ISSN 3034-7270 (Print)
ISSN 3033-5604 (Online)

РОССИЙСКИЙ ХИРУРГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Научно-практический
рецензируемый журнал

Том 1 № 2 2025

ISSN 3034-7270 (Print)
ISSN 3033-5604 (Online)

Научно-практический рецензируемый журнал

РОССИЙСКИЙ ХИРУРГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Scientific and practical peer-reviewed journal

RUSSIAN SURGICAL JOURNAL

Том 1. № 2, 2025 / Volume 1. No 2, 2025

Главный редактор / Editor-in-chief
А.М. Игнашов / Anatoly M. Ignashov

Заместитель главного редактора / Vice Editor-in-Chief
Б.В. Сигуа / Badri V. Sigua

Научный редактор / Scientific Editor
А.Н. Ткаченко / Alexander N. Tkachenko

Литературное редактирование и корректура
Literary editing and proofreading
В.Е. Филиппова / Viktoria E. Filippova

Верстка / Layout
А.Л. Рядкова / Aleksandra L. Ryadkova

Учредитель
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Founder
Federal State Budgetary Institution “Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation”, St. Petersburg, Russia

Издатель / Publisher
Фонд «ФОНД АЛМАЗОВА» / ALMAZOV FOUNDATION

Контакты
Адрес издателя и редакции совпадают: Россия, 197341, Санкт-Петербург, Коломяжский пр, д. 21
Институт медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России
Contacts
Publisher and Editorial Address: Russia, 197341, St. Petersburg, Kolomyazhsky ave., 21
Institute of Medical Education, Federal State Budgetary Institution “Almazov National Medical Research Centre” of the Ministry of Health of the Russian Federation
Тел. / Tel +7 (812) 702-37-49 доб. / ext. 002406
E-mail: rsj@almazovcentre.ru

Свидетельство о регистрации средства массовой информации:
серия ПИ № ФС77-89232 от 01 апреля 2025 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Certificate of registration of mass media:
series PI no. FS77-89232 dated April 01, 2025, issued by the Federal Service for Supervision of Communications, Informotion Technology and Mass Media (Roskomnadzor)

Подписано в печать / Publication 28.08.2025
Цена свободная / Open price
Формат / Format 60×84/16. Уч.-изд. л. / Uch.-ed. 17,6.
Отпечатано в ООО «Типография Принт24» Санкт-Петербург, ул. Самойловой, д. 5
Printed by Typography Print24 LLC, St. Petersburg, Samoilova str., 5

© ФГБУ «НМИЦ имени В.А. Алмазова» Минздрава России, 2025
© Almazov National Medical Research Centre, 2025

Главный редактор

Игнашов А.М. – доктор медицинских наук, профессор, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Редакционная коллегия

Сигуа Б.В. (заместитель главного редактора) – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии лечебного факультета Института медицинского образования, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Фионик О.В. (ответственный секретарь) – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры общей хирургии лечебного факультета Института медицинского образования, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Ткаченко А.Н. (научный редактор) – доктор медицинских наук, профессор, профессор травматологии, ортопедии и ВПХ, ФГБОУ ВО СЗГМУ им. А.М. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Хохлов А.В. (научный редактор) – доктор медицинских науук, профессор, заведующий кафедрой хирургии и инновационных технологий ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

Котков П.А. (секретарь редакции) – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры общей хирургии лечебного факультета Института медицинского образования, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Аванесян Р.Г. (Санкт-Петербург)
Айрапетов Г.А. (Москва)
Бадалов В.И. (Санкт-Петербург)
Баиндурашвили А.Г. (Санкт-Петербург)
Батыршин И.М. (Санкт-Петербург)
Белоусов А.М. (Санкт-Петербург)
Галагудза М.М. (Санкт-Петербург)
Губин А.В. (Санкт-Петербург)
Глушков Н.И. (Санкт-Петербург)
Данилов И.Н. (Санкт-Петербург)
Демко А.Е. (Санкт-Петербург)
Елькин А.В. (Санкт-Петербург)
Завражнов А.А. (Санкт-Петербург)
Зиновьев Е.В. (Санкт-Петербург)
Караваева С.А. (Санкт-Петербург)
Коханенко Н.Ю. (Санкт-Петербург)
Кузнецов И.М. (Санкт-Петербург)
Левченко Е.В. (Санкт-Петербург)
Линник С.А. (Санкт-Петербург)
Мовчан К.Н. (Санкт-Петербург)
Неймарк А.Е. (Санкт-Петербург)
Петров С.В. (Санкт-Петербург)
Пищик В.Г. (Санкт-Петербург)
Попов В.И. (Санкт-Петербург)
Ромащенко П.Н. (Санкт-Петербург)
Сердобинцев М.С. (Санкт-Петербург)
Соловьев И.А. (Санкт-Петербург)
Солоницын Е.Г. (Санкт-Петербург)
Суров Д.А. (Санкт-Петербург)
Сингаевский А.Б. (Санкт-Петербург)
Трунин Е.М. (Санкт-Петербург)
Тулупов А.Н. (Санкт-Петербург)

Редакционный совет

Анисимов А.Ю. (Казань)
Ван Ч. (Санья)
Гогия Б.Ш. (Москва)
Горский В.А. (Москва)
Гранов Д.А. (Санкт-Петербург)
Дарвин В.В. (Сургут)
Емельянов С.И. (Москва)
Земляной В.П. (Санкт-Петербург)
Липатов В.А. (Курск)
Луцевич О.Э. (Москва)
Матвеев Н.Л. (Москва)
Михин И.В. (Волгоград)
Натрошвили И.Г. (Кисловодск)
Нишневич Е.В. (Екатеринбург)
Осипов А.В. (Москва)
Протасов А.В. (Москва)
Прудков М.И. (Екатеринбург)
Рузибоев С.А. (Самарканд)
Рутенбург Г.М. (Санкт-Петербург)
Сажин А.В. (Москва)
Самарцев В.А. (Пермь)
Стебунов С.С. (Минск)
Стегний К.В. (Владивосток)
Тер-Ованесов М.Д. (Москва)
Ходжанов И.Ю. (Ташкент)
Черепанин А.И. (Москва)
Шулутко А.М. (Москва)
Эттингер А.П. (Москва)

Editor-in-Chief

A.M. Ignashov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

Editorial Board

B.V. Sigua (Vice Editor-in-Chief) – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of General Surgery, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

O.V. Fionik (Executive Secretary) – Doctor of Medicine, Associate Professor, Professor of the Department of General Surgery, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

A.N. Tkachenko (Scientific Editor) – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Surgery, Northwestern State Medical University named after I.I. Mechnikov of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

A.V. Khokhlov (Scientific Editor) – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Surgery and Innovative Technologies of the Federal State Budgetary Institution named after A.M. Nikiforov ECERM EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russia

P.A. Kotkov (Editorial Secretary) – Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of General Surgery, Almazov National Research Medical Center, Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

R.G. Avanesyan (St Petersburg)
G.A. Airapetov (St Petersburg)
V.I. Badalov (St Petersburg)
A.G. Baindurashvili (St Petersburg)
I.M. Batyrshin (St Petersburg)
A.M. Belousov (St Petersburg)
M.M. Galagudza (St Petersburg)
A.V. Gubin (St Petersburg)
N.I. Glushkov (St Petersburg)
I.N. Danilov (St Petersburg)
A.E. Demko (St Petersburg)
A.V. Elkin (St Petersburg)
A.A. Zavrazhnov (St Petersburg)
E.V. Zinovev (St Petersburg)
S.A. Karavaeva (St Petersburg)
V.A. Kashchenko (St Petersburg)
N.I. Kokhanenko (St Petersburg)
I.M. Kuznetsov (St Petersburg)
E.V. Levchenko (St Petersburg)
S.A. Linnik (St Petersburg)
K.N. Movchan (St Petersburg)
A.E. Neimark (St Petersburg)
S.V. Petrov (St Petersburg)
V.G. Pischik (St Petersburg)
V.I. Popov (St Petersburg)
P.N. Romashchenko (St Petersburg)
M.S. Serdobintsev (St Petersburg)
I.A. Soloviev (St Petersburg)
E.G. Solonitsyn (St Petersburg)
D.A. Surov (St Petersburg)
A.B. Singaevskiy (St Petersburg)
E.M. Trunin (St Petersburg)
A.N. Tulupov (St Petersbur)

Editorial Council

A.Y. Anisimov (Kazan)
Z. Wang (Sanya)
B.S. Gogia (Moscow)
V.A. Gorsky (Moscow)
D.A. Granov (St Petersbur)
V.V. Darwin (Surgut)
S.I. Emelyanov (Moscow)
V.P. Zemlyanoi (St Petersburg)
V.A. Lipatov (Kursk)
O.E. Lutsevich (Moscow)
N.L. Matveev (Moscow)
I.V. Mikhin (Volgograd)
I.G. Natroshvili (Kislovodsk)
E.V. Nishnevich (Ekaterinburg)
A.V. Osipov (Moscow)
A.V. Protasov (Moscow)
M.I. Prudkov (Ekaterinburg)
S.A. Ruziboyev (Samarkand)
G.M. Rutenburg (St Petersburg)
A.V. Sazhin (Moscow)
V.A. Samartsev (Perm)
S.S. Stebunov (Minsk)
K.V. Stegniy (Vladivostok)
M.D. Ter-Ovanesov (Moscow)
I.Y. Khodzhanov (Moscow)
A.I. Cherepanin (Moscow)
A.M. Shulutko (Moscow)
A.P. Oettinger (Moscow)

СОДЕРЖАНИЕ

Обращение генерального директора ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, председателя президиума Российско-Китайского конгресса по минимально инвазивной хирургии, академика РАН Шляхто Е.В. 7

МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ ХИРУРГИЯ

Технологии искусственного интеллекта в эндоскопии пищеварительной системы: состояние проблемы и перспективы (обзор литературы) *Шляхто Е.В, Солоницын Е.Г., Баранов Д.Г., Сигуа Б.В., Данилов И.Н.* 8

Робот-ассистированная хирургия в многопрофильной клинике: опыт более 9000 операций *Шабунин А.В., Багателия З.А., Пушкарь Д.Ю., Греков Д.Н., Дроздов П.А., Карпов А.А., Лебедев С.С., Колонтарев К.Б., Андрейцев И.Л., Тавобилов М.М., Велиев Е.И., Якомаскин В.Н., Кулушев В.М., Глотов Е.М., Алимов В.А., Кузнецов Р.Э., Аладин М.Н.* 21

Современные представления о хирургическом лечении хиатальных грыж и гастроэзофагеального рефлюкса (обзор литературы) *Василевский Д.И., Багненко С.Ф.* 32

Революция в герниологии: прогноз на ближайшие 25 лет *Сигуа Б.В.* 42

Дополненная реальность в многопрофильной хирургической клинике: опыт применения и перспективы развития технологии *Суров Д.А., Румянцев В.Н., Коржук М.С., Гаврилова А.Л., Гребеньков В.Г., Иванов В.М., Смирнов А.Ю., Климов И.М., Пономарев А.С., Демко А.Е., Святненко А.В., Точильников Г.В.* 48

Модернизированный подход к выбору эндовидеохирургических и открытых методик герниопластики в лечении больных паховыми грыжами *Ромащенко П.Н., Семенов В.В., Фомин Н.Ф., Мамошин А.А.* 63

Стратегия в лечении больных с ранними осложнениями и поздними последствиями непреднамеренных повреждений желчных протоков (опыт клиники) *Аванесян Р.Г., Королев М.П., Федотов Л.Е., Горовой М.Е., Хафизов Л.З.* 71

Сетчатые эндопротезы для пластики брюшной стенки: эволюция материалов и взгляд в будущее (обзор литературы) *Белоусов А.М., Филиппенко Т.С., Анущенко Т.Ю.* 87

Возможности роботической хирургии в лечении рака предстательной железы и опухолей почки у пациентов с выраженной сопутствующей патологией *Шелипанов Д.А., Федоров Д.А., Антипова Н.А., Васильев А.А., Гилев Е.С., Симонян А.М., Мосоян М.С.* 94

Современные тренды в бариатрической хирургии *Неймарк А.Е., Лапшина С.Е.* 103

Биопсия сторожевого лимфатического узла при опухолях головы и шеи: современное состояние с позиций доказательной медицины. Роль радиоизотопной диагностики (обзор литературы) *Дмитриев С.П., Тер-Ованесов М.Д., Казаков А.А., Бурова Т.В., Алексина В.И., Маслов Н.М.* 112

Количественная оценка перфузии тканей в колоректальной хирургии с использованием ICG флуоресценции: первый опыт *Завражнов А.А., Кащенко В.А., Ланков Т.С., Кузнецов В.Д., Новикова А.Д., Пасекова Д.С., Бадаев К.Д., Румянцев П.О., Москалев А.С., Лощенов В.Б., Эфендиев К.Т., Лаврентьева А.Н., Смирнов Г.А., Краморов Е.С.* 118

CONTENTS

Editorial 7

МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ ХИРУРГИЯ

Artificial intelligence technologies in digestive system endoscopy: the state of the problem and prospects (literature review) *Shlyakhto E.V., Solonitsyn E.G., Baranov D.G., Sigua B.V., Danilov I.N.* 8

Robot-assisted surgery in a multidisciplinary clinic: experience of over 9,000 operations *Shabunin A.V., Bagateliya Z.A., Pushkar D.Yu., Grekov D.N., Drozdov P.A., Karpov A. A., Lebedev S.S., Kolontarev K.B., Andreytsev I.L., Tavobilov M.M., Veliev E.I., Yakomaskin V.N., Kulushev V.M., Glotov E.M., Alimov V.A., Kuznetsov R.E., Aladin M.N.* 21

Current concepts of surgical treatment hiatal hernias and gastroesophageal reflux (literature review) *Vasilevskiy D.I., Bagnenko S.F.* 32

Revolution in herniology: Forecast for the next 25 years *Sigua B.V.* 42

Augmented reality in a multidisciplinary surgical clinic: application experience and prospects for technology development *Surov D.A., Rumyantsev V.N., Korzhuk M.S., Gavrilova A.L., Grebenkov V.G., Ivanov V.M., Smirnov A.Yu., Klimov I.M., Ponomarev A.S., Demko A.E., Svyatnenko A.V., Tochilnikov G.V.* 48

A modernized approach to the selection of endovideosurgical and open hernioplasty techniques in the treatment of patients with inguinal hernias *Romashchenko P.N., Semenov V.V., Fomin N.F., Mamoshin A.A.* 63

Strategy in the treatment of patients with early complications and late consequences of unintentional damage to the bile ducts (clinical experience) *Avanesyan R.G., Korolev M.P., Fedotov L.E., Gorovoy M.E., Khafizov L.Z.* 71

Hernia mesh: the evolution of materials and a look into the future (literature review) *Belousov A.M., Filippenko T.S., Anushchenko T.Yu.* 87

Opportunities of robotic surgery in treatment of prostate cancer and renal masses in patients with severe comorbidities *Shelipanov D.A., Fedorov D.A., Antipova N.A., Vasilev A.A., Gilev E.S., Simonyan A.M., Mosoyan M.S.* 94

Current trends in bariatric surgery *Neimark A.E., Lapshina S.E.* 103

Sentinel lymph node biopsy in head and neck tumors: current status from the standpoint of evidence-based medicine. The role of radioisotope diagnostics (literature review) *Dmitriev S.P., Ter-Ovanesov M.D., Kazakov A.A., Burova T.V., Aleksina V.I., Maslov N.M.* 112

Quantitative assessment of tissue perfusion in colorectal surgery using ICG fluorescence: first experience *Zavrazhnov A.A., Kashchenko V.A., Lankov T.S., Kuznetsov V.D., Novikova A.D., Pasekova D.S., Badaev K.D., Rumyantsev P.O., Moskalev A.S., Loshchenov V.B., Efendiev K.T., Lavrentyeva A.N., Smirnov G.A., Kramorov E.S.* 118

ДОРОГИЕ КОЛЛЕГИ!

Хочу напомнить вам, что одним из родоначальников минимально инвазивной хирургии в мире является наш выдающийся соотечественник Дмитрий Оскарович Отт, еще в 1901 г. впервые в мире осуществивший вентроскопию (осмотр брюшной полости через влагалище с помощью оптического прибора), которая фактически стала предтечей современной лапароскопии. Для этой цели он использовал кольпотом для доступа и осветительную лампу с лобным зеркалом. Хотя это не была лапароскопия в современном понимании, это был важный шаг в развитии минимально инвазивной хирургии. С тех пор прошло почти 125 лет, и хирургия эволюционировала от минимально инвазивных диагностических вмешательств до роботических мультиорганных резекций при распространенных опухолевых процессах.

Безусловно, пройденный путь был тернист: от полного непринятия до активного использования и повального увлечения. Несмотря на разного рода сложности, сегодня до 85% выполняемых хирургических вмешательств в современной клинике составляют минимально инвазивные оперативные методики. И эта тенденция набирает рост.

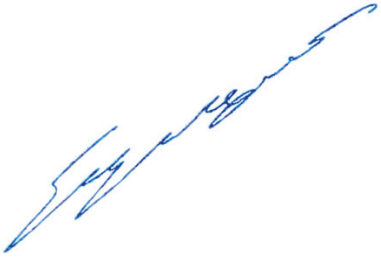
Уже сегодня можно смело утверждать, что мы находимся на пороге принципиальных изменений, связанных с развитием биотехнологий, искусственного интеллекта и совершенно новыми медицинскими материалами, а сама хирургическая философия при этом не может не столкнуться с прежде неизвестными для себя глобальными проблемами, поскольку появление полностью автоматизированных роботических систем приведет к смене хирургической парадигмы. Именно поэтому очень важным сегодня

является осознание и обобщение накопленного опыта в данном разделе хирургии. Предстоящий Российско-Китайский конгресс по минимально инвазивной хирургии, который пройдет в Санкт-Петербурге 15–16 сентября 2025 г. в рамках мероприятий, посвященных 45-летию со дня основания ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, соберет ведущих экспертов России и Китая. Будут подняты наиболее актуальные вопросы, связанные с внедрением искусственного интеллекта в медицину и хирургию, а также с минимально инвазивными технологиями в основных разделах хирургии.

Учитывая высокую актуальность рассматриваемых проблем, второй номер «Российского хирургического журнала» мы решили сделать тематическим и полностью посвятить его материалам конгресса, которые будут опубликованы в электронном приложении журнала.

В заключение хочу пожелать конгрессу плодотворной работы.

Приглашаю к участию всех заинтересованных лиц!



С уважением,
генеральный директор
ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России,
председатель президиума Российско-Китайского
конгресса по минимально инвазивной хирургии
академик РАН Евгений Владимирович Шляхто

УДК 616.34-008-072.1:004.8

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭНДОСКОПИИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ: СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Е.В. Шляхто, Е.Г. Солоницын, Д.Г. Баранов, Б.В. Сигуа, И.Н. Данилов

Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ. Представлен комплексный анализ современного состояния и перспектив применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в эндоскопии пищеварительной системы. Исследование охватывает основные направления внедрения ИИ в эндоскопическую практику, включая системы компьютерного зрения CADe и CADx, методы машинного обучения и алгоритмы глубокого обучения. Рассматриваются особенности эндоскопических процедур, влияющие на эффективность применения ИИ-технологий: подготовка пациента, качество визуализации в зависимости от навыков эндоскописта, мультимодальность современных эндоскопических методов. Результаты демонстрируют активное развитие ИИ-технологий в эндоскопии, особенно в области выявления патологических изменений желудочно-кишечного тракта. Ключевые направления применения ИИ включают онкопоиск, диагностику Helicobacter pylori, оценку воспалительных заболеваний и контроль качества исследований. Анализ показывает, что несмотря на значительные успехи в разработке ИИ-систем для эндоскопии, их внедрение ограничено рядом факторов, включая зависимость от оператора и сложности стандартизации. В ближайшем будущем для обучения ИИ-моделей будут внедрятся новые подходы, включая рекурентные нейронные сети и мультимодальные ИИ-системы, объединяющие визуальные данные с другой информацией о пациенте.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *искусственный интеллект, эндоскопия, пищеварительная система, компьютерное зрение, машинное обучение, глубокое обучение, медицинская визуализация, CADe, CADx, онкопоиск, сверточные нейронные сети, диагностическая эндоскопия, медицинские изображения, автоматизация диагностики*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шляхто Е.В., Солоницын Е.Г., Баранов Д.Г., Сигуа Б.В., Данилов И.Н. Технологии искусственного интеллекта в эндоскопии пищеварительной системы: состояние проблемы и перспективы (обзор литературы). *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 8–20. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-8-20

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN DIGESTIVE SYSTEM ENDOSCOPY: THE STATE OF THE PROBLEM AND PROSPECTS (LITERATURE REVIEW)

E.V. Shlyakhto, E.G. Solonitsyn, D.G. Baranov, B.V. Sigua, I.N. Danilov

Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT. The review presents a comprehensive analysis of the current state and prospects for the use of artificial intelligence (AI) technologies in endoscopy of the digestive system. The research covers the main areas of AI implementation in endoscopic practice, including CADe and CADx computer vision systems, machine learning methods and deep learning algorithms. The paper examines the features of endoscopic procedures that affect the effectiveness of AI technologies: patient preparation, imaging quality depending on the skills of the endoscopist, and the multimodality of modern endoscopic methods. The results demonstrate the active development of AI technologies in endoscopy, especially in the field of detecting pathological changes in the gastrointestinal tract. Key applications of AI include cancer detection, diagnosis of Helicobacter pylori, assessment of inflammatory diseases, and quality control of research. The analysis shows that despite significant advances in the development of AI systems for endoscopy, their implementation is limited by a number of factors, including dependence on the operator and the complexity of standardization. In the near

future, new approaches will be introduced to train AI models, including recurrent neural networks and multimodal AI systems that combine visual data with other patient information.

KEYWORDS: *artificial intelligence, endoscopy, digestive system, computer vision, machine learning, deep learning, medical imaging, cade, cadx, convolutional neural networks, diagnostic endoscopy, medical imaging, diagnostic automation*

FOR CITATION: Shlyakhto E.V., Solonitsyn E.G., Baranov D.G., Sigua B.V., Danilov I.N. Artificial intelligence technologies in digestive system endoscopy: the state of the problem and prospects (literature review). *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 8–20. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-8-20 (In Russ.).

Введение

Еще недавно искусственный интеллект (ИИ) был фантастической историей. В последние годы ИИ прочно вошел в повседневную жизнь. Распознавание лиц для доступа к телефонам, выбор оптимального маршрута автомобиля, беспилотные транспортные средства и даже алгоритмы поиска, анализирующие лингвистические данные, теперь стали нормой. Следует ожидать, что по мере разработки новых решений, технологии ИИ будут чаще применяться для повышения качества и производительности в сфере здравоохранения. В таких процедурно-ориентированных областях, как эндоскопия, качество и производительность во многом зависят от оператора, что, с одной стороны, открывает широкие возможности для улучшения показателей с помощью ИИ, с другой, – является сложной задачей.

Искусственный интеллект – свойство интеллектуальных систем выполнять когнитивные функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. Сферы применения ИИ в медицине многообразны: используется для интерпретации медицинских изображений, анализа сердечного ритма, создания роботов-помощников для ухода за пациентами, обработки медицинских записей, планирования лечебной и диагностической тактики, выявления групп населения с повышенным риском различных заболеваний, помощи в выполнении повторяющихся заданий (включая управление приемом медикаментов), первичное медицинское консультирование, разработка новых лекарственных средств, использование человекоподобных манекенов вместо пациентов для клинического обучения, организация пациенто-потоков и др.

По уровню ИИ можно разделить на три категории [1]: искусственный узкий интеллект (Artificial Narrow Intelligence – ANI, также известный как «слабый» ИИ); искусственный общий интеллект (Artificial General Intelligence – AGI, также известный как «сильный» ИИ); искусственный суперинтеллект (Artificial Superintelligence – ASI).

ANI ориентирован на специализированное выполнение одной или нескольких конкретных задач в заранее определенных рамках. Почти все современные системы ИИ, включая медицинские, относятся к категории ANI [2]. AGI остается пока что теоретической концепцией и перспективной технологией. Архитектура AGI предполагает взаимное подключение множества систем ANI, что будет способствовать формированию когнитивных функций уровня человека и позволит решать комплексные задачи в изменяющихся условиях без вмешательства человека. В свою очередь ASI – это гипотетический уровень развития ИИ, который превосходит человеческий интеллект во всех аспектах. В отличие от существующих систем, ASI сможет не только выполнять задачи лучше людей, но и самостоятельно развивать новые методы мышления и принятия решений [3].

В рамках сферы искусственного интеллекта машинное обучение – это раздел, который занимается разработкой алгоритмов и моделей, способных обучаться на основе выборки данных. Алгоритмы обучаются на заранее подготовленных признаках, выделенных экспертами. В свою очередь глубокое машинное обучение – это один из уровней машинного обучения, при котором используются нейронные сети. В этом случае алгоритмы самостоятельно выявляют и извлекают признаки из сырых данных, благодаря многослойной структуре нейронной сети. В отличие от обычного машинного обучения, для обучения нейронных сетей требуются большие объемы данных и серьезные вычислительные мощности. Структура нейронной сети предполагает многоуровневую оценку множества признаков, при которой каждый из уровней автоматически меняет параметры настройки, в зависимости от данных, полученных на предыдущем уровне, пока не будет достигнут оптимальный результат (рис. 1).

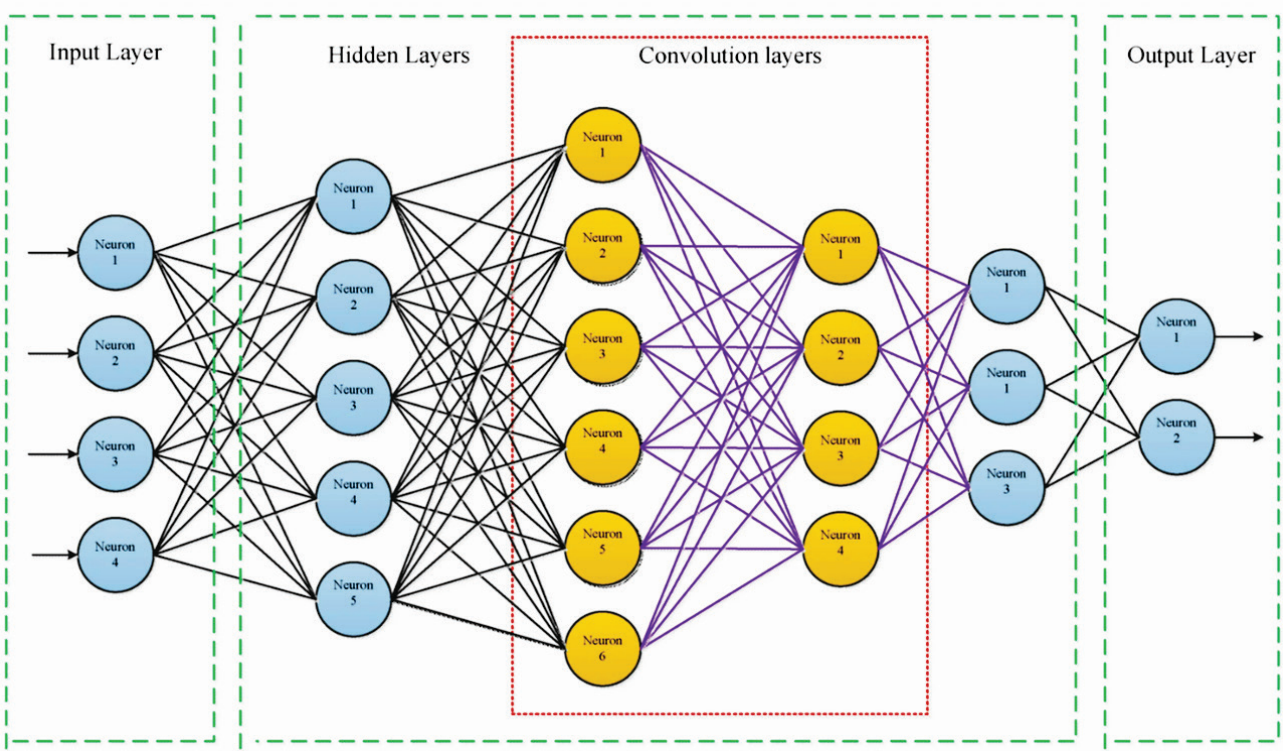


Рис. 1. Схематичное изображение работы глубокого машинного обучения
Глубокое обучение стало доминирующим направлением в машинном обучении. Оно использует многослойные нейронные сети, имитирующие структуру и работу нейронов человеческого мозга

Глубокое обучение стало доминирующим направлением в машинном обучении. Оно использует многослойные нейронные сети, имитирующие структуру и работу нейронов человеческого мозга.

Раздел ИИ, занимающийся распознаванием образов, называется компьютерным зрением. Технологии компьютерного зрения в разрезе клинических задач можно условно можно разделить на [4]:

- CADe (Computer-Aided Detection) – система компьютерного обнаружения, которая помогает врачам выявлять подозрительные участки (например, опухоли или предраковые изменения) на медицинских изображениях. Она выделяет потенциально опасные зоны, но не ставит диагноз, являясь ассистентом врача.
- CADx (Computer-Aided Diagnosis) – система компьютерной диагностики, которая не только находит аномалии, но и анализирует их, предлагая возможный диагноз.

Эндоскопия пищеварительной системы является одним из стремительно развивающихся направлений медицины, в котором используются высокотехнологичные способы получения изображения, имеющего высокую четкость, возможность увеличения, осмотра в узкоспектральных режимах и др. Новые технологии привели к новым подходам в выполнении эндоскопических исследований, разработаны новые классификации, диагностические и лечебные принципы. Поскольку эндоскопия является методом, работающим с изображениями, она имеет множество точек приложения для ИИ. Продолжают совершенствоваться подходы к работе ИИ с эндоскопическими изображениями, появляются программно-аппаратные комплексы для эндоскопии, и в ближайшем будущем это направление окажет значительное влияние на клиническую практику. В связи с необходимостью понимать основные технические и клинические аспекты применения технологий ИИ в эндоскопии, настоящее исследование посвящено практическим аспектам использования ИИ в современной эндоскопии.

Особенности методик гибкой эндоскопии, влияющих на подходы к внедрению технологий искусственного интеллекта

Эндоскопия пищеварительной системы является методом медицинской визуализации, но имеет несколько ключевых аспектов, отличающих ее от других визуализирующих методов, влияющих на выбор целей и особенностей применения технологий ИИ в практической деятельности [4]. К таким аспектам относятся прежде всего необходимость подготовки пациента к исследованию, доставки устройства визуализации к зоне осмотра и мультимодальность современных эндоскопических методов.

От качества подготовки пациента к исследованию напрямую зависит возможность визуализации патологических объектов, которые могут быть полностью скрыты содержимым. Пенистое содержимое, слизь на поверхности слизистой оболочки может создавать ощущение полноценного осмотра, но за счет своих оптических свойств искажают поверхность и цветопередачу, что приводит к невозможности визуализировать имеющиеся патологические изменения.

Доставка источника визуализации к зоне осмотра осуществляется эндоскопами, имеющих сложное техническое устройство и требующими серьезных мануальных навыков и опыта от врача-эндоскописта. Это приводит к тому, что методики приобретают значительную долю операторозависимости и сложны для стандартизации. Качество изображения зависит от способностей конкретного врача, который с тем или иным успехом способен вывести нужную зону, а затем сфокусироваться на патологической находке. Наименьший коэффициент зависимости от навыков эндоскописта у гастроскопии, наибольший – у эндоскопической ультрасонографии (ЭУС). Колоноскопия имеет промежуточный характер, а капсульная эндоскопия не имеет такой зависимости во время исследования.

Анатомические особенности строения желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), значительные индивидуальные особенности у различных пациентов дополнительно усугубляют фактор операторозависимости и усложняют стандартизацию исследований [1]. В начале XXI в. проводилось изучение причин пропуска онкологических заболеваний верхних и нижних отделах ЖКТ, зависящих от врача-эндоскописта. Эти причины разделены на две большие группы: нарушение стандартов осмотра; когнитивные факторы. Нарушение стандартов осмотра приводит к оставлению слепых зон, в которых могут локализоваться патологические процессы. К когнитивным факторам относятся пропуски патологических процессов, связанные с невнимательностью (часто коррелирующей с усталостью эндоскописта), а также незнанием, недооценкой или неправильной интерпретацией выявленных изменений. Как и в случае с плохой подготовкой, технологии компьютерного зрения бесполезны в ситуациях, когда врач, нарушая методику осмотра, не вывел зону с патологическим процессом, а быстрое продвижение эндоскопа приводит к motion-эффекту (смазыванию изображения) и снижению точности ИИ-технологий. Поэтому эффективность работы ИИ напрямую зависит от качества и полноценности выполнения исследования эндоскопистом [3]. С другой стороны, ИИ способен значительно снизить влияние когнитивных факторов при соблюдении методологии выполнения исследования.

В отношении доставки источника визуализации в зону осмотра отдельно стоит выделить капсульную эндоскопию, в проведении которой практически отсутствует фактор операторозависимости, так как продвижение капсулы обеспечивается перистальтикой и не зависит от навыков эндоскописта. С другой стороны, проблемы качества подготовки пациента и когнитивных факторов при расшифровке исследования могут значительно влиять на диагностическую эффективность исследования.

Мультимодальность современной эндоскопии проявляется в использовании различных способов визуализации во время одного вмешательства [5]. В частности, при проведении внутрипросветных исследований ЖКТ используются методики осмотра в белом свете, узкоспектральные режимы, увеличительная эндоскопия [4]. Выполнение полноценного исследования по современным стандартам осуществляется при сочетании комплекса методов. Эндоскопическая ультрасонография подразумевает переключение с оптического осмотра на ультразвуковой, при котором также используется большое количество различных настроек: меняется частота, применяются режимы тканевой гармоники, доплеровское сканирование, эластография и т.д. Как и в случае с оптической эндоскопией, полноценное исследование возможно исключительно при сочетании множества режимов.

С одной стороны, мультимодальность дает дополнительные данные для обучения ИИ, с другой, – требует отдельного обучения по каждой из методик для различных патологий, что кратно увеличивает длительность и трудоемкость подготовки комплексных моделей и значительно усложняет работу системы.

Исходя из особенностей гибкой эндоскопии, использование технологий ИИ может быть направлено на следующие аспекты:

- детекцию патологических процессов пищеварительной системы, выявляемых визуально, а также нормальных анатомических структур, по аналогии с другими методами медицинской визуализации;
- помощь врачу в выборе модальности осмотра, применения наиболее эффективных в конкретной ситуации режимов осмотра;
- контроль качества выполнения вмешательства для уменьшения вероятности нарушения методики осмотра эндоскопистом и, как следствие, снижения количества «слепых» зон исследования; качество подготовки также может оцениваться автоматически;
- помощь при выполнении эндоскопических интервенционных вмешательств;
- обучение начинающих врачей-эндоскопистов.

Кроме того, требуются и другие решения, в частности, для ведения автоматической стати-

стики, оформления и ведения документации, организации пациенто-потока, экономики процесса и др. [3].

Основные направления разработки программных продуктов

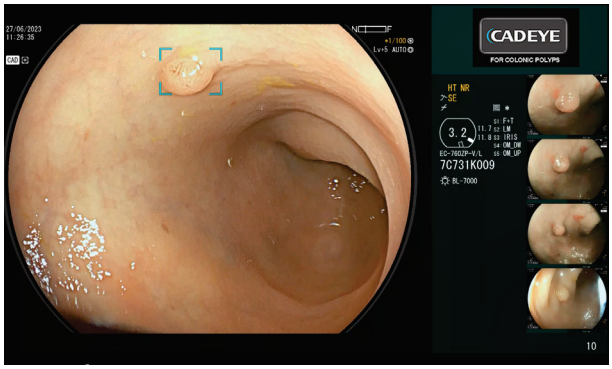
В отличие от лучевых методов диагностики, эндоскопия не может похвастаться большим количеством разработок, особенно внедренных в практическую медицину. Наибольшую сложность в практическое применение привносит описанный субъективный фактор, значительно влияющий на эффективность работы ИИ.

С точки зрения детекции реализованы многие направления как CADe, так и CADx во всех эндоскопических методах. Одним из ключевых направлений является безусловно онкопоиск. Эндоскопия является золотым стандартом скрининга рака ЖКТ, способствуя как снижению заболеваемости (в случае лечения предраковых состояний), так и летальности (при обнаружении малигнизации на ранних стадиях). В связи с этим, выявление опухолевого и предопухолевого поражения ЖКТ является одной из ключевых задач эндоскопии пищеварительной системы.

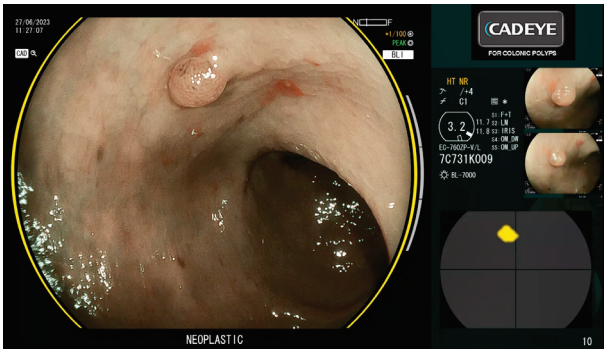
После внедрения технологии сверточных нейронных сетей появилось большое количество публикаций о высокой эффективности применения технологий ИИ с целью детекции опухолей пищеварительной системы. Одними из первых о возможности детекции плоскоклеточного рака пищевода сообщили S.L. Cai et al. [5]. Для обучения нейронной сети использовано 1332 размеченных снимка, что оказалось достаточным для создания эффективного программного обеспечения. Об удачных доклинических разработках детекции плоскоклеточного рака сообщили L. Guo et al. [6] и M.B. Piazuelo et al. [7]. Авторы использовали не только осмотр в белом свете, но также узкоспектральные и увеличительные методики. Работы показали высокую чувствительность и специфичность (Sp – 89,3 %, Se – 92,6 %), которые значительно снижались при быстром продвижении эндоскопа. A.J. Groof et al. [8] в 2020 г. доложили о возможности детекции очагов пищевода Баррета, A.J. Trindade et al. [9] – о возможности ИИ выявлять очаги дисплазии и малигнизации внутри пищевода Баррета при конфокальной лазерной эндомикроскопии.

Отдельные исследования показали, что при скрининге рака желудка в белом свете частота пропусков составляет от 4,6 до 25,8 % [10]. Учитывая сложность, особенно для начинающих эндоскопистов, выявления раннего рака желудка [11], многие работы посвящены этой тематике [12–14]. Обучение проходило на снимках как в белом цвете, так и узкоспектральном режиме и эндоцитоскопии. Кроме детекции, S. Nagao et al. [15] получили модель, способную с точностью до 90 % оценивать глубину инвазии выявленного раннего рака.

Наибольшее количество разработок ИИ в эндоскопии относится к колоноскопии и направлены на детекцию новообразований, их дифференциальную диагностику и определение прогноза, используя различные модальности осмотра (белый свет, узкий спектр, увеличение, эндоцитоскопию) [16–20]. Часть из них доступно уже в коммерческом варианте в виде программно-аппаратных комплексов. В России доступны программно-аппаратные комплексы Fujifilm CADEye (рис. 2), Discovery от PENTAX Medical, с функциями детекции и частичной дифференциальной диагностики полипов толстой кишки.



а



б

Рис. 2. Система искусственного интеллекта CADEye компании Fujifilm: *а* – работа системы в режиме детекции полипа; *б* – работа в режиме дифференциальной диагностики (желтый цвет ободка вокруг эндоскопического изображения и на экране навигации справа показывает наличие и локализацию эпителиальной неоплазии)

В колоноскопии присутствуют и российские продукты для детекции полипов толстой кишки. В частности, программно-аппаратный комплекс ArtInCol и Poliptron [21].

Недавние исследования в Китае показали клиническую эффективность использования ИИ для детекции полипов толстой кишки [22]. На мате-

риале 3059 исследований доказано, что использование технологий ИИ повышает рейтинг детекции аденом (ADR) с 32,4 до 39,9 %. Интересно, что у опытных эндоскопистов этот показатель увеличивался еще больше – с 32,8 до 42,3 %, что является еще одним подтверждением необходимости правильного выполнения исследования, независимо от используемых технологий ИИ. С другой стороны, шведское исследование, в котором сравнивали ADR при использовании ИИ и без него, не показало значимых преимуществ использования ИИ [3]. В обоих группах ADR был сопоставим (41 % в группе с ИИ, 43 % в группе без ИИ). Важно отметить, что во всех этих исследованиях использовались разные ИИ-системы и разное оборудование.

Безусловно не только онкологические проблемы находятся в фокусе внимания. C.H. Lin et al. [23] предложили программный алгоритм на основе ИИ для первичной диагностики Helicobacter pylori по эндоскопическим изображениям. Хорошие результаты доложены в визуальной диагностике различных типов гастрита, в том числе аутоиммунного, на фоне Hp-инфекции, атрофического и др. [24, 25]. Имеются указания на модели, помогающие по визуальным признакам определить целиакию [26, 27], воспалительные заболевания кишечника [28, 29].

Наименьшее количество разработок по данным литературы приходится на долю ЭУС. Связано это прежде всего с максимальными сложностями стандартизации исследования, большим количеством настроек оборудования, которые поразному используются различными специалистами. Имеются сложности с адекватной разметкой данных и методом окончательной диагностики в связи с большой долей субъективности в оценке выявленных изменений. Кроме того, по опыту многих исследований, УЗ-изображения являются одними из наиболее сложных для обучения. Возможно это связанно с наличием множества артефактов, которые зачастую не позволяют получить четкое изображение.

Несмотря на сложности, имеются успешные разработки, пока не дошедшие до промышленной реализации. Существуют модели, позволяющие с высокой достоверностью детектировать солидные новообразования поджелудочной железы [30], дифференцировать их по гистологическому строению [31, 32], хронический и аутоиммунный панкреатит [33], муцинозные кисты [34]. Имеются данные об эффективном использовании ИИ для выявления нормальных анатомических структур [35] с модулями для обучения специалистов [36]. Кроме панкреато-билиарной зоны ИИ используется в ЭУС подслизистых новообразований ЖКТ и помогает дифференцировать гастроинтестинальные стромальные опухоли [37], в том числе при контрастно-усиленном исследовании [38].

В НМИЦ им. В.А. Алмазова разработана компьютерная программа, позволяющая детектировать солидные опухоли поджелудочной железы под ЭУС наведением как в режиме оценки записанного исследования, так и непосредственно во время выполнения ЭУС (рис. 3). При клинических испытаниях показаны чувствительность 0,89, специфичность 0,93. Площадь под кривой составила 0,96, что сопоставимо с международными данными.

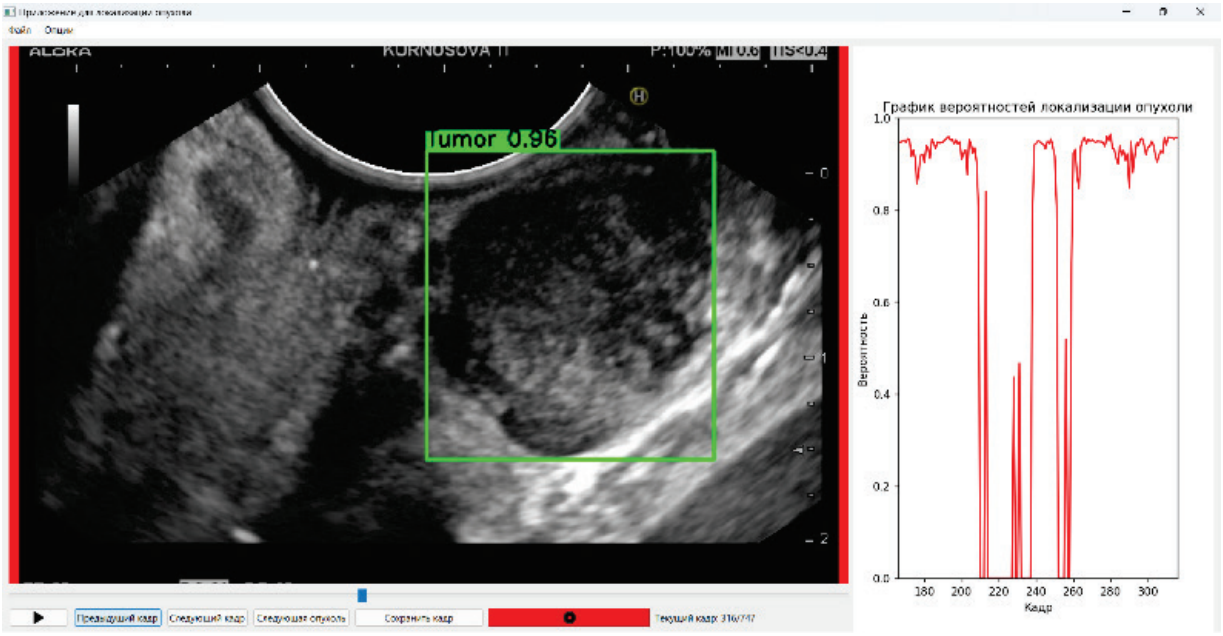


Рис. 3. Фрейм работы программы для детекции солидных опухолей поджелудочной железы: зеленый квадрат фиксирует детекцию опухоли; в правой части экрана график вероятности детекции опухоли в зависимости от кадра

Похожие разработки для детекции и дифференциальной диагностики различных структур в режиме реального времени ведутся и в отношении эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографии и холангиоскопии [39–41].

Капсульная эндоскопия – единственный эндоскопический метод, интерпретация которого может быть полностью автоматизирована, а качество исследования не зависит от эндоскописта. Здесь технологии ИИ применяются преимущественно для автоматической расшифровки исследований, выявления патологических находок, признаков кровотечения [42–46]. Это также единственный метод, который позволяет проводить исследование в полностью роботизированном варианте. Речь идет о капсуле, которая управляемо перемещается в магнитном поле, и ее передвижение в просвете желудка осуществляется ИИ без помощи человека [47].

