*. 2005;242(1):83-91. DOI:10.1097/01.sla.0000167857.14690.68
19. Dincler S, Koller MT, Steurer J, et al. Multidimensional analysis of learning curve in laparoscopic sigmoid resection: 8-Year results. *Dis Colon Rectum*. 2003;46(10):1278-9. DOI:10.1007/s10350-004-6752-5
20. Li JC, Hon SS, Ng SS, et al. The learning curve for laparoscopic colectomy: Experience of a surgical fellow in a university colorectal unit. *Surg Endosc*. 2009;23(7):1603-8. DOI:10.1007/s00464-009-0497-0
21. Kim JH, Lee IK, Kang WK, et al. Initial experience of a surgical fellow in laparoscopic colorectal cancer surgery under training protocol and supervision: Comparison of short-term results for 70 early cases (under supervision) and 73 late cases (without supervision). *Surg Endosc*. 2013;27(8):2900-6. DOI:10.1007/s00464-013-2851-5
22. Perivoliotis K, Baloyiannis I, Mamaloudis I, et al. Change point analysis validation of the learning curve in laparoscopic colorectal surgery: Experience from a non-structured training setting. *World J Gastrointest Endosc*. 2022; 14(6): 387-401 DOI:10.4253/wjge.v14.i6.387
23. Murashko RA, Ermakov EA, Uvarov IB. Robotic and laparoscopic surgeries for colorectal cancer: Learning curve and short-term outcomes. *Colorectal Oncology*. 2017;7(3):25-34. (In Russ.) Мурашко Р.А., Ермаков Е.А., Уваров И.Б. Робот-ассистированные и лапароскопические операции при колоректальном раке: кривая обучения и непосредственные результаты. *Онкологическая колопроктология*. 2017;7(3):25-34. DOI:10.17650/2220-3478-2017-7-3-25-34
24. Wong SW, Crowe P. Automated performance metrics, learning curve and robotic colorectal surgery. *Int J Med Robot*. 2024;1:e2588. DOI:10.1002/rcs.2588
25. Odermatt M, Ahmed J, Panteleimonitis S, et al. Prior experience in laparoscopic rectal surgery can minimise the learning curve for robotic rectal resections: A cumulative sum analysis. *Surg Endosc*. 2017;31:4067-76. DOI:10.1007/s00464-017-5453-9
26. Schlachta CM, Mamazza J, Seshadri PA, et al. Defining a learning curve for laparoscopic colorectal resections. *Dis Colon Rectum*. 2001;44(2):217-22. DOI:10.1007/BF02234296
27. Bokhari MB, Patel CB, Ramos-Valadez DI, et al. Learning curve for robotic-assisted laparoscopic colorectal surgery. *Surg Endosc*. 2011;25(3):855-60. DOI:10.1007/s00464-010-1281-x
28. Shaw DD, Wright M, Taylor L, et al. Robotic colorectal surgery learning curve and case complexity. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2018;28(10):11638. DOI:10.1089/lap.2016.0411
29. Byrn JC, Hrabe JE, Charlton ME. An initial experience with 85 consecutive robotic-assisted rectal dissections: Improved operating times and lower costs with experience. *Surg Endosc*. 2014;28(11):3101-7. DOI:10.1007/s00464-014-3591-x
30. Sng KK, Hara M, Shin JW, et al. The multiphasic learning curve for robot-assisted rectal surgery. *Surg Endosc*. 2013;27:3297-307. DOI:10.1007/s00464-013-2909-4
31. Park EJ, Kim CW, Cho MS, et al. Multidimensional analyses of the learning curve of robotic low anterior resection for rectal cancer: 3-Phase learning process comparison. *Surg Endosc*. 2014;28(10):2821-31. DOI:10.1007/s00464-014-3569-8
32. Udwadia TE. Training for laparoscopic colorectal surgery: creating an appropriate porcine model and curriculum for training. *J Minim Access Surg*. 2021;17(2):180-7. DOI:10.4103/jmas.JMAS_86_20
33. Unguryan VM, Kruglov EA, Pobeditseva YuA. Learning curves in minimally invasive oncology. *Endoscopic Surgery*. 2020;26(4):54-8. (In Russ.) Унгуриян В.М., Круглов Е.А., Побединцева Ю.А. Кривые обучения в минимально инвазивной онкохирургии. *Эндоскопическая хирургия*. 2020;26(4):54-8. DOI:10.17116/endoskop20202604154
34. Miskovic D, Ni M, Wyles SM, et al. Learning curve and case selection in laparoscopic colorectal surgery: Systematic review and international multicenter analysis of 4852 cases. *Dis Colon Rectum*. 2012;55(12):1300-10. DOI:10.1097/DCR.0b013e31826ab4dd
35. Flynn J, Larach JT, Kong JCH, et al. The learning curve in robotic colorectal surgery compared with laparoscopic colorectal surgery: A systematic review. *Colorectal Dis*. 2021;23(11):2806-20. DOI:10.1111/codi.15843
36. Hoshino N, Sakamoto T, Hida K, Sakai Y. Robotic versus laparoscopic surgery for rectal cancer: An overview of systematic reviews with quality assessment of current evidence. *Surg Today*. 2019;49(7):556-70. DOI:10.1007/s00595-019-1763-y
37. Nechay TV, Panin SI, Sazhin AV, et al. Comparison of robot-assisted and conventional endoscopic surgeries in the Russian Federation. (A systematic review and meta-analysis). *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2022;(6):88-101. (In Russ.) Нечай Т.В., Панин С.И., Сажин А.В., и др. Сравнение робот-ассистированных и традиционных видеоэндоскопических операций в РФ. (Результаты систематического обзора и мета-анализа). *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2022;(6):88-101. DOI:10.17116/hirurgia202206188
38. Wong SW, Crowe P. Factors affecting the learning curve in robotic colorectal surgery. *J Robot Surg*. 2022;16(6):1249-56. DOI:10.1007/s11701-022-01373-1
39. Sinou N, Sinou N, Pappa M, et al. Virtual reality in laparoscopic colorectal surgery training. *Maedica (Bucur)*. 2023;18(3):470-476. DOI:10.26574/maedica.2023.18.3.470

Статья поступила в редакцию 24.03.2025; одобрена после рецензирования 18.11.2025; принята к публикации 20.11.2025. The article was submitted 24.03.2025; approved after reviewing 18.11.2025; accepted for publication 20.11.2025.

Информация об авторах:

Ли́за Асла́новна Тхазе́пова – аспирант отделения колопроктологии, *crawets.kat@yandex.ru*, ORCID 0009-0006-4803-3866; **Аслан Борисович Байчоров** – врач-колопроктолог отделения колопроктологии, кандидат медицинских наук, *a.baychorov@mknc.ru*, ORCID 0000-0003-0641-0572; **Михаил Александрович Данилов** – заведующий отделением колопроктологии доктор медицинских наук, *m.danilov@mknc.ru*, ORCID 0000-0001-9439-9873.

Information about the authors:

Liza A. Thazeplova — Post-graduate Student of the Coloproctology Department, *crawets.kat@yandex.ru*, ORCID 0009-0006-4803-3866; **Aslan B. Baychorov** — Coloproctologist of the Coloproctology Department, PhD, *a.baychorov@mknc.ru*, ORCID 0000-0003-0641-0572; **Mikhail A. Danilov** — Head of the Coloproctology Department, DSc, *m.danilov@mknc.ru*, ORCID 0000-0001-9439-9873.