В эндоскопических интервенциях ИИ применяют для разметки патологических новообразований, определения границ резекции, выявления различных гистологических структур. P. An et al. сообщили об использовании ИИ для определения оптимальной зоны циркулярного разреза, исходя из автоматического определения края неоплазии (рис. 4) [48].

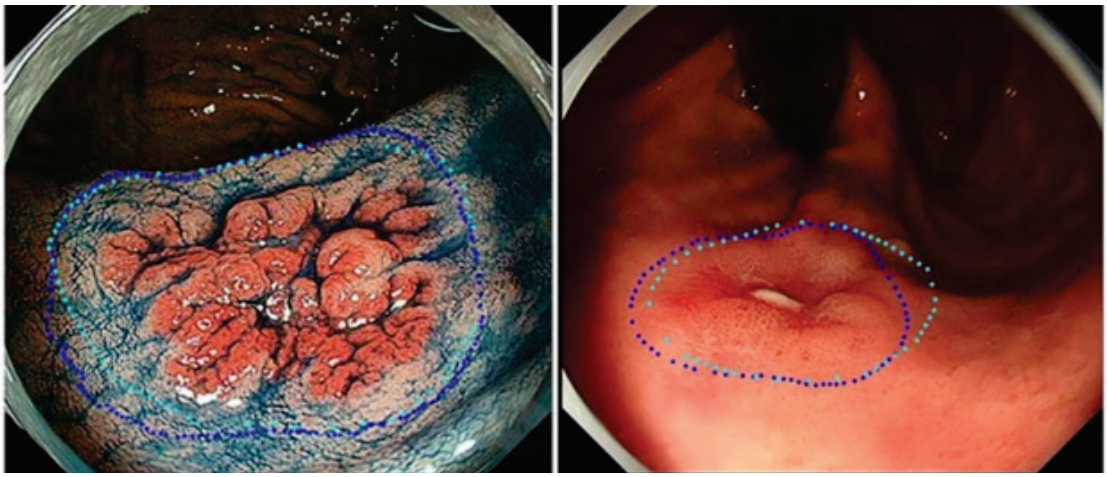


Рис. 4. Пример работы программы ENDOANGEL, позволяющей определять края резекции опухоли: темная линия – граница резекции, отмеченная программой, светлая линия – граница резекции, отмеченная экспертом [48]

Отдельно стоит выделить исследования, направленные на оценку качества выполнения эндоскопии, сбор статистической информации и составление отчетов. Так, S. Thakkar et al. [49] разработали программу, которая в режиме реального времени предоставляет эндоскописту обратную связь по качеству проводимого им исследования, оценивая четыре параметра: видимая площадь поверхности; раскрытая/расширенная толстая кишка; условия подготовки; четкость текущего изображения. Разработки ведутся в отношении определения качества подготовки ЖКТ к исследованию [50], оценки слепых зон при гастроскопии [51], времени выведения колоноскопа из толстой кишки [52].

Основные направления развития и перспективы искусственного интеллекта в эндоскопии

В связи с признанием важности ИИ в гастроэнтерологии в конце 2019 г. в США, проведен первый глобальный саммит по ИИ в гастроэнтерологии и эндоскопии, в котором приняли участие многочисленные эксперты из академических кругов, промышленности и регулирующих учреждений [53]. В 2022 г. вышел согласительный документ Европейского общества эндоскопии пищеварительной системы об ожиданиях от внедрения ИИ и стандартов его внедрения [54], в котором авторы обозначают наиболее актуальные направления исследований и предлагают определенные критерии, которым должны соответствовать медицинские изделия с ИИ. Это подчеркивает важность проблемы ИИ в эндоскопии, в том числе при внедрении этих технологий в клиническую практику.

Приведенный перечень практических разработок ИИ в сфере эндоскопии пищеварительной системы безусловно далеко не полный, но адекватно описывает основные точки приложения исследователей и отражает в среднем состояние вопроса. В обзоре P.T. Kröner et al. [55] приведен исчерпывающий анализ разработок ИИ в гастроэнтерологии (рис. 5). Большая часть разработок для эндоскопии посвящена компьютерному зрению, а именно детекции патологических изменений и их дифференциальной диагностике. Меньшая часть направлена на повышение стандартов качества вмешательств, и лишь единич-

ные наработки облегчают сбор статистических данных и автоматизируют ведение документации.

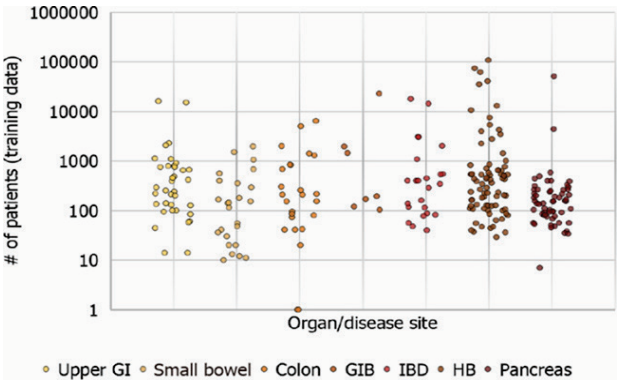


Рис. 5. Диаграмма рассеяния, показывающая распределение исследований по системам органов в гастроэнтерологии и гепатологии
Upper GI – верхние отделы ЖКТ;
Small bowel – тонкий кишечник;
Colon – толстая кишка;
GIB – желудочно-кишечные кровотечения;
IBD – воспалительные заболеваний кишечника;
HB – гепатобилиарная зона;
Pancreas – поджелудочная железа[1]

Одно из актуальных направлений, в котором ИИ уже может играть значимую роль, – скрининг колоректального рака, так как имеющиеся разработки в детекции эпителиальных новообразований толстой кишки и контроля качества выполнения исследования позволяют значительно повышать эффективность скрининговой колоноскопии, особенно при объединении этих возможностей в одном проекте. По пути комплексного решения пошли и создатели российского проекта ArtInCol. Они разработали многофункциональный программно-аппаратный комплекс, позволяющий не только осуществлять детекцию полипов, но и контролировать часть критериев качества колоноскопии, собирать статистическую информацию по исследованиям, формировать фото- и видеоархив и реализовывать другие функции.

Еще одно перспективное направление развития ИИ в эндоскопии – предсказание гистологического типа патологии по эндоскопической картине (новообразования, воспалительные заболевания кишечника, эозинофильный эзофагит, целиакия и др.). Повышение эффективности подхода CADx позволит уйти от ненужных биопсий, определять программу наблюдения пациента и оценивать эффективность лечения непосредственно при эндоскопическом обследовании. Это в свою очередь приведет к снижению финансовых затрат на систему здравоохранения, снизит нагрузку на патологоанатомическую службу и увеличит скорость постановки окончательного диагноза.

Полностью уйти от субъективности исследования в гибкой эндоскопии пищеварительной системы удастся не скоро. Решение проблемы операторозависимости решается двумя путями: введение стандартных протоколов, как в лучевых методах исследования; перевод мануальных действий в автоматический, роботизированный вариант, частично решенный в хирургических вмешательствах и применяемый опять же в лучевых методах диагностики. Но в эндоскопии руки врача пока не заменимы из-за технической сложности самого вмешательства и многообразия анатомических вариантов ЖКТ. В отличие от других направлений, сложность мануальных приемов не позволяет прогнозировать внедрение эндоскопических роботизированных устройств в клиническую практику в ближайшем будущем, несмотря на уже имеющиеся разработки. Внедрение роботизированных систем уже реализовано в других медицинских направлениях. Существуют системы с удаленным управлением от Monarch – Johnson & Johnson, Ion для роботизированной бронхоскопии. J. Zhang et al. сообщили о разработке роботизированной системы для проведения бронхоскопии с интеграцией ИИ [56]. В эндоскопии пищеварительной системы ближе всего подошли к созданию роботизированного колоноскопа [57, 58]. Но только в капсульной эндоскопии реализован по-настоящему роботизированный вариант [47].

В России найдено ограниченное количество публикаций, посвященных разработке и внедрению программ на основе ИИ для эндоскопии пищеварительной системы [59, 60, 21]. Учитывая, что данное направление во всем мире еще не достигло серьезных системных решений, важно не упустить момент и активно участвовать в разработке ИИ-систем для эндоскопии. Важным шагом в активизации этих исследований будет создание единого всероссийского регистра эндоскопических изображений, который можно было бы использовать в различных проектах для обучения ИИ.

На сегодняшний день все исследования в мире проводятся в рамках узкоспециализированных задач уровня. Можно сказать, что идет процесс накопления критической массы прикладных разработок, которые в последующем возможно будут объединены в единые комплексные системы. Пока нет информации о системном подходе в создании программ ИИ для комплексной помощи в работе врача-эндоскописта. В идеале такая программа должна решать ряд задач, в которые входят как помощь в прикладных клинико-диагностических вопросах, так и организационных, в том числе: формирование

[1] Kröner P.T., Engels M.Ml., Glicksberg B.S. et al. Artificial intelligence in gastroenterology: A state-of-the-art review. 2021;27(40):6794–6824. DOI: 10.3748/wjg.v27.i40.6794.

расписания пациентов, детекция и дифференциальная диагностика различных патологических состояний во время выполнения вмешательства, помощь в выборе правильной диагностической и лечебной тактики, определение качества подготовки и управление качеством выполнения вмешательства, автоматическая видео- и фотофиксация, формирование архива, сбор статистики по исследованиям, в том числе по работе оборудования. В то же время эндоскопия не должна вырываться из контекста клинической деятельности, поэтому программное обеспечение должно иметь возможность коммуникации с электронными историями болезни.

Уже имеющиеся разработки не позволяют повысить эффективность работы опытных эндоскопистов (за исключением детекции полипов размером менее 5 мм). Поэтому актуальная цель использования этих систем – повысить уровень работы менее опытных специалистов, особенно в центрах с высоким потоком и низкими стандартами качества. Такой подход позволит, с одной стороны, повысить стандарты качества, с другой, – снизить фактор операторозависимости [54].

Общее развитие технологий ИИ позволяет не только говорить, но и предсказывать дальнейшие пути технической реализации задач. Так, для подавляющего количества разработок использовали в обучении статические изображения и сверточные нейронные сети. Однако современные возможности позволяют использовать более совершенные инструменты. Например, рекурентные нейронные сети, которые анализируют последовательные данные, такие как видео. Еще один подход – мультимодальный ИИ, совмещающий визуальные данные с другими данными пациента: половозрастные характеристики, данные лабораторных исследований, генетики и т. д. Использование новых подходов теоретически позволит ИИ выполнять задачи эффективнее врачей экспертного класса и вывести эндоскопические исследования на новый качественный уровень. Особенно при системном подходе к решению поставленных задач.

Большое количество исследовательских групп, работающих над разными диагностическими задачами, позволяют быстро накопить опыт в их решении. Однако значимая конкуренция между ними, желание быстрой финансовой выгоды мешает обмену опытом и информацией, не позволяет объединять имеющиеся разработки в комплексные системы. Из-за того, что производители технологий быстро разрабатывают и внедряют системы искусственного интеллекта, можно ожидать, что эндоскопическое сообщество начнет использовать ИИ еще до того, как будут получены убедительные научные доказательства его влияния на клиническую практику.

Безусловно преимущества и недостатки ИИ можно спрогнозировать на основе клинической значимости решаемой задачи и предварительных данных, полученных в искусственных или клинических условиях. То есть «ожидаемая ценность» ИИ – ценность, которую мы можем предвидеть до проведения тщательно спланированных клинических испытаний, – зависит, с одной стороны, от последствий ошибок при проведении эндоскопических исследований врачом, с другой, – от вероятности того, что ИИ компенсирует эти ошибки. На эту ожидаемую ценность также влияют возможные негативные последствия применения ИИ, такие как ложноположительные результаты или снижение квалификации эндоскопистов [54].

Перед профессиональным сообществом, как и перед всем человечеством, стоит ряд фундаментальных вопросов, на которые пока нет ответов. Не решены организационные, этические, юридические и даже политические аспекты внедрения ИИ в медицинскую практику. Кто несет ответственность за неправильно поставленный диагноз или допущенную интраоперационную ошибку? Будет ли ошибка ИИ оправдывать врача, или ответственность останется на человеке? Как внедрение технологий ИИ скажется на уровне образования и накопления опыта специалистами? И множество других вопросов. Но адекватная оценка реальности современной медицины позволяет увидеть неизбежность внедрения технологий ИИ в клинику.

Заключение

Еще рано говорить о революции, которую ИИ произвел в эндоскопии пищеварительной системы. Разработка и внедрение этих технологий в клиническую практику ограничено и не меняет лечебно-диагностических подходов. Большинство разработок являются экспериментальными, узконаправленными, работают на уровне хорошего врача, но в большинстве случаев не превосходят его. Но уже понятно, что вопрос не в том, станут ли технологии ИИ стандартом оснащения лечебных учреждений и изменят подходы к выполнению эндоскопических вмешательств, а в том, когда это произойдет.

Объединение усилий разных команд позволит ускорить решение системных задач и создание программно-аппаратных комплексов для эндоскопии, способных решать многоплановые, а не узкоспециализированные задачи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Qin X., Ran T., Chen Y., et al. Artificial Intelligence in Endoscopic Ultrasonography-Guided Fine-Needle Aspiration/Biopsy (EUS-FNA/B) for Solid Pancreatic Lesions: Opportunities and Challenges. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(19):30–54. DOI: 10.3390/diagnostics13193054.

2. Abonamah A.A., Tariq M.U., Shilbayeh S. On the Commoditization of Artificial Intelligence. *Front. Psychol*. 2021;12:696346.

3. Schöler J., Alavanja M., de Lange T., et al. Impact of AI-aided colonoscopy in clinical practice: a prospective randomised controlled trial. BMJ *Open Gastroenterol*. 2024;11(1):e001247. DOI: 10.1136/bmjgast-2023-001247.

4. Okagawa Y., Abe S., Yamada M., et a. Artificial Intelligence in Endoscopy. *Digestive Diseases and Sciences*. 2021. DOI: 10.1007/s10620-021-07086-z.

5. Cai S.L., Li B., Tan W.M., et al. Using a deep learning system in endoscopy for screening of early esophageal squamous cell carcinoma (with video). *Gastrointest Endosc*. 2019;90:745–753.e2. DOI: 10.1016/j.gie.2019.06.044.

6. Guo L., Xiao X., Wu C. et al. Real-time automated diagnosis of precancerous lesions and early esophageal squamous cell carcinoma using a deep learning model (with videos). *Gastrointest Endosc*. 2020;91:41–51.

7. Piazuelo M.B., Bravo L.E., Mera R.M., et al. The Colombian chemoprevention trial: 20-year follow-up of a cohort of patients with gastric precancerous lesions. *Gastroenterology* 2021;160:1106–1117.e3. DOI: 10.1053/j.gastro.2020.11.017.

8. de Groof A.J., Struyvenberg M.R., van der Putten J., et al. Deep-learning system detects neoplasia in patients with Barrett's esophagus with higher accuracy than endoscopists in a multistep training and validation study with benchmarking. *Gastroenterology*. 2020;158:915–929. DOI: 10.1053/j.gastro.2019.11.030.

9. Trindade A.J., McKinley M.J., Fan C., et al. Endoscopic Surveillance of Barrett's Esophagus Using Volumetric Laser Endomicroscopy with Artificial Intelligence Image Enhancement. *Gastroenterology*. 2019;157:303–305. DOI: 10.1053/j.gastro.2019.04.048.

10. Hu Chen, Shi-Yu Liu, Si-Hui Huang, et al. Applications of artificial intelligence in gastroscopy: a narrative review. *J Int Med Res*. 2024;52(1):3000605231223454. DOI: 10.1177/03000605231223454.

11. Hosokawa O., Hattori M., Douden K., et al. Difference in accuracy between gastroscopy and colonoscopy for detection of cancer. *Hepatogastroenterology*. 2007;54:442–444.

12. Du H., Dong Z., Wu L., et al. A deep-learning based system using multi-modal data for diagnosing gastric neoplasms in real-time (with video) *Gastric Cancer*. 2023;26:275–285. DOI: 10.1007/s10120-022-01358-x.

13. Wu L., Zhou W., Wan X., et al. A deep neural network improves endoscopic detection of early gastric cancer without blind spots. *Endoscopy*. 2019;51:522–531. DOI: 10.1055/a-0855-3532.

14. Lee J.H., Kim Y.J., Kim Y.W., et al. Spotting malignancies from gastric endoscopic images using deep learning. *Surg Endosc*. 2019;33:3790–3797. DOI: 10.1007/s00464-019-06677-2.

15. Nagao S., Tsuji Y., Sakaguchi Y., et al. Highly accurate artificial intelligence systems to predict the invasion depth of gastric cancer: efficacy of conventional white-light imaging, nonmagnifying narrow-band imaging, and indigocarmine dye contrast imaging. *Gastrointest Endosc*. 2020;92:866–873.e1. DOI: 10.1016/j.gie.2020.06.047.

16. Ito N., Kawahira H., Nakashima H., et al. Endoscopic Diagnostic Support System for cT1b Colorectal Cancer Using Deep Learning. *Oncology*. 2019;96(1):44–50. DOI: 10.1159/000491636.

17. Kominami Y., Yoshida S., Tanaka S., et al. Computer-aided diagnosis of colorectal polyp histology by using a real-time image recognition system and narrow-band imaging magnifying colonoscopy. *Gastrointest Endosc*. 2016;83(3):643–9. DOI: 10.1016/j.gie.2015.08.004.

18. Fernández-Esparrach G., Bernal J., López-Cerón M., et al. Exploring the clinical potential of an automatic colonic polyp detection method based on the creation of energy maps. *Endoscopy*. 2016;48(9):837–42. DOI: 10.1055/s-0042-108434.

19. Misawa M., Kudo S.E., Mori Y., et al. Development of a computer-aided detection system for colonoscopy and a publicly accessible large colonoscopy video database (with video). *Gastrointest Endosc*. 2021;93(4):960–967.e3. DOI: 10.1016/j.gie.2020.07.060.

20. Sánchez-Montes C., Sánchez F.J., Bernal J., et al. Computer-aided prediction of polyp histology on white light colonoscopy using surface pattern analysis. *Endoscopy*. 2019;51(3):261–265. DOI: 10.1055/a-0732-5250.

21. Кулаев К., Важенин А., Ростовцев Д. и др. Искусственный интеллект в диагностике новообразований толстого кишечника — разработка, внедрение технологии и первые результаты. *Вопросы онкологии*. 2023;69(2):292–299.

DOI: 10.37469/0507-3758-2023-69-2-292-299. [Kulaev K., Vazhenin A., Rostovtsev D., et al. Artificial intelligence in the diagnosis of neoplasms of the large intestine-development, implementation of technology and first results. *Issues of Oncology*. 2023;69(2):292–299. DOI: 10.37469/0507-3758-2023-69-2-292-299 (In Russ.)].

22. Xu H., Tang R.S.Y., Lam T.Y.T., et al. Artificial Intelligence-Assisted Colonoscopy for Colorectal Cancer Screening: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2023;21(2):337–346.e3. DOI: 10.1016/j.cgh.2022.07.006.

23. Lin C.H., Hsu P.I., Tseng C.D., et al. Application of artificial intelligence in endoscopic image analysis for the diagnosis of a gastric cancer pathogen-Helicobacter pylori infection. *Sci Rep*. 2023;13(1):13380. DOI: 10.1038/s41598-023-40179-5.

24. Turtoi D.C., Brata V.D., Incze V., et al. Artificial Intelligence for the Automatic Diagnosis of Gastritis: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2024;13(16):4818. DOI: 10.3390/jcm13164818.

25. Shi Y., Wei N., Wang K., et al. Diagnostic value of artificial intelligence-assisted endoscopy for chronic atrophic gastritis: a systematic review and meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2023;10:1134980. DOI: 10.3389/fmed.2023.1134980.

26. Tenório J. M., Hummel A. D., Cohrs F. M., et al. Artificial intelligence techniques applied to the development of a decision-support system for diagnosing celiac disease. *Int J Med Inform*. 2011;80(11):793–802. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2011.08.001.

27. Wang X., Qian H., Ciaccio E.J., et al. Celiac disease diagnosis from videocapsule endoscopy images with residual learning and deep feature extraction. *Comput Methods Programs Biomed*. 2020;187:105236. DOI: 10.1016/j.cmpb.2019.105236.

28. Khorasani H.M., Usefi H., Peña-Castillo L. Detecting ulcerative colitis from colon samples using efficient feature selection and machine learning. *Sci Rep*. 2020;10(1):13744. DOI: 10.1038/s41598-020-70583-0.

29. Maeda Y., Kudo S.E., Mori Y., et al. Fully automated diagnostic system with artificial intelligence using endocytoscopy to identify the presence of histologic inflammation associated with ulcerative colitis (with video). *Gastrointest Endosc*. 2019;89(2):408–415. DOI: 10.1016/j.gie.2018.09.024.

30. Cui H., Zhao Y., Xiong S., et al. Diagnosing Solid Lesions in the Pancreas With Multimodal Artificial Intelligence: A Randomized Crossover Trial. *JAMA Netw Open*. 2024;7(7):e2422454. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2024.22454.

31. Tonozuka R., Itoi T., Nagata N., et al. Deep learning analysis for the detection of pancreatic cancer on endosonographic images: a pilot study. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2021;28(1):95–104. DOI: 10.1002/jhbp.825.

32. Kuwahara T., Hara K., Mizuno N., et al. Artificial intelligence using deep learning analysis of endoscopic ultrasonography images for the differential diagnosis of pancreatic masses. *Endoscopy*. 2023;55(2):140–149. DOI: 10.1055/a-1873-7920.

33. Marya N.B., Powers P.D., Chari S.T., et al. Utilisation of artificial intelligence for the development of an EUS-convolutional neural network model trained to enhance the diagnosis of autoimmune pancreatitis. *Gut*. 2021;70(7):1335–1344. DOI: 10.1136/gutjnl-2020-322821.

34. Kuwahara T., Hara K., Mizuno N., et al. Usefulness of Deep Learning Analysis for the Diagnosis of Malignancy in Intraductal Papillary Mucinous Neoplasms of the Pancreas. *Clin Transl Gastroenterol*. 2019;10(5):1–8. DOI: 10.14309/ctg.0000000000000045.

35. Wu H.L., Yao L.W., Shi H.Y., et al. Validation of a real-time biliopancreatic endoscopic ultrasonography analytical device in China: a prospective, single-centre, randomised, controlled trial. *Lancet Digit Health*. 2023;5(11):e812–e820. DOI: 10.1016/S2589-7500(23)00160-7.

36. Zhang J., Zhu L., Yao L., et al. Deep learning-based pancreas segmentation and station recognition system in EUS: development and validation of a useful training tool (with video). *Gastrointest Endosc*. 2020;92(4):874–885.e3. DOI: 10.1016/j.gie.2020.04.071.

37. Zhang B., Zhu F., Li P., Zhu J. Artificial intelligence-assisted endoscopic ultrasound in the diagnosis of gastrointestinal stromal tumors: a meta-analysis. *Surg Endosc*. 2023;37(3):1649–1657. DOI: 10.1007/s00464-022-09597-w.

38. Tanaka H., Kamata K., Ishihara R., et al. Value of artificial intelligence with novel tumor tracking technology in the diagnosis of gastric submucosal tumors by contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasonography. *J Gastroenterol Hepatol*. 2022;37(5):841–846. DOI: 10.1111/jgh.15780.

39. Zhang X., Tang D., Zhou J.D., et al. A real-time interpretable artificial intelligence model for the cholangioscopic diagnosis of malignant biliary stricture (with videos). *Gastrointest Endosc*. 2023;98(2):199–210.e10. DOI: 10.1016/j.gie.2023.02.026.

40. Saraiva M.M., Ribeiro T., Ferreira J.P.S., et al. Artificial intelligence for automatic diagnosis of biliary stricture malignancy status in single-operator cholangioscopy: A pilot study. *Gastrointest. Endosc*. 2022;95:339–348.

41. Agudo Castillo B., Mascarenhas M., Martins M., et al. Advancements in biliopancreatic endoscopy - A comprehensive review of artificial intelligence in EUS and ERCP. *Rev Esp Enferm Dig*. 2024;116(11):613–622. DOI: 10.17235/reed.2024.10456/2024.

42. Aoki T., Yamada A., Kato Y., et al. Automatic detection of blood content in capsule endoscopy images based on a deep convolutional neural network. *J Gastroenterol Hepatol*. 2020;35(7):1196–1200. DOI: 10.1111/jgh.14941.

43. Ding Z., Shi H., Zhang H., et al. Gastroenterologist-Level Identification of Small-Bowel Diseases and Normal Variants by Capsule Endoscopy Using a Deep-Learning Model. *Gastroenterology*. 2019;157(4):1044–1054.e5. DOI: 10.1053/j.gastro.2019.06.025.

44. Fu Y., Zhang W., Mandal M., Meng M.Q. Computer-aided bleeding detection in WCE video. *IEEE J Biomed Health Inform*. 2014;18(2):636–42. DOI: 10.1109/JBHI.2013.2257819.

45. Tsuboi A., Oka S., Aoyama K., et al. Artificial intelligence using a convolutional neural network for automatic detection of small-bowel angioectasia in capsule endoscopy images. *Dig Endosc*. 2020;32(3):382–390. DOI: 10.1111/den.13507.

46. Otani K., Nakada A., Kurose Y., et al. Automatic detection of different types of small-bowel lesions on capsule endoscopy images using a newly developed deep convolutional neural network. *Endoscopy*. 2020;52(9):786–791. DOI: 10.1055/a-1167-8157.

47. Rey J.F. Magnetically guided gastric capsule endoscopy: a review and new developments. *Clin Endosc*. 2025. DOI: 10.5946/ce.2025.062.

48. An P., Yang D., Wang J., et al. A deep learning method for delineating early gastric cancer resection margin under chromoendoscopy and white light endoscopy. *Gastric Cancer*. 2020;23:884–892. DOI: 10.1007/s10120-020-01071-7.

49. Thakkar S., Carleton N. M., Rao B., Syed A. Use of Artificial Intelligence-Based Analytics from Live Colonoscopies to Optimize the Quality of the Colonoscopy Examination in Real Time: Proof of Concept. *Gastroenterology*. 2020;158(5):1219–1221.e2. DOI: 10.1053/j.gastro.2019.12.035.

50. Leenhardt R., Souchaud M., Houist G., et al. A neural network-based algorithm for assessing the cleanliness of small bowel during capsule endoscopy. *Endoscopy*. 2021;53(9):932–936. DOI: 10.1055/a-1301-3841.

51. Wu L., Zhang J., Zhou W., et al. Randomised controlled trial of WISENSE, a real-time quality improving system for monitoring blind spots during esophagogastroduodenoscopy. *Gut*. 2019;68(12):2161–2169. DOI: 10.1136/gutjnl-2018-317366.

52. Yao L., Zhang L., Liu J., et al. Effect of an artificial intelligence-based quality improvement system on efficacy of a computer-aided detection system in colonoscopy: a four-group parallel study. *Endoscopy*. 2022;54(8):757–768. DOI: 10.1055/a-1706-6174.

53. Parasa S., Wallace M., Bagci U., et al. Proceedings from the First Global Artificial Intelligence in Gastroenterology and Endoscopy Summit. *Gastrointest Endosc* 2020;92:938–945.e1. DOI: 10.1016/j.gie.2020.04.044.

54. Messmann H., Bisschops R., Antonelli G., et al. Expected value of artificial intelligence in gastrointestinal endoscopy: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Position Statement. *Endoscopy*. 2022;54(12):1211–1231. DOI: 10.1055/a-1950-5694.

55. Kröner P. T., Engels M. M., Glicksberg B. S., et al. Artificial intelligence in gastroenterology: A state-of-the-art review. *World J Gastroenterol*. 2021;27(40):6794–6824. DOI: 10.3748/wjg.v27.i40.6794.

56. Zhang J., Liu L., Xiang P., et al. AI co-pilot bronchoscope robot. *Nat Commun*. 2024;15(1):241. DOI: 10.1038/s41467-023-44385-7.

57. Takamatsu T., Endo Y., Fukushima R., et al. Robotic endoscope with double-balloon and double-bend tube for colonoscopy. Sci Rep. 2023;13(1):10494. DOI: 10.1038/s41598-023-37566-3.

58. Ahmed J. F., Coda S., Premchand P., et al. A UK single-center pilot experience using a novel robotic inchworm colonoscopy system. DEN Open. 2025;6(1):e70123. DOI: 10.1002/deo2.70123.

59. Лебедев А. А., Хрящев В. В., Кашин С. В. и др. Применение методов глубокого обучения для поддержки врачебного решения при эндоскопическом исследовании желудка. Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021;2:95–106. DOI: 10.21685/2227-8486-2021-2-6. [Lebedev A. A., Khryashchev V. V., Kashin S. V., et al. Application of deep learning methods to support medical decision-making during endoscopic examination of the stomach. Models, Systems, Networks in Economics, Engineering, Nature and Society. 2021;2:95–106. DOI: 10.21685/2227-8486-2021-2-6. (In Russ.)].

60. Хрящев В. В. Система поддержки принятия врачебного решения с использованием модуля искусственного интеллекта для эндоскопических исследований желудка. Медицинская техника. 2023;6:44–47. [Khryashchev V. V. Decision support system for medical decision-making using an artificial intelligence module for endoscopic examinations of the stomach. Medical Equipment (Meditsinskaya tekhnika). 2023;6:44–47 (In Russ.)].

Поступила 26.07.2025
Принята 01.08.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 26.07.2025
Accepted 01.08.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Шляхто Евгений Владимирович – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки Российской Федерации, генеральный директор, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, fmrc@almazovcentre.ru, https://orcid.org/0000-0003-2929-0980

Солоницын Евгений Геннадьевич – канд. мед. наук, доцент кафедры факультетской хирургии с клиникой, врач-эндоскопист, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, mail@esolonitsyn.ru, https://orcid.org/0000-0002-0794-232X

Баранов Дмитрий Геннадьевич – ассистент кафедры факультетской хирургии с клиникой, врач-эндоскопист, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства

здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, dimabaranov@mai.ru, https://orcid.org/0000-0002-6297-5159

Сигуа Бадри Валериевич – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, sigua bv@almazovcentre.ru, https://orcid.org/0000-0002-4556-4913

Данилов Иван Николаевич – канд. мед. наук, заведующий кафедрой факультетской хирургии с клиникой, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, ivandanilov75@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9540-7812

Authors

Shlyakhto Evgeny V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, General Director, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, fmrc@almazovcentre.ru, https://orcid.org/0000-0003-2929-0980

Solonitsyn Evgenii G. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Faculty Surgery with a Clinic, Endoscopist, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, mail@esolonitsyn.ru, https://orcid.org/0000-0002-0794-232X

Baranov Dmitrii G. – Assistant of the Department of Faculty Surgery with a Clinic, Endoscopist, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, dimabaranov@mai.ru, https://orcid.org/0000-0002-6297-5159

Sigua Badri V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of General Surgery, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, sigua bv@almazovcentre.ru, https://orcid.org/0000-0002-4556-4913

Danilov Ivan N. – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Faculty Surgery with the Clinic, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, ivandanilov75@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9540-7812

УДК 616-089.8

РОБОТ-АССИСТИРОВАННАЯ ХИРУРГИЯ В МНОГОПРОФИЛЬНОЙ КЛИНИКЕ: ОПЫТ БОЛЕЕ 9000 ОПЕРАЦИЙ

А.В. Шабунин, З.А. Багателия, Д.Ю. Пушкарь, Д.Н. Греков, П.А. Дроздов, А.А. Карпов, С.С. Лебедев, К.Б. Колонтарев, И.Л. Андрейцев, М.М. Тавобилов, Е.И. Велиев, В.Н. Якомаскин, В.М. Кулушев, Е.М. Глотов, В.А. Алимов, Р.Э. Кузнецов, М.Н. Аладин

Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ. Робот-ассистированная хирургия представляет собой инновационный минимально инвазивный подход, широко применяемый в современной клинической практике. Исследование систематизирует опыт Московского многопрофильного научно-клинического центра им. С.П. Боткина по выполнению более 9000 робот-ассистированных операций с 2008 г. В ретроспективный анализ включены данные 9133 пациентов, которым выполнена робот-ассистированная операция на платформах da Vinci S/Si/Xi в урологии, абдоминальной хирургии и гинекологии. Оценка исходов проводилась с использованием шкалы Clavien – Dindo, классификаций ISGPS (для поджелудочной железы) и валидированных опросников. В абдоминальной хирургии выполнено 1642 операции: 45,2 % – на толстой кишке, 19,8 % – на желудке, 15 % – на поджелудочной железе. Частота осложнений III–V классов варьировала от 4,2 (толстая кишка) до 19,7 % при панкреатодуоденальных резекциях. В торакальной хирургии выполнено (n = 330) операций. Осложнения III–V классов составили 2,6–17,1 %. В урологии преобладала радикальная простатэктомия (n = 5253), резекция почки (n = 934) и аденомэктомия (n = 558). В гинекологии выполнено (n = 416) операций. Осложнения III–V классов: 0–20,9 % в онкогинекологии и 3,8 % в общей гинекологии соответственно. Опыт многопрофильного центра показывает, что робот-ассистированная хирургия безопасна и эффективна в урологии, абдоминальной, торакальной хирургии и гинекологии, обеспечивая сопоставимую онкологическую радикальность при меньшей травматичности и более быстром восстановлении.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *робот-ассистированная хирургия, урология, хирургия, гинекология*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шабунин А.В., Багателия З.А., Пушкарь Д.Ю., Греков Д.Н., Дроздов П.А., Карпов А.А., Лебедев С.С., Колонтарев К.Б., Андрейцев И.Л., Тавобилов М.М., Велиев Е.И., Якомаскин В.Н., Кулушев В.М., Глотов Е.М., Алимов В.А., Кузнецов Р.Э., Аладин М.Н. Робот-ассистированная хирургия в многопрофильной клинике: опыт более 9000 операций. *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 21–31. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-21-31

ROBOT-ASSISTED SURGERY IN A MULTIDISCIPLINARY CLINIC: EXPERIENCE OF OVER 9,000 OPERATIONS

A.V. Shabunin, Z.A. Bagateliya, D.Yu. Pushkar, D.N. Grekov, P.A. Drozdov, A. A. Karpov, S.S. Lebedev, K.B. Kolontarev, I.L. Andreytsev, M.M. Tavobilov, E.I. Veliev, V.N. Yakomaskin, V.M. Kulushev, E.M. Glotov, V.A. Alimov, R.E. Kuznetsov, M.N. Aladin

Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia

ABSTRACT. Robot-assisted surgery is an innovative, minimally invasive approach widely applied in modern clinical practice. This study summarizes the experience of the Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin in performing more than 9,000 robot-assisted operations since 2008. A retrospective analysis included data from 9,133 patients who underwent robot-assisted surgery using the da Vinci S/Si/Xi platforms in urology, abdominal surgery, and gynecology. Outcomes were assessed using the Clavien – Dindo classification, ISGPS classifications (for pancreatic surgery), and validated questionnaires. In abdominal surgery, 1,642 procedures were performed (45.2 % – on the colon, 19.8 % – on the stomach, 15 % – on the pancreas); the incidence of grade III–V complications ranged from 4.2 (colon) to 19.7 % for pancreatoduodenectomies. In thoracic surgery, 330 procedures were performed, with grade III–V com-

plications occurring in 2.6–17.1 % of cases. In urology, radical prostatectomy predominated (n = 5,253), followed by partial nephrectomy (n = 934) and adenomectomy (n = 558). In gynecology, 416 procedures were performed; grade III–V complications occurred in 0–20.9 % of oncogynecology cases and 3.8 % in general gynecology. The experience of a multidisciplinary center demonstrates that robot-assisted surgery is safe and effective in urology, abdominal, thoracic surgery, and gynecology, providing comparable oncological radicality with lower invasiveness and faster recovery.

KEYWORDS: *robot-assisted surgery, urology, surgery, gynecology*

FOR CITATION: Shabunin A.V., Bagateliya Z.A., Pushkar D.Yu., Grekov D.N., Drozdov P.A., Karpov A. A., Lebedev S.S., Kolontarev K.B., Andreytsev I.L., Tavobilov M.M., Veliev E.I., Yakomaskin V.N., Kulushev V.M., Glotov E.M., Alimov V.A., Kuznetsov R.E., Aladin M.N. Robot-assisted surgery in a multidisciplinary clinic: experience of over 9,000 operations. *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 21–31. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-21-31 (In Russ.).

Введение

Робот-ассистированная хирургия представляет собой дальнейшее развитие концепции минимально инвазивных вмешательств и занимает устойчивое место в клинической практике. По данным компании Intuitive Surgical, на 2024 г. выполнено более 16 млн робот-ассистированных операций. Технологические особенности роботической платформы обеспечивают высокий уровень прецизионности и контроля движений, что в ряде исследований ассоциировано со снижением интраоперационной травмы и кровопотери, уменьшением частоты послеоперационных осложнений, сокращением длительности госпитализации и улучшением функциональных исходов при сопоставимой онкологической радикальности. В РФ эксплуатируется около 55 хирургических систем da Vinci (Si – 28, Xi – 27) в 37 медицинских организациях. Общее количество робот-ассистированных операций превысило 38 600, с ежегодным приростом 13–17 %. Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина (ММНКЦ) имеет опыт более 9000 робот-ассистированных операций с 2008 г.

Цель исследования – систематизировать опыт ММНКЦ им. С.П. Боткина по выполнению робот-ассистированных операций.

Материалы и методы

В ретроспективный анализ включены пациенты (n = 9133), которым выполнялись робот-ассистированные оперативные вмешательства. Анализ урологических операций проводился с момента запуска роботической программы в ноябре 2008 г. на базе ГКБ им. С. И. Спасокукоцкого, где до ноября 2023 г. располагалась клиника урологии МГМСУ им. А. И. Евдокимова. С декабря 2023 г. программа продолжена в Московском урологическом центре (МУЦ) на базе ММНКЦ им. С. П. Боткина, а также операций выполненных в урологических отделениях ММНКЦ им. С. П. Боткина с 2012 г. Анализ гинекологических и хирургических операций основывался на опыте ММНКЦ им. С.П. Боткина с 2012 г. со старта роботической программы.

На различных этапах реализации программы применялись хирургические системы da Vinci S/Si/Xi, обеспечивающие различный уровень технических возможностей и визуализации. Все операции выполнялись хирургами с высоким уровнем подготовки, прошедшими специализированное обучение и сертификацию в рамках роботической программы. Дооперационное обследование пациентов включало стандартную лабораторную и инструментальную диагностику. Селекция пациентов для робот-ассистированных вмешательств осуществлялась с учетом ряда клинико-анатомических факторов, включая предполагаемый объем вмешательства, анатомические особенности, стадию заболевания и предпочтения пациента. Для стандартизации оценки исходов повсеместно применялись валидированные опросники; фиксация и градация послеоперационных осложнений производилась по международной шкале Clavien – Dindo. Для операций на поджелудочной железе (ПЖ) дополнительно анализировались осложнения по классификации ISGPS (POPF, PPH, DGE). Летальность определялась как смерть, наступившая в стационаре или в течение 30 сут после операции.

Результаты робот-ассистированных операций в абдоминальной хирургии

В абдоминальной хирургии выполнено 1642 робот-ассистированные операции. Из них 743 (45,2 %) пациентам выполнена робот-ассистированная операция на толстой кишке: 544 (33 %) резекции ободочной кишки, 174 (10,6 %) резекции прямой кишки, 25 (1,5 %) экстирпаций прямой кишки; 325 (19,8 %) операций на желудке – 191 (11,6 %) резекция желудка и 134 (8,2 %) гастрэктомии; 247 (15 %) операций на ПЖ – 178 (10,8 %) панкреатогастродуоденальные резекции, 27 (1,6 %) дистальных резекций ПЖ со спленэктомией, 23 (14 %) дистальные резекции ПЖ с сохранением селезенки и селезеночных сосудов (модификация Kimura), 11 (0,7 %) энуклеаций опухоли ПЖ – 4 (0,2 %) из

головки ПЖ, 3 (0,18 %) из тела ПЖ и 4 (0,2 %) из хвоста ПЖ, 4 (0,2 %) операции Фрея, 3 (0,18 %) тотальные дуоденопанкреатэктомии – 2 (0,12 %) с сохранением селезенки и селезеночных сосудов и 1 (0,06 %) срединная резекция ПЖ; 247 (15 %) операций по поводу грыж пищеводного отверстия диафрагмы; 61 (3,7 %) операция на печени – 28 (1,7%) атипичных резекций печени, 13 (0,8 %) перицистэктомий, 13 (0,8 %) фенестраций кист, 7 (0,4 %) кавальных резекций, 12 (0,7 %) резекций пищевода, 7 (0,4 %) парциальных резекций селезенки. Структура оперативных вмешательств в абдоминальной хирургии представлена на рисунке.

Структура робот-ассистированных оперативных вмешательств (распределение по органам)

Результаты робот-ассистированных вмешательств на толстой кишке. Анализ 743 робот-ассистированных операций на толстой кишке показал, что частота осложнений III–V степени по Clavien – Dindo составила 4,2 % ($n = 31$), включая IIIa – 2,3 % ($n = 17$), IIIb – 0,8 % ($n = 6$), IV и V – по 0,5 % ($n = 4$).

Наиболее частым специфическим осложнением была несостоятельность кишечного анастомоза – 2,7 % ($n = 20$), в том числе после передней резекции прямой кишки – 1,2 % ($n = 9$) и резекций ободочной кишки – 1,5 % ($n = 11$). Перфорации кишечной стенки выявлена у 1,2 % пациентов ($n = 9$), преимущественно при резекциях прямой кишки: 0,5 % – после передней резекции, 0,7 % – после экстирпации. В 0,9 % случаев ($n = 7$) имели место ранние послеоперационные кровотечения, потребовавшие повторных вмешательств (0,3 % – при передней резекции, 0,7 % – при экстирпации).

Результаты робот-ассистированных вмешательств на поджелудочной железе. В хирургии ПЖ выполнено 247 робот-ассистированных операций. Наибольшее число операций составили робот-ассистированные панкреатодуоденальные резекции – 72,1 % ($n = 178$), из них 3 (1,7 %) операции выполнены с краевой резекцией воротной вены. Осложнения III–V класса по Clavien – Dindo выявлены у 35 пациентов (19,7 %). Из них класс IIIA встречался у 19 пациентов (10,7 %), IIIB – 6 (3,8 %), IV – 5 (2,8 %), V – 5 (2,8 %). Среди специфических осложнений, согласно классификации ISGPS, послеоперационная панкреатическая фистула (POPF) встречалась у 119 пациентов (66,8 %), из них 91 случай (51,1 %) – BL/A класса, 23 (12,9 %) – класса B, 5 (2,8 %) – класса C. Послеоперационные кровотечения (PPH) зарегистрированы в 13 случаях (7,3 %), задержка эвакуации желудка (DGE) – в 11 случаях (6,2 %).

При дистальных резекциях ПЖ ($n = 50$), включая вмешательства с сохранением селезенки у 27 (54 %) пациентов и со спленэктомией у 23 (46 %), общая частота тяжелых осложнений III–V классов составила 10 % ($n = 10$). Преобладали осложнения IIIA степени 8 % ($n = 4$) и 2 % ($n = 1$) IV степени. POPF зафиксированы у 26 пациентов (52 %). Класс BL/A, у 8 (16 %) класса B, и у 2 (4 %) класс C. PPH зарегистрированы в 2 случаях (4,2 %).

При энуклеациях опухолей ПЖ ($n = 11$) осложнения III класса возникли у одного пациента (9,1 %). POPF класса BL/A отмечена в трех случаях (27,3 %), в двух случаях (18,2 %) класс B. Отдельно выявлен 1 (9,1%) случай PPH класса B.

Гастростазы в данной когорте пациентов не наблюдались.

Тотальная дуоденопанкреатэктомия выполнена трем пациентам, и в одном случае операция сопровождалась осложнениями класса IIIA, а также зафиксирован гастростаз класса B в одном (33,3 %) случае.

Робот-ассистированная операция Фрея выполнена в трех случаях. В 100 % случаев в послеоперационном периоде развилась POPF класса B по ISGPS. У одного пациента (33,3 %) осложнение сопровождалось кровотечением степени C, потребовавшим экстренного хирургического вмешательства.

Результаты робот-ассистированных вмешательств при грыжах пищеводного отверстия диафрагмы. Выполнено 247 робот-ассистированных операций по поводу грыж пищеводного отверстия диафрагмы. Преобладал III тип по классификации SAGES – 153 случая (62,0 %), I тип встречался у 46 пациентов (18,6 %), II тип – 18 (7,3 %), IV тип – 30 (12,1 %). Сопутствующий рефлюкс-эзофагит по Лос-Анджелесской классификации отмечен в 66,4 % случаях: класс A – 28,3 % ($n = 70$), B – 21,5 % ($n = 53$), C – 10,5 % ($n = 26$), D – 6,1 % ($n = 15$). По классификации Б.В. Петровского преобладали кардиофундальные ($n = 155$; 62,8 %) и кардиальные формы ($n = 45$; 18,2 %). Основным методом оперативного лечения являлась тотальная фундопликация Floppy-Nissen – 214 (86,6 %), в 29 случаях (11,7 %) выполнялась Collis-Nissen, в 4 (1,6 %) – передняя фундопликация Dor.

Средняя длительность вмешательства составила 85 ± 15,3 мин, кровопотеря – 102 ± 13,4 мл, случаев конверсии не зарегистрировано. Средняя длительность госпитализации – 3 сут. Осложнения III–V степени по классификации Clavien – Dindo зарегистрированы у 21 пациента (8,9 %): IIIa – 3,2 % ($n = 8$), IIIb – 3,2 % ($n = 8$), IV – 0,8 % ($n = 2$), V – 1,2 % ($n = 3$). Зафиксировано 9 рецидивов (3,6 %), в том числе соскальзывание манжетки – 5 (2,0 %) и несостоятельность манжетки – 4 (1,6 %), по поводу которых выполнены повторные реконструктивные вмешательства.

Результаты робот-ассистированных вмешательств на желудке. Выполнено 325 робот-ассистированных вмешательств на желудке, из них 191 (58,8 %) – резекция желудка, 134 (41,2%) – гастрэктомии. Средний возраст пациентов составил 64,5 ± 13,2 лет, длительность операций – 276 ± 27,2 мин, кровопотеря – 128,3 ± 58,1 мл, средний койко-день – 6,5. Летальность составила 2,2 % ($n = 7$). Несостоятельность гастроэнтероанастомоза зафиксирована в 17 случаях (5,2 %), гастроэнтероанастомоза – 5 (1,5 %), несостоятельность культи двенадцатиперстной кишки – 5 (1,5 %). Осложнения IIIA класса отмечены у 13 пациентов (4,0 %), IIIB – 15 (4,6 %), IV – 8 (2,5 %), V – 7 (2,2 %).

Результаты робот-ассистированных вмешательств на печени. Выполнена 61 робот-ассистированная операция на печени (табл. 1). Основу составляли атипичные резекции – 28 (45,9 %), перицистэктомии – 13 (21,3 %) и фенестрации кист – 13 (21,3 %); кавальные резекции выполнены в 7 случаях (11,5 %).

Интраоперационные показатели и структура осложнений представлена в табл. 1.

Таблица 1. Интраоперационные показатели и структура осложнений при робот-ассистированных операциях на печени

Тип вмешательства	*n*	Время операции, мин	Кровопотеря, мл	Ср. койко-день	Clavien – Dindo IIIa	Clavien – Dindo IIIb–V	ISGLS Grade B
Кавальная резекция	7	318 ± 31,3	357 ± 51	7	1	0	1
Атипичная резекция	28	167 ± 31,4	218 ± 30,5	3	1	0	0
Перицистэктомия	13	171 ± 17,6	270 ± 19,3	4	1	0	1
Фенестрация кисты	13	101 ± 10,1	7 ± 3,3	2	0	0	0

Результаты робот-ассистированных вмешательств на пищеводе. За исследуемый период в клинике выполнено 12 (0,7 %) резекций пищевода по методике Льюиса. Тяжелые послеоперационные осложнения развились у трех (25 %) пациентов: осложнения класса IIIA выявлены в двух (16,7 %) случаях, класс IV выявлен в одном (8,3 %) случае. Основной причиной осложнений стала несостоятельность эзофагоэнтероанастомоза в трех (25 %) случаях, в одном случае (8,3 %) несостоятельность анастомоза осложнилась кровотечением в плевральную полость.

Результаты робот-ассистированных вмешательств на селезенке. Анализ семи робот-ассистированных операций на селезенке показал, что вмешательства выполнялись преимущественно у пациентов с кистозными образо-

ваниями и доброкачественными опухолями. Средний возраст составил 47,3 ± 8,5 г., кровопотеря – 78 мл, длительность операций – 136 мин. В послеоперационном периоде осложнения III–V степени по шкале Clavien – Dindo зарегистрированы в одном случае (14,3 %) и представлены серомой послеоперационной раны, не потребовавшей повторного хирургического вмешательства. Летальных исходов не зафиксировано, средняя длительность госпитализации составила 3–4 сут.

Результаты робот-ассистированных операций в торакальной хирургии

Результаты робот-ассистированных операций на органах переднего средостения. Анализ 38 робот-ассистированных операций на органах переднего средостения показал, что частота осложнений III–V степени по шкале Clavien – Dindo составила 2,6 % (n = 1), включая IIIa – 2,6 % (n = 1), IIIb – 0, IV – 0 и V – 0. Наиболее частым специфическим осложнением была пневмония – 2,6 % (n = 1). Летальных исходов не зарегистрировано.

Результаты робот-ассистированных операций на легких. Анализ 120 робот-ассистированных атипичных резекций легкого по поводу доброкачественных новообразований показал, что частота осложнений III–V степени по шкале Clavien – Dindo составила 3,3 % (n = 4), включая IIIa – 2,5 % (n = 3), IIIb – 0,8 % (n = 1), IV – 0, V – 0. Наиболее частые специфические осложнения: пролонгированная утечка воздуха – 1,7 % (n = 2), пневмония – 0,8 % (n = 1) и кровотечение, потребовавшее повторного вмешательства, – 0,8 % (n = 1). Летальных исходов не отмечено.

Анализ 90 робот-ассистированных атипичных резекций легкого при злокачественных новообразованиях показал, что частота осложнений III–V степени по шкале Clavien – Dindo составила 7,8 % (n = 7), включая IIIa – 4,4 % (n = 4), IIIb – 2,2 % (n = 2), IV – 0, V – 1,1 % (n = 1). Наиболее частые специфические осложнения: пневмония – 3,3 % (n = 3), бронхоплевральный свищ – 2,2 % (n = 2) и кровотечение, потребовавшее повторного вмешательства, – 2,2 % (n = 2). Летальность составила 1,1 % (n = 1).

Анализ 82 робот-ассистированных лобэктомий по поводу злокачественных новообразований легких показал, что частота осложнений III–V степени по шкале Clavien – Dindo составила 17,1 % (n = 14), включая IIIa – 7,3 % (n = 6), IIIb – 4,9 % (n = 4), IV – 0, V – 4,9 % (n = 4). Наиболее частые специфические осложнения: бронхоплевральный свищ – 8,5 % (n = 7), пневмония – 7,3 % (n = 6) и кровотечение, потребовавшее повторного вмешательства, – 2,4 % (n = 2). Летальность составила 4,9 % (n = 4). Конверсии выполнены в 16 случаях (19,5 %), преимущественно на раннем этапе освоения методики; в остальных подгруппах конверсий не отмечено.

Результаты робот-ассистированных операций в урологии

Результаты робот-ассистированной радикальной простатэктомии. Наиболее часто выполняемым вмешательством в рамках роботической программы являлась робот-ассистированная радикальная простатэктомия (РАРПЭ) (n = 4132 в МУЦ и n = 1121 в урологических отделениях ММНКЦ до 2023 г.). Метод продемонстрировал высокую радикальность удаления опухоли, сопоставимую с таковой при радикальной позадилонной простатэктомии (РПП), при этом обеспечивая существенно лучшую переносимость. По данным ретроспективного анализа, частота биохимического рецидива, общая и раково-специфическая выживаемость не различались статистически между робот-ассистированной и открытой методиками, что свидетельствует об онкологической эквивалентности данных подходов. В то же время РАРПЭ достоверно превосходила открытую операцию по ряду функциональных исходов.

Немедленное удержание мочи (в течение первых суток после удаления уретрального катетера) достигалось у 33,2 % пациентов после РАРПЭ, тогда как в группе открытой позадилонной простатэктомии этот показатель составил 19,6 % (p = 0,002), т. е. преимущество составило почти в 1,7 раза. Через год после операции недержание мочи отсутствовало у 91,5 % пациентов в группе РАРПЭ, у 88,3 % – в группе РПП. При выполнении нервосберегающей операции с сохранением сосудисто-нервных пучков частота удержания мочи через год возрастала до 93,2 и 91 % соответственно (p = 0,022).

Значительное преимущество отмечено и в отношении восстановления эректильной функции. Через 12 мес после операции спонтанная эрекция, достаточная для полового акта, сохранялась у 77,1 % пациентов после РАРПЭ и лишь у 34,4 % пациентов после РПП (p<0,0001), что позволяет говорить о двукратном превосходстве роботической технологии по данному параметру. Кроме того, РАРПЭ ассоциирована с более высоким уровнем общей удовлетворенности пациентов результатами операции. Так, оценку «прекрасно» дали 93,6 % пациентов, перенесших РАРПЭ, по сравнению с 83,1 % пациентов после открытого вмешательства (p<0,05), что подчеркивает не только клинические, но и субъективные преимущества роботической методики.

С точки зрения частоты и характера послеоперационных осложнений РАРПЭ также продемонстрировала ряд преимуществ: осложнения различной степени тяжести регистрировались у 32,4 % пациентов, перенесших РАРПЭ,

и у 42,3 % после РПП (p<0,05). Среди факторов, ассоциированных с повышенным риском неблагоприятного послеоперационного течения, выявлены наличие ишемической болезни сердца, предшествующая неоадъювантная гормональная терапия, необходимость реконструкции шейки мочевого пузыря, несостоятельность уретровезикального анастомоза, повышенный индекс массы тела.

Результаты робот-ассистированной аденомэктомии и реконструктивных операций. Робот-ассистированная аденомэктомия (n = 471 в МУЦ и n = 87 в ММНКЦ до 2023 г.) применялась преимущественно у пациентов с выраженной гиперплазией предстательной железы объемом более 150 см^3. В практике нашего центра данное вмешательство зарекомендовало себя как эффективная альтернатива открытой аденомэктомии: средняя интраоперационная кровопотеря составляла не более 250 мл, средняя длительность катетеризации – 2,5–3 дня, периоперационный перитод составил 4 дня. Повторная катетеризация требовалась менее, чем в 5 % случаев, а частота гемотрансфузий не превышала 2 %. По сравнению с открытым доступом робот-ассистированная техника обеспечивает более быструю реабилитацию, меньшую выраженность болевого синдрома и снижение частоты инфекционных осложнений. Высокоточная визуализация и свобода движений манипуляторов позволяют безопасно мобилизовать аденоматозную ткань с минимальным риском повреждения хирургической капсулы и наружного сфинктера уретры. Показатели качества жизни после РА-аденомэктомии оценивались как стабильно высокие: в среднем через 3–6 мес после операции наблюдалось снижение суммарных баллов по шкале IPSS с 22–25 до 7–9, а максимальная скорость мочеиспускания (Q_{max}) увеличилась с 6–9 мл/с до 18–22 мл/с. Индекс качества жизни (Q_{oL}) с 4–5 снизился до 0–1 баллов. Большинство пациентов полностью восстановили спонтанное мочеиспускание в течение первой недели после удаления катетера.

Робот-ассистированные реконструктивные вмешательства выполнялись при стриктурах и обструкциях мочеточника различной этиологии, в том числе после ранее перенесенных операций или в результате ятрогенных повреждений. В подавляющем большинстве случаев применялась методика пересадки мочеточника (уретероцистонеоанастомоз), при необходимости с каудальной мобилизацией или использованием анти-рефлюксной техники. Использование РА-технологии обеспечивало точную диссекцию, прецизионную мобилизацию и формирование герметичного анастомоза с минимальной травматизацией окружающих тканей. Благодаря трехмерной визуализации и высокой точности манипуляций частота послеоперационных осложнений оставалась минимальной. Несостоятельность анастомоза, инфицирование раны или необходимость повторного вмешательства наблюдались крайне редко. В ряде случаев выполнялись комбинированные вмешательства, например, резекция рубцового участка мочеточника с одномоментной пластикой лоханки или мочевого пузыря.

Роботассистированная резекция почки. Робот-ассистированная резекция почки (n = 684 в МУЦ и n = 250 в ММНКЦ до 2023 г.) является современным и высокотехнологичным методом органосохраняющего лечения локализованного рака почки, получившим широкое распространение в клинической практике. Средняя продолжительность операции составила 148 мин (межквартильный размах – от 125 до 188 мин), объем кровопотери – 220 мл (IQR: 160–280 мл). Интраоперационные осложнения зафиксированы у 4,4 % пациентов (n = 15), послеоперационные – у 27,5 % (n = 95), при этом осложнения III степени и выше по классификации Clavien – Dindo отмечены в 8,8 % случаев (n = 30).

Положительный хирургический край выявлен в 3,5 % наблюдений (n = 12), что свидетельствует о высокой онкологической радикальности вмешательств. Частота рецидивов составила 1 %, что дополнительно подтверждает онкологическую безопасность метода. Функциональные результаты продемонстрировали высокую эффективность робот-ассистированной резекции. Острое повреждение почки, определяемое как снижение скорости клубочковой фильтрации более, чем на 10 % от исходного уровня, зафиксировано у 29 % пациентов. При этом трифекта – совокупность отрицательного края резекции, времени ишемии менее 25 мин и отсутствия тяжелых осложнений (Clavien ≥ III) – достигнута в 84 % случаев (n = 290). Пентафекта, дополнительно включающая сохранение СКФ на уровне не менее 90 % от предоперационного значения и отсутствие прогрессирования хронической болезни почек через 12 мес, достигнута у 66 % пациентов (n = 228). Анализ результатов в зависимости от сложности опухолей по шкале RENAL показал снижение частоты достижения пентафекты с увеличением баллов: 74,8 % при 4–6 баллах, 63,3 % при 7–9 и 41,7 % при 10–12. Тем не менее даже у пациентов с опухолями высокой категории сложности отмечена сохранность функции почки, что подчеркивает возможности робот-ассистированной технологии в сложных клинических ситуациях.

Таким образом, робот-ассистированная резекция почки в условиях высокотехнологичного урологического центра позволяет достигать превосходных онкологических и функциональных результатов при низкой частоте тяжелых осложнений и высоких показателях трифекты и пентафекты. Метод может быть обоснованно рекомендован как стандарт нефронсберегающе-

го лечения у пациентов с локализованным раком почки, включая случаи высокой анатомической сложности.

Результаты робот-ассистированных операций в гинекологии

Результаты робот-ассистированных операций в онкогинекологии. Выполнено 71 робот-ассистированная гистерэктомия без лимфодиссекции (РА ГЭ без ЛД). Частота осложнений III–V класса по шкале Clavien – Dindo составила 0 %. Выявлено одно (1,4 %) осложнение II степени – послеоперационное кровотечение, купированное консервативно.

Анализ 43 робот-ассистированных гистерэктомий с тазовой и поясничной лимфаденэктомией ретроперитонеальным доступом (РА ГЭ + ТПЛАЭ) показал, что частота осложнений III–V степени по шкале Clavien – Dindo составила 20,9 % (девять пациенток). Все осложнения относились к классу IIIa и представлены послеоперационным лимфоцеле, потребовавшим пункционного дренирования.

Анализ 91 робот-ассистированной гистерэктомии с биопсией сторожевых лимфатических узлов (РА ГЭ + БСЛУ) показал, что осложнений III–V класса не зарегистрировано (табл. 2). Отмечено одно (1,1 %) осложнение II класса – послеоперационное кровотечение, купированное без повторного хирургического вмешательства.

Интраоперационные и послеоперационные показатели представлены в табл. 2.

Таблица 2. Интраоперационные и послеоперационные показатели робот-ассистированных вмешательств в гинекологии

Характеристика	РА ГЭ без ЛД (*n* =71)	РА ГЭ + ТПЛАЭ (ретроперитонеальный доступ) (*n* = 43)	РА ГЭ + БСЛУ (*n* = 91)
Время операции (мин)	120 (98,5–130)	308 (255; 344)	177 (75–246)
Кровопотеря (мл)	30 (20–40)	50 (50–70)	30 (30–50)
Удаленные тазовые л/у	–	11,7 (6–19)	–
Удаленные поясничные л/у	–	7,67 (4–11)	–
Перфорации брюшины	–	5 (21,7%)	–
Длительность госпитализации (дней)	3 (2–4)	5,3 (3–10)	3 (2–4)

Результаты робот-ассистированных операций в общей гинекологии. Анализ 84 робот-ассистированных миомэктомий показал, что частота осложнений III–V степени по шкале Clavien – Dindo составила 3,6 % (*n* = 3), включая IIIa – 2,4 % (*n* = 2), IIIb – 1,2 % (*n* = 1); осложнений IV–V не отмечено. Наиболее частыми специфическими осложнениями были гематома ложа с необходимостью дренирования (*n* = 2) и раннее послеоперационное кровотечение, потребовавшее повторной ревизии (*n* = 1). Конверсия выполнена в 1,2 % случаев (*n* = 1) из-за неконтролируемого кровотечения.

Анализ 62 робот-ассистированных гистерэктомий при доброкачественных заболеваниях (без лимфодиссекции) показал, что частота осложнений III–V класса составила 1,6 % (*n* = 1); осложнение представлено гематомой культи влагалища, потребовавшей дренирования. Осложнений IIIb–V классов и конверсий не зарегистрировано.

Анализ 38 робот-ассистированных вмешательств по поводу эндометриоза продемонстрировал частоту осложнений III–V класса 7,9 % (*n* = 3), включая IIIa – 5,3 % (*n* = 2), IIIb – 2,6 % (*n* = 1); осложнений IV–V не было. Конверсия выполнена в 2,6 % случаев (*n* = 1) на фоне выраженного спаечного процесса.

Анализ 17 робот-ассистированных сакропексий показал, что частота осложнений III–V степени составила 5,9 % (*n* = 1), представлена дислокацией сетчатого импланта, потребовавшей хирургической коррекции. Осложнений IV–V и конверсий не отмечено. Анализ 10 робот-ассистированных операций на придатках показал отсутствие осложнений III–V класса и конверсий.

В целом по группе общей гинекологии (*n* = 211) частота осложнений III–V степени по шкале Clavien – Dindo составила 3,8 % (*n* = 8), включая IIIa – 2,4 % (*n* = 5), IIIb – 1,4 % (*n* = 3); осложнений IV–V не зарегистрировано. Суммарная частота конверсий – 1,0 % (*n* = 2), обусловлена интраоперационным кровотечением при миомэктомии и выраженным спаечным процессом при вмешательстве по поводу эндометриоза.

Обсуждение

Исследование обобщает один из крупнейших мировых опытов робот-ассистированной хирургии, накопленный в ММНКЦ им. С.П. Боткина, – более 9 тыс. операций. Полученные результаты подтверждают высокую онкологическую эффективность и безопасность роботической технологии в урологии, абдоминальной и торакаль-

ной хирургии и гинекологии. Эти выводы согласуются с данными крупных международных исследований последних лет. В частности, по данным метаанализа (L. Cao et al., 2019) РАРПЭ обеспечивает сопоставимые с открытой операцией онкологические результаты (частота положительных краев, биохимический рецидив), но сопровождается значительно меньшей интраоперационной кровопотерей, реже требует гемотрансфузий и сокращает длительность госпитализации [1]. При этом функциональные исходы не уступают открытым: например, через 12 мес после РАРПЭ показатели удержания мочи и эректильной функции как минимум не хуже, а по некоторым данным – лучше, чем после открытых операций. Наши результаты подтверждают это: продемонстрировано достоверное преимущество РАРПЭ в отношении восстановления эректильной функции (спонтанная потенция сохранилась у 77 % пациентов против 34 % после открытой РПЭ) и ранней континенции (непосредственное удержание мочи 33,2 % против 19,6 %) при эквивалентной онкологической эффективности. Такие же тенденции отмечены и в международных работах. Например, недавний метаанализ (D. K. Kim et al., 2025) с включением 80 исследований показал, что робот-ассистированная простатэктомия достоверно снижает риск биохимического рецидива и положительного хирургического края по сравнению с открытой, а также обеспечивает более высокую вероятность сохранения потенции [2]. Различия в частоте послеоперационных осложнений между методиками минимальны, однако отмечено, что с накоплением опыта преимущества роботической техники могут проявляться сильнее. Это подтверждает и наш опыт: в условиях специализированного центра с отлаженной программой обучения удалось достичь снижения частоты осложнений РАРПЭ до 32,4 % (против 42,3 % при открытой РПЭ) при отсутствии компромисса в онкологических исходах.

Полученные данные по робот-ассистированным резекциям почки также согласуются с мировой литературой. Применение робота позволило в большинстве случаев выполнить органосохраняющие операции при раке почки с минимальной травматичностью. Множество метаанализов подтверждают, что робот-ассистированная резекция почки не уступает открытой и лапароскопической по радикальности удаления опухоли и сохранению функции почки, при этом обладает рядом преимуществ. Так, в обзорной работе (Z.G. Gul et al., 2020) отмечено сокращение времени ишемии при роботической резекции относительно лапароскопической, а также снижение частоты конверсий [3]. По данным крупного метаанализа (H. Qu et al., 2024), сопоставившего 67 исследований, робот-ассистированная частичная нефрэктомия приводит к достоверно меньшей кровопотере, более короткому пребыванию в стационаре и реже сопровождается осложнениями по сравнению с открытой хирургией, при аналогичном уровне онкологического контроля (включая отрицательные края резекции и отдаленную выживаемость) [4]. Наши результаты демонстрируют низкую частоту серьезных осложнений и отсутствие летальности при роботических резекциях почки, что соответствует этим данным.

Следует подчеркнуть, что роботическая платформа облегчает выполнение сложных реконструктивных этапов (например, при опухолях в воротах почки), позволяя расширить показания к органосохранению. В совокупности мировой опыт свидетельствует о том, что робот-ассистированная нефрэктомия становится новым «золотым стандартом» лечения локализованного рака почки, обеспечивая оптимальный баланс между онкологической эффективностью и сохранением функции органа [4].

В сфере гинекологической робот-ассистированной хирургии наши данные подтверждают преимущества минимально инвазивного подхода. Международные исследования показывают, что при онкогинекологических заболеваниях роботическая техника не уступает лапароскопической по онкологическим исходам и может улучшать интра- и послеоперационные показатели. Так, метаанализ (W.R. Huang et al., 2025), охвативший свыше 6,5 тыс. пациенток с онкологическим заболеванием эндометрия, выявил, что робот-ассистированная гистерэктомия значимо снижает объем кровопотери, частоту переливаний, продолжительность госпитализации и риск осложнений (как интра-, так и послеоперационных) по сравнению не только с открытой, но и с лапароскопической операцией [5]. При этом онкологические результаты оказались схожими: количество удаленных лимфоузлов и выживаемости при роботическом и лапароскопическом доступе не различаются [5]. Эти данные согласуются с опубликованными ранее наблюдательными исследованиями, в которых робот-ассистированная хирургия продемонстрировала сопоставимую с традиционными методами общую и безрецидивную выживаемость при раке тела матки, а в некоторых случаях – более высокое качество лимфодиссекции и меньший процент конверсий.

В онкоколопроктологии наше исследование показало низкую частоту серьезных осложнений (III–V степени по Clavien – Dindo – 4,2 %, несостоятельность анастомоза – 2,7 %) при роботическом подходе. Сравнение с международными данными демонстрирует общее соответствие тенденций. Согласно метаанализу (A. Thrikandiyur et al., 2024), периоперационные показатели лапароскопических и робот-ассистированных

колоректальных операций в целом сопоставимы: частота осложнений и летальность не различаются статистически, а единственным систематически отмечаемым различием является несколько более длительное время операции при роботическом доступе [7].

Заключение

Робот-ассистированная хирургия, внедренная в практику ММНКЦ им. С.П. Боткина, продемонстрировала высокую клиническую эффективность при лечении как онкологических, так и доброкачественных заболеваний. Метод доказал свою состоятельность у широкого круга пациентов, включая лиц с отягощенным соматическим статусом и сложной анатомией, благодаря минимальной инвазивности, прецизионной технике и высоким технологическим возможностям платформ da Vinci. Ключевыми факторами успешного внедрения стали: обоснованная организационная модель, стандартизированная программа подготовки персонала, наличие аккредитованного цикла обучения и авторского пошагового атласа, формирование устойчивых мультидисциплинарных бригад, системный подход к отбору пациентов и объективной оценке хирургических результатов.

Накопленный опыт иллюстрирует реальные перспективы масштабируемого распространения робот-ассистированной хирургии в условиях многопрофильного стационара. При доказанной клинической эффективности, снижении частоты осложнений, улучшении функциональных исходов и высокой степени удовлетворенности пациентов метод может быть обоснованно признан неотъемлемой частью современной хирургической помощи. В условиях непрерывного технологического прогресса, снижения стоимости оборудования и расширения показаний, можно ожидать, что робот-ассистированная хирургия станет новым клиническим и образовательным стандартом.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Cao L., Yang Z., Qi L., Chen M. Robot-assisted and laparoscopic vs open radical prostatectomy in clinically localized prostate cancer: A systematic review and metaanalysis. *Medicine*. 2019;98(22):e15770. DOI: 10.1097/MD.0000000000015770.

2. Kim D.K., Moon Y.J., Chung D.Y., et al. Comparison of robot-assisted, laparoscopic, and open radical prostatectomy outcomes: A network meta-analysis from KSER Update Series. *Medicina*. 2025;61(1):61. DOI: 10.3390/medicina61010061.

3. Gul Z.G., Tam A., Badani K.K. Robotic partial nephrectomy: The current status. *Indian Journal of Urology*. 2020;36(1):16–20. DOI: 10.4103/iju.IJU_174_19.

4. Qu H., Wang K., Hu B. Meta-analysis of clinical outcomes of robot-assisted partial nephrectomy and classical open partial nephrectomy. *International Journal of Surgery*. 2024;110(8):5272–5273. DOI: 10.1097/JS9.0000000000001552.

5. Bahadur A., Zaman R., Mundhra R., Mani K. Robotic-assisted versus conventional laparoscopic hysterectomy for benign gynecological conditions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Mid-life Health*. 2024;15(2):91–98. DOI: 10.4103/jmh.jmh_235_23.

6. Huang W-R., Ou X-Y., Fang X-Z., et al. Comparing robotic, laparoscopic, and open surgery in endometrial cancer: A network meta-analysis. *International Journal of Surgery*. 2025;111(2):2208–2215. DOI: 10.1097/JS9.0000000000002175.

7. Thrikandiyur A., Kourounis G., Tingle S., Thambiet P. Robotic versus laparoscopic surgery for colorectal disease: A meta-analysis and meta-regression of randomized controlled trials. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 2024;106(8):658–671. DOI: 10.1308/rcsann.2024.0038.

Поступила 01.08.2025
Принята 11.08.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 01.08.2025
Accepted 11.08.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Шабунин Алексей Васильевич – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой хирургии РМАНПО, директор, Московский много-

профильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, glavbotkin@zdrav.mos.ru, https://orcid.org/0000-0002-4230-8033

Багателия Зураб Антонович – д-р мед. наук, профессор, первый заместитель директора, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, zambotk@botkinmoscow.ru, https://orcid.org/0000-0001-5699-3695

Пушкарь Дмитрий Юрьевич – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, руководитель, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, academicpushkar@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-6096-5723

Греков Дмитрий Николаевич – канд. техн. наук, главный врач, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, grekov.doc@list.ru, https://orcid.org/0000-0001-8391-1210

Дроздов Павел Алексеевич – д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, dc.drozdov@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-8016-1610

Карпов Алексей Андреевич – д-р мед. наук, заместитель главного врача по хирургии, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, botkin.karpov@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5142-1302

Лебедев Сергей Сергеевич – д-р мед. наук, заместитель главного врача по онкологии, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, lebedevssd@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-5366-1281

Колонтарев Константин Борисович – д-р мед. наук, профессор, заместитель руководителя Московского урологического центра, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, kb80@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-4511-5998

Андрейцев Игорь Леонидович – д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, andreicev@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6756-9555

Тавобилов Михаил Михайлович – д-р мед. наук, доцент, заведующий отделением гепатопанкреатобилиарной хирургии, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, botkintmm@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-0335-1204

Велиев Евгений Ибадович – д-р мед. наук, заведующий отделением онкоурологии № 81, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, veliev@urotop.ru, https://orcid.org/0000-0002-1249-7224

Якомаскин Виктор Николаевич – канд. техн. наук, заведующий отделением торакоабдоминальной онкохирургии, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, yakomas@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9692-9900

Кулушев Вадим Маратович – канд. техн. наук, заведующий отделением онкоколопроктологии, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, https://orcid.org/0000-0003-0677-2338

Глотов Егор Максимович – канд. техн. наук, заведующий отделением торакальной хирургии, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, glotovem.botkina13@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-6900-4881

Алимов Владимир Александрович – канд. техн. наук, заведующий отделением онкогинекологии, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, alimovvladimirr@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-6423-3917

Кузнецов Роман Эдуардович – д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением гинекологии, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, r.e.kuznetsov@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-8465-2879

Аладин Марк Николаевич – врач-хирург отделения хирургии печени и поджелудочной железы, Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия, aladinmark97@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-9671-390X

Authors

Shabunin Alexey V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Surgery at the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education,

Director, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia,
glavbotkin@zdrav.mos.ru,
https://orcid.org/0000-0002-4230-8033

Bagateliya Zurab A. – Doctor of Medical Sciences, Professor, First Deputy Director, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, zambotk@botkinmoscow.ru,
https://orcid.org/0000-0001-5699-3695

Pushkar Dmitry Yu. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Moscow Urology Center, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, academicpushkar@gmail.com,
https://orcid.org/0000-0002-6096-5723

Grekov Dmitry N. – Candidate of Medical Sciences, Chief Physician, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S. P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, grekov.doc@list.ru,
https://orcid.org/0000-0001-8391-1210

Drozdov Pavel A. – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director for Research, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, dc.drozdov@gmail.com,
https://orcid.org/0000-0001-8016-1610

Karpov Alexey A. – Doctor of Medical Sciences, Deputy Chief Physician, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia,
botkin.karpov@yandex.ru,
https://orcid.org/0000-0002-5142-1302

Lebedev Sergey S. – Doctor of Medical Sciences, Deputy Chief Physician for Oncology, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, lebedevssd@yandex.ru,
https://orcid.org/0000-0001-5366-1281

Kolontarev Konstantin B. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Head, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, kb80@yandex.ru,
https://orcid.org/0000-0003-4511-5998

Andreytsev Igor L. – Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia,
andreicev@mail.ru,
https://orcid.org/0000-0002-6756-9555

Tavobilov Mikhail M. – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Hepatopancreatobiliary Surgery, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia,
botkintmm@yandex.ru,
https://orcid.org/0000-0003-0335-1204

Veliev Evgeny I. – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Oncourology No. 81, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, veliev@urotop.ru,
https://orcid.org/0000-0002-1249-7224

Yakomaskin Viktor N. – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Thoracoabdominal Oncosurgery, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia,
yakomas@mail.ru,
https://orcid.org/0000-0002-9692-9900

Kulushev Vadim M. – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Oncocoloproctology, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia,
https://orcid.org/0000-0003-0677-2338

Glotov Egor M. – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Thoracic Surgery, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, glotovem.botkina13@yandex.ru,
https://orcid.org/0000-0002-6900-4881

Alimov Vladimir A. – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Oncogynecology, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, alimovvladimirr@gmail.com,
https://orcid.org/0000-0002-6423-3917

Kuznetsov Roman E. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Gynecology, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia, r.e.kuznetsov@yandex.ru,
https://orcid.org/0000-0002-8465-2879

Aladin Mark N. – Surgeon, Department of Liver and Pancreatic Surgery, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin of the Moscow City Health Department, Moscow, Russia,
aladinmark97@gmail.com,
https://orcid.org/0000-0001-9671-390X

УДК 616.329-007.43:616.33-002.44

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ХИАТАЛЬНЫХ ГРЫЖ И ГАСТРОЭЗОФАГЕАЛЬНОГО РЕФЛЮКСА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Д.И. Василевский, С.Ф. Багненко

Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ. Различные аспекты хирургического лечения грыж пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеального рефлюкса, несмотря различие данных нозологий, традиционно рассматривают в комплексе. Помимо общих исторических этапов изучения этих патологических состояний, их во многом объединяют взаимосвязанные механизмы развития и подходы к лечению. Как это нередко бывает в медицинской науке, понимание многих теоретических составляющих проблемы следовало за развитием ее сугубо прикладной стороны. Казавшиеся изначально очевидными и простыми вопросы обретали иной смысл и значение. В форме дискуссии изложены имеющиеся на сегодняшний день взгляды на проблему хирургического лечения грыж пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеального рефлюкса. В хронологическом порядке отмечены основные этапы развития данного направления клинической медицины. С позиций функциональной анатомии и физиологии подробно рассмотрены спорные вопросы хирургии хиатальных грыж и желудочно-пищеводного заброса. Показана ошибочность доминирования технологий над идеологией, забвения опыта основоположников и первопроходцев этой области знаний. Представлены имеющиеся теоретические и практические подходы к их решению, достоинства и недостатки различных методик операций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *грыжа пищеводного отверстия диафрагмы, гастроэзофагеальный рефлюкс, хирургическое лечение*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Василевский Д.И., Багненко С.Ф. Современные представления о хирургическом лечении хиатальных грыж и гастроэзофагеального рефлюкса (обзор литературы). *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 32–41. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-32-41

CURRENT CONCEPTS OF SURGICAL TREATMENT HIATAL HERNIAS AND GASTROESOPHAGEAL REFLUX (LITERATURE REVIEW)

D.I. Vasilevskiy, S.F. Bagnenko

First Saint Petersburg I.P. Pavlov State Medical University, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT. Various aspects of surgical treatment of hiatal hernias and gastroesophageal reflux, despite the differrences in these nosologies, are traditionally considered in a complex. In addition to the general historical stages of studying these pathological conditions, they are largely united by interrelated mechanisms of development and approaches to treatment. As is often the case in medical science, understanding of many theoretical components of the problem followed the development of its purely applied side. Questions that initially seemed obvious and simple acquired a different meaning and significance. The article in discussion form presents current views on the problem of surgical treatment of hiatal hernias and gastroesophageal reflux. The main stages of development of this area of clinical medicine are noted in chronological order. Controversial issues of surgery of hiatal hernias and gastroesophageal reflux are considered in detail from the standpoint of functional anatomy and physiology. The fallacy of dominating technology over ideology, forgetting the experience of the founders and pioneers of this field of knowledge is shown. The theoretical and practical approaches to their solution, the advantages and disadvantages of various methods of operations, which are available to date, are presented.

KEYWORDS: *hernia of the esophageal orifice of the diaphragm, gastroesophageal reflux, surgical treatment*

FOR CITATION: Vasilevskiy D.I., Bagnenko S.F. Current concepts of surgical treatment hiatal hernias and gastroesophageal reflux (literature review). *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 32–41. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-32-41 (In Russ.).

Введение

Несмотря на очевидные различия в причинах возникновения и клинической роли грыж пищеводного отверстия диафрагмы, являющихся одним из вариантов изменения висцеральной анатомии, и гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью, обусловленной дезорганизацией физиологических механизмов пищеварения, данные состояния традиционно рассматриваются в определенной взаимосвязи [1, 2].

Желудочно-пищеводный заброс не всегда является следствием хиатальных грыж. С современных позиций нарушения запирательного механизма гастроэзофагеального перехода нельзя рассматривать как единственный фактор развития рефлюкса. Не меньшую роль играют: изменение градиента давления между пищеводом и желудком, дуоденальная гипертензия и снижение эзофагеального клиренса [2–4].

Аналогично и для грыж пищеводного отверстия диафрагмы: гастроэзофагеальный рефлюкс является не единственным и не всегда клинически более значимым проявлением заболевания. Нередко на первое место выходят нарушения транспорта пищи в верхних отделах дигестивного тракта в результате ротации в разных плоскостях, смещенной в грудную клетку части желудка. И в определенном количестве случаев хиатальные грыжи вообще не имеют клинических проявлений [5–8].

Однако частое сочетание гастроэзофагеального рефлюкса с нарушением анатомических отношений между желудком, пищеводом и диафрагмой сформировали в научном сообществе их совокупное патогенетическое восприятие. Причиной тому стали работы основоположников доказательной медицины конца XIX – начала XX вв.: C. von Rokitansky, H. Bowdich, W. Tileston и др. [1, 2].

Применительно же к хирургии идеологическое объединение данных заболеваний обусловлено не только историческими факторами, но во многом близкими подходами к лечению, сохраняющимися и сейчас. Хотя и в этой части проблематики есть много противоречивых вопросов, требующих отдельного рассмотрения [1, 2, 7].

Результаты

Больше 100 лет прошло с первой операции в мире, выполненной через чревосечение по поводу грыжи пищеводного отверстия диафрагмы в 1919 г. A. Soresi. Серию подобных наблюдений 10 годами позднее описал S. Harrington. Важнейшей вехой в понимании возможных вариантов нарушения анатомических взаимоотношений между пищеводом, желудком и диафрагмой стала классификация хиатальных грыж на три типа, предложенная в 1926 г. A. Akerlund [1, 2, 7].

Однако настоящий прорыв в развитии данного направления практической медицины произошел в середине ушедшего века. К этому моменту сформировались основные представления о физиологии верхних отделов дигестивного тракта. Пришло понимание роли нарушения анатомических взаимоотношений между пищеводом, желудком и диафрагмой в развитии гастроэзофагеального рефлюкса. Несомненную роль сыграла и закончившаяся Вторая мировая война, обогатившая медицину и хирургию в частности, горьким, но исключительно богатым опытом. На этот же хронологический отрезок пришелся значительный прорыв в развитии безопасных методов анестезии, появились эффективные препараты для борьбы с возбудителями раневой инфекции [1, 2].

В 1948 г. P. Allison в Европе и R. Sweet в Северной Америке описали результаты операций по поводу диафрагмальных грыж через грудную клетку. В течение короткого времени хирургические вмешательства данной категории дополнены специальным антирефлюксным компонентом. R. Belsey разработал методику укрепления гастроэзофагеального перехода дном желудка торакальным доступом, а J-L. Lortat-Jacob – через чревосечение [1, 2].

Для предотвращения рецидива грыж пищеводного отверстия диафрагмы в 1952 г. R. Sweet при коррекции размеров хиатального окна предложил использовать заплаты из широкой фасции бедра, а I. Boerema – фиксацию желудка к передней брюшной стенке (гастропексию). Продолжили совершенствоваться методики контроля гастроэзофагеального рефлюкса. Оригинальные варианты операций, широко применяемые и в настоящее время, разработаны R. Nissen (1956), J. Dor (1962), A. Toupet (1963). Для решения проблемы укорочения пищевода J. Collis предложил увеличивать его длину за счет желудочной трубки, формируемой по ходу малой кривизны желудка – гастропластику [1, 2].

В 1967 г. D. Skinner и R. Belsey доработали классификацию хиатальных грыж A. Akerlund, разделив их на четыре типа. Данная систематика является наиболее распространенной в мире [2, 5–7].

В России зарождение данного направления хирургии также пришлось на середину XX в., в первую очередь, благодаря работам Б.В. Петровского и его научно-практической школы. В 1959 г. разработана методика применения диафрагмального лоскута для укрепления пищеводно-желудочного перехода при рефлюксе и хиатальных грыжах. Тремя годами позднее Н. Н. Каншин предложил методику операции при укорочении пищевода, альтернативную процедуре J. Collis – клапанную гастропликацию. Обобщающим итогом огромной научно-практической работы стала разработка классифика-

ции грыж пищеводного отверстия диафрагмы, представленной в 1967 г., и широко применяющейся в России [1, 5, 9].

Важной вехой дальнейшего развития хирургии хиатальных грыж и гастроэзофагеального рефлюкса стала предложенная в 1977 г. P. Donahue модификация свободной циркулярной фундопликации, получившая в литературе название short floppy Nissen, и являющаяся самой часто выполняемой в мире операцией. Двумя годами позднее в нашей стране А. Ф. Черноусовым разработана оригинальная методика, сочетающая в себе элементы неполной фундопликации и калибровки кардии с селективной проксимальной ваготомией [1, 2, 9].

Таким образом, к началу 90-х годов прошлого столетия основоположниками оперативного лечения грыж пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеального рефлюкса сформулированы ее основные положения, определены ключевые проблемы и предложены возможные варианты их решения [1, 2, 7].

Новую эпоху в данной области практической медицины открыло развитие эндовидеохирургии. Приоритет первого лапароскопического вмешательства по поводу желудочно-пищеводного заброса принадлежит B. Dallemagne, выполнившему в 1991 г. операцию R. Nissen. В 1992 г. A. Cushieri описал технику эндовидеохирургического устранения параэзофагеальной хиатальной грыжи. В течение короткого времени к новым технологиям адаптированы все прошедшие проверку временем варианты классических вмешательств. В 1993 г. G. Kuster использовал для закрытия дефекта пищеводного отверстия диафрагмы без сшивания хиатальных ножек полиэстеровый протез. Двумя годами позже D. Edelman предложил укреплять зону крурорафии полипропиленовым имплантатом. Первую роботическую операцию по поводу грыжи пищеводного отверстия диафрагмы выполнил в 1998 г. G. Cadiere [1, 2, 7].

В течение первого десятилетия развития малоинвазивных технологий в многочисленных сравнительных исследованиях доказана их безопасность и сопоставимая с конвенциональными вариантами эффективность практически во всех областях хирургии [1, 2, 6].

Почти одновременно с остальным миром эндоскопические методики стали активно развиваться и в России. Пионерами и идеологами лапароскопической хирургии грыж пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеальной рефлюксной болезни стали: В.Д. Федоров, В.А. Кубышкин, С.И. Емельянов, В.Н. Егиев, О.Э. Луцевич, Э.А. Галлямов, Е.И. Сигал, О.В. Галимов, К.В. Пучков, В.В. Анищенко, В.И. Оскретков, В.В. Стрижелецкий и др. Их трудом и энтузиазмом заложен фундамент отечественной школы лапароскопической хирургии, в том числе в данной области [1].

К началу текущего века количество ежегодно выполняемых в мире операций по поводу хиатальных грыж и желудочно-пищеводного заброса стало увеличиваться кратно, достигнув пика к концу его первой декады. К этому моменту накопился колоссальный опыт, требовавший углубленного анализа и осмысления [1, 2, 10].

К сожалению, итоги количественной революции в данной области хирургии оказались далекими от ожидаемых. Новые технологии уменьшили травматичность доступа, упростили выполнение многих элементов оперативного приема, добавили некоторые новые опции, но не изменили законов анатомии и физиологии, лежащих в основе развития грыж пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеального рефлюкса. Относительная простота вмешательств породила расширение показаний к их выполнению, механическая сторона стала доминировать над идеологией [8, 11–13].

Лавинообразное увеличение количества выполняемых в мире операций привело к пропорциональному росту их негативных последствий и формированию отрицательного отношения у представителей терапевтических направлений к хирургическим вмешательствам данного вида. Эта тенденция не миновала и отечественную практическую медицину [8, 11–13].

Первым, из оказавшихся предметом широкой полемики в хирургическом сообществе вопросом, стала эффективность различных вариантов антирефлюксных реконструкций в контроле желудочно-пищеводного заброса. В многочисленных исследованиях сравнивались показатели контроля рефлюкса в различные сроки после полных и частичных (90–120–270°) фундопликаций, их различных модификаций. Сторонники циркулярных реконструкций демонстрировали их преимущество, апологеты парциальных методик – их сопоставимость по результатам при меньшем количестве негативных последствий. Однако какого-либо общепринятого мнения по данному вопросу так и не сформировалось. Причиной тому, видимо, является многочисленность факторов, помимо дисфункции желудочно-пищеводного перехода, влияющих на развитие гастроэзофагеального рефлюкса и не поддающихся анализу и хирургической коррекции [1, 2, 4, 9, 14].

Другой обширной темой для обсуждения стали побочные эффекты оперативных вмешательств на гастроэзофагеальном переходе. К данной категории осложнений относятся дисфагия, gas-bloat syndrome, нарушение механизма отрыжки и рвоты, метеоризм. Создание жесткого искусственного клапанного механизма между желудком и пищеводом, являющееся смыслом хирургического лечения га-

строэзофагеального рефлюкса, затрудняет ретроградное перемещение содержимого дигестивного тракта в его проксимальные отделы. В значительной степени данная проблема получила столь большое внимание в связи появлением ранее недоступных эффективных антисекреторных фармакологических препаратов [3, 4, 14].

Однако уже к концу первого десятилетия текущего века тематика побочных эффектов антирефлюксной хирургии стала терять актуальность. Доработаны и описаны в литературе технические аспекты оперативных вмешательств, влияющие на их возникновение. В повседневную практику вошли функциональные методы исследования: эзофагоманометрия и 24-часовая pH-метрия пищевода, позволившие индивидуализировать выбор методик реконструкции. Проведенные в этот же отрезок времени многочисленные клинические исследования продемонстрировали сопоставимость негативных последствий хирургического лечения гастроэзофагеального рефлюкса и медикаментозной терапии [3, 4, 14].

Параллельно с анализом частоты возникновения снижающих качество жизни побочных эффектов оперативных вмешательств изучалась и эффективность контроля желудочно-пищеводного заброса и его осложнений (эрозивного эзофагита, пептических стриктур, и, в первую очередь, цилиндроклеточной метаплазии, как доказанной причины развития аденокарциномы). Сразу же следует отметить, что с начала бурного развития лапароскопической антирефлюксной хирургии с 90-х годов прошлого века взгляды на ее возможности и достижения в данном вопросе претерпели значительную эволюцию. Приблизительно до середины первой декады XXI в. в научной литературе преобладали оптимистичные представления о возможности достижения полного контроля желудочно-пищеводного заброса после операции, регрессе тяжелых форм эзофагита и даже цилиндроклеточной метаплазии. Стали появляться публикации по хирургическому лечению внепищеводных проявлений гастроэзофагеального рефлюкса, констатировавшие хороший непосредственный результат. В целом ряде масштабных сравнительных клинических исследований того времени показаны преимущества антирефлюксной хирургии перед медикаментозной терапией. К сожалению, все оказалось сложнее [3, 4, 14].

Более длительные по времени наблюдения работы продемонстрировали возврат симптомов желудочно-пищеводного заброса, требовавших приема антисекреторных медикаментов в отдаленные сроки после операции в значительной части случаев. Количество выполняемых антирефлюксных хирургических вмешательств стало снижаться. Начался второй этап анализа и осмысления места данного направления в арсенале современной практической медицины [2–4, 15, 16].

Разочарование рутинным выполнением операций при минимальных клинических проявлениях гастроэзофагеального рефлюкса и грыж пищеводного отверстия диафрагмы явились основанием для серьезного пересмотра показаний при данных состояниях как со стороны терапевтического сообщества, так и хирургов. Весомым аргументом более сдержанной хирургической тактики стали и очевидные успехи фармакологической терапии желудочно-пищеводного заброса: массовое завоевание рынка дешевыми и эффективными антисекреторными препаратами. Постепенно стали формироваться взгляды сегодняшнего дня: хирургические вмешательства оправданы при неподдающихся медикаментозной терапии проявлениях хиатальных грыж и желудочно-пищеводного заброса [3–6, 13, 15].

С конца прошлого века для повышения надежности хирургического лечения гастроэзофагеального рефлюкса и грыж пищеводного отверстия диафрагмы при коррекции размеров хиатального отверстия стали внедряться различные протезирующие материалы. Постепенно эта опция сформировала даже отдельное направление в данной области хирургии. Методики разделились на две категории: свободной (tension-free) фиксации имплантата без предварительного сшивания ножек диафрагмы; укрепления им зоны крурорафии (mesh-reinforced) [1, 2, 5, 6, 18, 19].

Достоинства первой группы методик, по мнению сторонников подобного подхода, перевешивающими все их изъяны: легкость фиксации протеза, возможность закрытия хиатального отверстия абсолютно любых размеров. При технологии tension-free применялись имплантаты U- или V-образной формы или циркулярные. Для предотвращения развития выраженного фиброза в зоне расположения протеза с последующей обструкцией пищевода предпочтение отдавалось изделиям из индифферентных материалов (PTFE, композитных). При кажущейся простоте представленных теоретических положений их практическая реализация оказалась не такой безоблачной. Достаточно быстро появились публикации, описывающие осложнения данной методики. Отсутствие адгезии к биологическим тканям приводило к смещению имплантата с последующей перфорацией пищевода или желудка его кромкой. По той же причине возникал и рецидив хиатальной грыжи. Предложено несколько решений проблемы. Первым из них стало использование двухслойных протезов (DualMesh и др.), состоящих из двух слоев (адгезивного и инертного). Появились специально моделированные для закрытия хиатального отверстия изделия (Crurasoft), имеющие мягкую индифферентную прокладку для пищевода и хорошо прорастающие соединительной тканью плоско-

сти для фиксации к ножкам диафрагмы. Другой вариант основывался на использовании протезов из рассасывающихся со временем биологических или синтетических материалов (подслизистого слоя кишки свиней – SIS, специально обработанной человеческой аллодермы – AHD, HADM, Allograft, LifeCell или полимеров – Vicryl) [1, 6, 16, 19, 20].

Перечисленные усовершенствования методики tension-free позволили снизить частоту осложнений и добиться улучшения отдаленных результатов хирургического лечения хиатальных грыж и гастроэзофагеального рефлюкса. Однако свойственные данной технологии принципиальные недостатки – контакт пищевода и желудка с имплантатом, – постепенно снизили интерес к ее применению в пользу пластики пищеводного отверстия диафрагмы исключительно собственными тканями или укреплению протезом предварительно сшитых ножек [6, 16, 20].

Идея методики mesh-reinforced предполагает использование имплантатов из материалов, вызывающих активный фибропластический процесс для надежной фиксации к биологическим тканям. К данной категории относятся изделия из полипропилена (Marlex, Prolen, Atrium, Surgipro, Trelex, Эсфил и др.) и полиэстера (Mersilene, Dacron и др.). Возможно применение и композитных двухслойных протезов с одной адгезивной поверхностью (Parietex Composite, Proceed, Vypro и др.). Расцвет применения данной технологии пришелся на первое десятилетие текущего века. Однако, как и для методики tension-free, реалии оказались прозаичнее. Слабой стороной данного варианта применения протезирующих материалов оказалось надежное сведение ножек диафрагмы при их механической слабости и больших размерах хиатального отверстия для последующей фиксации имплантата. Прорезывание швов крурорафии до момента прорастания протеза соединительной тканью неизбежно приводит к контакту его кромки с пищеводом или желудком и высокому риску развития осложнений. Цель технологии – повышение долгосрочной эффективности хирургического лечения хиатальных грыж и гастроэзофагеального рефлюкса именно при больших размерах пищеводного отверстия диафрагмы – при подобных анатомических условиях оказалась невыполнимой или крайне рискованной. Те же факторы явились причиной высокой частоты повторного смещения органов брюшной полости в средостение при использовании методики mesh-reinforced. Совокупность указанных факторов постепенно сузила круг сторонников ее применения в рутинной практике [6, 17–20].

Рассматривая вопрос применения протезирующих материалов при лечении грыж пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеального рефлюкса необходимо коснуться еще одного концептуального вопроса. Пищевод является органом дигестивного тракта, физиологическая функция которого (транспорт нутриентов) реализуется за счет продольных и циркулярных сокращений мускулатуры. Диафрагма же является сухожильно-мышечным органом дыхательной системы, деятельность которого заключается в циклическом напряжении и релаксации. Хиатальные ножки также участвуют в естественных сокращениях диафрагмы. Сопряжение функционирующих независимо друг от друга органов осуществляется эластичной мембраной – пищеводно-диафрагмальной связкой (Laimer – Bertelli membrane). При смещении желудка в грудную клетку происходит ее растяжение (разрушение как фиксирующего элемента). Еще одним элементом, удерживающим органы брюшной полости от дислокации, является жировая клетчатка средостения. Формирование хиатальной грыжи приводит к формированию свободного пространства вокруг пищевода [6, 12, 13, 18, 20].

Замещение пищеводно-диафрагмальной мембраны и клетчатки средостения любым протезирующим материалом создает механически жесткую конструкцию в зоне хиатального отверстия, изначально имеющую, видимо, все предпосылки для естественного разрушения [6, 12, 13, 18, 20].

Обсуждение

Обсуждая предложенные способы повышения надежности пластики пищеводного отверстия диафрагмы нельзя не коснуться применения для крурорафии «швов на прокладках» (pledgeted sutures). Данная опция давно используется в самых разных областях хирургии для снижения риска прорезывания лигатур при натяжении тканей. В хирургии хиатальных грыж и гастроэзофагеального рефлюкса применяются небольшие (5×10, 10×15 мм) полосы практически всех существующих на рынке хирургических протезирующих материалов. Методика наложения швов может быть различной: обычные, П- и Z-образные и т. д. Принципиальным является наличие прокладки между нитью и мышечными ножками диафрагмы [6, 13].

Сложно судить о долгосрочной эффективности pledgeted sutures при коррекции размеров пищеводного отверстия диафрагмы, особенно больших размеров, поскольку достаточные по объему и срокам наблюдения исследования отсутствуют. Но из всего спектра предложенных решений проблемы данную методику следует признать наиболее безопасной [6, 17].

Другим, возможно еще более важным фактором, влияющим на результат оперативного лечения хиатальных грыж и гастроэзофагеального рефлюкса, как показала практика, оказалось укорочение пищевода. Осознанный и изучав-

шийся основоположниками данного направления хирургии вопрос оказался в тени с началом эпохи внедрения «высоких медицинских технологий». Понимание у научного сообщества роли данного феномена в исходах хирургических вмешательств на желудочно-пищеводном переходе вернулось только к середине первого десятилетия текущего века [6, 7, 12, 21, 22].

К сожалению, на дооперационном этапе достоверно выявить укорочение пищевода не представляется возможным. Косвенные и инструментальные признаки позволяют лишь предполагать наличие подобных анатомических изменений. Причины данного феномена не до конца понятны и, вероятно, многочисленны. У части пациентов укорочение пищевода является первичным, как следствие нарушений эмбриогенеза. Вторичное уменьшение естественной длины пищевода может быть обусловлено хроническим воспалением в результате длительно текущего воспалительного процесса (рефлюкс-, эозинофильного, инфекционного эзофагита и т. д.), нейромышечных дегенеративных патологических процессов или заболеваний соединительной ткани (склеродермии). Однако, какие бы ни были причины укорочения пищевода, смещение желудка в грудную клетку является вторичным. С практической же стороны, хирургическое вмешательство, направленное на устранение хиатальной грыжи подобного генеза, представляет собой если не неразрешимую, то очень непростую задачу [6, 7, 9, 12, 21].

Самым простым и очевидным подходом к проблеме, предложенным еще в эпоху торакального доступа в данной области хирургии, является высокая мобилизация пищевода в грудной полости. Эндовидеохирургические технологии сделали данную опцию легко реализуемой и при абдоминальных операциях. К сожалению, причины укорочения пищевода кроются не в его фиксации клетчаткой средостения, а морфологических изменениях стенки. Проксимальное выделение органа увеличивает его подвижность, но не длину. Опция оказалась не только малоэффективной, но и несущей риск ишемии пищевода с развитием некроза. Постепенно круг сторонников ее применения стал ограничиваться [6, 7, 12, 17, 21, 22].

Наиболее радикальное решение данной проблемы предложено еще на заре развития данной области хирургии J. Collis (1957). Методика закрепилась в литературе под названием «гастропластика». При укорочении пищевода для предотвращения рецидива хиатальных грыж по ходу малой кривизны из желудка формировалась трубка – «неоэзофагус». Данный оперативный прием позволял снизить вероятность миграции в средостение остальных отделов желудка. Для предотвращения возможного рефлюкса позднее предложено формировать вокруг «неоэзофагуса» из дна желудка циркулярнцю манжету (процедура J. Collis – R. Nissen). С момента разработки и до начала эпохи малоинвазивных хирургических технологий методика в разных модификациях использовалась ее сторонниками, однако широкого распространения операция не получила из-за значимых негативных эффектов. Наиболее значимыми из них были обусловлены отсутствием сократительной способности формируемой желудочной трубки (функциональная дисфагия, болевой синдром). Выгодной альтернативой гастропластике при укорочении пищевода является клапанная гастропликация, предложенная еще в 1962 г. Н.Н. Каншиным. К сожалению, данная методика мало используется даже в нашей стране [1, 2, 6, 9, 17, 21, 22].

С появлением на рынке сшивающих аппаратов для эндовидеохирургии и накоплением негативного опыта хирургического лечения хиатальных грыж и гастроэзофагеального рефлюкса интерес к операции J. Collis на некоторое время возродился. Разработаны трансабдоминальные и даже трансторакальные варианты ее выполнения. Однако отрицательные стороны методики, независимо от используемого оперативного доступа и применяемых технологий, остались – число ее сторонников в итоге оказалось невелико [6, 22].

Еще одним вариантом решения проблемы короткого пищевода, требующим краткого упоминания, является пересечение стволов обоих блуждающих нервов. Подобный прием упоминается в литературе и позволяет увеличить подвижность пищевода. Однако его последствия понятны и вряд ли могут быть приемлемы при лечении хиатальных грыж и желудочно-пищеводного заброса [5, 6, 17].

Большее распространение получили методики дополнительного укрепления абдоминальной позиции желудка. К данной категории операций, первая из которых предложена в 1955 г. I. Boerema, относятся различные способы гастропексии. Техническая сторона дела заключается в фиксации желудка отдельными швами к передней, боковой стенкам брюшной полости. Как в классическом, так и эндовидеохирургическом варианте, процедура является надежной и эффективной мерой профилактики смещения желудка в грудную полость, и применяется в настоящее время, хотя и не очень широко. Важным отрицательным моментом гастропексии является неизбежное натяжение пищевода, что ведет к значительным нарушениям его сократительной способности и физиологических механизмов транспорта пищи. Функциональная дисфагия и болевой синдром – побочные эффекты гастропексии, ограничивающие к ней интерес в практике [2, 5, 6, 17].

Интересным вариантом профилактики повторной дислокации желудка в грудную клетку

при хирургическом лечении грыж пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеального рефлюкса является teres-пластика. Впервые методика предложена в 1964 г. M. Rampal и предполагала фиксацию субкардиального отдела желудка «хомутом» из отсеченной дистально круглой связки печени. Операция быстро получила ряд модификаций и завоевала популярность простотой и отсутствием негативных последствий ее применения. К сожалению, ее недостатком оказалась малая эффективность: связка со временем растягивалась и желудок, если были анатомические предпосылки, смещался в грудную клетку. Постепенно интерес к методике в ее первоначальном виде снизился. Однако заложенная в нее идея в эпоху лапароскопической хирургии получила дальнейшее развитие: круглая связка печени замещена более стойкими к растяжению материалами – полоской из ксеноперикарда, полипропиленовой или полиэстеровой сетки. Авторы и сторонники данной технологии отмечают ее безопасность и результативность, однако достаточных по объему клинических исследований ее применения нет. Как нет и единодушия в научном сообществе об обоснованности ее использования в практике [1, 6, 14, 23].

На этом спектр предложенных к настоящему времени решений проблемы укорочения пищевода при хирургическом лечении хиатальных грыж и гастроэзофагеального рефлюкса, к сожалению, исчерпывается.

Отсутствие лишенных недостатков и надежных способов предотвращения повторной миграции желудка в средостение еще в эпоху конвенциональной хирургии навело представителей научного сообщества на мысль о принятии данного условия как неподдающегося коррекции. Подобное мировоззрение в значительной степени трансформировало ключевые принципы оперативных вмешательств при хиатальных грыжах и гастроэзофагеальном рефлюксе и, в первую очередь, постулировало невозможность восстановления естественной анатомии между пищеводом (при его укорочении), желудком и диафрагмой [6, 7, 9, 13, 17].

Практической стороной концепции стала адаптация ее сторонниками уже имевшихся в арсенале медицины методик оперативных вмешательств. Самым очевидным вариантом при лечении гастроэзофагеального рефлюкса на фоне небольших аксиальных хиатальных грыж является формирование фундопликационной манжеты в средостении. Поскольку все парциальные реконструкции менее устойчивы к разрушению при дислокации в грудную клетку, при укорочении пищевода более правильным считается выполнение циркулярных фундопликаций [6–9].

Более сложным вопросом при подобных анатомических условиях оказалось устранение больших (параэзофагеальных) грыж пищеводного отверстия диафрагмы. Основным показанием к их хирургическому лечению считается риск развития ишемии, смещенной в средостение части желудка, и нарушение транспорта пищи (дисфагии вследствие его ротации по разным осям – формирования «желудочного клапана»). Выполнение фундопликации лишь отчасти решает проблему, исключая заворот дна желудка, но не его более дистальных отделов. На сегодняшний день разумных тактических и технических подходов в подобной ситуации не предложено. Вероятно, эту нишу могут занимать обладающие своими недостатками, но пока не имеющие альтернативы, методы фиксации абдоминальной позиции желудка (различные варианты гастропексии) [5, 6, 13, 12, 17].

К сожалению, при параэзофагеальных хиатальных грыжах укорочение пищевода очень часто встречается вместе с большими размерами пищеводного отверстия диафрагмы и разрушением удерживающего в абдоминальном положении желудок связочного аппарата. Сочетание данного комплекса факторов делает конечную цель хирургического вмешательства – восстановление анатомических взаимоотношений между пищеводом, желудком и диафрагмой и устранение гастроэзофагеального рефлюкса (при его наличии) – практически недостижимой. Имеющиеся в научном сообществе идеи так или иначе возвращаются к нерешенным вопросам коррекции размеров хиатального окна и проблематике выбора методики операции при уменьшении длины пищевода. Использование протезирующих материалов для закрытия пищеводного отверстия диафрагмы становится малоэффективным и еще более рискованным, а формирование фундопликационной манжеты в средостении не снижает риска параэзофагеальной миграции других отделов желудка в грудную полость. Представленные исследования в данной области хирургии отражают опыт применения комбинации тех или иных хирургических опций с соответствующими каждой из них в отдельности положительными и отрицательными сторонами [5, 6, 12, 13, 16, 17, 24].

Рассматривая современные представления о хирургическом лечении хиатальных грыж и желудочно-пищеводного заброса, нельзя отдельно не остановиться на повторном возникновении данных заболеваний после оперативного вмешательства. Данный вопрос занимает особое место в проблематике. В зависимости от изначального типа и размеров грыжи пищеводного отверстия диафрагмы частота рецидива может варьировать от 10 до 40 и даже 60 % [6, 8, 11, 12, 20, 25].

Расцвет малоинвазивных технологий, увеличивший к исходу первого десятилетия текущего века количество выполняемых оперативных вмешательств при грыжах пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеальном рефлюк-

се на несколько порядков, привел к пропорциональному росту неудачных результатов. Очевидно, что данная проблема является интегральной и объединяет все нерешенные вопросы этого направления практической медицины [6, 12, 25–27].

Представления о принципах, тактических и технических подходах к лечению рецидивных хиатальных грыж и повторного возникновения желудочно-пищеводного заброса остаются размытыми. Единодушие отмечается лишь по отдельным позициям. Первая касается показаний к повторным операциям: не поддающийся медикаментозной терапии гастроэзофагеальный рефлюкс и нарушение транспорта пищи (дисфагия, болевой синдром). Второе положение констатирует чрезвычайную сложность и повышенный риск осложнений ревизионных вмешательств в данной области, впрочем, как и любых повторных операций, требующих большого опыта хирургической бригады. Еще одним общепризнанным моментом следует назвать необходимость полного разделения выполненной первоначально реконструкции (пластики) с освобождением дистальной части пищевода, кардиального и субкардиального отделов желудка, его дна, а также зоны хиатального отверстия [6, 12, 25, 26].

Технические погрешности выполнения первичной операции или просто разрушение антирефлюксной реконструкции при благоприятных анатомических условиях (нормальной длине пищевода, небольших размерах хиатального отверстия) являются устранимыми с хорошим конечным результатом [6, 12, 24–26].

Все остальные аспекты хирургических вмешательств при рецидивных грыжах пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеальном рефлюксе остаются областью не столько дискуссии, сколько размышления и вопросов без ответа. Укорочение пищевода и большие размеры хиатального отверстия, являющиеся основными причинами неудовлетворительного исхода первичной операции, остаются неразрешимой проблемой и при повторных вмешательствах. Более того, они обычно усугубляются морфологическими (фиброзно-атрофическими) изменениями мышечных ножек диафрагмы и нередко дна желудка. Совокупность данных факторов создает непреодолимые сложности выполнения надежной пластики грыжевых ворот (хиатального окна) и эффективной антирефлюксной реконструкции [6, 7, 11, 24–26].

Компромиссным решением в подобных ситуациях может быть устранение одного, доминирующего, клинического проявления рецидива (нарушения транспорта пищи или гастроэзофагеального рефлюкса) в ущерб другому. Например, возможно выполнение гастропексии без фундопликации и коррекции размеров пищеводного отверстия диафрагмы. Или формирование антирефлюксной манжеты в средостении с закрытием дефекта хиатального окна протезом. Спектр возможных вариантов широк, и их выбор зависит от цели повторной операции, конкретных анатомических условий и опыта хирургической бригады [6, 8, 12, 24–26].

Заключение

Суммируя обзор современных представлений о проблеме оперативного лечения грыж пищеводного отверстия диафрагмы и гастроэзофагеального рефлюкса, следует подчеркнуть, что спектр нерешенных вопросов не исчерпывается изложенными положениями. Однако в целом дает понимание ее сложности в силу многообразия анатомических и физиологических условий и факторов, лежащих в основе этих состояний и влияющих на итог хирургических вмешательств. Возможно, в будущем будут найдены более совершенные тактические и технические подходы, которые позволят повысить эффективность оперативных вмешательств при хиатальных грыжах и желудочно-пищеводном забросе.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Василевский Д., Тарбаев И., Давлетбаева Л., Баландов С. История антирефлюксной хирургии в именах и портретах. *Российские биомедицинские исследования*. 2018;3(1):36–49. [Vasilevsky D., Tarbaev I., Davletbaeva L., Balandov S. History of antireflux surgery in names and portraits. *Russian biomedical research*. 2018;3(1):36–49. (In Russ.)].

2. Stylopoulos N., Rattner D. The history of hiatal hernia surgery: from Bowditch to laparoscopy. *Ann. Surg.* 2005;241(1):185–193.

3. Lee J., Lee I., Oh Y., et al. Current status of anti-reflux surgery as a treatment for GERD. *Medicina*. 2024;60(3):1–12.

4. Markar S., Andreou A., Bonavina L., et al. UEG and EAES rapid guideline: Update systematic review, network meta-analysis, CINeMA and GRADE assessment, and evidence-informed European recommendations on surgical management of GERD. *United European Gastroenterol. J*. 2022;10(9):983–998.

5. Аллахвердян А., Анипченко А., Анищенко В. и др. Клинические рекомендации. Грыжа пищеводного отверстия диафрагмы. М., 2024. 52 с. [Allahverdyan A., Anipchenko A., Anishchenko V. et al. Clinical guidelines. Hiatal hernia. Moscow, 2024, 52 p. (In Russ.)].

6. Daly S., Kumar S., Collings A., et al. SAGES guidelines for the surgical treatment of hiatal hernias. *Surg. Endosc*. 2024;38:4765–4775.

7. Fuchs K., Kafetzis I., Hann A., Meining A. Hiatal hernias revisited -a systematic review of definitions, classifications, and applications. *Life*. 2024;14(9):1–14.

8. Hanna N., Kumar S., Collings A., et al. Management of symptomatic, asymptomatic, and recurrent hiatal hernia: a systematic review and meta-analysis. *Surg. Endosc*. 2024;38(6):2917–2938.

9. Черноусов А., Хоробрых Т., Ветшев Ф. Хирургическое лечение больных с приобретенным коротким пищеводом. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова*. 2011;6(1):28–35. [Chernousov A., Khoobrykh T., Vetshev F. Surgical treatment of patients with acquired short esophagus. *Bulletin of the N.I. Pirogov National Medical and Surgical Center*. 2011;6(1):28–35. (In Russ)].

10. Köckerling F., Zarras K., Adolf D., et al. What is the reality of hiatal hernia management a registry analysis. *Front. Surg.* 2020;7:584196.

11. Федоров В., Бурмистров М., Шарапов Т., Сигал Е. Анализ реконструктивных вмешательств при неудачах в хирургии грыж пищеводного отверстия диафрагмы. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2024;183(3):38–43. [Fedorov V., Burmistrov M., Sharapov T., Sigal E. Analysis of reconstructive interventions in case of failures in surgery of hernias of the esophageal opening of the diaphragm. *I.I. Grekov Bulletin of Surgery*. 2024;183(3):38–43. (In Russ.)].

12. Braghetto I., Lanzarini E., Musleh M., et al. Thinking about hiatal hernia recurrence after laparoscopic repair: when should it be considered a true recurrence? A different point of view. *Int. Surg*. 2018;103:105–115.

13. Rajkomar K., Berney C. Large hiatus hernia: time for a paradigm shift? *BMC Surgery*. 2022;22(264):1–14.

14. Slater B., Dirks R., McKinley S., et al. SAGES guidelines for the surgical treatment of gastroesophageal refux (GERD). *Surg. Endosc*. 2021;35:4903–4917.

15. Хатьков И., Бордин Д., Васнев О., и др. Российский консенсус: стандартизация показаний к хирургическому лечению ГЭРБ. *Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии*. 2025;35(1):74–93. [Khatkov I., Bordin D., Vasnev O., et al. Russian consensus: standardization of indications for surgical treatment of GERD. *Russian journal of gastroenterology, hepatology, proctology*. 2025;35(1):74–93. (In Russ.)].

16. Singhal V., Suleman A., Senofer N., et al. Current trends in the management of hiatal hernia: a literature review of 10 years of data. *Cureus*. 2024;16(10):71921.

17. Gerdes S., Schoppmann S., Bonavina L., et al. Management of paraesophageal hiatus hernia: recommendations following a European expert Delphi consensus. *Surg. Endosc*. 2023;37:4555–4565.

18. Hofmann H., Glauser P., Adolf D., et al. Mesh vs. non-mesh repair of type I hiatal hernias: a propensity-score matching analysis of 6533 patients from the Herniamed registry. *Hernia*. 2024;28(5):1667–1678.

19. Rausa E., Manfredi R., Kelly M., et al. Prosthetic reinforcement in hiatal hernia repair, does mesh material matter? A systematic review and network meta-analysis. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech*. A. 2021;31(10):1118–1123.

20. Inaba C., Oelschlager B. To mesh or not to mesh for hiatal hernias: what does the evidence say. *Ann. Laparosc. Endosc. Surg*. 2021;6(40):1–10.

21. Совпель И., Седаков И., Совпель О., и др. Хирургическое лечение грыж пищеводного отверстия диафрагмы, осложненных коротким пищеводом. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2023;5:31–38. [Sovpel I., Sedakov I., Sovpel O. et al. Surgical treatment of hernias of the esophageal opening of the diaphragm complicated by a short esophagus. *Surgery. N.I. Pirogov journal*. 2023;5:31–38. (In Russ.)].

22. Bell R., Freeman K. The short esophagus lengthening techniques. *Ann. Laparosc. Endosc. Surg*. 2021;6(6):1–10.

23. Grząsiak O., Durczyński A., Hogendorf P., et al. Tension-free hiatal hernia repair using ligamentum teres in paraesophageal hernia treatment. *Pol. Przegl. Chir*. 2023;95(5):45–49.

24. Tyle M., Noom M., Bigness A., et al. 10 critical steps of hiatal hernia repair and anti-reflux surgery: an expert consensus and literature review. *Foregut.* 2023;3(3):270–281.

25. Sudarshan M., Raja S. Re-operative surgery after paraesophageal hernia repair: narrative review. *Video-assist. Thorac. Surg*. 2022;7(9):1–8.

26. Васнев О., Израилов Р., Домрачев С. и др. Повторные антирефлюксные операции с применением роботических систем: обзор литературы. *Доказательная гастроэнтерология*. 2022;11(2):44–50. [Vasnev O., Izrailov R., Domrachev S., et al. Repeated antireflux surgeries using robotic systems: a literature review. *Evidence-based gastroenterology*. 2022;11(2):44–50. (In Russ.)].

27. Till B., Mack S., Whitehorn G., et al. The epidemiology of surgically managed hiatal hernia: a nine year review of national trends. *Foregut*. 2022;3(1):20–28.

Поступила 12.07.2025
Принята 19.07.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 12.07.2025
Accepted 19.07.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Василевский Дмитрий Игоревич – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой хирургических болезней стоматологического факультета им. проф. А.М. Ганичкина, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, vasilevsky1969@gmail.com

Багненко Сергей Федорович – д-р мед. наук, профессор, акад. РАН, ректор, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

Authors

Vasilevskiy Dmitriy I. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department A.M. Ganichkin of Surgical Diseases, Faculty of Dentistry, First Saint Petersburg I.P. Pavlov State Medical University, St. Petersburg, Russia, vasilevsky1969@gmail.com

Bagnenko Sergey F. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Science, Rector, First Saint Petersburg I.P. Pavlov State Medical University, St. Petersburg, Russia

УДК 616.3-089.844

РЕВОЛЮЦИЯ В ГЕРНИОЛОГИИ: ПРОГНОЗ НА БЛИЖАЙШИЕ 25 ЛЕТ

Б.В. Сигуа

Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ. В ближайшие 25 лет медицина, и хирургия в частности, будут претерпевать революционные изменения, обусловленные комбинацией современных биотехнологий, внедрением искусственного интеллекта и появлением новых материалов. С высокой долей вероятности доминантой хирургической науки будет синтез биосовместимых материалов, персонализации лечения с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, а также развития полностью автоматизированных роботических систем. Нынешние экспериментальные и доклинические исследования позволяют видеть тенденции, которые проявляются в уже существующих и зарождающихся на наших глазах технологиях, что позволяет с высокой долей вероятности прогнозировать очертания ближайшего будущего. Кроме того, на основе их детального анализа можно представить и описать ожидаемые и желанные технологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *герниология, лечение грыж, биотехнологии, искусственный интеллект, новые хирургические материалы, роботическая хирургия*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Сигуа Б.В. Революция в герниологии: прогноз на ближайшие 25 лет. *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 42–47. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-42-47

REVOLUTION IN HERNIOLOGY: FORECAST FOR THE NEXT 25 YEARS

B.V. Sigua

Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT. In the next 25 years, medicine, and surgery in particular, will undergo revolutionary changes, mainly due to a combination of biotechnology, artificial intelligence and the emergence of new materials. With a high degree of probability, the focus of surgical science will be on biocompatible materials, personalization of treatment using artificial intelligence algorithms, as well as the development of fully automated robotic systems. Based on existing experimental and preclinical studies, it is possible to get an idea of current trends that can be guessed in existing and emerging technologies, which allows us to describe the outlines of the near future with a high degree of probability and, based on a detailed analysis, describe the expected, and possibly desired, technologies.

KEYWORDS: *herniology, hernia treatment, biotechnology, artificial intelligence, new surgical materials, robotic surgery*

FOR CITATION: Sigua B.V. Revolution in herniology: Forecast for the next 25 years. *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 42–47. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-42-47 (In Russ.).

В ближайшие 25 лет хирургическое лечение грыж может претерпеть революционные изменения, в основном благодаря комбинации биотехнологий, искусственного интеллекта (ИИ) и качественно новых материалов.

Если не брать во внимание эмпирический период, то свое научное становление герниология обретает в конце XIX в. с работами Эдоардо Бассини (1884–1889) [1] и Вильяма Мейо (1898). Первый разработал метод укрепления задней стенки пахового канала, ставший основой для большинства последующих пластик, что позволило снизить летальность и уровень рецидивов до 3–10 %, а второй предложил метод удвоения апоневроза при пупочных грыжах. Данные работы определили хирургические подходы, которые доминировали в герниологии практически последующие 100 лет.

Следующий прорывной исторический период пришелся на вторую половину XX в. и всецело

связан с достижениями химической промышленности, а именно появлением синтетических сетчатых материалов из полипропилена (1950-е годы), которые впервые использованы Франсисом Ашером (1958) [2], что положило начало новой эры ненатяжных методов герниопластики. Спустя почти 30 лет метод Лихтенштейна (1986) [3], благодаря минимальным рецидивам (0,5–4,9 %) и возможности выполнения операции под местной анестезией, стал «золотым стандартом» лечения пациентов с паховыми грыжами, а широкое внедрение лапароскопии (1990-е годы) в герниологию сократило восстановительный период и риск осложнений. Данное, безусловно упрощенное, представление об этапах развития герниологии позволяет сконцентрироваться на современных тенденциях, которые угадываются в уже существующих и появляющихся на наших глазах технологиях, что позволяет с высокой долей вероятности описать очертания ближайшего будущего и на основе детального анализа описать ожидаемые и желанные технологии.

Предположительно, в ближайшие 25 лет акцент хирургической науки будет сделан на биосовместимые материалы, персонализацию лечения с помощью алгоритмов ИИ и развитие полностью автоматизированных роботических систем.

Герниологи всего мира давно ждут появления новых материалов и вероятнее всего это будут биодеградируемые импланты с регенеративным потенциалом. Так называемые «умные сетки» в своей основе будут содержать полимеры (например, поликапролактон с гидрогелем или ацетилированный хитозан) с возможностью биодеградации через 6–12 мес, и при этом стимулирующие рост собственной соединительной ткани [4, 5]. Не исключено, что при этом будут использованы встроенные факторы роста, которые ускорят заживление, снижая риск рецидива. Вероятнее всего, для этой цели будут использованы такие факторы стимуляции роста, как VEGF (фактор роста эндотелия сосудов) и TGF-β (трансформирующий фактор роста бета), поскольку именно они активно изучаются в контексте улучшения регенеративных свойств имплантов и ускорения заживления [68]. Комбинированное применение VEGF и TGF-β в «умных сетках» (биоматериалах с регулируемым действием) предполагает так называемое контролируемое высвобождение, а именно гидрогелевые матрицы с пептидами, чувствительными к MMP (матриксным металлопротеиназам). Они обеспечат локальную активацию TGF-β в зоне повреждения, а наночастицы, несущие VEGF и TGF-β3, и уже показавшие эффективность в регенерации хряща за счет синергии ангиогенеза и дифференцировки клеток [9, 10], в аспекте интеграции с биоматериалами должны продемонстрировать функционализацию коллагеновых имплантов антителами к интегринам (например, αVβ6), направленно активируя TGF-β и минуя системные побочные эффекты. VEGF и TGF-β в «умных сетках» требуют прецизионного контроля доз, временного профиля и изоформ [11, 12]. Современные научные стратегии в данном вопросе фокусируются на следующих аспектах: селективность – таргетирование проангиогенных VEGF165 и антифибротических TGF-β3; безопасность – блокировка TGF-β в иммунных клетках через ингибиторы интегрина αVβ8 для предотвращения метастазирования; мониторинг – интеграция с биосенсорами для отслеживания концентрации цитокинов *in vivo* [11–13].

Для приближения данных технологий к клинике в ближайшее время предстоит решить существующий научный парадокс – как использовать провоспалительные свойства TGF-β для регенерации, не вызывая фиброза.

Не менее актуальное направление – использование индивидуальных имплантов, созданных с помощью 3D-печати. Уже сегодня возможно создавать сетки с учетом анатомических особенностей пациента, что способствует уменьшению механического напряжения в зоне вмешательства. Одним из таких примеров является проект Biomodex, который, используя данные КТ/МРТ пациента, моделирует индивидуальный эндопротез для укрепления тазового дна с помощью биоактивных тканеинженерных конструкций [14, 15]. Существующие проекты нацелены на создание инновационной биосовместимой сетки для лечения грыж. Ключевые особенности данной технологии: умный биоматериал – материал, в состав которого входит гибридный гидрогель на основе коллагена, обогащенный пептидами для стимуляции роста клеток и биоразлагаемыми полимерами (например, полимолочная кислота); адаптивность – сетка меняет жесткость в зависимости от давления в брюшной полости, предотвращая разрывы; персонализированный дизайн – каждая сетка создается на 3D-биопринтере с учетом анатомии пациента.

Данные для печати подобных сеток будут браться из КТ и МРТ-сканов, а ИИ-алгоритм поможет спрогнозировать оптимальный размер и структуру ячеек для ускоренной регенерации. Предполагается, что в материал будут встроены нанокапсулы с противовоспалительными препаратами и факторами роста, которые активируются при контакте с воспалительными маркерами, обеспечивая локальное лечение без системных побочных эффектов [16]. Кроме того, сетка будет постепенно рассасываться (6–12 мес), замещаясь собственной соединительной тканью пациента, а скорость деградации будет регулироваться ферментами организма. Выход данного продукта на рынок возможен уже к 2035 г. Сле-

довало бы отметить, что у данного проекта проглядывается и более долгосрочная перспектива, а именно использование технологии для регенерации иных тканей (мышцы, связки) и создания «умных» имплантов для кардио- и нейрохирургии.

Еще один аспект герниологии, такой как способ фиксации имплантов, вероятно, претерпит существенные изменения в виде полного отказа от фиксирующих устройств в пользу биоклея на основе адгезивных белков [17], аналогичные тем, что используют мидии для прикрепления к скалам, которые позволят фиксировать сетки без швов. Подобная технология (Mussel BioAdhesive) уже тестируется в США [18].

Можно смело утверждать, что к 2050 г. биоинженерия и смежные технологии радикально изменят медицину. Существующие технологии генной терапии позволяют спрогнозировать появления биологических «заплаток». Так, в частности, технология CRISPR-модификация фибробластов, позволит вводить гены, усиливающие синтез коллагена (например, COL1A1), что потенциально будет укреплять слабые участки брюшной стенки [19–21].

Герниология также станет еще одной точкой приложения для стволовых клеток [22]. Инъекции мезенхимальных стволовых клеток в зону окологрыжевого дефекта будут стимулировать регенерацию без имплантов. Так, в частности, некоторые ученые активно используют мезенхимальные стволовые клетки для восстановления некоторых типов тканей с высокой эффективностью в доклинических и клинических исследованиях [23–25].

Еще одним из перспективных направлений может считаться использование нанороботов для доставки лекарственных препаратов. Подобные клинические испытания могут быть запущены к 2035 г. с использованием нанороботов для доставки антифиброзных препаратов (например, пирфенидон) целенаправленно к месту операции, и тем самым, подавляя воспаление. Также не исключено, что появятся сетчатые эндопротезы со встроенными биодатчиками (pH, давление), которые будут предупреждать пациента о начинающемся рецидиве через мобильное приложение [16].

В ближайшее время эндопротезы и хирургические подходы претерпят существенные изменения, а также с высокой долей вероятности появятся неоперативные методы лечения грыж, мысль о которых сама по себе нарушает один из канонических столпов хирургии. Использование фокусированного ультразвука (HIFU), который неплохо зарекомендовал себя в онкологии [26, 27]. Есть предположение, что у данной методики могут быть большие перспективы и в герниологии, поскольку ультразвуковые волны высокой интенсивности могут бескровно «сваривать» грыжевые ворота, стимулируя рубцевание тканей, особенно у пациентов с «малыми» грыжами. Следует отметить, что ультразвуковая абляция (HIFU) – это новейший высокотехнологичный метод локального лечения опухолей человека, основанный на воздействии высокоинтенсивных сфокусированных ультразвуковых волн, без повреждения кожных покровов, окружающих тканей и органов [27, 28]. И по всей видимости в ближайшие 10–15 лет она станет активно использоваться в герниологии.

Появление и активное использование ИИ в медицине повлияет и на герниологию. Создаваемые алгоритмы на основе машинного обучения будут анализировать сотни параметров от генетики до образа жизни и формировать прогноз риска рецидива грыжи. Существуют примеры алгоритмов машинного обучения, анализирующих сотни параметров для персонализированных прогнозов. Так, в частности, IBM Watson for Oncology способен анализировать 15 000+ медицинских параметров и публикаций для подбора терапии рака [29], а Framingham Heart Study предсказывает инфаркт с точностью 89 %, объединяя генетику, липиды и стресс-маркеры [30]. Основной целью разработчиков подобных ИИ-продуктов является создание персонализированных протоколов, которые будут способны подобрать оптимальный вид хирургического лечения (открытая, лапароскопическая, роботическая), а также тип эндопротеза для каждого пациента.

Вместе с тем и роботическая хирургия с появлением ИИ претерпит революционные изменения. К 2050 г., а возможно и раньше, появятся полностью автономные роботизированные системы, а всемирно известный робот Da Vinci к 2030 г. обзаведется ИИ-навигацией с анализом рисков в реальном времени. Проводятся исследования в области автономной хирургии, которые в основном сосредоточены на автоматизации задач в контролируемых условиях. Так, ученые из университета Джонса Хопкинса (США) описывают робота SRT-H (Surgical Robot Transformer-Hierarchy), который выполнил холецистэктомию на свиной модели (ex vivo). При этом робот работал автономно, без прямого вмешательства человека, используя иерархическую систему ИИ, обученную на видеозаписях операций, выполненных хирургами [31]. Кроме того, активно развиваются технологии дополненной реальности (AR). Во время операции хирург может видеть 3D-проекцию грыжевых ворот и сосудов через AR-очки или используя проекцию 3D-анатомии. Данные технологии позволяют увеличить точность манипуляции >99 %, а время операции может быть сокращено на 30 % [32].

Вероятнее всего к 2050 г. произойдет полная интеграция ИИ и автономных систем. Это при-

ведет к появлению автономных оперативных вмешательств. Искусственный интеллект будет анализировать данные в реальном времени, предсказывать осложнения и выполнять рутинные этапы операций без прямого контроля хирурга. Разработанные алгоритмы смогут самостоятельно формировать швы или осуществлять резекционные этапы оперативного вмешательства, основываясь на предоперационном сканировании и данных истории болезни.

Возможности предиктивной аналитики будут существенно расширены, за счет проявляющих больших объемов данных (Big Data) и использования глобальных баз данных операций для выбора оптимальной стратегии.

Кроме того, произойдет расширение функциональности за счет нанотехнологий и биопечати. В инструменты Da Vinci интегрируют нанокапсулы для адресной доставки лекарств или маркировки опухолей, что повысит эффективность онкохирургии и сократит риск рецидивов. Самые смелые предсказания предрекают появление биопечати в реальном времени, когда робот сможет печатать ткани во время операции.

Вероятнее всего будет доработана сенсорика роботических инструментов и улучшена обратная тактильная связь, что позволит передавать не только сопротивление тканей, но и их текстуру, температуру и плотность. Это позволит хирургу «чувствовать» операционное поле через интерфейс, как при открытой операции. Не исключено, что управление роботом может осуществляться через нейроимпланты или голосовые команды, что ускорит реакцию и снизит усталость хирурга. Что касается роботического инструментария, то инженерная наука в данном вопросе, вероятнее всего, пойдет по пути миниатюризации.

Говоря о возможном сценарии хирургического лечения 45-летнего пациента с рецидивной паховой грыжей, в 2050 г. с помощью робота Da Vinci, вероятно, в рамках предоперационного обследования будет выполнено 3D-сканирование. Бесконтактный сканер создаст цифровой двойник грыжевого мешка и окружающих тканей. Искусственный интеллект проанализирует данные, прогнозируя нагрузку на сетку и оптимальный размер ячеек. Биопринтер Da Vinci напечатает персонализированную сетку с учетом анатомии пациента. В материал будут встроены нанокапсулы с противовоспалительным препаратом и факторами роста коллагена. Оперативный доступ будет осуществлен роботом – два разреза по 3 мм, через них будут вводиться микроманипуляторы (диаметр 1,5 мм) и камера с разрешением 8K. Оперативное вмешательство будет осуществляется автономно: ИИ-ассистент Da Vinci распознает рубцовую ткань после предыдущего вмешательства и автоматически корректирует траекторию инструментов, избегая повреждения сосудов. Робот разместит «умную» сетку используя тактильную обратную связь. Хирург, контролирующий процесс, «почувствует» сопротивление тканей через нейроинтерфейс. Нанороботы активируются, маркируя зоны воспаления и доставляя лекарства точно в проблемные участки. При обнаружении слабых участков апоневроза Da Vinci напечатает дополнительный слой биогеля, укрепляя брюшную стенку. Оперативное вмешательство будет завершено наложением умной повязки с беспроводными сенсорами, которые будут мониторить температуру, давление и pH, передавая данные в приложение пациента.

Это один из возможных или невозможных технологичных сценариев развития хирургической науки. Внедрение и использование появляющихся технологий, в том числе на основе ИИ, позволит полностью автоматизировать ИИ, что приведет к формированию алгоритмов, предупреждающих о риске рецидива, сравнивая данные с 5 000 000+ аналогичных операций в глобальной базе данных. Разрабатываемая экосистема («умная» сетка + Da Vinci) приведет к синхронизации сетки с роботом, что позволит корректировать ее жесткость в режиме реального времени. Все перечисленное приведет к существенному сокращению длительности оперативного вмешательства, восстановительного послеоперационного периода и снижению риска рецидива (менее 1 %).

Ключевыми драйверами развития медицины на ближайшие десятилетия станут ИИ, биоматериалы и генная инженерия, а ключевые аспекты развития хирургии будут в первую очередь связаны с симбиозом ИИ и хирурга, поскольку 80 % рутинных действий будет выполнять робот, но при этом человеческий контроль над критическими решениями сохранится.

Возвращаясь к прогнозу на 2050 г., можно смело утверждать, что лечение грыж станет малотравматичным, персонализированным и косметически щадящим, с вероятностью развития рецидива менее 1 %. Внедрение автономных роботических систем в длительной перспективе приведет к снижению стоимости оперативного лечения. Однако ключевым останется вопрос баланса между инновациями и безопасностью. Все перечисленное несет этические вызовы для специалистов, поскольку данные технологии, особенно вначале, будут доступны лишь в развитых странах, что только углубит существующее медицинское неравенство. Кроме того, работы, ведущиеся по генной модификации тканей, требуют многолетних наблюдений для верификации и исключения побочных рисков.

В завершении хотелось бы подчеркнуть, что технологии не обладают собственным вдохновением и волей. Они усиливают человеческие действия – как созидательные, так и разрушитель-

ные. Как отмечал один из ведущих программистов мира Линус Торвальдс, их роль ограничена «дешевизной и возможностями», а смысл, этика и применение всегда остаются в руках человека.

Конфликт интересов. Автор заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The author declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Bassini E. Nuovo metodo operativo per la cura dell'ernia inguinale. Padua: Prosperini, 1889.

2. Usher F.C. A new plastic prosthesis for repairing tissue defects of the chest and abdominal wall. *Am J Surg*. 1959;97(5):629–33. DOI: 10.1016/0002-9610(59)90256-9.

3. Irving L. Lichtenstein, Alex G. Shulman Ambulatory outpatient hernia surgery. Including a new concept, introducing tension-free repair. *International Surgery (Int Surg)*. 1986;71(1):1 –4.

4. Qiao J., Jiang Z., Yang Y., et al. Study of a new biodegradable hernia patch to repair abdominal wall defect in rats. *Carbohydr Polym*. 2017;15(172):255–264. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.05.035.

5. Chen J., Hong G., Guo N., Liu T. Hernia repair patch: recent advances in material design and application. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*. 2025;29(16):3494–3502.

6. Liu Z., Liu X, Bao L., et al. The evaluation of functional small intestinal submucosa for abdominal wall defect repair in a rat model: Potent effect of sequential release of VEGF and TGF-β1 on host integration. *Biomaterials*. 2021;276:120999. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2021.120999.

7. Zhang N., Huang Y., Wei P., et al. Killing two birds with one stone: A therapeutic copper-loaded bio-patch promoted abdominal wall repair via VEGF pathway. *Mater Today Bio*. 2023;22:100785. DOI: 10.1016/j.mtbio.2023.100785.

8. Melissa T.B., Pallavi C., Lizhong D., Willy H. The roles of TGF-β and VEGF pathways in the suppression of antitumor immunity in melanoma and other solid tumors. *Pharmacol Ther*. 2022;240:108211. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2022.108211.

9. Ziqin D., Tao F., Chu X., et al. TGF-β signaling in health, disease and therapeutics. *Signal Transduct Target Ther*. 2024;9:61. DOI: 10.1038/s41392-024-01764-w.

10. Paola A. Guerrero and Joseph H. McCarty TGF-β Activation and Signaling in Angiogenesis. *Physiologic and Pathologic Angiogenesis – Signaling Mechanisms and Targeted Therapy*. 2017. DOI: 10.5772/66405.

11. Savari R., Shafiei M., Galehdari H., Kesmati M. Expression of VEGF and TGF-β Genes in Skin Wound Healing Process Induced Using Phenytoin in Male Rats. *Jundishapur Journal of Health Sciences*. DOI: 10.5812/jjhs.86041.

12. Ferrari G., Cook B.D., Terushkin V., et al. Transforming growth factor-beta 1 (TGF-β1) induces angiogenesis through vascular endothelial growth factor (VEGF)-mediated apoptosis. *J Cell Physiol*. 2009;219(2):449–458. DOI: 10.1002/jcp.21706.

13. Bonfiglio V., Platania C.B.M., Lazzara F., Conti F. TGF-β Serum Levels in Diabetic Retinopathy Patients and the Role of Anti-VEGF Therapy. *Int. J. Mol. Sci*. 2020;21(24):9558. DOI: 10.3390/ijms21249558.

14. Kallyanashis P., Saeedeh D, O'Connell C.D., et al. 3D Printed Mesh Geometry Modulates Immune Response and Interface Biology in Mouse and Sheep Model: Implications for Pelvic Floor Surgery. *Adv Sci (Weinh).* 2025;12(11):e2405004. DOI: 10.1002/advs.202405004.

15. Омелько Н.А., Халимов Р.И. Композитные матриксы для применения в травматологии и регенеративной медицине. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2022;6:89–94. DOI: 10.17513/srms.1309. [Omelko N.A., Khalimov R.I. Composite matrices for use in traumatology and regenerative medicine. *Scientific review. Medical sciences*. 2022;6:89–94. DOI: 10.17513/srms.1309. (In Russ.)].

16. Saiding Q., Chen Y., Wang J., et al. Abdominal wall hernia repair: from prosthetic meshes to smart materials. *Mater Today Bio*. 2023;21:100691. DOI: 10.1016/j.mtbio.2023.100691.

17. Clarke T. Fibrin glue for intraperitoneal laparoscopic mesh fixation: comparative study in swine model. *Surg. Endosc*. 2011;25:737–748.

18. Pandey N., Soto-Garcia L.F., J. Liao, et al. Mussel-Inspired Bioadhesives in Healthcare: Design Parameters, Current Trends, and Future Perspectives. *Biomater Sci*. 2020;8(5):1240–1255. DOI: 10.1039/c9bm01848d.

19. Xiang G.-M., Zhang X.-L., Xu C.-J., et al. The collagen type I alpha 1 chain gene is an alternative safe harbor locus in the porcine genome. *Journal of Integrative Agriculture*. 2023;22(1):202–213. DOI: 10.1016/j.jia.2022.08.105.

20. Cao Y., Li L., Ren X., et al. CRISPR/Cas9 correction of a dominant cis-double-variant in COL1A1 isolated from a patient with osteogenesis imperfecta increases the osteogenic capacity of induced pluripotent stem cells. *J Bone Miner Res*. 2023;38(5):719–732. DOI: 10.1002/jbmr.4783.

21. Huang Y., Dong J., Feng L., Li P. Effects of endogenous nestin overexpression on proliferation, migration and MAPK signal transduction pathway in NIH3T3 cells. *Journal of Third Military Medical University*. 2020;42(2):125–132.

22. Камалов А.А., Охоботов Д.А. Стволовые клетки и их использование в современной клинической практике. *Урология*. 2012;(5):105–114. [Kamalov A.A., Okhobotov D.A. Stem cells and their use in modern clinical practice. *Urology*. 2012;(5):105–114. (In Russ.)].

23. Ma Q., Liao J., Cai X. Different Sources of Stem Cells and their Application in Cartilage Tissue Engineering. *Curr Stem Cell Res Ther*. 2018;13(7):568–575. DOI: 10.2174/1574888X13666180122151909.

24. Wang Z., Ren L., Li Z., et al. Impact of Different Cell Types on the Osteogenic Differentiation Process of Mesenchymal Stem Cells. *Stem Cells Int*. 2025:5551222. DOI: 10.1155/sci/5551222.

25. Yamaguchi N., Horio E., Sonoda J., et al. Immortalization of Mesenchymal Stem Cells for Application in Regenerative Medicine and Their Potential Risks of Tumorigenesis. *Int J Mol Sci*. 2024;25(24):13562. DOI: 10.3390/ijms252413562.

26. Zulkifli D., Manan H. A., Yahya N., Hamid H. A. The Applications of High-Intensity Focused Ultrasound (HIFU) Ablative Therapy in the Treatment of Primary Breast Cancer: A Systematic Review. *Diagnostics*. 2023;13(15):2595. DOI: 10.3390/diagnostics13152595.

27. Bachu V.S., Kedda J., Suk I., et al. High-Intensity Focused Ultrasound: A Review of Mechanisms and Clinical Applications. *Ann Biomed Eng*. 2021;49(9):1975–1991. DOI: 10.1007/s10439-021-02833-9.

28. Kun G., Wan M. Effects of fascia lata on HIFU lesioning in vitro. *Ultrasound Med Biol*. 2004;30(7):991–8. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2004.05.004.

29. Zhou N., Zhang C.-T., Lv H.-Y., et al. Concordance Study Between IBM Watson for Oncology and Clinical Practice for Patients with Cancer in China. *Oncologist*. 2018;24(6):812–819. DOI: 10.1634/theoncologist.2018-0255.

30. Yuda E., Kaneko I., Hirahara D. Machine-Learning Insights from the Framingham Heart Study: Enhancing Cardiovascular Risk Prediction and Monitoring. *Appl. Sci.* 2025;15(15):8671. DOI: 10.3390/app15158671.

31. Woong J., Kim B., Chen J.-T., et al. SRT-H: A hierarchical framework for autonomous surgery via language-conditioned imitation learning. *Sci Robot*. 2025;10(104):eadt5254. DOI: 10.1126/scirobotics.adt5254.

32. Chegini S., Edwards E., McGurk M., et al. Systematic review of techniques used to validate the registration of augmented-reality images using a head-mounted device to navigate surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2023;61(1):19–27. DOI: 10.1016/j.bjoms.2022.08.007.

Поступила 03.08.2025
Принята 08.08.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 03.08.2025
Accepted 08.08.2025
Publication 29.08.2025

Автор

Сигуа Бадри Валериевич – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Министерства здравоохранения России, Санкт-Петербург, Россия, sigua_bv@almazovcentre.ru, https://orcid.org/0000-0002-4556-4913

Author

Sigua Badri V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of General Surgery, Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of Russian Federation, St. Petersburg, Russia, sigua_bv@almazovcentre.ru, https://orcid.org/0000-0002-4556-4913

УДК 616-089:004.92

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В МНОГОПРОФИЛЬНОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КЛИНИКЕ: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ

Д.А. Суров[1,2], В.Н. Румянцев[1], М.С. Коржук[1], А.Л. Гаврилова[1], В.Г. Гребеньков[1], В.М. Иванов[3], А.Ю. Смирнов[3], И.М. Климов[1], А.С. Пономарев[1], А.Е. Демко[1,2], А.В. Святненко[2,1], Г.В. Точильников[4]

[1] *Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия*
[3] *Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия*
[4] *Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия*

РЕЗЮМЕ. Представлены результаты анализа опыта применения дополненной реальности (Augmented Reality – AR-технология) коллективом многопрофильной хирургической клиники в различных отраслях хирургии. В исследование, которое проводилось с 2021 по 2025 гг. на кафедре военно-морской хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова и на ее клинической базе в Научно-исследовательском институте скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, включен 151 пациент. Все больные оперированы по поводу различных заболеваний органов груди, живота, таза и конечностей, структура которых представлена злокачественными местнораспространенными опухолями органов живота и таза (n=31), доброкачественными заболеваниями органов билиопанкреатодуоденальной зоны и груди (n=14), а также инородными телами (осколками) груди, живота и конечностей (n=106). Периоперационное применение технологии дополненной реальности включало пять основных этапов: отбор пациентов, выполнение спиральной компьютерной томографии, построение топографо-анатомической модели) пациента, выбор методики совмещения (привязки) модели и области оперативного вмешательства, интраоперационное применение технологии. Медико-техническое обеспечение AR-технологии представлено аппаратно-программным комплексом – навигационной системой на основе дополненной реальности «Меджитал Вижн», включающий персональный компьютер и очки дополненной реальности Microsoft Hololens II. Оценка AR-технологии проводилась по двум направлениям: объективное и субъективное исследование точности интраоперационного сопоставления топографо-анатомической модели; комплексная оценка степени удовлетворенности хирургической бригады различными аспектами применяемой технологии. Среднее отклонение топографо-анатомической модели было наименьшим при использовании AR-технологии при хирургическом удалении инородных тел (осколков), в отличие от остальных видов оперативных вмешательств, такую же динамику продемонстрировали результаты субъективной оценки. Комплексная субъективная оценка удовлетворенности AR-технологией среди хирургов свидетельствует об ее положительном восприятии. Установлено, что опытные хирурги (стаж более 15 лет) большее значение придают роли технологии дополненной реальности на этапе планирования, в отличие от менее опытных, которые выше оценили ее интраоперационное применение. Кроме того, менее опытные специалисты лучше отзываются об эргономике применения AR-технологии в ходе оперативных вмешательств. В исследовании показано, что технология дополненной реальности в хирургии необходима в предоперационном планировании для повышения уверенности хирургической бригады и ее подготовки к предстоящему оперативному вмешательству. Непосредственное сопоставление топографо-анатомической модели с областью оперативного вмешательства на данном этапе развития инженерного сопровождения AR-технологии оправдано при удалении инородных тел (осколков). Полученные в исследовании результаты позволили сформулировать и обосновать мультимодальную концепцию планирования и периоперационного обеспечения безопасности хирургического вмешательства на основе дополненной реальности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *дополненная реальность, AR-технология, злокачественные новообразования органов брюшной полости и малого таза, удаление инородных тел, осколки, топографо-анатомическая модель, сопоставление, точность*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Суров Д.А., Румянцев В.Н., Коржук М.С., Гаврилова А.Л., Гребеньков В.Г., Иванов В.М., Смирнов А.Ю., Климов И.М., Пономарев А.С., Демко А.Е., Святненко А.В., Точильников Г.В. Дополненная реальность в многопрофильной хирургической клинике: опыт применения и перспективы развития технологии. *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 48–62. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-48-62

AUGMENTED REALITY IN A MULTIDISCIPLINARY SURGICAL CLINIC: APPLICATION EXPERIENCE AND PROSPECTS FOR TECHNOLOGY DEVELOPMENT

D.A. Surov[1,2], V.N. Rumyantsev[1], M.S. Korzhuk[1], A.L. Gavrilova[1], V.G. Grebenkov[1], V.M. Ivanov[3], A.Yu. Smirnov[3], I.M. Klimov[1], A.S. Ponomarev[1], A.E. Demko[1,2], A.V. Svyatnenko[2,1], G.V. Tochilnikov[4]

[1] *S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia*
[2] *Saint-Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia*
[3] *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia*
[4] *Petrov Research Institute of Oncology, St. Petersburg, Russia*

ABSTRACT. The article presents the results of an analysis of the experience of using augmented reality (AR technology) by the staff of a multidisciplinary surgical clinic in various branches of surgery. 151 patients were included in the study, which was conducted from 2021 to 2025 at the Department of Naval Surgery of the Kirov Military Medical Academy and at its clinical base at the I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine. All patients underwent surgery for various diseases of the chest, abdomen, pelvis, and extremities, the structure of which was represented by malignant locally spread tumors of the abdomen and pelvis (*n*=31), benign diseases of the biliopancreatoduodenal zone and chest (*n*=14), as well as foreign bodies (fragments) of the chest, abdomen, and extremities (*n*=106). The perioperative application of augmented reality technology included five main stages: patient selection, spiral computed tomography, the construction of a topographic and anatomical model (TAM) of the patient, the choice of a method for combining (linking) the model and the area of surgical intervention, and the intraoperative use of technology. The medical and technical support of AR technology is represented by a hardware and software complex – a navigation system based on augmented reality "Medical Vision", including a personal computer and augmented reality glasses "Microsoft Hololens II". The evaluation of AR technology was carried out in two directions. The first direction is an objective and subjective study of the accuracy of intraoperative comparison of TAM, the second is a comprehensive assessment of the degree of satisfaction of the surgical team with various aspects of the technology used. The average deviation of the topographic and anatomical model was the lowest when using AR technology for surgical removal of foreign bodies (fragments), unlike other types of surgical interventions, the same dynamics was demonstrated by the results of a subjective assessment. A comprehensive subjective assessment of AR technology satisfaction among surgeons, in general, indicates its positive perception. It was found that experienced surgeons (with more than 15 years of experience) attach more importance to the role of augmented reality technology at the planning stage, in contrast to less experienced surgeons who rated its intraoperative use higher. In addition, less experienced specialists speak better about the ergonomics of using AR technology during surgical interventions. The study shows that augmented reality technology in surgery is undoubtedly necessary in preoperative planning to increase the confidence of the surgical team and prepare it for the upcoming surgical intervention. A direct comparison TAM with the field of surgical intervention at this stage of the development of engineering support for AR technology is justified when removing foreign bodies (fragments). The results obtained in the study made it possible to formulate and substantiate a multimodal concept of planning and perioperative safety of surgical intervention based on augmented reality.

KEYWORDS: *augmented reality, AR technology, malignant neoplasms of the abdominal cavity and pelvis, removal of foreign bodies, fragments, topographic and anatomical model, comparison, accuracy*

FOR CITATION: Surov D.A., Rumyantsev V.N., Korzhuk M.S., Gavrilova A.L., Grebenkov V.G., Ivanov V.M., Smirnov A.Yu., Klimov I.M., Ponomarev A.S., Demko A.E., Svyatnenko A.V., Tochilnikov G.V. Augmented reality in a multidisciplinary surgical clinic: application experience and prospects for technology development. *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 48–62. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-48-62 (In Russ.).

Введение

В последние годы отчетливо наблюдается курс на повышение безопасности оперативных вмешательств и возрастающий интерес к стратегии предотвращения неблагоприятных событий в хирургии, который реализуется преимущественно за счет персонификации тактики хирургического лечения. Индивидуальный подход невозможен без оценки топографо-анатомических особенностей пациента, которую значительно упрощает трехмерное моделирование патологического процесса и оперативного вмешательства на основании сегментирования DICOM-файлов,

полученных в результате компьютерной томографии.

Технология дополненной реальности (AR-технология – ДР) появилась в конце XX в., стала неотъемлемой частью жизни современного общества и закономерно продолжает внедряться в практическую медицину, в том числе в хирургию. Принято считать, что трехмерное моделирование с использованием технологии ДР позволяет качественно улучшать диагностику, предоперационное планирование, повышать эффективность и безопасность оперативного вмешательства. Преимущество трехмерного восприятия особенностей топографической анатомии области оперативного вмешательства перед двухмерным несомненно и предопределяет тенденцию последних лет к персонификации подхода к выбору тактики оперативного лечения.

AR-технология активно применяется в стоматологии, нейрохирургии, ортопедии, где большинство авторов единодушно отмечают основные преимущества в виде повышения точности хирургической навигации и сокращения времени оперативного вмешательства [1–4].

В клинике военно-морской хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в течение нескольких лет изучаются различные аспекты проблемы применения AR-технологии в хирургическом лечении пациентов с различными (доброкачественными и злокачественными) заболеваниями органов груди, живота, таза, а также с инородными телами (осколками) конечностей [5–7].

На основании результатов критического анализа опыта выполнения 151 оперативного вмешательства с использованием дополненной реальности сформировали свои представления о целях, задачах, показаниях и технических аспектах ее применения, а также о степени зрелости данной технологии и основных векторах ее совершенствования, которые изложены в материалах представленной статьи.

Материалы и методы

В исследование, которое проводилось с 2021 по 2025 гг. в клинике военно-морской хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова и на ее клинической базе в Научно-исследовательском институте скорой помощи им. И.И. Джанелидзе включен 151 пациент, у которых в периоперационном периоде применялась технология ДР.

Все больные оперированы по поводу различных заболеваний органов груди, живота, таза и конечностей, структура которых была представлена злокачественными местнораспространенными опухолями органов живота и таза (n=31), доброкачественными заболеваниями органов билиопанкреатодуоденальной зоны и груди (n=14), а также инородными телами (осколками) груди, живота и конечностей (n =106) (табл. 1).

Используемая в клинике тактика периоперационного (до, во время и после оперативного вмешательства) применения ДР основана на алгоритме, разработанном в процессе критического анализа данных литературы, который с течением времени трансформировался и непрерывно совершенствовался в зависимости от специфики решаемых клинических задач и результатов анализа накопленного опыта.

Таблица 1. Характеристика нозологических форм у больных, оперированных с использованием технологии дополненной реальности

Нозологические формы		n	Пол		Возраст, лет
			М	Ж	
Злокачественные местнораспространенные опухоли	Брюшной полости	5	2	3	67±15
	Малого таза	23	6	17	
	Забрюшинного пространства	3	2	1	
Доброкачественные заболевания	Гепатобилиарной зоны	7	5	2	
	Поджелудочной железы	3	1	2	
	Груди	4	4	0	
Инородные тела (осколки)	Конечностей	89	89	0	38±17
	Груди	7	7	0	
	Живота	10	10	0	
Всего		151	126	25	44±16

В итоге разработан и используется в клинике военно-морской хирургии алгоритм периоперационного применения дополненной реальности, который включает пять основных этапов.

Отбор пациентов. Критерии отбора пациентов для периоперационного применения ДР, с учетом проводимых в клинике исследований данной проблемы: местнораспространенные опухоли органов живота и таза; доброкачественные заболевания органов билиопанкреатодуоденальной зоны, в том числе требующие выполнения сложных резекционных или реконструктивно-восстановительных оперативных вмешательств; инородные тела (осколки)

любой локализации, нуждающиеся в удалении в связи с их клинической значимостью и угрозой развития осложнений.

Необходимо подчеркнуть, что ДР не является альтернативой общепринятых диагностических протоколов, изложенных в действующих клинических (методических) рекомендациях, а представляет собой технологию, потенциально способную повысить их эффективность. Обязательными условиями ее периоперационного применения является полноценное информирование пациента об особенностях использования AR-технологии и документированное согласие больного.

Выполнение спиральной компьютерной томографии (при необходимости магнитно-резонансной томографии) с внутривенным контрастированием в различных фазах с формированием DICOM-файлов. Недостаточная информативность исследования (выраженные дегенеративно-дистрофические, атеросклеротические, вторичные изменения органов в области оперативного вмешательства) являлась основанием для отказа от периоперационного применения дополненной реальности.

Построение топографо-анатомической модели (ТАМ) пациента (рис. 2) и планирование (моделирование) оперативного вмешательства мультидисциплинарной командой. Топографо-анатомическая модель строится путем сегментирования данных предоперационной компьютерной томографии в открытом программном обеспечении 3D Slicer, и на ее основе участниками мультидисциплинарной команды осуществляется предоперационное планирование и подготовка к предстоящей операции (рис. 1).

	Построение ТАМ			
Построение ТАМ	**Планирование оперативного вмешательства участниками мультидисциплинарной команды**			
	Оперирующий хирург, ассистенты	Специалист лучевой диагностики	Инженер, IT-специалист	Смежные специалисты
	Формулирование предварительного диагноза	Уточнение диагноза с помощью дополнительных методов исследования	Сегментация	Подтверждение (дополнение) предварительного диагноза
	Оценка топографо-анатомических особенностей области оперативного вмешательства	Обозначение топографо-анатомических структур	Формирование ТАМ	Корректировка ТАМ
	Определение объема оперативного вмешательства	Выявление «критических точек» области оперативного вмешательства	Маркировка критических точек, зоны диссекции, оперативного доступа	Уточнение объема оперативного вмешательства
	Определение заинтересованных структур для трехмерного моделирования	Оценка распространенности опухолевого роста	Формирование точек для совмещения модели	Определение технических особенностей реконструктивно-восстановительного этапа
	Определение вида реконструктивно-восстановительного этапа	Оценка индивидуальных анатомо-топографических характеристик пациента	Дополнение ТАМ (по необходимости), подготовка к ее совмещению	Дополнение ТАМ

Рис. 1. Планирование (моделирование) участниками мультидисциплинарной команды оперативного вмешательства у больных злокачественными местнораспространенными опухолями

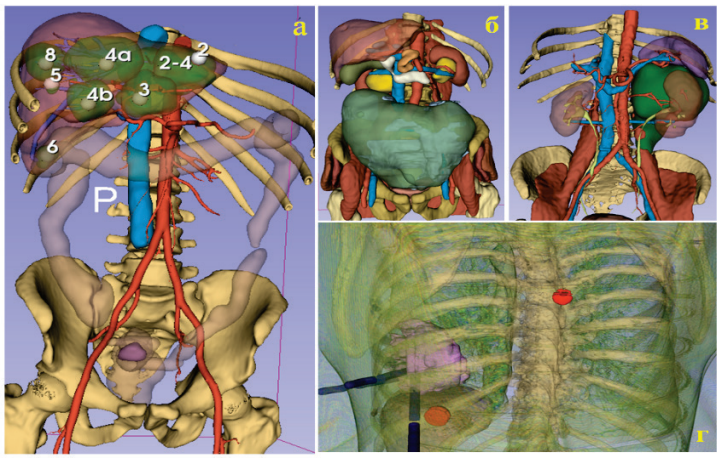


Рис. 2. Топографо-анатомические модели: *а* – пациента со множественными метастазами в печени; *б* – больного с гигантским злокачественным новообразованием малого таза; *в* –пациента с забрюшинной опухолью; *г* – пациента с абсцессом легкого

Выбор методики совмещения (привязки) модели и объекта. Медико-техническое обеспечение периоперационного применения AR-технологии представлено аппаратно-программным комплексом – навигационной системой на основе дополненной реальности «Меджитал Вижн», включающий персональный компьютер и очки дополненной реальности Microsoft Hololens II, изделия, используемые для сопоставления цифрового образа с объектом, а также разработанный и непрерывно совершенствуемый комплект программного обеспечения «Меджитал Вижн Эдитор», включающий программные элементы сопоставления цифрового образа с объектом. Варианты методики совмещения модели и объекта оперативного вмешательства основаны как на пространственных датчиках, так на считывании видеокамерами изображений объектов.

Существует группа способов, основанная на использовании маркера – площадки с QR-кодом, к которому фиксировано пространственное положение модели. Для крепления такой площадки к пациенту использовали различные (инвазивные или неинвазивные) опоры. При этом способе компьютерная томография должна быть выполнена с прикрепленной к пациенту опорой, а во время операции положение последней должно быть в точности воспроизведено.

Другой вариант (перспективный) основан на сохранении в памяти очков положения модели в пространстве. Для изменения положения модели в пространстве используется инструмент «трансформация». Совмещение выполняется перемещением модели в пространстве и подбором такого ее положения, при котором она совпадала с объектом по поверхности кожи либо по сетчатой разметке кожи. Привязки к объекту при этом не происходит, модель привязана к точке координат. Для облегчения совмещения используется голографическая указка со сферическими инфракрасными зеркалами. При этом на модели должны быть определены точки, например, на костных выступах, являющиеся опорными для указки. В режиме регистрации указка поочередно устанавливается в точки сопоставления, очки считывают положение точек в пространстве, и пары точек совмещаются. По совпадению трех пар точек формируется однозначное положение модели в пространстве. Для уменьшения девиации указки и суммарного отклонения применялась разработанная на кафедре военно-морской хирургии технология докшины, которая предварительно распечатывается на 3D-принтере с углублениями для кончика голографической указки (рис. 3).

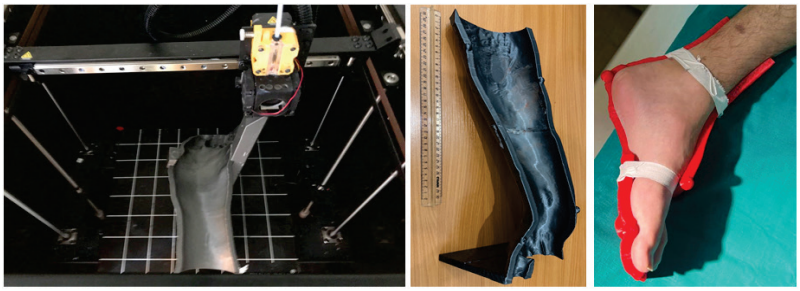


Рис. 3. Изготовление и применение док-шины

***Интраоперационное применение AR-технологии*:**

- непосредственное совмещение трехмерной модели с областью оперативного вмешательства через очки дополненной реальности (рис. 4, *а*, 5), установленные у хирурга или ассистента (AR in situ);
- персонифицированный клинический топографо-анатомический виртуальный атлас (AR ex situ) (рис. 4, *б*, 5);
- комбинированный вариант применения AR-технологии (рис. 5).

Непосредственная оценка AR-технологии проводилась по двум направлениям: объективная регистрация и субъективная оценка точности интраоперационного сопоставления ТАМ; комплексная оценка удовлетворенности AR-технологии участниками.

Видеоконтент, иллюстрирующий некоторые аспекты настоящего исследования, представлен в виде коллекции видеофайлов, для доступа к которым необходимо перейти по ссылке – QR-коду (рис. 5).

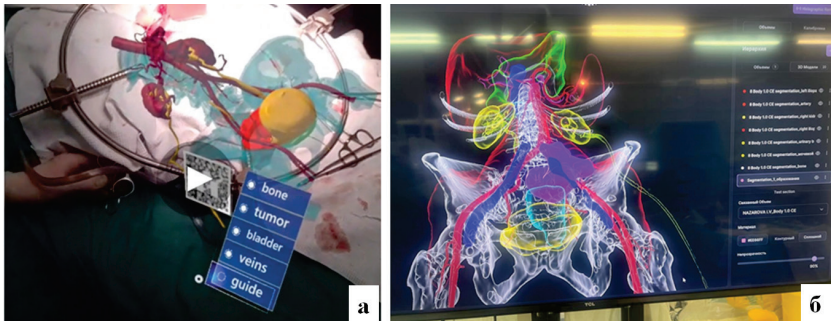


Рис. 4. Интраоперационное применение AR-технологии:
***а* – AR in situ (вид из очков ДР); *б* – AR ex situ**

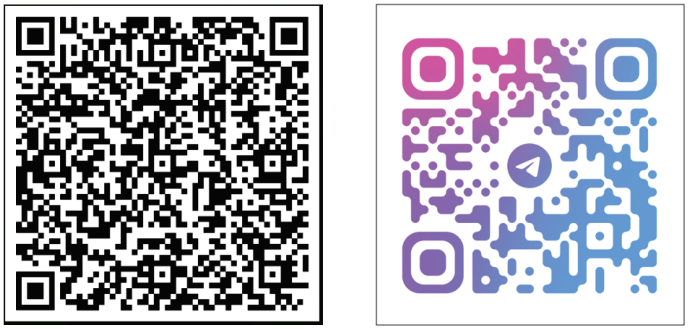


Рис. 5. QR-коды для доступа к видеоконтенту настоящего исследования

Критерием объективной оценки стала ошибка сопоставления ТАМ (Target registration error – TRE) – расстояние между фактическим положением анатомической цели (target) и ее визуализированным положением в ДР во время интраоперационного сопоставления трехмерной модели. TRE отражает, насколько точно виртуальная модель совмещается с реальным объектом в пространстве. Измерение проводилось двумя способами: физическим и вручную с помощью инструментов программного обеспечения. Физическое измерение отклонения проводилось при помощи специальной указки путем сравнения ее координат и координат анатомических структур области оперативного вмешательства. Измерение TRE проводилось при выполнении всех оперативных вмешательств, включенных в исследование (n = 151).

При помощи адаптированных опросников (по типу UMUX-Lite), разработанных для каждой отрасли хирургии, осуществлялась субъективная оценка точности сопоставления ТАМ. В общей сложности оценено 56 оперативных вмешательств, опрашивались ведущие хирурги и ассистенты. Проводилось субъективное исследование восприятия методики у хирургической бригады с использованием стандартизированных опросников: принятия технологии; предоперационной уверенности и готовности хирургов; для оценки удовлетворенности технологией по итогам оперативного вмешательства; оценки эргономики оперативного вмешательства с использованием AR-технологии. В качестве показателей эргономики оценивались: удобство использования оборудования, яркость, контрастность, цветовая гамма изображений ТАМ. В опросе приняли участие 27 хирургов с разным хирургическим стажем: более 15 лет (n = 9) – «опытные», менее 15 лет (n = 18) – «неопытные».

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием ПО GraphPad Prism. Уровень значимости для всех критериев принят равным 0,05.

Результаты

Методика использования технологии дополненной реальности была различной в зависимости от вида оперативного вмешательства (табл. 2). Непосредственное сопоставление ТАМ с областью оперативного вмешательства всегда применялось при удалении инородных тел (100 %), в других отраслях хирургии чаще всего использовалась комбинация указанного варианта применения AR-технологии и персонифицированного клинического топографо-анатомического виртуального атласа.

Среднее отклонение ТАМ было наибольшим при использовании AR-технологии в хирургическом лечении местнораспространенных опухолей органов малого таза и брюшной полости, в хирургии доброкачественных заболеваний гепатопанкреобилиарной зоны и груди (табл. 3). Показатели TRE, полученные в результате ручного способа измерения оказались несколько ниже, чем при физическом, без статистической разницы (p>0,05).

Наиболее точное сопоставление трехмерной топографо-анатомической модели зарегистрировано при хирургическом лечении пациентов с инородными телами (осколками) конечностей (рис. 6).

Таблица 2. Варианты использования технологии дополненной реальности

Область хирургии			Количество *n*				
			Всего	Планирование	AR in situ	AR ex situ	Комбинация методик
Висцеральная хирургия	Злокачественные местнораспространенные опухоли	Брюшной полости	5	5	3	2	4
		Малого таза	23	23	17	6	14
		Забрюшинного пространства	3	3	3	1	1
	Доброкачественные заболевания	Гепатобилиарной области	7	7	7	0	4
		Поджелудочной железы	3	3	3	0	3
		Груди	4	4	4	0	0
Инородные тела (осколки)		Конечностей	89	89	89	0	0
		Груди	7	7	6	1	1
		Живота	10	10	3	7	2
Всего			151	151	135	17	29

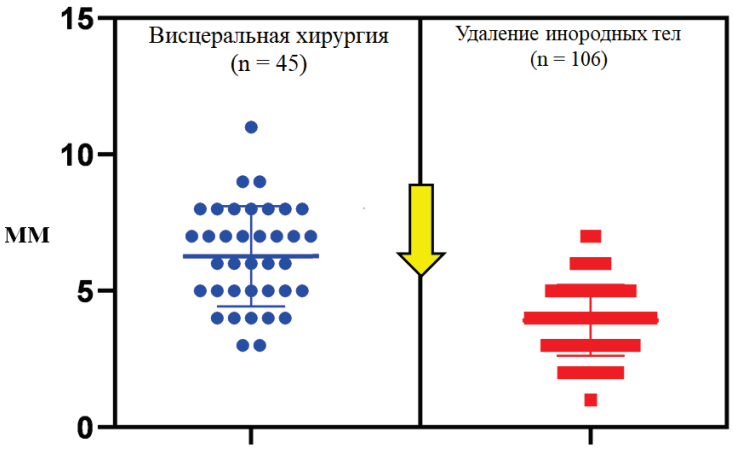


Рис. 6. Среднее отклонение ТАМ при интраоперационном сопоставлении с областью оперативного вмешательства (p<0,001)

Таблица 3. Результаты оценки среднего отклонения сопоставления топографо-анатомической модели в различных отраслях хирургии

Отрасль хирургии		Параметр, мм	TRE (физ.)	TRE (ручн.)	*p*
Висцеральная хирургия	Злокачественные местнораспространенные опухоли (*n*=31)	среднее значение ± ст. отклонение	6,1±1,6	5,2±2,11	> 0,05
		минимум	3	3	
		максимум	8	11	
	Доброкачественные заболевания (*n*=14)	среднее значение ± ст. отклонение	6,4±1,03	6,8±1,26	> 0,05
		минимум	4	5	
		максимум	8	8	
Удаление инородных тел (осколков) (*n*=106)		среднее значение ± ст. отклонение	3,5±1,28	3,9±1,3	> 0,05
		минимум	1	1	
		максимум	6	7	

Следует отметить, что наибольшей точности сопоставления трехмерной модели с зоной оперативного вмешательства удалось достичь за счет применения разработанной в клинике технологии док-шины (рис. 7).

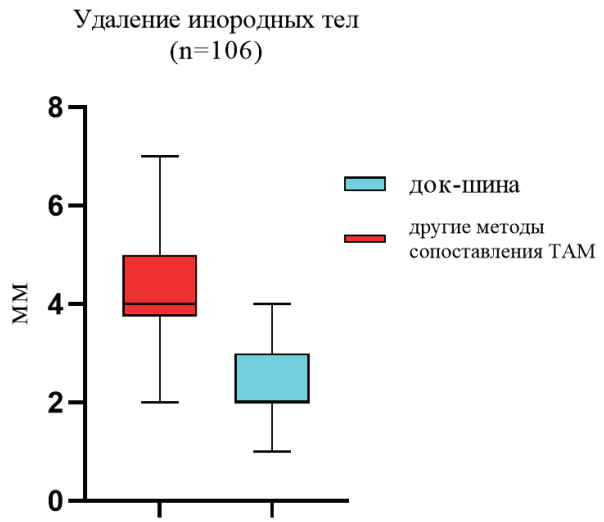


Рис. 7. Результаты сравнительного анализа среднего отклонения трехмерной модели при сопоставлении с зоной оперативного вмешательства при использовании док-шины и «стандартных» методик привязки (*p*<0,001)

Результаты субъективной оценки точности сопоставления ТАМ во многом соответствуют данным ее объективной оценки (рис. 8). Установлено, что, по мнению как ведущих хирургов, так и ассистентов, наиболее точного сопоставления ТАМ с областью оперативного вмешательства удается достичь при удалении инородных тел (осколков) конечностей. Достоверных различий при сравнении точности привязки модели до, во время и после выполнения основного этапа оперативного вмешательства выявлено не было.

В то же время установлено, что хирурги с большим опытом, в сравнении с менее опытными специалистами, достоверно выше (*p*<0,01) оценивают ценность дополненной реальности в предоперационном планировании (моделировании) оперативного вмешательства (рис. 9, *б*). Обратная тенденция отмечена при оценке общей удовлетворенности AR-технологией, где по результатам анализа результатов (*p*<0,001) проведенного опроса более позитивные результаты получены в группе менее опытных хирургов (рис. 9, *в*). Эргономика оперативного вмешательства также в меньшей степени (*p*<0,01) удовлетворила опытных хирургов (рис. 9, *г*).

Результаты опроса хирургов, учувствовавших в выполнении оперативных вмешательств с применением AR-технологии, показали, что обе группы специалистов на высоком уровне, без статистической разницы в целом, воспринимают использование технологии дополненной реальности в различных отраслях хирургии (рис. 9, *а*).

В то же время установлено, что хирурги с большим опытом, в сравнении с менее опытными специалистами, достоверно выше (*p*<0,01) оценивают ценность дополненной реальности в предоперационном планировании (моделировании) оперативного вмешательства (рис. 9, *б*). Обратная тенденция отмечена при оценке общей удовлетворенности AR-технологией, где по результатам анализа результатов (*p*<0,001) проведенного опроса более позитивные результаты получены в группе менее опытных хирургов (рис. 9, *в*). Эргономика оперативного вмешательства также в меньшей степени (*p*<0,01) удовлетворила опытных хирургов (рис. 9, *г*).

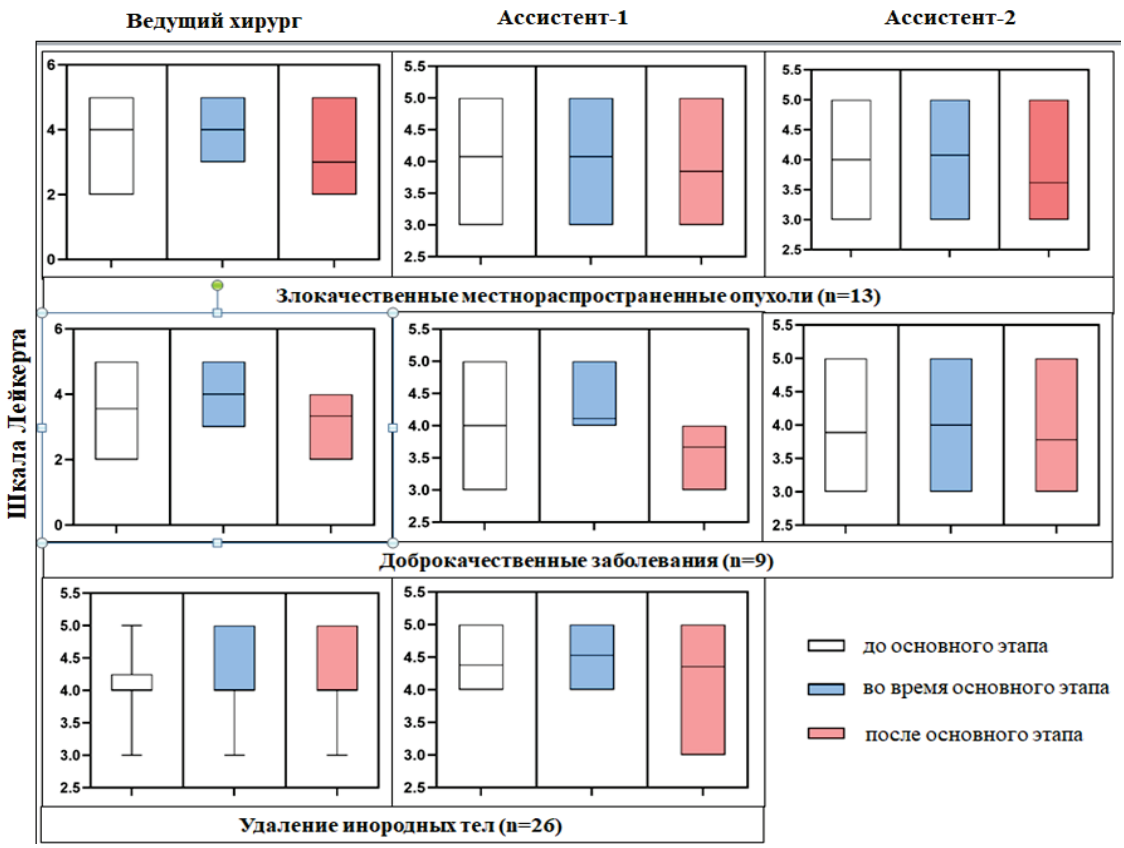


Рис. 8. Результаты субъективной оценки точности интраоперационного сопоставления трехмерной модели (опросник UMUX-Lite) в различных отраслях хирургии (шкала Лейкерта, где 1 – очень плохо, 5 – очень хорошо)

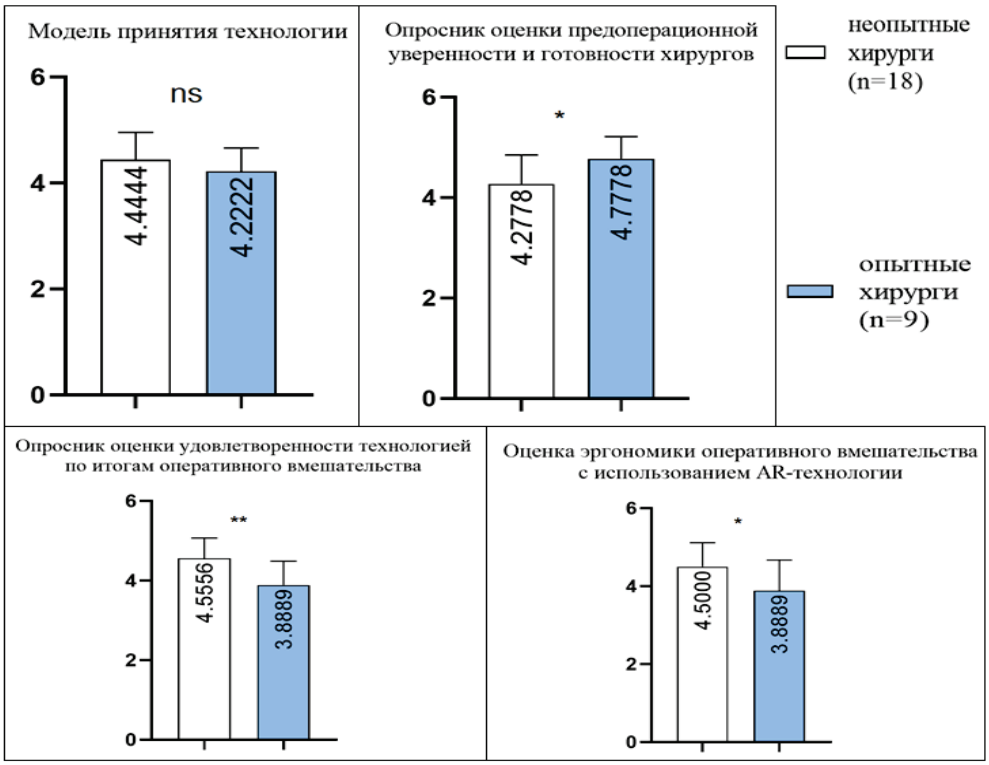


Рис. 9. Результаты субъективной оценки различных аспектов применения AR-технологии при помощи адаптированных опросников по типу UMUX-Lite

ns – нет статистических различий; * – p<0,01; ** – p<0,001

Обсуждение

Приступая к обсуждению полученных в исследовании результатов и проблемы применения ДР в хирургии, следует отметить неоднозначность оценки ее эффективности в решении определенных тактических задач периоперационного периода.

На наш взгляд можно с уверенностью утверждать, что иммерсивные технологии играют ключевую роль в процессе предоперационного планирования и подготовки хирургической команды к предстоящему оперативному вмешательству. Построение мультидисциплинарной командой индивидуальной ТАМ пациента, а также использование ее с целью планирования (моделирования) оперативного вмешательства существенно повышает готовность хирургической бригады, что убедительно продемонстрировали результаты исследования.

Детальный анализ процесса планирования (моделирования) оперативных вмешательств и оценка влияния его результатов на динамику периоперационного периода позволили сформулировать ключевые требования к ТАМ, которые, несмотря на свою универсальность, имеют некоторые особенности, зависящие от специфики хирургической отрасли применения AR-технологии.

К наиболее очевидным требованиям следует отнести технические: достаточную яркость, контрастность и прозрачность модели с возможностью их регуляции в целях повышения качества ее визуализации, а также интуитивно понятную цветовую гамму обозначения ключевых анатомических образований.

Не вызывает сомнения, что ТАМ пациента должна в полной мере отражать особенности голотопии, синтопии и скелетотопии зоны предстоящего оперативного вмешательства.

Индивидуальная ТАМ, по нашему убеждению, основанном на результатах критического анализа опыта практического применения AR-технологии и понимании фундаментальных представлений нейрофизиологии, должна в полной мере и максимально точно отражать топографо-анатомические взаимоотношения в зоне планируемой операции. Необходимо особенно подчеркнуть, что речь идет не столько об анатомических аспектах клинической ситуации, способных сформировать у хирургической команды лишь мультипликационные впечатления и мало обоснованные иллюзии о высокой степени готовности к оперативному вмешательству, сколько о деталях топографической анатомии, ясное понимание которых может надежно обеспечить достаточную безопасность операции. В этой связи представления некоторых хирургических команд о необходимости избирательного моделирования наиболее значимых анатомических структур зоны операции нам представляются ошибочными [8–10].

Обязательным требованием является нанесение на модель так называемых «критических точек» (зоны опухолевой инвазии, близкого расположения жизненно важных анатомических структур и т. д.), детальное представление о которых потенциально может не только предупредить возникновение неблагоприятных интраоперационных событий и обеспечить безопасность, но и существенно повысить эффективность операции в целом (см. рис. 5).

Изложенное требование к ТАМ является одним из наиболее принципиальных с точки зрения планирования оперативного вмешательства как в висцеральной хирургии, так и при удалении инородных тел. В частности, сформированное в процессе предоперационного моделирования представление о критически важных деталях области оперативного вмешательства позволяет выбрать оптимальный (малотравматичный и безопасный) доступ к инородному телу (осколку).

В то же время в хирургии местнораспространенных опухолей органов живота и таза появляется возможность определить и нанести на персонифицированную ТАМ планируемые периферические границы хирургической резекции, тем самым сформировать у хирургической команды виртуальное представление о необходимом оптимальном результате планируемого радикального оперативного вмешательства.

Одним из важных и нереализуемым в полной мере на практике требованием к качеству ТАМ пациента является не только возможность воспроизведения топографо-анатомических аспектов отдельных этапов операции, но и обеспечение этапности контроля соответствия хода оперативного вмешательства предоперационному плану. Представляется обоснованным утверждать, что максимально детально построенная ТАМ и качественно спланированное на ее основе оперативное вмешательство создают предпосылки для разработки принципиально важной инновационной технологии виртуального оценки качества выполненного оперативного вмешательства, которая имеет четко очерченное нейрофизиологическое обоснование и в перспективе может быть разработана на основе эффективных инженерных решений.

Необходимо отметить важную организационную деталь – в настоящее время ДР применяется главным образом в плановой хирургии, что обусловлено значительными временными затратами на сегментацию и формирование ТАМ пациента. В этом случае только новые эффективные инженерные решения в виде создания инструментов автоматической сегментации позволят транслировать AR-технологию в экстренную хирургию и, что особенно важно

в современных реалиях, в хирургию повреждений мирного и военного времени.

Несмотря на очевидные преимущества использования AR-технологии в предоперационном периоде и перспективы, связанные с ее совершенствованием, результаты, полученные в исследовании, свидетельствуют о недостаточной эффективности применения ДР в целях интраоперационной навигации в висцеральной хирургии живота и таза.

Значительное отклонение ТАМ позволяет обоснованно утверждать, что в текущем формате применение ДР, исходя из нашего опыта, пока полноценно не может рассматриваться в качестве технологии, обеспечивающей повышение безопасности оперативных вмешательств на органах брюшной полости и малого таза, и не находит свое заслуженное место в перечне методик, применяемых обоснованно, безопасно и с достаточной степенью надежности.

Навигационный потенциал ДР оказался существенно выше при хирургическом лечении пациентов с инородными телами (осколками) конечностей. Продемонстрированные в исследовании статистически значимые различия показателя TRE обусловлены в первую очередь принципиальными отличиями не только топографо-анатомических особенностей областей операции, но также различной динамикой их изменений в ходе вмешательства. Значительная подвижность органов брюшной полости и малого таза, необходимость их ротации (перемещения) закономерно обусловливают кардинальное изменение определенных в предоперационном периоде координат, что в текущем периоде развития AR-технологии существенно ограничивает ее навигационные возможности в данной отрасли хирургии. В этом контексте становится обоснованной целесообразность применения ДР при удалении инородных тел (осколков) конечностей, когда вследствие большей статичности топографо-анатомических взаимоотношений в зоне операции и незначительной динамики интраоперационной ситуации создаются условия для полноценной реализации навигационного потенциала технологии. Прямым свидетельством верности данного тезиса является существенное повышение точности сопоставления ТАМ с зоной оперативного вмешательства и ее удержания в ходе операции при использовании разработанной в клинике методики док-шины, которая минимизирует суммарное отклонение ТАМ (см. рис. 5).

Заслуживают внимания сравнительный анализ результатов субъективной оценки степени принятия и удовлетворенности применением хирургами различной квалификации AR-технологии, а также ее эргономические и экологические аспекты.

Все участники проведенных опросов, вне зависимости от их профессионального стажа, позитивно и на высоком уровне воспринимают идеологию применения ДР в изучаемых отраслях хирургии. В то же время более опытные хирурги достоверно выше оценивают роль ДР в планировании (моделировании) операции и в подготовке бригады к предстоящему вмешательству. Полученный результат, вероятно, обусловлен большей глубиной осознавания влияния организационных аспектов предоперационной подготовки на безопасность оперативного вмешательства в целом. Менее опытные специалисты отметили более высокую общую удовлетворенность от применения ДР в ходе оперативного вмешательства, что во многом связано, как показали результаты послеоперационных интервью, с ярким эмоциональным восприятием всех этапов применения ДР в периоперационном периоде, без достаточной акцентуации на практически значимых деталях данного процесса.

Отдельного обсуждения заслуживает анализ эргономических аспектов интраоперационного применения ДР, которые опытные хирурги, в отличие от их ассистентов, оценили значительно и достоверно более негативно. Широко применяемые очки дополненной реальности Microsoft Hololens II обладают рядом конструктивных особенностей и соответственно недостатками, которые во многом предопределили негативную оценку ведущих хирургов операционных бригад нашей клиники. В их числе следует отметить громоздкость, что ведет к быстрой утомляемости оператора, недостаточную прозрачность и бликование стекол в условиях искусственного освещения операционного поля, что не только ухудшает его визулиазацию, но и значительно сокращает поля зрения, а также ухудшает коммуникацию между участниками хирургической бригады.

Наиболее значимым недостатком обсуждаемого типа AR-очков является отсутствие возможности одновременного использования налобного осветителя и бинокулярной оптики, которые являются важной составляющей системы обеспечения качественной визуализации и интраоперационной безопасности в целом. Изложенные обстоятельства отрицательно влияют на эргономику работы ведущего хирурга бригады и изменяют динамику длительных и энергозатратных оперативных вмешательств на органах брюшной полости и малого таза.

Таким образом, комплексная оценка позитивных и негативных аспектов применения ДР в целях интраоперационной навигации позволяет утверждать, что использование очков Microsoft Hololens II в существующем варианте в висцеральной хирургии органов живота и таза нецелесообразно. Очевидна необходимость разработки новых малогабаритных эргономичных систем

визуализации на основе ДР, которые могут быть интегрированы с носимыми источниками света (налобными осветителями) и оптикой (бинокулярными линзами) и не будут отрицательно влиять на динамику оперативного вмешательства. В случае успешного решения этой сложной, технической задачи, вероятно, появятся достаточно обоснованные предпосылки для более надежного внедрения ДР в хирургию органов брюшной полости и малого таза.

В то же время эффективность применения очков ДР при оперативных вмешательствах по поводу инородных тел (осколков) конечностей оценивается достаточно позитивно. Это обусловлено значительной статичностью топографо-анатомических взаимоотношений в зоне операции, особенно в условиях применения технологии док-шины, незначительной продолжительностью и низкой энергозатратностью оперативного вмешательства. В данных условиях недостатки AR-технологии и конструктивные особенности используемых очков дополненной реальности Microsoft Hololens II в известной степени нивелируются и не оказывают значительного негативного влияния на результаты применения ДР в данной отрасли хирургии. Также нужно отметить, что благодаря AR-технологии при удалении инородных тел мы смогли значительно сократить использование или совсем исключить рентгенологический контроль, тем самым значительно снизить лучевую нагрузку на пациента и персонал, что также внесло значительный вклад в повышение безопасности данного вида оперативных вмешательств.

Принимая во внимание выявленные при анализе полученных результатов недостатки, можно утверждать, что ДР в некоторых аспектах своего применения в различных отраслях хирургии является недостаточно зрелой, но перспективной технологией. Совершенствование тактических подходов к ее использованию и поиск эффективных инженерных решений актуальных проблем периоперационного применения потенциально способны повысить ее эффективность в качестве инструмента обеспечения безопасности хирургических вмешательств на конечностях, органах живота, таза и груди.

Заключение

Подводя итоги исследования, необходимо сделать несколько заключений.

Основной целью применения ДР в изучаемых отраслях хирургии является повышение эффективности и безопасности оперативных вмешательств в первую очередь за счет персонификации выбора хирургических подходов.

Технология ДР может применяться с различной эффективностью на всех этапах периоперационного периода в хирургии груди, живота, таза и конечностей. Характеризуется высокой степенью принятия хирургами различной квалификации.

Можно с уверенностью констатировать высокую эффективность AR-технологии при планировании (моделировании) оперативных вмешательств на органах груди, живота и таза, а также по поводу инородных тел (осколков) конечностей.

Необходимо признать, что в существующем формате применение ДР с целью навигации в висцеральной хирургии, при заболеваниях органов живота и таза, не может быть признано целесообразным в связи с ее недостаточной точностью, значительным несоответствием динамике оперативного вмешательства и неудовлетворительными эргономическими показателями. При этом критический анализ литературы, собственного опыта и результатов исследования возможностей применения ДР в различных отраслях висцеральной хирургии позволяет со сдержанным оптимизмом оценивать среднесрочные перспективы ее эффективного внедрения в практику для интраоперационной навигации и обеспечения безопасности хирургического вмешательства на органах брюшной полости и таза.

Очевидно, что в этой связи необходимы поиск инженерных решений проблемы эргономики и совершенствование AR-очков, дальнейшее развитие технологии сопоставления ТАМ и зоны оперативного вмешательства, повышение скорости и устойчивости управления моделью, в том числе скорости привязки ТАМ к объекту в условиях динамично изменяющейся интраоперационной обстановки. Успешное решение данных задач позволит обоснованно рассчитывать на повышение навигационного потенциала AR-технологии в висцеральной хирургии.

В то же время дополненная реальность убедительно продемонстрировала высокую эффективность при удалении инородных тел (осколков) конечностей за счет точного интраоперационного сопоставления ТАМ. В связи с этим, AR-технология может рассматриваться в качестве надежного и, что принципиально важно, самостоятельного инструмента навигации в данной отрасли хирургии.

Таким образом, всесторонний анализ различных аспектов периоперационного применения AR-технологий в хирургии органов живота, таза, при оперативных вмешательствах по поводу инородных тел конечностей, позволяет обоснованно констатировать целесообразность формулировки мультимодальной концепции планирования и периоперационного обеспечения безопасности хирургического вмешательства на основе дополненной реальности.

Практическая реализация данной концепции должна основываться на представлении о ТАМ не столько как об объемной 3D-модели области

предстоящего оперативного вмешательства, сколько как о персонифицированном клиническом топографо-анатомического виртуальном атласе пациента, определяющем основополагающие принципы идеологии его применения в периоперационном периоде.

При этом только комбинированное с интраоперационной навигацией применение персонифицированного клинического топографо-анатомического виртуального атласа пациента, с учетом текущего состояния инженерной составляющей технологии и специфики ее практического интраоперационного применения, позволяет обоснованно рассчитывать на максимально возможную и полноценную реализацию потенциала AR-технологии в интересах обеспечения безопасности хирургических вмешательств и повышения их эффективности.

Перспективы применения ДР распространяются далеко за границы обсуждаемого контекста проблемы совершенствования иммерсивных технологий. В первую очередь это касается использования ДР для поддержки принятия решений в особых медико-тактических условиях, в том числе разработки и внедрения концепции цифрового двойника человека («аватара») в целях совершенствования системы оказания медицинской помощи в условиях ограниченных ресурсов, а также интеграции искусственного интеллекта и AR-технологий. Дальнейшее развитие ДР позволит разработать высокоэффективные подходы к медицинскому образованию и подготовке хирургов, а также будет способствовать развитию научных знаний в области анатомии и антропологии в качестве перспективного метода прижизненного изучения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Коновалов А.Н., Окишев Д.Н., Пилипенко Ю.В. и др. Дополненная реальность как метод нейронавигации при микрохирургическом лечении цереброваскулярной патологии: описание метода и опыта применения. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2025;89(1):37–45. DOI: 10.17116/neiro20258901137. [Konovalov A.N., Okishev D.N., Pilipenko Ju.V., et al. Dopolnennaja real'nost' kak metod nejronavigacii pri mikrohirurgicheskom lechenii cerebrovaskuljarnoj patologii: opisanie metoda i opyta primenenija. *Zhurnal Voprosy Neirokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2025;89(1):37–45. DOI: 10.17116/neiro20258901137. (In Russ.)].

2. Коновалов А.Н., Пилипенко Ю.В., Окишев Д.Н. и др. Использование дополненной реальности как метода нейронавигации при выполнении экстра-интракраниального микроанастомоза. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)*. 2024;8(3):28–34. DOI: 10.17116/operhirurg2024803128. [Konovalov A.N., Pilipenko Ju.V., Okishev D.N., et al. Ispol'zovanie dopolnennoj real'nosti kak metoda nejronavigacii pri vypolnenii jekstra-intrakranial'nogo mikroanastomoza. *Operativnaya khirurgiya i klinicheskaya anatomiya*. 2024;8(3):28–34. DOI: 10.17116/operhirurg2024803128. (In Russ.)].

3. Chegini S., Edwards E., McGurk M., et al. Systematic review of techniques used to validate the registration of augmented-reality images using a head-mounted device to navigate surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2023;61(1):19–27. DOI: 10.1016/j.bjoms.2022.08.007.

4. Baashar Y., Alkawsi G., Ahmad W.N.W, et al. Effectiveness of using augmented reality for training in the medical professions: meta-analysis. *JMIR Serious Games*. 2022;10(3):e32715. DOI: 10.2196/32715.

5. Гребеньков В.Г., Румянцев В.Н., Иванов В.М. и др. Опыт применения технологии дополненной реальности в хирургическом лечении больных первичными и рецидивными опухолями органов малого таза. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2022;24(4):697–706. DOI: 10.17816/brmma112505. [Greben'kov V.G., Rumjancev V.N., Ivanov V.M., et al. Opyt primenenija tehnologii dopolnennoj real'nosti v hirurgicheskom lechenii bol'nyh pervichnymi i recidivnymi opuholjami organov malogo taza. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2022;24(4):697–706. DOI: 10.17816/brmma112505. (In Russ.)].

6. Агаханова М.Д., Гребеньков В.Г., Румянцев В.Н. и др. Опыт применения технологии дополненной реальности в хирургическом лечении больного с инкапсулированными металлическими инородными телами нижних конечностей. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2023;25(2):261–268. DOI: 10.17816/brmma321172. [Agahanova M.D., Greben'kov V.G., Rumjancev V.N., et al. Opyt primenenija tehnologii dopolnennoj real'nosti v hirurgicheskom lechenii bol'nogo s inkapsulirovannymi metallicheskimi inorodnymi telami nizhnih konechnostej. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2023;25(2):261–268. DOI: 10.17816/brmma321172. (In Russ.)].

7. Ivanov V.M., Krivtsov A.M., Strelkov S.V., et al. Practical application of augmented/mixed reality technologies in surgery of abdominal cancer patients. *Journal of Imaging*. 2022;8(7):1–16. DOI: 10.3390/jimaging8070183.

8. Dai J., Qi W., Qiu Z., Li C. The application and prospection of augmented reality in hepato-pancreato-biliary surgery. *Biosci Trends*. 2023; 17(3):193–202. DOI: 10.5582/bst.2023.01086.

9. Ma L., Huang T., Wang J., Liao H. Visualization, registration and tracking techniques for augmented reality guided surgery: a review. *Phys Med Biol*. 2023;68(4). DOI: 10.1088/1361-6560/acaf23.

10. Javaheri H., Ghamarnejad O., Lukowicz P., et al. Enhancing perioperative outcomes of pancreatic surgery with wearable augmented reality assistance system: a matched-pair analysis. *Ann. Surg. Open*. 2024;(4):e516. DOI: 10.1097/AS9.0000000000000516.

Поступила 26.07.2025
Принята 01.08.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 26.07.2025
Accepted 01.08.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Суров Дмитрий Александрович – д-р мед. наук, профессор, начальник кафедры военно-морской хирургии, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации; Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И. И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия, sda120675@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4519-0018

Румянцев Валерий Николаевич – канд. мед. наук, преподаватель кафедры военно-морской хирургии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, doctorelanmp@bk.ru, https://orcid.org/0000-0001-7526-6282

Коржук Михаил Сергеевич – д-р мед. наук, профессор, преподаватель кафедры военно-морской хирургии, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, gensurg@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4579-2027

Гаврилова Анна Леонидовна – врач-рентгенолог, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, gensurg@mail.ru

Гребеньков Владимир Геннадьевич – канд. мед. наук, преподаватель кафедры военно-морской хирургии, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, grebenkov_89@mail.ru, https://orcid.org/0000-002-7881-1714

Иванов Владимир Михайлович – д-р физ.-мат. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия, voliva@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0001-8194-2718

Смирнов Антон Юрьевич – программист, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия, ishunpo@gmail.com, https://orcid.org/0009-0001-2440-2499

Климов Иван Максимович – слушатель факультета подготовки врачей, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, ivanklimov.1250@mail.ru, https://orcid.org/ 0009-0002-9048-3319

Пономарев Александр Сергеевич – слушатель факультета подготовки врачей, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, i@aleksandr-ponomarev.ru, https://orcid.org/0009-0008-9818-9636

Демко Андрей Евгеньевич – д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по науке, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе; Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, demkoandrey@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-5606-288X

Святненко Андрей Владимирович – врач-хирург, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе; Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, svyatnenkoandrei@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2603-9854

Точильников Григорий Викторович – канд. мед. наук, Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, gr75@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4232-8170

Authors

Surov Dmitry A. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Naval Surgery, S. M. Kirov Military Medical Academy; Saint-Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia, sda120675@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4519-0018

Rumyantsev Valery N. – Candidate of Medical Sciences, Lecturer at the Department of Naval Surgery, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia, doctorelanmp@bk.ru, https://orcid.org/0000-0001-7526-6282

Korzhuk Mikhail S. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Lecturer at the Department of Naval Surgery, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia, gensurg@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4579-2027

Gavrilova Anna L. – Radiologist, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia, gensurg@mail.ru

Grebenkov Vladimir G. – Candidate of Medical Sciences, Lecturer at the Department of Naval Surgery, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia, grebenkov_89@mail.ru, https://orcid.org/0000-002-7881-1714

Ivanov Vladimir M. – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, voliva@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0001-8194-2718

Smirnov Anton Yu. – Programmer, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, ishunpo@gmail.com, https://orcid.org/0009-0001-2440-2499

Klimov Ivan M. – Student at the Faculty of Medical Training, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia, ivanklimov.1250@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-9048-3319

Ponomarev Alexander S. – Student at the Faculty of Medical Training, S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia, i@aleksandr-ponomarev.ru, https://orcid.org/0009-0008-9818-9636

Demko Andrey E. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director for Science, Saint-Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine; S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia, demkoandrey@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-5606-288X

Svyatnenko Andrey V. – Surgeon, Saint-Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine; S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia, svyatnenkoandrei@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-2603-9854

Tochilnikov Grigory V. – Candidate of Medical Sciences, Petrov Research Institute of Oncology, St. Petersburg, Russia, gr75@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4232-8170

УДК 616.381-089.23:616.381-089.84

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ЭНДОВИДЕОХИРУРГИЧЕСКИХ И ОТКРЫТЫХ МЕТОДИК ГЕРНИОПЛАСТИКИ В ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ ПАХОВЫМИ ГРЫЖАМИ

П.Н. Ромащенко, В.В. Семенов, Н.Ф. Фомин, А.А. Мамошин

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ. Персонализация выбора методики герниопластики у пациентов с паховыми грыжами остается актуальной проблемой современной герниологии. Выполнение «эмбриионально ориентированных операций» в лечении больных паховыми грыжами и трудности восприятия мультифасциального строения передней брюшной стенки определяют необходимость углубленного топографо-анатомического изучения передней брюшной стенки и обоснования вариантов эндовидеохирургической паховой герниопластики у разной категории пациентов. Цель исследования – уточнить клинические и топографо-анатомические критерии выбора рациональной методики герниопластики у больных паховыми грыжами для уменьшения рисков послеоперационных осложнений и рецидива заболевания. Основу клинического исследования составили данные о 1517 больных паховыми грыжами, которые прооперированы в клинике факультетской хирургии ВМедА в период с декабря 2014 по октябрь 2021 гг. Топографо-анатомическое исследование проведено с использованием кадаверного материала (11 объектов) и анализом пластинированных поперечных распилов живота (n = 17) человеческих трупов с определением индивидуальных особенностей поперечной и предбрюшинной фасций при основных типах телосложения человека. Определено значение данных анатомических структур при выполнении эндовидеохирургической герниопластики. Установлено, что предбрюшинная фасция визуализирована во время исследования на всех 11 трупах, толщина которой в разных областях передней брюшной стенки отличалась. Техническая возможность выполнения эндоскопической герниопластики по методике TEP имеется у больных всех типов телосложения. Разработанный и обоснованный с топографо-анатомических позиций доступ TEP в межфасциальное предбрюшинное клетчаточное пространство позволяет достоверно уменьшить риск повреждения брюшины, эпигастральных сосудов, нервов в «треугольнике боли» и надежно установить сетчатый протез без степлерной фиксации, протезируя все «слабые» места паховой, бедренной и запирательной областей. Модифицированный лечебно-диагностический алгоритм выбора рационального минимально инвазивного способа паховой герниопластики позволил уменьшить послеоперационный болевой синдром, минимизировал риск послеоперационных осложнений при выполнении операции TEP с 3,9 до 1 % при p<0,05; при операциях TAPP и Lichtenstein снизил с 4,5 до 3,6 % и с 9,5 до 6,3 % соответственно при p>0,05; уменьшил частоту конверсий доступа в три раза, рецидива заболевания после операции TEP с 1,2 до 0,3 % при p<0,05; TAPP с 1,5 до 0,9 % и операции Lichtenstein с 2,9 до 2,1 % при p>0,05. Модернизированный дифференцированный подход к выбору той или иной методики операции в лечении пациентов с паховыми грыжами должен учитывать: тип грыжи по современной классификации; наличие сопутствующих хирургических заболеваний органов брюшной полости; общее коморбидное состояние пациента; прогнозировать и минимизировать возможные риски периоперационных осложнений, а также технологические возможности лечебного учреждения и мануальные навыки хирурга.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *герниопластика, паховая грыжа, TEP, TAPP, операция Лихтенштейна, топографо-анатомическое обоснование, предбрюшинная фасция*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ромащенко П.Н., Семенов В.В., Фомин Н.Ф., Мамошин А.А. Модернизированный подход к выбору эндовидеохирургических и открытых методик герниопластики в лечении больных паховыми грыжами. *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 63–70. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-63-70

A MODERNIZED APPROACH TO THE SELECTION OF ENDOVIDEOSURGICAL AND OPEN HERNIOPLASTY TECHNIQUES IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH INGUINAL HERNIAS

P.N. Romashchenko, V.V. Semenov, N.F. Fomin, A.A. Mamoshin

Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT. Personalization of the choice of hernioplasty technique in patients with inguinal hernias remains an urgent problem of modern herniology. Performing "embryo-oriented operations" in the treatment of patients with inguinal hernias and difficulties in perceiving the multifascial structure of the anterior abdominal wall determine the need for an in-depth topographic and anatomical study of the anterior abdominal wall and substantiation of options for endovideosurgical inguinal hernioplasty in different categories of patients. The purpose of the study – to clarify the clinical and topographic-anatomical criteria for choosing a rational method of hernioplasty in patients with inguinal hernias to reduce the risks of postoperative complications and disease recurrence. The clinical study was based on data on 1,517 patients with inguinal hernias who underwent surgery at the Clinic of the Faculty of Surgery at the University of Medicine in the period from December 2014 to October 2021. The topographic and anatomical study was carried out using cadaveric material (11 objects) and analysis of plastinated transverse cuts of the abdomen ($n = 17$) of human corpses to determine the individual features of the transverse and preperitoneal fascia in the main types of human physique. The significance of these anatomical structures in performing endovideosurgical hernioplasty has been determined. It was found that the preperitoneal fascia was visualized during the study on all 11 corpses, the thickness of which differed in different areas of the anterior abdominal wall. The technical possibility of performing endoscopic hernioplasty using the TER technique is available in patients of all body types. The TEP access to the interfascial preperitoneal cellular space, developed and justified from a topographic and anatomical point of view, significantly reduces the risk of damage to the peritoneum, epigastric vessels, and nerves in the "triangle of pain" and reliably installs a mesh prosthesis without stapler fixation, prosthetics all the "weak" points of the inguinal, femoral, and occlusive regions. The modified therapeutic and diagnostic algorithm for choosing a rational minimally invasive method of inguinal hernioplasty made it possible to reduce postoperative pain syndrome, minimized the risk of postoperative complications during TEP surgery from 3.9 to 1 % at $p<0.05$; reduced TAPP and Lichtenstein operations from 4.5 to 3.6 % and from 9.5 to 6.3 % respectively when $p>0.05$; reduced the frequency of access conversions by 3 times, recurrence of the disease after TEP surgery from 1.2 to 0.3 % at $p<0.05$; TAPP from 1.5 to 0.9 % and Lichtenstein surgery from 2.9 to 2.1 % at $p>0.05$. A modernized differentiated approach to choosing a particular surgical technique in the treatment of patients with inguinal hernias should take into account the type of hernia according to the modern classification, the presence of concomitant surgical diseases of the abdominal cavity, the general comorbid condition of the patient, predict and minimize the possible risks of perioperative complications, as well as the technological capabilities of the medical institution and manual skills of the surgeon.

KEYWORDS: *hernioplasty, inguinal hernia, TEP, TAPP, Lichtenstein surgery, topographic and anatomical substantiation, preperitoneal fascia*

FOR CITATION: Romashchenko P.N., Semenov V.V., Fomin N.F., Mamoshin A.A. A modernized approach to the selection of endovideosurgical and open hernioplasty techniques in the treatment of patients with inguinal hernias. *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 63–70. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-63-70 (In Russ.).

Введение

Внедрение в хирургическую практику эндовидеохирургических технологий герниопластики позволило снизить частоту рецидивов грыж до 1 %, а осложнений до 3–5 % [1–4]. Трансабдоминальная преперитонеальная герниопластика (Transabdominal Preperitoneal Laparoscopic Inguinal Hernia Repair – TAPP) нашла более широкое применение среди российских хирургов в связи с привычными оперативными приемами для врача, владеющих эндоскопическими методиками оперирования. К внедрению полностью внебрюшинной герниопластики по методике TEP (Totally Extraperitoneal Inguinal Hernia Repair) хирурги относятся более сдержанно ввиду более сложной техники оперативного вмешательства [5, 6].

Представленные в отечественной и зарубежной литературе сведения о доступах и оперативной технике при выполнении эндовидеохирургической герниопластики мало аргументированы топографо-анатомическими исследованиями, учитывающими индивидуальные антропометрические особенности пациента. Трудности восприятия и недостаточные знания мультифасциального строения передней брюшной стенки приводят к необоснованному расширению объема операции, излишней диссекции и попыткам установки сетчатого протеза в небезопасных межфасциальных слоях, повышая риск повреждения сосудов и нервов паховой области, а также частоту конверсий эндовидеохирургического доступа. Современные тенденции «хирургии малых пространств», а также «эмбрионально ориентированных операций» заставляют вновь обратиться к индивидуальным особенностям анатомического строения передней брюшной стенки, уточнить хирургический слой, в котором проводится диссекция и установка сетчатого имплантата при паховой эндоскопической герниопластике [7, 8].

Цель исследования – уточнить клинические и топографо-анатомические критерии выбора рациональной методики эндовидеохирургической герниопластики у больных паховыми грыжами для минимизации рисков послеоперационных осложнений и рецидива заболевания.

Материалы и методы

Основу клинического исследования составили данные о 1517 больных паховыми грыжами, которые прооперированы в клинике факультетской хирургии ВМедА с декабря 2014 по октябрь 2021 гг.

Оценку результатов лечения с определением критериев выбора оптимальной методики герниопластики проводили ретроспективно у 632 больных (с 2014 по 2018 гг.) – первая группа, позволившая разработать модифицированный алгоритм обследования и лечения больных паховыми грыжами. Изучены результаты лечения с применением данного алгоритма проспективно у 885 больных (с 2018 по 2021 гг.) – вторая группа. Две группы больных были разделены на три подгруппы, состоящие из пациентов, оперированных по методикам TEP, TAPP и Лихтенштейна соответственно. Также выделялись больные с одно- и двусторонними грыжами, учитывался характер грыжи по современной классификации Европейского герниологического общества (EHS). В проспективной группе выбор той или иной методики герниопластики осуществлялся с учетом разработанного лечебно-диагностического алгоритма, в отличие от ретроспективной группы. Критерием включения в исследование было наличие у пациента вправимой паховой грыжи, в том числе рецидивной. Больные с ущемленными паховыми, бедренными грыжами, наличием декомпенсированной сопутствующей патологии (IV балла) по классификации Американской ассоциации анестезиологов (ASA) в исследование не включались.

Для достижения поставленной цели выполнено топографо-анатомическое исследование с использованием кадаверного материала (11 объектов) и анализом гистотопограмм трех пластинированных распилов передней брюшной стенки. Топографо-анатомическое исследование проведено на кафедре оперативной хирургии (с топографической анатомией) Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова МО РФ, пластинацию распилов выполняли в Международном морфологическом центре [9].

Изучены особенности строения передней брюшной стенки и обоснование доступов в предбрюшинное пространство при выполнении эндовидеохирургической герниопластики. Изучены особенности анатомического строения 11 трупов (мужских – 9, женских – 2), умерших в возрасте от 29 до 80 лет от заболеваний, не связанных с патологией органов брюшной полости.

В исследование также включены пластинированные поперечные распилы живота ($n = 3$) человеческих трупов с тремя крайними типами телосложения (долихоморфным, мезоморфным и брахиморфным). На всех 11 трупах изучены индивидуальные особенности строения поперечной, предбрюшинной фасций, межфасциальной жировой клетчатки, особенности кровоснабжения и иннервации паховой области и предбрюшинного пространства. Это позволило параллельно послойному препарированию тканей определить оптимальный безопасный вариант доступа в предбрюшинное пространство [10].

Результаты и обсуждение

Проведена оценка результатов лечения пациентов ретроспективного исследования (табл. 1) и больных паховыми грыжами, сформирована бальная оценка критериев риска возникновения конверсий и периоперационных осложнений (табл. 2).

Разработанная бальная оценка критериев риска возникновения осложнений операции позволила выработать алгоритм выбора способа оперативного вмешательства: при низком или умеренном риске возникновения осложнений операции определена возможность выполнения эндовидеохирургического или традиционного вмешательства. Высокий и крайне высокий риск развития осложнений операций, согласно бальной оценке, являлся противопоказанием к выполнению хирургического вмешательства. При этом данная шкала позволяла выбрать наиболее оптимальный вариант операции при условии соблюдения критериев наименьшего количества баллов ($n \leq 2$) согласно шкале периоперационных рисков возникновения осложнения операции.

Таблица 1. Количество осложнений, конверсий, рецидивов при лечении пациентов с паховыми грыжами (ретроспективное исследование)

Методика операции	Осложнения, *n*/%	Конверсия доступа, *n*/%	Рецидив заболевания, *n*/%
TEP	13/3,9	30 /9,1	4/1,2
TAPP	9/4,5	9/4,5	3/1,5
Операция Лихтенштейна	10/9,5	–	3/2,9

Таблица 2. Бальная оценка критериев риска возникновения осложнений операции

Критерии риска осложнений	TEP	TAPP	Операция Лихтенштейна
Ожирение 2–3 степени	2	0	3
Традиционная аппендэктомия в анамнезе	2	1	0
Операция иванисевича в анамнезе	1	0	0
Простатэктомия в анамнезе	4	2	0
Спаечная болезнь брюшины	0	3	0
Нижнесрединная лапаротомия в анамнезе	3	2	0
Рецидивная паховая грыжа после TEP или TAPP	4	3	0
Рецидивная паховая грыжа после открытой паховой герниопластики	1	0	3
L3 и пахово-мошоночная грыжа	4	3	1
Сопутствующая пупочная грыжа	1	0	0
Долихоморфный тип телосложения			
Брахиморфный тип телосложения	1	0	0
Компенсированные больные из ASA IV в ASA III	3	3	1

Примечания: 0 баллов – нет риска возникновения осложнений операции; 1 – низкий риск возникновения осложнений операции; 2 – умеренный риск возникновения осложнений операции; 3 – высокий риск возникновения осложнений операции; 4 – крайне высокий риск возникновения осложнений операции.

Персонализация выбора методики операции позволила минимизировать риски возникновения технических трудностей во время операции и, как следствие, предотвратить возникновение интраоперационных осложнений. Разработан модифицированный алгоритм лечения пациентов с паховыми грыжами (рис. 1).

С учетом проведенного исследования и полученных результатов лечения пациентов с паховыми грыжами можно констатировать факт о безусловном превосходстве эндовидеохирургической методики TEP над остальными видами герниопластики при отсутствии противопоказаний к выполнению данной операции.

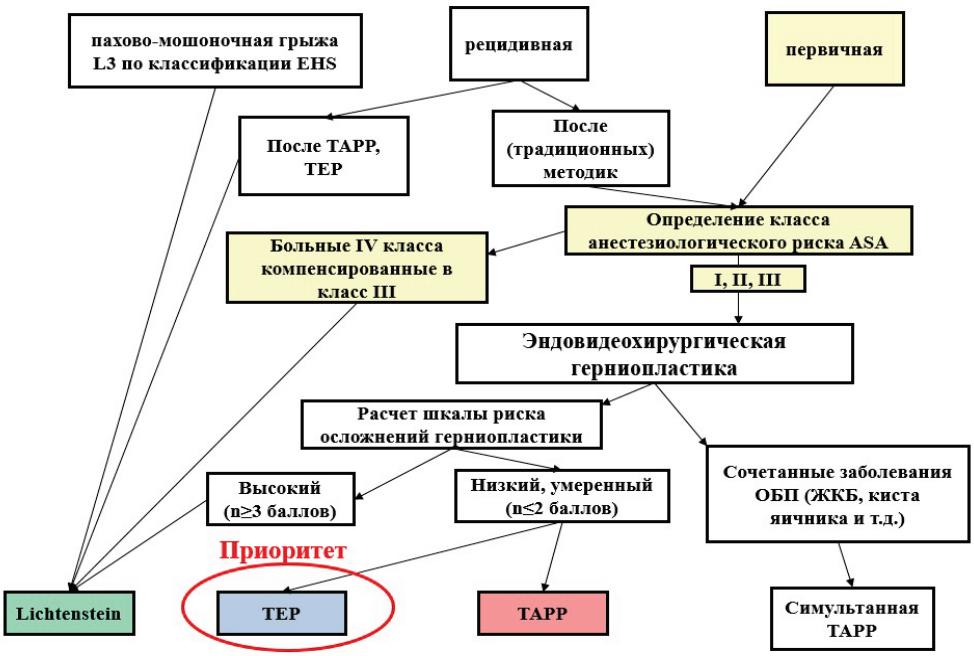


Рис. 1. Модифицированный алгоритм обследования и минимально инвазивного хирургического лечения больных паховыми грыжами

Причиной большинства неудовлетворительных результатов при анализе ошибок явились: необоснованное выполнение методики TEP пациентам, имеющим высокие риски возникновения интраоперационных технических трудностей; слабое знание топографической анатомии и особенностей строения предбрюшинного пространства с непривычной точки зрения для хирурга, оперирующего преимущественно лапароскопическим способом, играют ключевое значение в развитии осложнений при выполнении данной операции.

В ходе анатомического исследования определен оптимальный слой (holly plane) и зона, в которых необходимо проводить диссекцию тканей при выполнении герниопластики по методике TEP.

Предбрюшинная фасция визуализирована во время исследования на всех 11 трупах, толщина которой в разных областях передней брюшной стенки отличалась. В семи кадаверных исследованиях у четырех трупов долихоморфного телосложения и трех трупов брахиморфного телосложения предбрюшинная фасция довольно выражена. В остальных случаях (четыре трупа: три мезоформного и один долихоморфного телосложения) данная фасция прослеживалась в виде тонкостенной прослойки, технически сложной для полноценного препарирования. Установлено, что в гипогастральной области и позади прямых мышц живота предбрюшинная фасция выражена отчетливо. В области пупка она истончается, и выделить ее как отдельную структуру между поперечной фасцией и брюшиной крайне трудно, тем более дифференцировать межфасциальное жировое пространство. Отступя 1,5–2,0 см от пупочного кольца каудально данные анатомические структуры хорошо прослеживаются вследствие утолщения межфасциального жирового пространства. Также стоит отметить, что непосредственно по срединой линии (linea alba) ниже пупка также затруднительно дифференцировать предбрюшинную фасцию от поперечной. Однако отступив 0,3–0,5 см латеральнее возможно уверенно выделить межфасциальное жировое пространство. Достигается это при помощи смещения прямой мышцы живота латеральнее срединной линии и рассечения поперечной фасции (в этой зоне она называется fascia recta).

При изучении секционного материала установлено, что у лиц долихоморфного телосложения расстояние между паховой связкой и дугообразной линией составляет в среднем 12±2,5 см. У лиц с брахиморфным телосложением – 8±2 см, мезоморфным – 10±2 см. Полученные данные также позволили предположить возможные трудности операции у брахиморфов ввиду уменьшения угла обзора операционного поля, на который влияет дугообразная линия во время выполнения эндовидеохирургической операции ТЕР. Помимо данного факта, прогнозирование расстояния между паховой связкой и дугообразной линией у людей с разным типом телосложения позволяет подобрать имплантат адекватной ширины.

Наиболее значимым отличием является ширина устанавливаемого сетчатого имплантата. Длина протеза в большинстве случаев составляет 15 см, этого достаточно, чтобы перекрыть все «слабые» зоны передней брюшной стенки. Ширина протеза должна быть не менее 10 см, а у пациентов с долихоморфным типом телосложения – 15 см. Разница в ширине напрямую зависит от типа пахового промежутка (у людей брахиморфного типа телосложения он щелеобразно-овальный, у долихоморфных – треугольный), а также от расстояния между паховой связкой и дугообразной линией.

Оценивая толщину и выраженность предбрюшинной фасции у лиц с разным типом телосложения, закономерностей в исследовании не выявлено. Предбрюшинная фасция диагностирована во всех 11 случаях. В одном случае (у трупа с долихоморфным телосложением и трех трупов с мезоморфным) данная фасция практически отсутствовала как отдельная пластинка, сливаясь в соединительнотканных перемычках предбрюшинной жировой клетчатки. Только в латеральных областях, около гребня подвздошных костей данная фасция хорошо дифференцировалась. В остальных случаях четкой корреляции толщины предбрюшинной жировой клетчатки двух пространств не прослеживалось.

Результаты анатомического исследования позволили уточнить особенности топографии передней брюшной стенки и модифицировать методику эндовидеогерниопластики ТЕР, которая проспективно апробировалась в клинической практике.

Введение первого порта для 10 мм лапароскопа с угловой 30° оптикой должно выполняться на 1,5–2,0 см ниже пупочного кольца. В данной зоне выполняется линейный разрез кожи длиной 12–15 мм и тупым путем производится препаровка жировой клетчатки до передней стенки влагалища прямых мышц живота, которая рассекается, отступив 0,3–0,5 см латеральнее срединной линии, затем после смещения прямой мышцы живота рассекается поперечная фасция и вводится порт для эндоскопа в межфасциальное жировое пространство (рис. 2).

Таким образом, при выполнении операции по методике ТЕР как у пациентов с брахиморфным, так и долихоморфным типом телосложения в абсолютном большинстве случаев предбрюшинную фасцию возможно дифференцировать и использовать как ориентир для манипуляций в «правильном» слое.

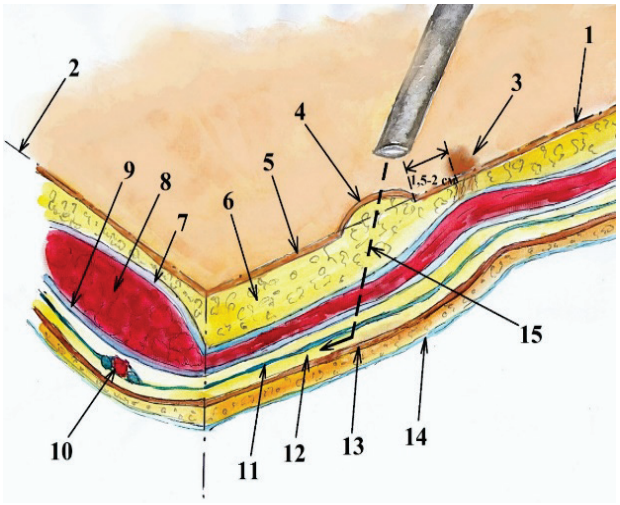


Рис. 2. Схема выполнения хирургического доступа по модифицированной методике ТЕР и установки оптического троакара

Модифицированный лечебно-диагностический алгоритм выбора рационального минимально инвазивного способа паховой герниопластики в полной мере оправдал свое использование у лиц проспективной группы, обеспечил рациональное применение хирургических методик, позволяя уменьшить послеоперационный болевой синдром, минимизировать риски послеоперационных осложнений при выполнении операции TEP с 3,9 до 1 % при $p<0,05$; при операциях TAPP и Lichtenstein снизить с 4,5 до 3,6 % и с 9,5 до 6,3 % соответственно при $p>0,05$; уменьшить частоту конверсий доступа в три раза, рецидива заболевания после операции TEP с 1,2 до 0,3 % при $p<0,05$; TAPP с 1,5 до 0,9 % и операции Lichtenstein с 2,9 до 2,1 % при $p > 0,05$.

При анализе результатов эндовидеохирургического лечения пациентов с паховыми грыжами частота осложнений составляет от 2,7 до 4,5 % при первичных паховых грыжах и до 8,6 % при рецидивных грыжах [2, 15]. Рецидив заболевания возникает с частотой от 0,16 до 2,6 % [14, 15]. Аналогичные исследования зарубежных ученных показывают, что количество осложнений в профильных герниологических центрах составляет до 4,1 %, а рецидив паховой грыжи до 0,83 % [13]. Конверсия доступа при лапароскопической герниопластике по сравнению с операцией TEP, по мнению российских и зарубежных авторов, возникает реже. Частота конверсии при операции TEP по результатам исследований составляет от 1,2 до 4,1 % [13, 16]. Однако данное исследование свидетельствует о том, что при соблюдении правил отбора пациентов для операции TEP возможность конверсии доступа нивелируется при соблюдении модифицированного алгоритма выбора методики операции. Таким образом, полученные результаты лечения больных паховыми грыжами с применением модифицированного лечебно-диагностического алгоритма выбора методики герниопластики сопоставимы с литературными данными как отечественных, так и зарубежных авторов,

Заключение

Выбор рациональной методики эндовидеохирургической герниопластики у больных паховыми грыжами должен основываться на основных клинических и топографо-анатомических критериях: общесоматическом статусе (по классификации ASA), типе телосложения, наличии сопутствующих хирургических заболеваний и выполненных в анамнезе операций на животе, характеристике типа грыжи (по классификации EHS).

Особенностью строения передней брюшной стенки в гипогастральной области является наличие межфасциального предбрюшинного клетчаточного пространства (между поперечной и предбрюшинной фасциями), предрасполагающее к безопасной установке сетчатого протеза эндовидеохирургическим способом. Размеры имплантата определяются типом телосложения пациента: при долихоморфном – 15×15 см, мезоморфном – 15×12 см, брахиморфном – 15×10 см.

Разработанный с топографо-анатомических позиций доступ TEP в межфасциальное предбрюшинное клетчаточное пространство (Stratum Cellulosum Interfasciale) у пациентов различного типа телосложения позволяет достоверно уменьшить риски повреждения брюшины, эпигастральных сосудов, нервов в «треугольнике боли» и надежно установить сетчатый протез адекватного размера в соответствии с типом телосложения пациента, перекрывая все «слабые» места паховой области, без дополнительной степлерной фиксации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Ромащенко П.Н., Курыгин А.А., Семенов В.В., и др. Современная концепция лечения больных вентральными грыжами. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2023;182(4):20–27. DOI: 10.24884/0042-4625-2023-182-4-20-27 [Romashchenko P.N., Kurygin A.A., Semenov V.V., et al. Modern concept of treatment of patients with ventral hernias. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2023;182(4):20–27. DOI: 10.24884/0042-4625-2023-182-4-20-27 (In Russ.)].

2. Богданов Д.Ю., Рутенбург Г.М., Навид М.Н. и др. Сравнение традиционных и лапароскопических вмешательств при рецидивной паховой грыже после лапароскопической пластики. *Эндоскопическая хирургия*. 2024;30(1):20–25. DOI: 10.17116/endoskop20243001120 [Bogdanov D.Yu., Rutenburg G.M., Navid M.N., et al. Comparison of traditional and laparoscopic procedures for recurrent in-

guinal hernia after laparoscopic repair. *Endoscopic Surgery*. 2024;30(1):20–25. DOI: 10.17116/endoskop20243001120 (In Russ.)].

3. Хужамов О.Б., Идиев О.Э. Современные методы хирургического лечения больных паховой грыжей и особенности строения пахового участка (обзор литературы). *Достижения науки и образования*. 2022;4:72–84. [Khuzhamov O.B., Idiev O.E. Modern methods of surgical treatment of inguinal hernia patients and features of inguinal site structure (literature review). *Achievements of science and education*. 2022;4:72–84. (In Russ.)].

4. Ромащенко П.Н., Фомин Н.Ф., Майстренко Н.А., и др. Топографо-анатомическое и клиническое обоснование тотальной экстраперитонеальной паховой герниопластики. *Эндоскопическая хирургия*. 2020;26(5):16–23. [Romashchenko P.N., Fomin N.F., Maistrenko N.A., et al. The topographical, anatomical and clinical substantiation of total extraperitoneal inguinal hernioplasty. *Endoscopic Surgery*. 2020;26(5):16–23. DOI: 10.17116/endoskop20202605116 (In Russ.)].

5. Бурдаков В.А., Зверев А.А., Макаров С.А., и др. Эндоскопический экстраперитонеальный подход в лечении пациентов с первичными и послеоперационными вентральными грыжами. *Эндоскопическая хирургия*. 2019;25(4):34–40. [Burdakov V.A., Zverev A.A., Makarov S.A., et al. Endoscopic extraperitoneal approach in the treatment of patients with primary and postoperative ventral hernias. *Endoscopic Surgery*. 2019;25(4):34–40. DOI: 10.17116/endoskop20192504134 (In Russ.)].

6. Watt I., Bartlett A., Dunn J., et al. Totally extraperitoneal laparoscopic inguinal hernia repair post-radical prostatectomy. *Surg Endosc*. 2022;36(11):8298–8306.

7. Лазарян Т.Р., Дондуп О.М., Сурков Н.А., Гущин А.В. Топографическая анатомия и оперативная хирургия паховых грыж: учебное пособие. М.: Изд-во «Знание-М», 2024. 84 с. DOI: 10.38006/00255-041-8.2024.1.84. [Lazaryan T.R., Dondup O.M., Surkov N.A., Guschin A.V. Topographic anatomy and operative surgery of inguinal hernias: A textbook for students. Moscow: Znanie-M Publishing House, 2024, 84 p. DOI: 10.38006/00255-041-8.2024.1.84 (In Russ.)].

8. Семенов В.В., Курыгин А.А., Ромащенко П.Н., и др. Эндовидеохирургическое лечение больного с ущемленной грыжей Амианда. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2017;176(2):112–114. DOI: 10.24884/0042-4625-2017-176-2-112-114 [Semenov V.V., Kurygin A.A., Romashchenko P.N., et al. Endovascular treatment of patient with strangulated Amyand's hernia. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2017;176(2):112–114. DOI: 10.24884/0042-4625-2017-176-2-112-114 (In Russ.)].

9. Старчик Д.А., Акопов А.Л. Атлас распилов человеческого тела: учебное пособие. СПб.: Международный морфологический центр, 2020. 171 с. [Starchik D.A., Akopov A.L. Atlas of cuts of the human body: textbook. St. Petersburg: International Morphological Center, 2020, 171 p. (In Russ.)].

10. Патент № 2729181 РФ. Способ установки троакаров при выполнении эндоскопической герниопластики по методике ТЕР / П.Н. Ромащенко, Н.Ф. Фомин, Н.А. Майстренко, и др. Заявл. 24.03.2020. Опубл. 04.08.2020. [Romashchenko P.N., Fomin N.F., Maistrenko N.A., et al. Patent No. 2729181 of the Russian Federation. The method of installing trocars during endoscopic hernioplasty using the TER technique. Application dated 24.03.2020. Published on 04.08.2020. (In Russ.)].

11. Ansari M.M. Surgical preperitoneal space: holy plane of dissection between transversalis fascia and preperitoneal fascia for TEPP inguinal hernioplasty. *MOJ Surg*. 2018;6(1):26–33.

12. Черных А.В., Попова М.П., Попов Н.П. Топографо-анатомические предпосылки выполнения задней сепарационной герниопластики TAR в зависимости от конституционального типа. Анатомия в XXI веке – традиция и современность: материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 120-летию профессора М.Г. Привеса и 125-летию кафедры клинической анатомии и оперативной хирургии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова, 16–18 мая 2024 г., Санкт-Петербург, Россия. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2024. С. 265–267. [Chernykh A.V., Popova M.P., Popov N.P. Topographic and anatomical prerequisites for performing posterior separation hernioplasty of TAR depending on the constitutional type. Anatomy in the 21st Century – Tradition and Modernity: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference dedicated to the 120th anniversary of Professor M.G.Prives and the 125th anniversary of the Department of Clinical Anatomy and Operative Surgery of the First Pavlov St. Petersburg State Medical University, May 16–18, 2024, St. Petersburg. Voronezh: Scientific Book Publishing and Printing Center, 2024, pp. 265–267. (In Russ.)].

13. Iossa A., Traumueller Tamagnini G., De Angelis F., et al. TEP or TAPP: who, when, and how? *Frontiers in surgery*. 2024;11:1352196. DOI: 10.3389/fsurg.2024.1352196.

14. Лобан К.М., Смирнова О.А., Андрияшкин А.В., и др. Сравнение отдаленных результатов эндовидеохирургической паховой герниопластики (TAPP и TEP). *Эндоскопическая хирургия*. 2024;30(6):5–12. DOI: 10.17116/endoskop2024300615 [Loban K.M., Smirnova O.A., Andriyashkin A.V., et al. Comparison of long-term outcomes of different methods of laparoscopic inguinal hernia repair (TAPP and TEP). *Endoscopic Surgery*. 2024;30(6):5–12. DOI: 10.17116/endoskop2024300615 (In Russ.)].

15. Стрижелецкий В.В., Макаров С.А., Ломия А.Б. Опыт эндовидеохирургических технологий в лечении больных с паховыми грыжами. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 2017;176(3):74–76. [Strizheletsky V.V., Makarov S.A., Lomiya A.B. Experience of Endovideosurgical Technologies in the Treatment of Patients with Inguinal Hernias. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2017;176(3):74–76. (In Russ.)].

16. Уханов А.П., Захаров Д.В., Жилин С.А., и др. Сравнительный анализ результатов лапароскопической предбрюшиннной пластики паховых грыж и герниопластики по Лихтенштейну. *Вестник Новгородского государственного университета*. 2024;2(136):284–303. DOI: 10.34680/2076-8052.2024.2(136).284-303 [Ukhanov A.P., Zakharov D.V., Zhilin S.A., et al. Comparative

analysis of the results of laparoscopic preperitoneal hernia repair and Lichtenstein hernia repair. *Bulletin of Novgorod State University*. 2024;2(136):284–303. DOI: 10.34680/2076-8052.2024.2(136).284-303 (In Russ.)].

Поступила 25.07.2025
Принята 30.07.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 25.07.2025
Accepted 30.07.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Ромащенко Павел Николаевич – д-р мед. наук, профессор, чл.-кор. РАН, начальник кафедры (клиники) факультетской хирургии им. С. П. Федорова, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия,
https://orcid.org/0000-0001-8918-1730

Семенов Валерий Владимирович – старший преподаватель кафедры (клиники) факультетской хирургии им. С. П. Федорова, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, semvel-85@mail.ru,
https://orcid.org/0000-0003-1025-332X

Фомин Николай Федорович – д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры оперативной хирургии (с топографической анатомией) им. С. П. Федорова, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия,
https://orcid.org/0000-0003-3961-1987

Мамошин Алексей Александрович – внешний соискатель кафедры факультетской хирургии им. С. П. Федорова, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия,
aleksej0191@mail.ru,
https://orcid.org/0000-0002-7663-51201

Authors

Romashchenko Pavel N. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department (Clinic) of the S.P. Fedorov Faculty of Surgery, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia,
https://orcid.org/0000-0001-8918-1730

Semenov Valery V. – Senior lecturer at the Department (Clinic) of the S.P. Fedorov Faculty of Surgery, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia,
semvel-85@mail.ru,
https://orcid.org/0000-0003-1025-332X

Fomin Nicolay F. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Operative Surgery (with Topographic Anatomy) named after S.P. Fedorov, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia,
https://orcid.org/0000-0003-3961-1987

Mamoshin Alexey A. – External Candidate of the Department of Faculty Surgery named after S.P. Fedorov, Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia,
aleksej0191@mail.ru,
https://orcid.org/0000-0002-7663-5120

УДК 616.361-005.1-089-08

СТРАТЕГИЯ В ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С РАННИМИ ОСЛОЖНЕНИЯМИ И ПОЗДНИМИ ПОСЛЕДСТВИЯМИ НЕПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖЕЛЧНЫХ ПРОТОКОВ (ОПЫТ КЛИНИКИ)

Р.Г. Аванесян[1,2], М.П Королев[1,2], Л.Е. Федотов[1,2], М.Е. Горовой[1], Л.З. Хафизов[1,2]

[1] *«Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия*

РЕЗЮМЕ. Повреждение желчных протоков считается наиболее грозным осложнением операций на органах гапатопанкреатодуоденальной зоны и часто является причиной тяжелых последствий в раннем послеоперационном периоде, а также причиной инвалидизации пациентов молодого и трудоспособного возраста в поздних сроках. Таким образом, непреднамеренные повреждения желчных протоков – медико-социальная проблема, поиском путей оптимального решения различных проблем ранних осложнений послеоперационного периода и поздних последствий реконструктивных операций на желчных протоках занимаются многие поколения специалистов различных клиник. В современных условиях определяется место и роли минимально инвазивных операций при оказании помощи больным с повреждениями желчных протоков, возможность и эффективность чрескожных комбинированных операций при лечении больных со стриктурами билиобилиарных и билиодигестивных анастомозов. Цель работы – оценить эффективность и альтернативность разработанных комбинированных минимально инвазивных операций при ранних осложнениях и поздних последствиях различных по характеру повреждений желчных протоков. В исследование включены 193 больных, из которых 55 пациентов с ранними осложнениями непреднамеренных повреждений желчных протоков, 138 – с поздними последствиями реконструктивных билиобилиарных и билиодигестивных операций. Применялись оригинальные минимально инвазивные комбинированные операции при восстановлении целостности и проходимости непреднамеренно поврежденных желчных протоков после операций на органах гепатопанкреатобилиарной зоны. При анализе эффективности разработанных минимально инвазивных операций получены следующие данные: при ранних осложнениях непреднамеренных повреждений желчных протоков эффективность составила 90,91 %, а у больных со стриктурами билиобилиарных и билиодигестивных – 97,82 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *повреждения желчных протоков, минимально инвазивные комбинированные операции, стриктура билиобилиарных и билиодигестивных анастомозов*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Аванесян Р.Г., Королев М.П., Федотов Л.Е., Горовой М.Е., Хафизов Л.З. Стратегия в лечении больных с ранними осложнениями и поздними последствиями непреднамеренных повреждений желчных протоков (опыт клиники). *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 71–86. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-71-86

STRATEGY IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH EARLY COMPLICATIONS AND LATE CONSEQUENCES OF UNINTENTIONAL DAMAGE TO THE BILE DUCTS (CLINICAL EXPERIENCE)

R.G. Avanesyan[1,2], M.P. Korolev[1,2], L.E. Fedotov[1,2], M.E. Gorovoy[1], L.Z. Khafizov[1,2]

[1] *Saint Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia*
[2] *St. Petersburg State Medical Institution "City Mariinsky Hospital", St. Petersburg, Russia*

ABSTRACT. Damage to the bile ducts is considered the most serious complication of operations on the organs of the hapatopancreatoduodenal zone, they often cause severe consequences in the early postoperative period, as well as the cause of disability of young and able-bodied patients in the late stages. Thus, unintended damage to the bile ducts is a medical and social problem, many generations of specialists from various clinics are engaged in the search for optimal

solutions to various problems of early complications of the postoperative period and the late consequences of reconstructive operations on the bile ducts. In modern conditions, the place and role of minimally invasive operations in the care of patients with bile duct injuries are being determined, and the possibility and effectiveness of percutaneous combined operations in the treatment of patients with biliobiliary strictures and biliodigestive anastomoses are being determined. The aim of the work is to evaluate the effectiveness and alternative of the developed combined minimally invasive operations for early complications and late consequences of various types of damage to the bile ducts. The study included 193 patients, of which 55 patients with early complications of unintended damage to the bile ducts, 138 with late consequences of reconstructive biliary tract and biliodigestive operations. Original minimally invasive combined operations were used to restore the integrity and patency of unintentionally damaged bile ducts after surgery on the organs of the hepatopancreatobiliary zone. Analyzing the effectiveness of the developed minimally invasive operations, the following data were obtained: in early complications of unintended damage to the bile ducts, the effectiveness was 90.91 %, and in patients with biliary and biliodigestive strictures – 97.82 %.

KEYWORDS: *damage to the bile ducts, minimally invasive combined operations, stricture of biliobiliary and biliodigestive anastomoses*

FOR CITATION: Avanesyan R.G., Korolev M.P., Fedotov L.E., Gorovoy M.E., Khafizov L.Z. Strategy in the treatment of patients with early complications and late consequences of unintentional damage to the bile ducts (clinical experience). *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 71–86. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-71-86 (In Russ.).

Введение

Непреднамеренные повреждения желчных протоков (ЖП) после операций при заболеваниях органов гепатопанкреатобилиарной зоны составляют 0,3–0,7 % [1–3]. Методичное усовершенствование техники минимально инвазивной холецистэтомии, улучшение качества визуализации операционного поля, уточнение анатомии ЖП при инструментальном исследовании в предоперационном периоде, применение интраоперационной холангиографии и внедрение в практику основ безопасной хирургии привели к уменьшению частоты нежелательных осложнений при операциях на ЖП [2, 4]. Наиболее тяжелые осложнения при операциях на ЖП связаны с полным пересечением, клипированием и перевязкой магистральных ЖП, особенно в комбинации с применением высокоэнергетического инструментария [5]. Данные осложнения требуют незамедлительной коррекции путем реконструктивной операции при интраоперационном обнаружении непреднамеренного повреждения. Сложность реконструктивных операций при возникновении осложнений вызывают необходимость комплексного подхода и работы подготовленной бригады специалистов, что не всегда реализуемо в большинстве клиник. Поэтому большинство авторов считают, что при отсутствии условий к выполнению реконструктивной операции, даже при интраоперационном обнаружении повреждения желчного протока, объем оперативного вмешательства необходимо ограничить до минимального – формирования наружной гепатикостомы [6]. Признанным стандартным объемом операции при непреднамеренных повреждениях ЖП является восстановление проходимости и целостности ЖП с применением реконструктивных традиционных операций билиодигестивного соустья. В особо сложных ситуациях, особенно при сочетанных повреждениях ЖП и сосудов, питающих долю, некоторые авторы считают, что необходимо выполнять гемигепатэктомию не дожидаясь септического расплавления доли печени в результате ишемии внутри- и внепеченочных протоков [7].

Применение минимально инвазивных методов восстановления проходимости и целостности желчных протоков при повреждении во время операции ставится под сомнение многими авторами, большинство из которых считают данные операции больше диагностическими и уточняющими характер повреждения, а не методом реконструктивной операции внутреннего желчеотведения [8]. Различные современные классификации повреждений ЖП позволяют систематизировать осложнения и определить стратегию, этапность и объем реконструктивных операций [1, 9, 10]. Данные классификации достаточно подробные, учитывают не только уровень повреждения ЖП, но и характер травмы и время, пройденное после получения осложнения, что позволяет планировать оперативное вмешательство по срокам и объему. Все эксперты едины во мнении: при интраоперационном обнаружении полного пересечения ЖП показано формирование билиодигестивного анастомоза при условии наличия в бригаде хирурга-эксперта. Однако те же авторы считают, что при отсутствии условий для выполнения реконструктивных операций в клиниках вне экспертных центров, наружное дренирование ЖП является методом выбора объема операции как вынужденная и оправданная мера профилактики тяжелых осложнений [11, 12].

При своевременном обнаружении частичного пересечения ЖП допустимо формирование билиобилиоанастомоз с или без применения каркасного дренажа, так как при частичном пересечении ЖП не наблюдается критическая ишемия отрезков поврежденного протока, также не пол-

ностью нарушается иннервация. Перевязка или клиширование ЖП в течение 6–8 ч могут привести к необратимым деструктивным процессам в стенке ЖП, что является основанием для выполнения операции билиодигестивного соустья с иссечением поврежденного участка во избежании ишемической рубцовой стриктуры. В то же время при своевременно выполненной операции по деблокированию ЖП после клипирования или перевязки в течении первых 6 ч можно ограничиться или удалением блокирующего фактора, или каркасным дренированием поврежденной части протока [10].

Таким образом, несмотря на высокую послеоперационную летальность (до 12 %) и частоту послеоперационных стриктур в позднем послеоперационном периоде (до 50 %), основным методом восстановления целостности и проходимости ЖП при полнопросветных повреждениях пока являются реконструктивные операции билиодигестивного соустья [11]. В литературе также встречаются статьи, где авторы предлагают при отсутствии натяжения пересеченных участков ЖП формировать билиобилиоанастомозы на каркасном дренаже, объясняя данное решение физиологичностью соединения и относительной простотой оперативной техники [5]. При прямых билиобилиоанастомозах после пересечения протока не учитываются нарушения кровоснабжения и иннервации протоков, которые являются основными причинами рубцовых изменений в области анастомоза. Эти вопросы недостаточно изучены, требуют дальнейших исследований.

Совершенно иная ситуация при термических повреждениях и пересечениях ЖП во время лапароскопических операций. При термических повреждениях протоков необходимо учитывать зону продолженного некроза в результате высокоэнергетической травмы стенки протока. Формирование анастомоза в подобных ситуациях подразумевает дополнительное иссечение протока в проксимальном направлении и использование длительного каркасного дренирования анастомоза.

Дискутабельным остается вопрос о возможности первичного формирования билиодигестивного анастомоза при термическом поражении желчного протока ввиду с прогнозируемым длительным течением ожоговых изменений в области воздействия монополярного коагулятора и неминуемым распространением стриктуры выше сформированного анастомоза. Остается также нерешенным вопрос реконструктивных восстановительных операций на фоне желчного затека, воспалительного инфильтрата в подпеченочном пространстве или при желчном перитоните. Мнения экспертов разделяются: некоторые авторы за ранние реконструктивные восстановительные операции, другие – против, рекомендуя на первом этапе формировать наружную холангиостому. Но все специалисты однозначно рекомендуют: при тяжелом и нестабильном состоянии больного показаны только наружные дренирующие операции, а в некоторых ситуациях, при ранее адекватном дренировании подпеченочного пространства и отсутствии разлитого перитонита, избегать повторных срочных операций, добиваться формирования наружного желчного свища через улавливающий в подпеченочном пространстве дренаж.

Применение как чрескожных, так и эндоскопических минимально инвазивных операций при свежих повреждениях ЖП является нерешенной проблемой ввиду отсутствия правовой базы, т.е. клинических рекомендаций. Хотя практическое значение эндобилиарных и эндоскопических операций при доброкачественных заболеваниях ЖП в сложных ситуация трудно переоценить. Подавляющее число публикаций на данную тему связаны с наружным чрескожным чреспеченочным дренированием или эндоскопическим стентированием ЖП как элементом купирования холангита, локализации желчеистечения в пределах подпеченочного пространства при повреждениях в послеоперационном периоде [5, 14]. Эксперты-специалисты в области реконструктивных операций на ЖП до сих пор скептически относятся к восстановительным операциям при «больших» повреждениях ЖП с применением минимально инвазивных операций, считают эндобилиарные и эндоскопические операции манипуляциями первого этапа [15]. В крайнем случае рекомендуют применить наружный чрескожно-чреспеченочно установленный дренаж в виде каркаса при формировании билиодигестивного анастомоза [15, 16].

Таким образом, остается неизученным вопрос о возможности применения минимально инвазивных эндобилиарных и эндоскопических операций при коррекции непреднамеренных и травматических повреждений ЖП как в раннем, так и в позднем послеоперационном периоде. Недооценена практическая значимость чрескожных антеградных минимально инвазивных вмешательств при лечении рубцовых стриктур билиодигестивных анастомозов после реконструктивных операций. В данной статье представим результаты применения разработанных в клинике комбинированных минимально инвазивных методов лечения больных как с ранними осложнениями непредномеренных повреждений желчных протоков, так и поздними последствиями реконструктивных операций билиодигестивного соустья.

Цель исследования – оценить эффективность и альтернативность разработанных комбинированных минимально инвазивных операций при ранних осложнениях и поздних последствиях различных по характеру повреждений желчных протоков.

Материал и методы

За период с 2006 по 2024 гг. в клинике общей хирургии СПбГПМУ 193 больным выполнены комбинированные минимально инвазивные операции по поводу повреждений и рубцовых стриктур ЖП. Из 193 больных 181 поступили из других лечебных учреждений. В исследуемую группу не вошли пациенты с интраоперационным обнаружением повреждения ЖП. Пациенты оперированы в объеме традиционных реконструктивных операций безотлагательно, сразу после обнаружения повреждения. Женщин в исследуемой группе больных было 122, мужчин – 71, средний возраст больных 62,7. Классифицируя непреднамеренные повреждения ЖП, разделили больных на две группы: 55 пациентов с ранними осложнениями и 138 с поздними последствиями повреждений. Характеристика типа повреждения и уровня блока или пересечения ЖП при ранних осложнениях послеоперационного периода представлена в табл. 1.

Таблица 1. Распределение больных по типу послеоперационных осложнений (по Э.И. Гальперину) и по уровню повреждений ЖП (по Bismuth – Strasberg)

Тип осложнения ЖП по Э.И. Гальперину	Уровень повреждения или перевязки ЖП по Bismuth – Strasberg					Количество больных
	I	II	III	IV	V (правый печеночный проток)	
Клипирование или перевязка (тип C)	4	1	–	–	–	5
Частичное клипироваие или перевязка (тип C)	8	4	–	–	–	12
Пересечение (тип D)	2	4	–	–	2	8
Частичное пересечение (тип B)	9	3	1	–	1	14
Сочетанное повреждение (тип D)	1	3	–	2	2	8
Несостоятельность культи пузырного протока (тип A)	4	–	–	–	–	4
Травма печени с внутрипеченочным повреждением (тип A)	–	–	–	–	4	4
Всего больных	28	15	1	2	9	55

В табл. 1 представлены пациенты с различными видами и типами непреднамеренных повреждений ЖП после операций на органах гепатопанкреатодуоденальной зоны, со сроками обнаружения патологии от 1 до 10 сут послеоперационного периода. При клипировании или перевязке ЖП манифестировала клиническая картина билиарной гипертензии и холангита. При поступлении в клинику билирубин крови у больных с блокированным ЖП варьировал от 58,8 до 320 ммоль/Л. Из 17 больных с перевязкой или клипированием ЖП у 4 больных тяжесть механической желтухи по Э.И. Гальперину была средней степени, у остальных – легкой. Из числа больных с билиарной гипертензией в 9 случаях показатели Международного нормализованного отношения (МНО) крови превышали 3,5 Ед, что потребовало в предоперационном периоде коррекции гипокоагуляционного синдрома. Приемлемые значения МНО для безопасного чрескожного чреспеченочного дренирования ЖП – ниже 3 Ед.

Холангит диагностирован у 15 больных, которые получали антибактериальную и противовоспалительную терапию. У 38 больных после полного или частичного пересечения ЖП, а также при несостоятельности культи пузырного протока, отмечалось поступления желчи по улавливающим дренажам из подпеченочного или поддиафрагмального пространств. Из данного количества больных в семи случаях выполнялись релапаротомия с дренированием ЖП до поступления в клинику: у двух больных комбинированное дренирование общего ЖП по Керу и наружное дренирование правого печеночного протока, у пяти – дренирование общего печеночного протока. Всем больным выполнена фистулохолангиография перед минимально инвазивным вмешательством – только в 9 случаях из 38 больных с поврежденными ЖП выявлена связь желчного затека с просветом протока, и определен уровень повреждения. В остальных случаях контрастное вещество поступало в отграниченную полость в подпеченочном или поддиафрагмальном пространстве.

Больные, которые поступали в стационар с ранними послеоперационными осложнениями на ЖП, обследовались по плану: УЗИ и МРХПГ всем больным; МСКТ по показаниям. Диагностическая ценность МРХПГ составила 89,09 %, у 49 больных при исследовании выявлены тип и уровень повреждения ЖП. ЭРХПГ применялась только с лечебной целью после выявления причины и типа повреждения ЖП. В 80,8 % случаев комбинированные минимально инвазивные вмешательства выполнялись в объеме чрескожных операций. У 19,2 % больных применяли двойной доступ (антеградный и ретроградный). У восьми больных, кроме восстановительных операций на ЖП, применяли дренирующие операции для эвакуации патологического отграниченного содержимого.

Минимально инвазивные операции восстановления проходимости ЖП выполнены 138 больным с поздними последствиями не-

преднамеренных повреждений ЖП. Распределение больных со стриктурами билиодигестивных и билиобилиарных анастомозов: стриктура гепатикоеюноанастомоза – 88; бигепатикоеюноанастомоза – 32; бигепатикодуоденоанастомоза – 1; тригепатикоеюноанастомоза – 2; изолированная стриктура левого долевого протока при сформированном бигепатикеюнооанастомозе – 2; стриктура билиобилиоанастомоза – 12; сочетание стриктуры гепатикиоеюноанастомоза со стриктурой панкреатикоеюноанастомозом – 1; всего – 138.

В подавляющем большинстве случаев стриктура анастомозов возникла у больных после реконструктивных операций по поводу непреднамеренных повреждений ЖП – 130 больных из всей группы. У трех пациентов стриктура гепатикоеюноанастомоза возникла после радикальной операции по поводу злокачественного новообразования головки поджелудочной железы. У одной пациентки стриктура тригепатикоеюноанастомоза возникла после реконструктивной операции по поводу кистозной трансформации желчных протоков и рецидивирующего холангита. Еще у одной пациентки стриктуры гепатикоеюноанастомоза и панкреатикоеюноанастомоза возникли после операции по поводу протяженной рубцовой стриктуры двенадцатиперстной кишки с вовлечением в процесс терминальных отделов общего ЖП и протока поджелудочной железы с билиарной и панкреатической гипертензией. У трех пациентов стриктура билиобилиоанастомоза возникла в позднем периоде после ортотопической трансплантации печени. Учитывая схожесть клинической картины и объективных проявлений у этих больных, сочли возможным объединить данную группу.

У больных наблюдались типичные клинические проявления билиарной гипертензии: рецидивирующий холангит у 138 больных; механическая желтуха у 108 больных (78,26 %); печеночная недостаточность у 49 больных (35,51 %); периодическая боль в правом подреберье у 80 больных (57,97 %). Как проявление прогрессирования заболевания у девяти больных (6,52 %) выявлены холангиогенные абсцессы печени, признаки системной воспалительной реакции организма. Сепсис был у пяти пациентов (3,62 %).

Алгоритм инструментального обследования больных с поздними последствиями непреднамеренных повреждений желчных протоков соответствовал принятым стандартам: скрининговое УЗИ с последующим пересмотром врачом-экспертом ультразвуковой диагностики, МРТ в режиме МРХПГ, МСКТ по показаниям. Билиарная гипертензия диагностирована при первичном УЗИ у всех больных, при повторном УЗИ выявлен уровень блока желчных протоков с точной локализацией, сравнимой с результатами МРХПГ. Реконструкция изображения при МРХПГ позволяет планировать доступ к протокам, количество доступов, выбрать диаметр и длину каркасного дренажа. Таким образом, всем больным перед реконструктивной минимально инвазивной операцией выполняли МРХПГ. МСКТ выполнена 34 больным из 138 для диагностики перфузионных значений паренхимы печени и при подозрении на холангиогенные абсцессы печени.

Результаты

Алгоритм минимально инвазивных вмешательств при повреждениях и стриктурах ЖП зависит от сроков получения травмы, уровня и характера повреждения, наличия сопутствующих повреждению протоков осложнений. При ранних послеоперационных осложнениях, связанных с пересечением, клипированием и перевязкой ЖП, в большинстве случаев применяли принцип двухэтапного восстановления проходимости протока, что предотвращало возникновение дополнительных осложнений и позволяло подготовить больного для эффективного каркасного дренирования после анализа полученных первичных данных при фистулохолангиографии. Первым этапом выполняли наружное дренирование внутрипеченочных ЖП для купирования явлений холангита, ликвидации наружного желчеистечения и формирования изолированного от свободной брюшной полости соединительнотканного канала для дальнейших восстановительных манипуляций. Изолированный канал является профилактикой миграции и дислокации проводника и манипуляционного катетера при реканализации перевязанного или клипированного участка протока, а также при комбинированном восстановлении проходимости протоков при пересечении последних.

Клипирование и перевязка ЖП сопровождается билиарной гипертензией и клинической картиной холангита, механической желтухи. Наружное чрескожное чреспеченочное дренирование ЖП – первый этап. После купирования холангита и декомпрессии билиарной гипертензии переходили ко второму этапу: восстановлению проходимости ЖП в области блока. Реканализация препятствия с помощью гидрофильного проводника и манипуляционного катетера и смещение клипсы или разрыв лигатуры при баллонной дилатации блокированного желчного протока – элементы второго этапа минимально инвазивного вмешательства. Финальным шагом стала установка каркасного наружновнутреннего дренирования в зоне клипирования сроком не менее чем 18 мес.

Таким образом, при восстановлении проходимости клипированного или перевязанного ЖП больным первым этапом выполняли чрескожное чреспеченочное дренирование внутрипеченочных ЖП с последующей реканализацией и баллонной дилатацией блокированного желчного протока и в итоге наружновнутренним каркасным дрениро-

ванием ЖП. Далее раз в 6 мес выполняли расширение стриктуры протока с помощью бужей или баллонного катетера со сменой дренажа на 2F больше диаметра просвета предыдущего каркаса.

Из 17 больных после полного или частичного нарушения проходимости ЖП в 4 случаях отходили от разработанных стандартов. В одном случае реканализацию перевязанного протока выполнили ретроградно, эндоскопическим доступом. Каркас формировали с помощью проведенного пластикового стента с дальнейшей сменой стента на широкопросветный и установкой двух параллельно позиционированных стентов. Для формирования каркаса в области стриктуры ЖП одной больной препапиллярно установлен и через 12 мес удален покрытый самораспрaвляющийся нитиноловый стент диаметром 10 мм. Еще в одном случае для формирования каркаса в области стриктуры разработан двухпросветный дренаж, который увеличивал диаметр протока до 23 F при диаметре дренажа в области кожного доступа 14 F (рис. 1).

Для удаления клипсы из просвета общего печеночного протока у другой больной использовали эндоскоп Spy Glass. После извлечения клипсы, выполнили комбинированное стентирование стриктуры: наружновнутреннее дренирование через правый печеночный проток и ретроградная установка пластикового стента параллельно дренажу эндоскопическим доступом (рис. 2).

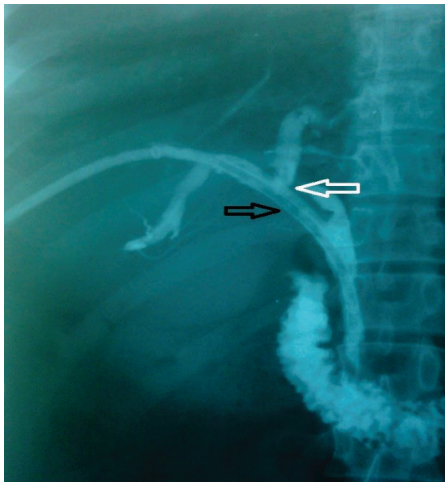


Рис. 1. Сформированный двойной каркас в области стриктуры общего печеночного протока

Черная стрелка – основной дренаж 14F, белая стрелка – дополнительный дренаж 8,5F, проведенный через просвет основного

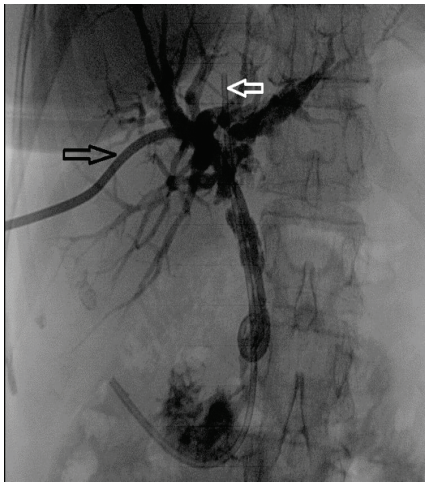


Рис. 2. Каркасное дренирование стриктуры общего печеночного протока

Черная стрелка – через правый долевой проток чрескожным чреспеченочным доступом, белая стрелка – через левый долевой проток эндоскопическим доступом

При полном или частичном пересечении ЖП тактика восстановления в области повреждения сводится к формированию соединительнотканного каркаса поврежденного протока в области пересечения на дренаже, проведенном чрескожным чреспеченочным доступом, т.е. формируется неопроток в области отсутствия стенки протока на каркасном дренаже. После определения уровня и характера пересечения ЖП всем 30 больным первым этапом формировали наружную холангиостому чрескожным доступом. Из 30 больных с описанными осложнениями послеоперационного периода у 4 пациентов с частичным пересечением ЖП удалось одномоментно выполнить каркасное наружновнутреннее дренирование протоков во время первого этапа вмешательства. В 23 случаях каркасное наружновнутреннее дренирование выполняли вторым этапом, при этом применяли только чрескожный доступ.

Для проведения каркасного дренажа у трех пациентов была необходимость комбинированного доступа – чрескожного и эндоскопического. При частичном пересечении протока каркасный дренаж сохраняли до 3 мес. Рестриктуры не наблюдали. При полном пересечении ЖП наружновнутреннее дренирование поврежденного участка длилось не менее 18 мес для формирования неопротока в области повреждения. В четырех случаях больные поступали в клинику с полным пересечением правого печеночного протока после повторных операций – дренирования поврежденного протока по типу наружной холангиостомы, дренирования общего ЖП и дренирования подпеченочного пространства у двух больных, наружного дренирования гепатикохоледоха и подпеченочного пространства у остальных пациентов (рис. 3).

На рис. 3 представлена фистулохолангиография после релапаротомии и наружного дренирования правого печеночного протока и общего

ЖП. Во всех случаях удалось восстановить проходимость и целостность поврежденного протока на каркасном дренаже по разработанной в клинике методике (патент РФ № 2682123 от 21.02.2018). После формирования наружной чрескожной чреспеченочной холангиостомы выполняли вторым этапом пункцию общего ЖП через правый печеночный проток (через сформированный доступ), проводили проводник в просвет общего ЖП и двенадцатиперстной кишки, по которому устанавливали каркасный наружновнутренний дренаж (рис. 4).

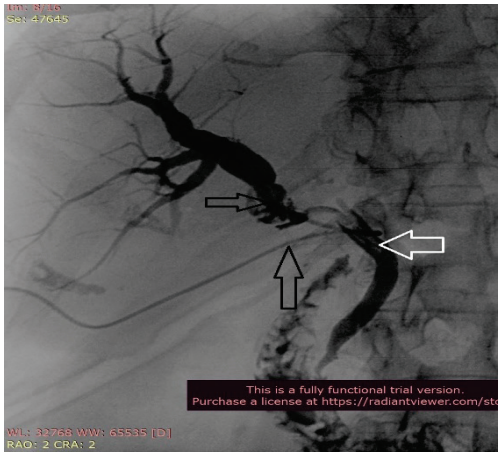


Рис. 3. Наружное дренирование правого печеночного, общего желчного и печеночного протоков при полном пересечении

Черные стрелки – правый печеночный проток, белая стрелка – общий печеночный проток

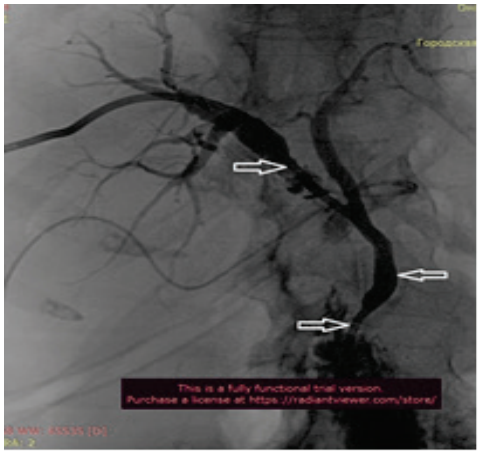


Рис. 4. Наружновнутреннее каркасное дренирование правого печеночного, общего печеночного и желчного протоков (белые стрелки – дренаж)

Комбинированные повреждения, связанные с единовременным клипированием, пересечением и иссечением части ЖП в сочетании с или без термического поражения, были наиболее сложными при восстановлении целостности и проходимости просвета протока. Из семи случаев подобных повреждений в шести формирован неопроток на каркасном дренаже, проведенном с помощь комбинированных манипуляций с применением чрескожного и эндоскопического доступов. Манипуляторы антеградно чрескожно и ретроградно эндоскопически проводили в свободную брюшную полость после смещения клипс на проксимальном и дистальном отделах ЖП. В свободной брюшной полости корзиной Дормиа захватывали проводник, низведенный антеградно, и проводили в просвет двенадцатиперстной кишки. По проведенному проводнику устанавливали каркасный наружновнутренний дренаж.

В одном случае комбинированного восстановления целостности общего печеночного протока через левый печеночный проток, через 4 мес после операции и каркасного дренирования, выполнено комбинированное ретроградное стентирование правого протока в области стриктуры ввиду сужения устья протока в результате термического поражения. Сочетанное повреждение общего печеночного протока: клипирование, пересечение и иссечение – у одной пациентки было результатом правосторонней гемигепатэктомии. Применяя антеградный и ретроградный доступы, восстановить проходимость и целостность протока не удалось. Выполнена пункция просвета желудка из левого печеночного протока через ткань печени. Визуальный контроль за проведением иглы обеспечивали с помощью ультразвукового, рентгенологического и эндоскопического контроля. Сформирован гепатикогастроанастомоз на каркасном дренаже (рис. 5).

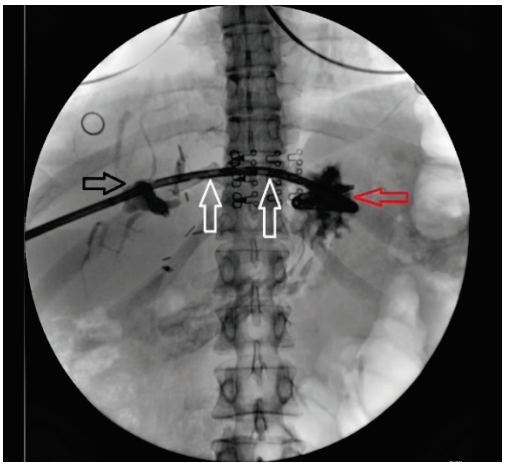


Рис. 5. Сформированный гепатикогастроанастомоз на каркасном наружновнутреннем дренаже

Черная стрелка – желчные протоки левой доли печени, белые стрелки – каркасный дренаж, красная стрелка – просвет желудка

Через два года вместо каркасного дренажа установлен покрытый нитиноловый самораспрaвляющийся стент.

При наружных желчных свищах после травмы печени в клинике разработаны методы обтурации поврежденных внутрипеченочных протоков через доступ из контрлатерального протока. Поэтапно вклинивая манипуляционный катетер в поврежденные сегментарные протоки, вводили фрагментированную гемостатическую губку до полного отсутствия истечения контрастного вещества через дефект стенки протока. При этом значимого нарушения функций печени не получено. Кратковременный цитолиз клеток печени лабораторно отражен в незначительном повышении показателей АЛТ и АСТ (рис. 6).

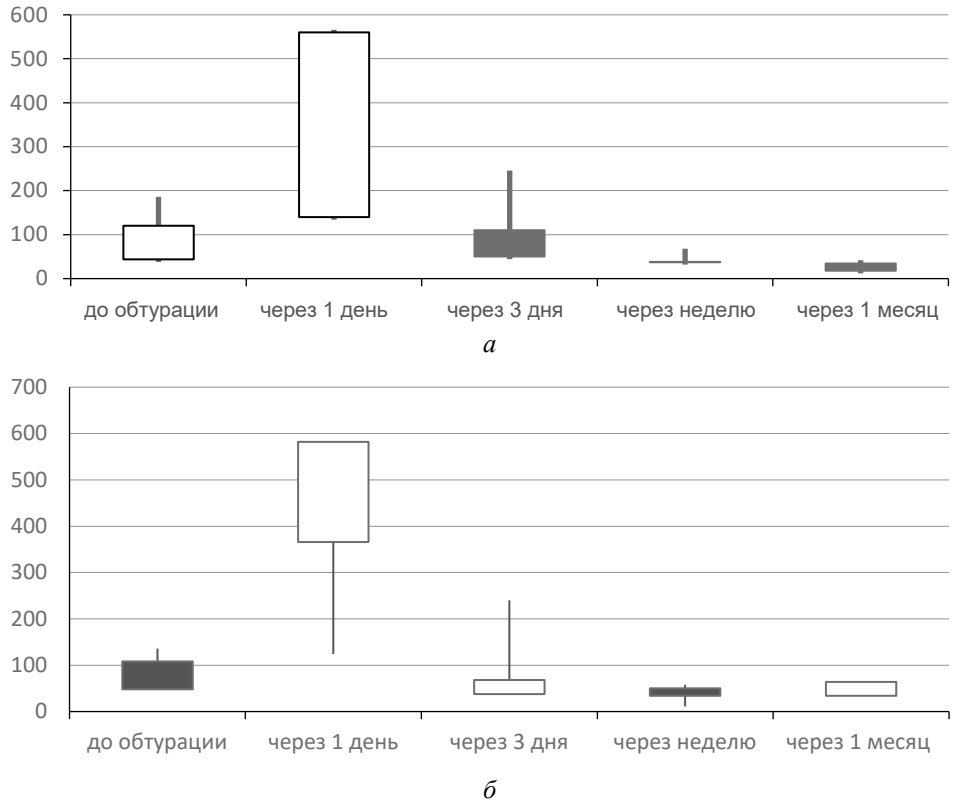


Рис. 6. Показатели АЛТ (*а*) и АСТ (*б*) крови до и после обтурации поврежденных свищнесущих внутрипеченочных ЖП

Из четырех пациентов с наружными желчными свищами после обтурации ЖП только у одного пациента при МСКТ наблюдалась атрофия заднего сектора правой доли печени. При несостоятельности пузырного протока после холецистэктомии разработан метод обтурации культи пузырного протока через чрескожных чреспеченочный доступ или через наружный желчный свищ. В трех случаях желчеистечение из несостоятельности культи пузырного протока купировано после введения фрагментированной гемостатической губки чрескожным чреспеченочным доступом. В одном случае несостоятельный пузырный проток обтурирован через наружный кожный желчный свищ, путем введения в просвет пузырного протока механического обтуратора. При обтурации ЖП после травмы печени и при несостоятельности культи пузырного протока осложнений не наблюдали, наружное желчеистечение прекращалось в сроках от 2 до 9 сут.

Конверсия доступа выполнена у пяти больных, что составило 9,09 % от общего числа больных исследуемой группы с ранними непреднамеренными осложнениями. Необходимо отметить, что истинная неэффективность минимально инвазивных операций при восстановлении целостности и проходимости поврежденного протока была у двух больных. У трех пациентов выполнена намеренная реконструктивная операция билиодигестивного соустья после наружного дренирования внутрипеченочных ЖП вне стен клиники. У двух больных возможность восстановления целостности ЖП была возможной с помощью применения разработанных минимально инвазивных методик. Однако пострадавшим в других клиниках выполнены операции билиодигестивного соустья после купирования явлений холангита и желчеистечения.

Дальнейшая судьба одной больной неизвестна, второй больной в последующем выполнена ортотопическая трансплантация печени после

развития билиарного цирроза печени, несмотря на формирование тригепатикоеюноанастомоза. Третьей больной намерено сформирован билидигестивный анастомоз в связи с опасностью повреждения добавочного панкреатического протока при попытке формирования холедоходуоденоанастомоза на каркасном дренаже с применением минимально инвазивных методик. У данной больной (14 лет) перевязка общего ЖП произошла во время удаления солидной псевдопапиллярной опухоли головки поджелудочной железы. Перевязан также главный панкреатический проток, резецирована стенка двенадцатиперстной кишки. В раннем послеоперационном периоде выявлены признаки забрюшинного затека дуоденального содержимого в результате несостоятельности швов стенки кишки, признаки ферментативного перитонита и билиарной гипертензии. Ввиду тяжелого состояния больной выполнено наружное чрескожное чреспеченочное дренирование ЖП, дренирование брюшной полости и забрюшинного пространства под ультразвуковым контролем. После купирования воспаления и механической желтухи больной сформирован гепатикоеюноанастомоз. Истинная неэффективность минимально инвазивных комбинированных вмешательств была в одном случае. Двое больных, оперированных в других лечебных учреждениях, поступили в отделение с клинической картиной холангита и механической желтухи. Несмотря на применение антеградного и ретроградного доступов, восстановить проходимость общего ЖП в области перевязанного участка не удалось. Больным сформированы гепатикоеюноанастомозы на уровне конфлюенс долевых протоков (рис. 7, 8).

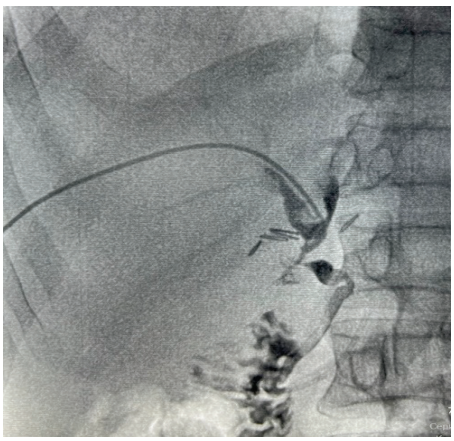


Рис. 7. Попытка реканализации структуры общего печеночного протока

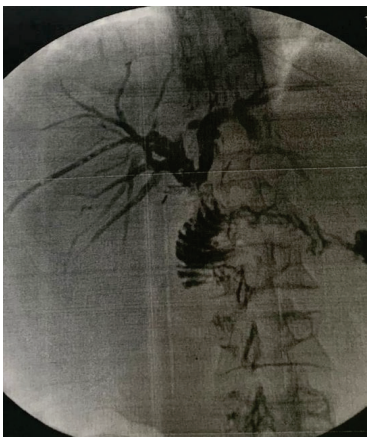


Рис. 8. Фистулохолангиография функционирующего гепатикоеюноанастомоза

Таким образом, в большинстве случаев применение чрескожного чреспеченочного доступа в сочетании с эндоскопическим доступом позволяют купировать наиболее частые осложнения послеоперационного периода операций на ЖП. Количество и виды применяемых доступов при выполнении минимально инвазивных операций в зависимости от типа повреждений ЖП в послеоперационном периоде представлены в табл. 2.

Таблица 2. Количество и виды применяемых доступов при выполнении минимально инвазивных операций в зависимости от типа повреждений ЖП

Тип осложнения ЖП по Э.И. Гальперину	Вид минимально инвазивного доступа к ЖП			Конверсия доступа
	Чрескожно-чреспеченочный	Комбинированный: чрескожно-чреспеченочный и эндосокпический	Эндоскопический	
Клипирование или перевязка (тип С)	4	–	1	3
Частичное клипироваие или перевязка (тип С)	12	–	–	–
Пересечение (тип D)	6	–	–	–
Частичное пересечение (тип В)	14	–	–	–
Сочетанное повреждение (тип D)	1	6	–	2
Несостоятельность культи пузырного протока (тип А)	4	–	–	–
Травма печени с внутрипеченочным повреждением (тип А)	4	– –	–	–
Всего больных	45 (86,5 %)	6 (11,5 %)	1 (1,9 %)	5 (9,09 %)

У 43 пациентов удалось проследить отдаленные результаты, сроки наблюдения от 4 мес до 15 лет. Из 43 пациентов 6 умерли от заболеваний, не связанных с осложнениями выполненных операций в сроках от 14 мес до 10 лет. Наиболее благоприятное течение послеоперационного периода наблюдалось у больных с желчными свищами в результате травмы печени или несостоятельности культи пузырного протока. Тактически и технически наиболее сложные в коррекции сочетанные повреждения ЖП.

Формирование неопротока на каркасном дренаже у больных длилось 18–32 мес. После удаления каркасных дренажей больным в течение 6 мес выполняли: ежемесячный контроль клинического и биохимического анализов крови; каждые две недели УЗИ печени и желчных протоков; каждые три месяца МРТ в режиме МРХПГ. Рецидив стриктуры желчного протока наблюдался у двух больных (3,8 %) через 7 и 10 лет после удаления каркасных дренажей. В случае рецидива выполняли повторное чрескожно-чреспеченочное наружновнутреннее каркасное дренирование ЖП с баллонной дилатацией области стриктуры.

Осложнения наблюдали в 14,5 % случаев (восемь больных): парадренажное воспаление мягких тканей подкожно-жировой клетчатки вокруг каркасных дренажей – 3; гемобилия – 2; миграция дренажа с формирование биломы – 2; панкреатит – 1. Парадренажное воспаление подкожной жировой клетчатки купировано в течение 5–7 дней в результате противовоспалительной системной и местной терапии. При гемобилии больные получали гемостатическую терапию, дренажи перекрывали на 2 ч, затем выполняли фрагментирование и эвакуацию сгустков крови через наружный дренаж. Гемобилия купирована в течение суток. При миграции дренажа и формировании биломы больные подвергались редренированию желчных протоков и дренированию отграниченного скопления желчи под ультразвуковым контролем. Дренажи из полости биломы удаляли в течение 2–5 сут после дренирования и контрольного УЗИ. Острый панкреатит купирован после консервативного лечения в течение трех суток. Летальности не было.

В группе больных с поздними последствиями непреднамеренных повреждений ЖП у всех больных была клиническая картина рецидивирующего холангита, причинами которого являлись стриктура анастомозов и неадекватное дренирование доли или обеих долей печени. В связи с этим минимально инвазивное вмешательство при стриктуре билиодигестивных и билиобилиарных анастомозов должно быть направлено к восстановлению беспрепятственной эвакуации желчи из ЖП в просвет анастомозированной кишки. Формирование достаточного каркаса в области стриктуры анастомоза – многоэтапный процесс, направлен на стойкое расширение анастомоза на каркасном дренаже.

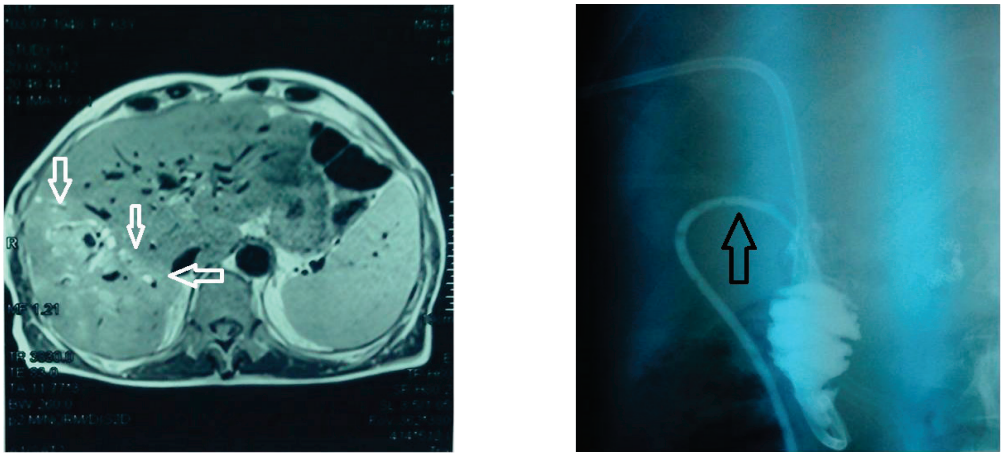
Первым этапом необходимо обеспечить доступ и наружное или наружновнутреннее дренирование дилятированного протока печени. Показанием к предварительному наружному дренированию ЖП является наличие холангиогенных абсцессов печени, чрезмерное (более 8 мм) расширение внутрипеченочного протока, невозможность реканализации стриктуры анастомоза в течение 15 мин во время операции. После реканализации стриктуры в течение 6 мес наблюдали за больным, контролировали проходимость каркасного дренажа.

Вторым этапом через 6 мес выполняется нефорсированное расширение стриктуры с помощью бужей и баллонных катетеров, избегая при этом разрывов или надрывов стенки протока, которые могут привести к формированию более грубого рубца. После расширение протока проводится смена дренажа, просвет которого шире на 2F просвета предыдущего каркаса. Таким образом, каждые 6 мес проводится постепенное расширение стриктуры протока и смена каркасного дренажа. Максимальный размер траспеченочного наружновнутреннего дренажа ограничен диаметром 14F, в связи с чем достичь каркасного дренирования в области стриктуры шире данного диаметра с использованием стандартных дренажей невозможно. При некоторых стриктурах билиобилиоанастомозов с прогнозируемым рецидивом после удаления каркасного дренажа возникает необходимость расширения рубцового кольца в области анастомоза до большего, чем 14F диаметра.

Учитывая данное обстоятельство, использовался разработанный метод каркасного дренирования стриктуры протока, при котором через наружновнутренний дренаж диаметром 14F в области стриктуры достигается каркас диаметром до 22–23F. Для расширения диаметра стриктуры до диаметра 23–24F разработан двухпросветный каркасный дренаж. Для этого в стенке каркасного дренажа диаметром 14F вырезается отверстие достаточного диаметра для проведения через него дренажа диаметром 8–9F. По проводнику устанавливается каркасный дренаж в проток таким образом, чтобы искусственно выполненное отверстие располагалось на 2–3 см выше стриктуры. Затем с помощью манипуляционного катетера проводник через просвет установленного дренажа выводится через выполненное над стриктурой в стенке дренажа перфорированное отверстие, и рядом с дренажем проводник проводится в просвет двенадцатиперстной кишки. По установленному проводнику второй дренаж диаметром 8 или 9F устанавливается через просвет первого дренажа, через перфорацию стенки в первом дренаже над стриктурой анастомоза, рядом с просветом пер-

вого дренажа через стриктуру анастомоза в просвет двенадцатиперстной кишки. Таким образом, через входное отверстие в долевой проток конструкция дренажа имеет диаметр 14F, а в области стриктуры диаметр каркаса достигает 24F. Благодаря данной конструкции, после удаления каркаса, даже при неминуемом уменьшении диаметра рубца в области стриктуры на 30 %, диаметр протока в области анастомоза остается достаточным для беспрепятственной желчединамики.

В пяти случаях выявлено полное отсутствие связи долевых протоков с просветом кишки, так называемый синдром «недренируемой доли», из которых у одного пациента, несмотря на сформированый бигепатикоеюноанастомоз на двух сменных траспеченочных дренажах при реконструктивной операции, не дренировались оба долевых протока. Как правило, в таких ситуациях больные поступают с клинической картиной системной воспалительной реакции организма и сепсиса. При обследовании больного (УЗИ, КТ) определяется четкая граница между недренируемой и здоровой долями печени. Кроме этого, в паренхиме той доли печени, протоки которой дренируются неадекватно, формируются холангиогенные абсцессы печени. Характерна также рентгенологическая картина – отсутствие контрастирования ЖП недренируемой доли печени (рис. 9).



а *б*

Рис. 9. КТ-картина синдрома недренируемой правой доли печени (*а*) (белыми стрелками указана граница между правой и левой долями печени), миграция дренажа (черная стрелка) из правого долевого протока печени после реконструктивной операции (рентгенограмма) (*б*)

Неотложное восстановление адекватной желчединамики в изолированном протоке в комбинации с интенсивной терапией больного в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии, необходимые условия лечения больных с синдромом «недренируемой доли». В 7 (5,07 %) случаях при обследовании у больных со стриктурами желчных анастомозов выявлены множественные абсцессы печени. Дренированию подлежат абсцессы печени, размеры полости которого превышает 3–4 см. В трех случаях, наряду с декомпрессией ЖП, больным выполнено дренирование полости абсцесса печени. В остальных случаях декомпрессия ЖП в сочетании интенсивной антибактеральной терапии позволили купировать воспалительные явления со стороны паренхимы печени без дополнительного дренирования полости абсцесса.

Таким образом, при лечении больных со стриктурой анастомозов принципиально важно дренирование всех изолированных протоков печени. В двух случаях у пациентов со стриктурой тригепатикоеюноанастомозом после реконструктивных операций (по поводу склерозирующего холангита у одной больной и после высокого повреждения желчных протоков у другой) выполнено каркасное дренирование трех протоков: заднего и переднего секторальных протоков правой доли и левого долевого протока (рис. 10).

Рис. 10. Каркасное дренирование стриктуры тригепатикоеюноанастомоза

Иногда формирование каркаса выполнялось на саморасширяющемся нитиноловом стенте. При формировании каркаса на стенте необходимо соблюдать следующие условия: стент должен иметь покрытие для беспрепятственного удаления последнего в дальнейшем; минимальный диаметр стента должен превышать 8 мм; стент позиционируется препапиллярно во избежание обтурационного панкреатита; дистальная воронка стента должна быть снабжена лассо для удобного извлечения из просвета протока с помощью эндоскопической техники. Лишь в двух случаях установили непокрытые стенты больным 87 и 89 лет со стриктурой анастомоза, пренебрегая указанными правилами. Сроки наблюдения за больными три и четыре года.

Еще в одном случае установленный в другом лечебном учреждении больной со стриктурой бигепатикоеюноанастомоза стент стал причиной синдрома изолированной левой доли печени. Пациентке 43 лет установлен непокрытый самораспрявляющийся стент диаметром 6 мм из правого долевого протока в просвет анастомозированной кишки, тем самым ограничив поступления желчи из левого долевого протока. Причиной ошибочного позиционирования стента явилась неправильная интерпретация рентгенологической картины ЖП печени. Через два месяца больная поступает в то же учреждение с клинической картиной холангита. При обследовании больной выявлена картина билиарной гипертензии в левой доле печени. Как видно при КТ (рис. 11), левый долевой проток блокирован плетением стента, позиционированного в правом долевом протоке.

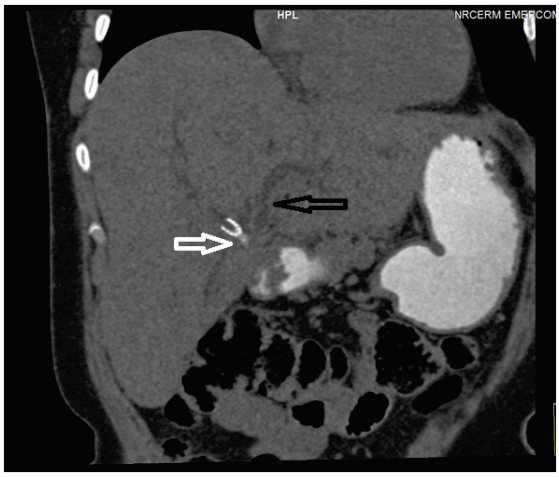


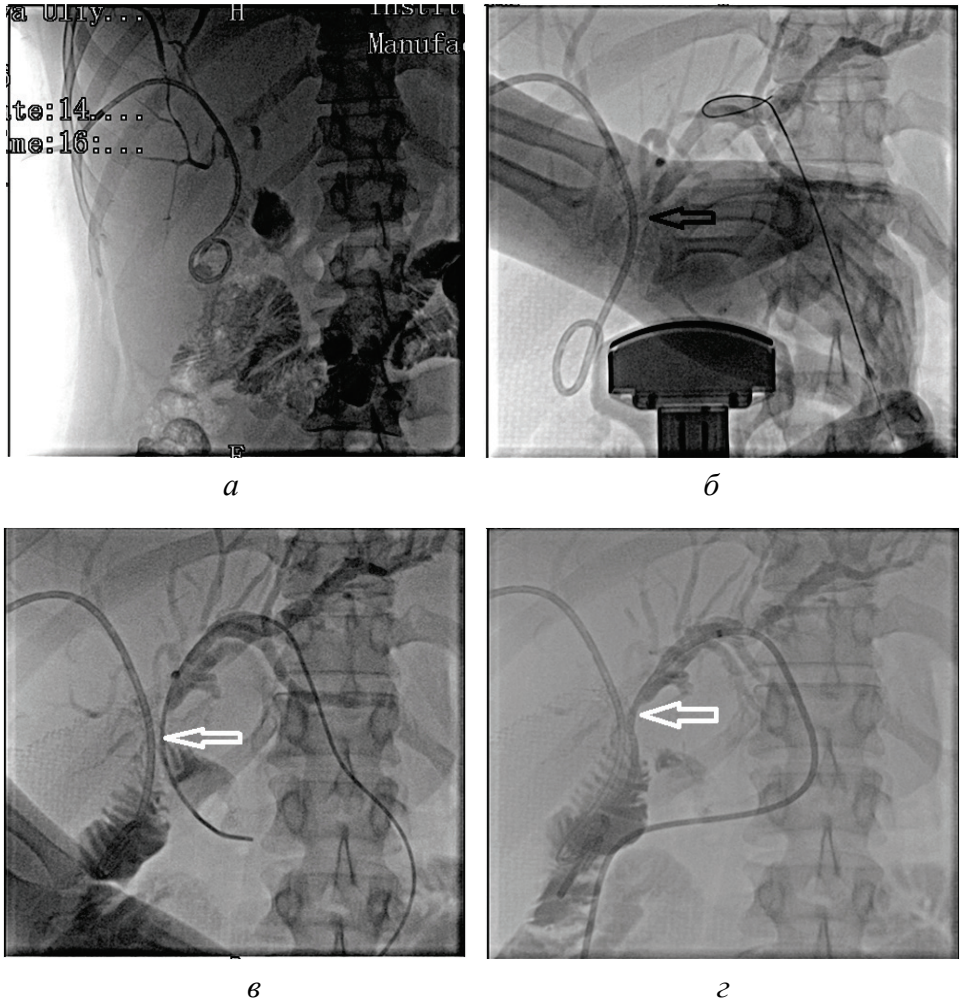
Рис. 11. Блокированный левый долевой проток (черная стрелка) стентом (белая стрелка), установленный через правый долевой проток и гепатикоеюноанастомоз

Тем не менее выполнено каркасное дренирование только правого долевого протока через просвет стента, тем самым не устранив причину билиарной гипертензии и холангита в контрлатеральной доле печени. Нами больная консультирована в связи с продолжающимися приступами холангита и прогрессирующим ухудшением состояния. При УЗИ и КТ выявлен резко расширенный левый долевой проток. Больной выполнено восстановление проходимости через стриктуру левого долевого протока, при этом, каркасный дренаж проведен рядом с установленным в правый долевой проток и анастомозированную кишку нитиноловым стентом (рис. 12).

Клиника холангита купирована в результате дренирования изолированной доли печени. Учитывая указанный пример можно заключить, что отсутствие опыта в лечении стриктур билиодигестивных анастомозов в непрофильном лечебном учреждении привели к ряду ошибок, которые стали причиной холангита и холангиогенного сепсиса.

Еще в одном случае стриктура гепатикоеюноанастомоза возникла после операции по поводу рубцовой непроходимости двенадцатиперстной кишки с билиарной и панкреатической гипертензией. Больной выполнено удаление двенадцатиперстной кишки с формированием анастомозов по Ру изолированной петли тощей кишки с общим печеночным протоком и протоком поджелудочной железы. Спустя три года у больной возникла сочетанная стриктура панкреатикоеюноанастомоза и гепатикоеюноанастомоза, в связи с чем поэтапно выполнено каркасное наружновнутреннее дренирование и желчных, и панкреатических протоков через сформированные ранее анастомозы. Отметим, что при этом удалось избежать травматичной повторной реконструктивной операции, при которой необходимо было бы выполнить резекцию части общего печеночного протока и головки поджелудочной железы с повторным формированием анастомозов в менее выгодной анатомической ситуации.

У одной пациентки 45 лет со стриктурой бигепатикоеюноанастомоза, сформированного в результате высокого повреждения желчных протоков во время лапароскопической холецистэктомии, выполнена повторная реконструктивная операция на ЖП в связи с рецидивирующим холангитом и прогрессирующей механической желтухой. Однако, несмотря на две реконструктивные операции на ЖП, уровень билирубина крови не снижался ниже 250 ммоль/л. Неэффективным оказалось также выполненное билобарное каркасное наружновнутреннее дренирование ЖП под комбинированным контролем, у больной развился билиарный цирроз печени. Через год после минимально инвазивного вмешательства больной выполнена трансплантация печени.



а *б* *в* *г*

Рис. 12. Восстановление проходимости стриктуры левого гепатикоеюноанастомоза (черная стрелка) при синдроме недренируемой левой доли печени (*а, б*); проведенные манипуляционный катетер и каркасный наружновнутренний дренаж через стриктуру (белые стрелки) (*в, г*)

В девяти случаях (6,52 %) стриктура билиодигестивного анастомоза сочеталась с холедохолитиазом внутрипеченочных ЖП. После реканализации стриктуры анастомоза больным выполнили баллонную дилатацию стриктуры с антеградным низведением конкрементов в просвет анастомозированной кишки у шести пациентов, у двух пациентов в сочетании с внутрипротоковой литотрипсией с применением лазерного литотриптера и эндоскопической системы Spy Glass. Еще у одного пациента со стриктурой бигепатикодуоденоанастомоза, у которого в дальнейшем установлен самораспрaвляющийся стент в правый гепатикодуоденоанастомоз, в связи с атрофией правой доли печени и внутрипеченочным холедохолитиазом выполнена правосторонняя гемигепатэктомия с литоэкстракцией и формированием гепатикоеюноанастомоза с левым долевым протоком.

После комбинированных минимально инвазивных операций у 17 больных (12,31 %) с рубцовыми стриктурами анастомозов желчных протоков встречались следующие осложнения: правосторонний гидроторакс у четырех больных (2,89 %), гемобилия у пяти пациентов (3,62 %), миграция дренажа с выпадением последнего из просвета протока у трех пациентов (2,17 %). Гемобилия купирована после проведения консервативной гемостатической терапии, при миграции дренажа выполнено редренирование ЖП.

Летальность составила 0,72 % – один больной умер от синдрома недренируемой правой доли печени, холангиогенного сепсиса, нарастающей печеночно-почечной недостаточности, несмотря на восстановление проходимости протока в области стриктуры и адекватной декомпрессии ЖП.

Обсуждение

Внедрение минимально инвазивных технологий позволило сделать еще один шаг вперед в решении проблемы стриктуры билиарных анастомозов. Необходимо отметить, что несмотря

на многолетний опыт реконструктивных операций на ЖП и развитие как технического оснащения, так и появления новых ареактивных шовных материалов, полностью исключить формирование стриктур билиарных анастомозов до сих пор не удается. Подавляющему большинству пациентов реконструктивные операции выполнены в специализированных центрах экспертами в области хирургии органов гепатопанкреатобилиарной зоны.

Анализируя опыт клиники можно отметить, что разработанные в клинике комбинированные минимально инвазивные операции восстановления проходимости и целостности «малых» и «больших» повреждений ЖП, выявленные в ранние сутки послеоперационного периода, могут считаться альтернативой традиционным операциям билиобилиарного или билиодигестивного соустья. Условием для формирования неопротока в области поврежденного ЖП является длительное, не менее 18 мес, каркасное дренирование. Несмотря на полученные обнадеживающие результаты минимального инвазивного лечения осложнений раннего послеоперационного периода при операциях на органах гепатопанкреатодуоденальной зоны, разработанные методики восстановления целостности и проходимости ЖП в области повреждения требуют дальнейшего исследования. Считаем, что первоочередная задача – это исследование эпителизации соединительнотканного каркаса при формировании неопротока на дренаже. Современные методы внутрипросветной визуализации с применением эндоскопов Spy Glass позволят в ближайшем будущем сформировать представление об эпителиогенезе в неопротоке.

Резюмируя минимально инвазивное лечение стриктур билиарных анастомозов можно отметить, что каждая ситуация, связанная со стриктурой билиобилиарного или билиодигестивного анастомозов, требует индивидуального подхода, хотя и существуют общие тактические принципы в лечении:

- формирование чрескожного адекватного доступа к протоку или протокам;
- восстановление проходимости через стриктуру анастомоза;
- постепенное нефорсированное расширение стриктуры до необходимого диаметра для обеспечения нормальной желчединамики;
- длительное, не менее 18–24 мес, каркасное наружновнутреннее дренирование протока и стриктуры анастомоза.

Как показывает опыт, в течение двух лет формируется рубцовый каркас вокруг дренажа определенного диаметра, который в дальнейшем эпителизируется. Некоторое уменьшение диаметра каркаса со временем компенсируется выбором изначально большого диаметра последнего дренажа. В 135 случаях из 138 больных со стриктурами билиобилиарных и билиодигестивных анастомозов минимально инвазивные комбинированные операции оказались эффективными, что составляет 97,82 %.

Выводы

Алгоритм действий – стратегия помощи в специализированном центре:

1. При интраоперационном обнаружение «малых» и «больших» непреднамеренных повреждений ЖП показаны реконструктивные вмешательства в адекватном объеме, в зависимости от характера повреждения. При отсутствии подготовленной бригады для выполнения сложных реконструктивных операций показано наружное дренирование ЖП и подпеченочного пространства как вынужденная и оправданная мера профилактики тяжелых последствий.
2. При обнаружении повреждения ЖП в раннем послеоперационном периоде показаны операции минимально инвазивного чрескожного, эндоскопического или комбинированных доступов, направленных на адекватную декомпрессию ЖП и купирование желчеистечения через брюшную полость.
3. Попытку восстановления проходимости и целостности поврежденного протока необходимо предпринимать спустя не менее семи дней, после формирования изолированного от свободной брюшной полости канала.
4. Каркасное наружновнутреннее дренирование ЖП в области повреждения длится не менее 18 мес с периодической сменой каркасного дренажа и нефорсированным расширением диаметра протока.
5. Сформированный неопроток с эпителизированным внутренним просветом является итогом минимально инвазивной реконструкции поврежденного участка ЖП.
6. При стриктурах билиодигестивных и билиобилиарных анастомозов комбинированные минимально инвазивные операции восстановления проходимости анастомозов являются методом выбора в лечении, операциями первой линии, с эффективностью до 95–98 %.

Больные с непреднамеренными повреждениями ЖП должны переводиться в экспертные центры, где сформированы мультидисциплинарные команды и организованы специализированные операционные с необходимым оснащением для оказания помощи с применением дифференциального подхода, в соответствии с характером повреждения ЖП.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Гальперин Э.И., Чеворкин А.Ю. Свежие повреждения желчных протоков. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2010;(10):4–10. [Galperin E.I., Chevorkin A.Y. Fresh lesions of the bile ducts. *Surgery. The N.I. Pirogov Magazine*. 2010;(10):4–10. (In Russ.)].

2. Christou N., Rou-David A., Naumann D.N., et al. Bile Duct Injury During Cholecystectomy: Necessity to Learn How to Do and Interpret Intraoperative Cholangiography. *Frontiers in Medicine*. 2021;(8):1–11. DOI: 10.3389/fmed.2021.637987.

3. Сварич В.Г., Каганцов И.М., Сварич В.А. Лечебная тактика при желчнокаменной болезни у детей. *Педиатр*. 2019;10(6):53–57. DOI: 10.17816/PED10653-57. EDN: CQSHHF. [Svarich V.G., Kagantsov I.M., Svarich V.A. Therapeutic tactics for cholelithiasis in children. *Pediatrician*. 2019;10(6):53–57. DOI: 10.17816/PED10653-57. EDN: CQSHHF. (In Russ.)].

4. Бражникова Н.А., Мерзликин Н.В., Цхай В.Ф. и др. Непосредственные результаты корригирующих операций повреждений желчных протоков при холецистэктомиях. *Бюллетень сибирской медицины*. 2012;11(1):141–149. DOI: 10.20538/1682-0363-2012-1-141-149. [Brazhnikova N.A., Merzlikin N.V., Tskhai V.F., et al. The immediate results of corrective surgery of damage to the bile ducts in cholecystectomies. *Bulletin of Siberian medicine*. 2012;11(1):141–149. DOI: 10.20538/1682-0363-2012-1-141-149. (In Russ.)].

5. Renz B.W., Bosch F., Angele M.K. Bile Duct Injury after Cholecystectomy: Surgical Therapy. *Visc Med*. 2017;33(3):184–190. DOI: 10.1159/000471818.

6. Рыбачков В.В., Раздрогин В.А., Герасимовский Н.В. и др. К вопросу лечения ятрогенных повреждений внепеченочных желчных путей. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*. 2012;5(4):705–707. [Rybachkov V.V., Razdrogin V.A., Gerasimovsky N.V., et al. On the issue of treatment of iatrogenic injuries of the extrahepatic biliary tract. *Bulletin of Experimental and Clinical Surgery*. 2012;5(4):705–707. (In Russ.)].

7. Трифонов С.А., Коваленко Ю.А., Савельева Т.В. и др. Сочетанное повреждение желчных протоков и сосудов при холецистэктомии. *Анналы хирургической гепатологии*. 2023;28(2):95–103. DOI: 10.16931/10.16931/1995-5464.2023-2-95-103. [Trifonov S.A., Kovalenko Yu.A., Savelyeva T.V., et al. Combined damage to the bile ducts and blood vessels during cholecystectomy. *Annals of surgical hepatology*. 2023;28(2):95–103. DOI: 10.16931/10.16931/1995-5464.2023-2-95-103. (In Russ.)].

8. Алмасуд Р., Османова А.О., Михайличенко В.Ю. Ятрогенные осложнения во время проведения лапароскопической холецистэктомии и их профилактика. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2020;(4):7–11. [Almasud R., Osmanova A.O., Mikhailichenko V.Y. Iatrogenic complications during laparoscopic cholecystectomy and their prevention. Scientific review. *Medical sciences*. 2020;(4):7–11. (In Russ.)].

9. Долаков И.Г., Гезгиева Р.К. Классификация ятрогенных повреждений внепеченочных желчных протоков (обзор литературы). *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки*. 2023;(4):183–189. DOI: 10.37882/2223–2966.2023.04.10. [Dolakov I.G., Gezgieva R.K. Classification of iatrogenic injuries of extrahepatic bile ducts (Literature review). *Modern science: actual problems of theory and practice. Series: Natural and Technical Sciences*. 2023;(4):183–189. DOI: 10.37882/2223–2966.2023.04.10. (In Russ.)].

10. Белеков Ж.О., Джапиев У.Х. Хирургическая тактика при ятрогенных повреждениях и рубцовых стриктурах внепеченочных желчных протоков. *Вестник АГИУВ*. 2015;(1–2):12–16. [Belekov Zh.O., Japiev U.H. Surgical tactics for iatrogenic lesions and cicatricial strictures of extrahepatic bile ducts. *Bulletin of the AGIU*. 2015;(1–2):12–16. (In Russ.)].

11. Топузов Э.Г., Колосовский Я.В., Балашов В.К. и др. Диагностика и лечение повреждений и стриктур желчных протоков. *Вестник СПбГУ. Сер. 11*. 2012;(1):113–123. [Topuzov E.G., Kolosovsky Ya.V., Balashov V.K., et al. Diagnosis and treatment of lesions and strictures of the bile ducts. *Bulletin of St. Petersburg State University. Ser. 11*. 2012;(1):113–123. (In Russ.)].

12. Котельникова Л.П., Бурнышев И.Г., Баженова О.В. Хирургическая тактика при повреждениях внепеченочных желчных протоков. *Пермский медицинский журнал. Клинические исследования*. 2014;32(4):26–36. [Kotelnikova L.P., Burnyshev I.G., Bazhenova O.V. Surgical tactics for injuries of extrahepatic bile ducts. *Perm Medical Journal. Clinical studies*. 2014;32(4):26–36. (In Russ.).].

13. Токаренко Е.В. Проблемы хирургического лечения ятрогенных повреждений и стриктур внепеченочных желчных протоков. *Фундаментальные исследования*. 2014;10(1):203–207. [Tokarenko E.V.

Problems of surgical treatment of iatrogenic lesions and strictures of extrahepatic bile ducts. *Fundamental research.* 2014;10(1):203–207. (In Russ.).].

14. Охотников О.И., Яковлева М.В., Горбачева О.С. и др. Рентгенохирургия ятрогенного повреждения желчных протоков после лапароскопической холецистэктомии (опыт одного центра). *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь».* 2022;11(1):173–180. DOI: 10.23934/2223-9022-2022-11-1-173-180. [Okhotnikov O.I., Yakovleva M.V., Gorbacheva O.S., et al. X-ray surgery of iatrogenic damage to the bile ducts after laparoscopic cholecystectomy (experience of one center). *N.V. Sklifosovsky Journal "Emergency medical care".* 2022;11(1):173–180. DOI: 10.23934/2223-9022-2022-11-1-173-180. (In Russ.).].

15. Сайдуллаев З.Я., Эргашев Ф.Р., Рустамов С.У.У. «Свежие» повреждения внепеченочных желчных протоков (Обзор литературы). *Вопросы науки и образования.* 2020;41(125):104–125. [Saydullaev Z.Ya., Ergashev F.R., Rustamov S.U.U. "Fresh" injuries of extrahepatic bile ducts (Literature review). *Issues of science and education.* 2020;41(125):104–125. (In Russ.).].

Поступила 16.07.2025
Принята 17.08.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 16.07.2025
Accepted 17.08.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Аванесян Рубен Гарриевич – д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой общей хирургии с курсом эндоскопии, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-хирург, Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия, av-ruben@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-5836-6919

Королев Михаил Павлович – д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры общей хирургии с курсом эндоскопии, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач эндоскопического отделения, Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия, korolevmp@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-5061-0139

Федотов Леонид Евгеньевич – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры общей хирургии с курсом эндоскопии, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; заведующий 5 хирургическим отделением, Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия, fedotov-le@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-8827-8370

Горовой Максим Евгеньевич – ассистент кафедры общей хирургии с курсом эндоскопии, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, kycm@mail.ru, https://orcid.org/0009-0009-2768-2869

Хафизов Лутфулло Завайдулоевич – аспирант, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач эндоскопического отделения, Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия, korolevmp@yandex.ru

Authors

Avanesyan Ruben G. – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of General Surgery with a course in Endoscopy, Saint Petersburg State Pediatric Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation; Surgeon at the 4th Surgical Department, St. Petersburg State Medical Institution "City Mariinsky Hospital", St. Petersburg, Russia, av-ruben@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-5836-6919

Korolev Mikhail P. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of General Surgery with a course in Endoscopy, Saint Petersburg State Pediatric Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation; Doctor of the Endoscopic Department, St. Petersburg State Medical Institution "City Mariinsky Hospital", St. Petersburg, Russia, korolevmp@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-5061-0139

Fedotov Leonid E. – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of General Surgery with a course in Endoscopy, Saint Petersburg State Pediatric Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation; Head of the 5th Surgical Department, St. Petersburg State Medical Institution "City Mariinsky Hospital", St. Petersburg, Russia, fedotov-le@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-8827-8370

Gorovoy Maxim E. – Assistant at the Department of General Surgery with a course in Endoscopy, Saint Petersburg State Pediatric Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, kycm@mail.ru, https://orcid.org/0009-0009-2768-2869

Khafizov Lutfullo Z. – Postgraduate Student of the Department of General Surgery with a course in Endoscopy, Saint Petersburg State Pediatric Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Doctor of the Endoscopic Department, St. Petersburg State Medical Institution "City Mariinsky Hospital", St. Petersburg, Russia, korolevmp@yandex.ru

УДК 616.381-089.844

СЕТЧАТЫЕ ЭНДОПРОТЕЗЫ ДЛЯ ПЛАСТИКИ БРЮШНОЙ СТЕНКИ: ЭВОЛЮЦИЯ МАТЕРИАЛОВ И ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

А.М. Белоусов[1], Т.С. Филиппенко[2], Т.Ю. Анущенко[2]

[1] *Санкт-Петербургский государственный университет Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, Санкт-Петербург, Россия*
[2] *ООО «Линтекс», Санкт-Петербург, Россия*

РЕЗЮМЕ. Сетчатые эндопротезы являются неотъемлемой частью современной хирургии грыж брюшной стенки. Несмотря на широкое распространение полипропиленовых сеток, за последние десятилетия выявлен ряд их недостатков: склонность к деградации, чрезмерную воспалительную реакцию и возможные системные иммунные осложнения. В связи с этим появился интерес к альтернативным материалам, таким как поливинилиденфторид (ПВДФ), обладающим высокой биоинертностью, стабильной структурой и низкой частотой осложнений. Обзор посвящен эволюции синтетических имплантов, применяемых для пластики передней брюшной стенки. Представлены классификации по типу материала и способу производства, сравнительные характеристики полимеров, описаны морфологические, биомеханические и клинические аспекты применения ПВДФ-эндопротезов. Особое внимание уделено перспективам развития – от умных материалов до визуализируемых и персонализированных сеток.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *герниопластика, сетчатые имплантаты, полипропилен, поливинилиденфторид, деградация сетки, биосовместимость, осложнения, воспаление, умные материалы, визуализируемые имплантаты, 3D-печать*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Белоусов А.М., Филиппенко Т.С., Анущенко Т.Ю. Сетчатые эндопротезы для пластики брюшной стенки: эволюция материалов и взгляд в будущее (обзор литературы). *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 87–93. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-87-93

HERNIA MESH: THE EVOLUTION OF MATERIALS AND A LOOK INTO THE FUTURE (LITERATURE REVIEW)

A.M. Belousov[1], T.S. Filippenko[2], T.Yu. Anushchenko[2]

[1] *St. Petersburg State University Hospital, St. Petersburg, Russia*
[2] *Lintex LLC, St. Petersburg, Russia*

ABSTRACT. Mesh implants have become an integral part of modern hernia surgery. Although polypropylene remains the most used material, its limitations – such as degradation, chronic inflammation, and potential systemic immune reactions – have drawn increasing attention. As a result, alternative polymers such as polyvinylidene fluoride (PVDF) are being actively explored for their superior biocompatibility, chemical stability, and lower complication rates. This review outlines the historical evolution and current classifications of synthetic meshes used in abdominal wall reconstruction. It highlights the biomechanical, morphological, and immunological characteristics of various implant materials, with particular emphasis on PVDF-based prostheses. Future directions are also discussed, including the development of bioactive, MRI-visible, and patient-specific meshes.

KEYWORDS: *hernia repair, mesh implants, polypropylene, polyvinylidene fluoride (PVDF), mesh degradation, biocompatibility, complications, inflammation, smart materials, MRI-visible implants, 3D printing*

FOR CITATION: Belousov A.M., Filippenko T.S., Anushchenko T.Yu. Hernia mesh: the evolution of materials and a look into the future (literature review). *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 87–93. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-87-93 (In Russ.).

Введение

Хирургическое лечение грыж брюшной стенки остается актуальной проблемой общей хирургии. Наиболее часто встречаются паховые грыжи (до 70 % от всех герниологических операций). На втором месте –послеоперационные вентральные грыжи. Частота их возникновения после выполнения различных видов лапаротомий варьирует от 3 до 20 %, увеличиваясь до 30–40 % у пациентов с такими факторами риска, как ожирение, курение, аневризма аорты. При этом операции по поводу послеоперационной вентральной грыжи представляют наиболее сложную категорию среди всех реконструктивно-пластических вмешательств на брюшной стенке. Частота осложнений варьирует в пределах 10–20 %, увеличиваясь до 30 % при лечении «сложных» грыж.

Значимое улучшение произошло с внедрением в повседневную практику различных синтетических эндопротезов [1]. При этом основной механизм – реакция на имплантат, с одной стороны, дает надежный результат в виде «крепкой» вновь образующейся соединительной ткани вокруг протеза, с другой, – именно из-за чрезмерной реакции и избытка инородного материала возникают осложнения со стороны раны [2].

Самым распространенным материалом для производства сетчатых эндопротезов является полипропилен (ПП), однако 70-летний опыт применения выявил ряд недостатков. Имплантация таких эндопротезов сопровождается выраженной реакцией с преобладанием экссудативного компонента, что часто приводит к образованию сером с последующим риском их инфицирования [3]. Также реакция на имплантацию может приводить к формированию грубых рубцовых тканей, деформирующих сетку с возможностью рецидива по краю протеза. В связи с этим в последние 20 лет начали активно появляться новые варианты сетчатых эндопротезов для герниопластики, основным вектором их развития стало уменьшение массы имплантируемого материала, улучшение биосовместимости, повышение устойчивости к инфекции и адаптация к новым топографическим подходам в связи с развитием миниинвазивных технологий в герниологии.

С учетом большого разнообразия современных имплантов кажется актуальным рассмотреть преимущества и недостатки различных материалов, из которых они изготовлены, а также подумать над дальнейшим вектором развития материалов для герниопластики, поскольку современная герниология стоит на пересечении инженерных, биомедицинских и клинических парадигм.

Исторический этап развития материалов для пластики передней брюшной стенки

История использования синтетических материалов отображает научный прогресс в хирургии грыж.

Более 190 лет назад Belams (1832) впервые применил стенку воздушного пузыря рыб для закрытия дефекта при лечении паховой грыжи. Цель использования воздушного пузыря – простимулировать «слипчивое воспаление». Belams применил эту методику на 30 собаках, а в последующем и у трех пациентов, причем во всех случаях успешно. За долгие годы использовались самые разнообразные ткани для закрытия грыжевого дефекта, в частности, надкостница большеберцовой кости, широкая фасция бедра и т.д. [4]. Однако оказалось, что описанные материалы ведут себя непредсказуемо.

Искусственные материалы внедрены в хирургию в 1889 г. O. Witzel применил серебряную сетку для закрытия грыжевого дефекта [5]. Позже стали использовать сетки из серебра, тантала и нержавеющей стали. Marray в 1906 г. и Fiesehi в 1914 г. начали применять резину и каучук, но они вызывали выраженную реакцию тканей с частыми нагноениями и отторжениями.

Настоящим прорывом стало внедрение в практику сначала полиэфирных, а затем полипропиленовых сеток, впервые описанное F. C. Usher et al. [6]. Полипропилен оказался прочным, доступным, технологичным и, по представлениям того времени, инертным.

В последующие десятилетия наблюдалась быстрая эволюция конструкций: от тяжелых и плотных монофиламентных сеток к облегченным макропористым структурам, лучше интегрирующимся в ткани и вызывающим менее выраженный воспалительный ответ [7]. Сетки нового поколения стали обладать более крупными порами (>1 мм), меньшей поверхностной плотностью (<35 г/м²), способствующей снижению фиброзной реакции и хронической боли.

Применяемые в настоящее время полимерные эндопротезы отличаются: по способу производства (химическая или текстильная технология), строению (вязаные, нетканые, пленочно-пористые), виду полимера (политетрафторэтилен, полипропилен, поливинилденфторид, полиэтилентерефталат и др.), структуре нити (мононити, комплексные, псевдомононити), способности к биодеструкции (нерассасывающиеся, рассасывающиеся, частично рассасывающиеся), конструкции (плоские, объемные, многослойные, композитные), специализированные по назначению (для интраперитонеальной герниопластики, парастомальные, хиатальные). В ряде хирургических ситуаций определенный интерес представляют антимикробные эндопротезы.

При этом технология изготовления зачастую предопределяет и свойства эндопротезов, в частности, структурные характеристики, размер пор, прочность, жесткость и др.

Таким образом, современные сетчатые имплантаты для пластики передней брюшной стенки представляют собой разнообразную группу материалов, различающихся по химическому составу, структуре волокон, пористости, плотности, биологическому поведению и способности к интеграции в ткани. Их классификация условна, но удобна для клинического и технологического анализа. В связи с этим предлагаем рассмотреть основные способы изготовления эндопротезов и виды полимеров.

Классификация по технологии производства и материалу сетчатых имплантатов

Пленочно-пористые эндопротезы. У зарубежных коллег некоторое время определенный сегмент рынка занимали эндопротезы пленочно-пористой, так называемой «растянутой», структуры на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ).

Эндопротезы из ПТФЭ отличаются самой высокой биосовместимостью и биорезистентностью. Гладкая микропористая поверхность обеспечивает антиадгезивные свойства, позволяющие при необходимости размещать эндопротез в непосредственном контакте с органами брюшной полости.

Однако существует опасность хронического инфицирования материала с порами менее 15 мкм, так как в них легко проникают микроорганизмы (размер около 1–2 мкм), но не могут попасть макрофаги (18–35 мкм) и лейкоциты (15–20 мкм), т. е. затруднен фагоцитоз внутри эндопротеза.

В связи с этим, а также по причине низкой прочности на разрыв и высокой цены, они не получили широкого распространения в РФ. Также в литературе [8] появились сведения о кальцификации протезов из ПТФЭ на поздних сроках, что может привести к повышению хрупкости материала и, как следствие, к его разрушению и возможному рецидиву грыжи.

Нетканые эндопротезы. Эндопротезы изготавливаются из полипропиленового термоскрепленного нетканого полотна (подобны материалам, используемым для изготовления одноразовой хирургической одежды и белья). Недостатком нетканых эндопротезов является их микропористая структура, обусловливающая высокую фитильность и капиллярные свойства, вследствие чего возрастает опасность инфицирования материала. Такие эндопротезы получили ограниченное применение.

Вязаные эндопротезы. Основная группа современных полимерных эндопротезов представляет собой сетчатые материалы, выработанные трикотажным способом на основовязальных машинах. Основовязаная структура выбрана в связи с тем, что такое переплетение имеет фиксированную структуру, не распускающуюся при разрезании в любом направлении. Кроме того, трикотажный способ производства позволяет в широких диапазонах варьировать толщину, пористость, материалоемкость эндопротезов, их растяжимость и прочностные свойства [9].

Сетчатые эндопротезы из полипропиленовых мононитей. Наиболее широко в герниопластике используются основовязаные эндопротезы из ПП-мононитей.

Полипропилен обладает высокой биологической инертностью и устойчивостью к биодеструкции. Монолитность и гидрофобность, а также предельно малая поверхность ПП-мононитей препятствуют инфицированию эндопротезов, и поэтому в случае нагноения возможно ведение инфицированной раны по обычной схеме без удаления имплантата [10].

Полипропиленовые эндопротезы используют для оперативного лечения всех видов грыж. Базовые коммерческие сетки в основном изготавливались, а у некоторых производителей продолжают, из мононитей диаметром 0,14– 0,17 мм («тяжелые» эндопротезы), что обеспечивает им прочность, в несколько раз превосходящую минимально необходимую, а также чрезмерную жесткость и материалоемкость [9]. В результате это приводит к формированию плотных рубцовых тканей, деформирующих сетку, способствующих возникновению ощущения инородного тела в брюшной стенке и ограничению ее подвижности. Именно сокращение сетки является причиной рецидива грыжи. В экспериментальных исследованиях [11] установлено, что ПП-сетка после четырех недель имплантации сокращается на 30–40 % от своего первоначального размера. При более длительных сроках «сморщивание» сетчатого эндопротеза может достигать 60 %. Как считают авторы, сжатию подвергается не сама сетка, а фиброзные рубцовые ткани, которыми пророс эндопротез, что является нормальной физиологической реакцией созревания соединительнотканного рубца.

Поэтому в современной герниопластике одной из ведущих тенденций стало «облегчение» полимерных эндопротезов. Существуют две концепции получения легких сеток: композитных, частично рассасывающихся, и однородных нерассасывающихся, но с использованием минимума полимерного материала.

Полипропилен с момента своего внедрения в 1960-х гг. признан «инертным» материалом, не вступающим в значимые биохимические взаимодействия с окружающими тканями. Однако накопленный опыт поставил под сомнение этот постулат. Стали появляться публикации, которые

демонстрируют, что ПП вызывает устойчивую, низкоинтенсивную воспалительную реакцию, ведущую к фиброзу, болевому синдрому, а в отдельных случаях – к системной иммунной дисрегуляции, вплоть до развития ревматоиднополобных артритов, неспецифических системных воспалений, фибромиалгии и даже васкулитов [11–13].

Механизм этих реакций, вероятно, связан с хронической активацией врожденного иммунитета, нарушением регуляции провоспалительных цитокинов (TNF-α, IL-6, IL-1β) и активацией Т-клеток.

Хотя большинство этих наблюдений являются ретроспективными и не имеют высокой степени доказательности, они заслуживают внимания и дальнейшего анализа. Особенно это актуально для пациентов с существующими аутоиммунными нарушениями, у которых реакция на инородный материал может быть усиленной.

В последние годы начали появляться публикации о возможной деградации полипропиленовых эндопротезов после длительного нахождения в тканях. В экспериментальном исследовании, выполненном на животных моделях [14], проведена прямая оценка деградации поливинлденфторидных сеток по сравнению с двумя типами ПП-сеток с использованием сканирующей электронной микроскопии (SEM), а химическое состояние и признаки деградации анализировались методом инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR). FTIR-спектроскопия подтвердила химическую стабильность ПВДФ-сеток – спектры не отличались от исходных до имплантации. В то же время у ПП выявлено нарастание содержания карбонильных (C=O) и гидроксильных (–OH) групп – признаков окислительной деградации. SEM-анализ продемонстрировал отсутствие морфологических изменений на поверхности ПВДФ-сеток даже спустя 24 мес имплантации, тогда как ПП-сетки проявляли прогрессирующие трещины.

Таким образом, уменьшить материалоемкость, повысить гибкость и снизить реакцию тканей на эндопротез можно и в результате замены полипропиленовых мононитей на более эластичные и биосовместимые нити, такие как ПВДФ.

Сетчатые эндопротезы из поливинилиденфторидных мононитей. При изучении свойств ПВДФ-мононитей, используемых также для изготовления шовного материала [15], установлено, что они обладают более высокой эластичностью, биологической инертностью и биорезистентностью, чем полипропиленовые, при аналогичной прочности и устойчивости к инфицированию. Эндопротезы из ПВДФ-мононити, в отличие от полипропиленовых, не содержат добавок пластификаторов и стабилизаторов, а по биосовместимости вплотную приближаются к ПТФЭ-материалам [8, 16].

В экспериментальных работах и клинических исследованиях показано, что применение эндопротеза, полностью изготовленного из ПВДФ-мононити, сопровождается образованием тонкой, гибкой и прочной соединительнотканной капсулы при минимальном количестве имплантат-ассоциированных осложнений. Имплант практически не вызывает образования сером и не подвержен «сморщиванию» [17, 18].

Сравнительное изучение жесткости методом изгиба консоли ПВДФ-эндопротезов и имплантов из ПП, изготовленных из мононитей диаметром 0,12 мм, показало, что жесткость последнего более чем вдвое выше (26 и 10 сН·мм^2 соответственно) [19].

Сетки из ПВДФ-мононитей оптимальны для сложных случаев, например, для пластики рецидивных послеоперационных вентральных грыж. В ряде работ [14–16] делается однозначный вывод, что сетчатый ПВДФ-имплант является реальной альтернативой наиболее распространенным в современной герниологии ПП-эндопротезам.

Сетчатые эндопротезы из полифиламентых нитей. Определенное положение на рынке занимают эндопротезы из полиэфирных (Polyester) комплексных нитей, которые обычно являются полиэтилентерефталатными (в России их называют «лавсановыми»).

Поскольку межволоконные поры у полифиламентных нитей порядка 10 мкм, то, с точки зрения фагоцитоза, возникают такие же проблемы, как у микропористых ПТФЭ и нетканых эндопротезов, что ограничивает применение их в условиях опасности гнойно-воспалительных процессов.

Однако в данной категории наибольший интерес представляют эндопротезы из полиэфирных нитей с дополнительным фторполимерным покрытием, которое делает полифиламентную нить псведомононитью, «запечатывая» все межволоконные пространства, и обеспечивает данному эндопротезу антиадгезивные свойства. Это позволяет использовать конкретный эндопротез для интраперитонеальной пластики (IPOM).

Опубликован ряд работ, показывающий безопасность и эффективность использования данного эндопротеза для IPOM-пластики как на экспериментальных моделях, так и в клинической практике [20–23].

За счет малого веса, крупноячеистой структуры, высокой биорезистентности и при сохраненной базовой брюшине, данный эндопротез быстро покрывается неоперитонеумом и интегрируется в брюшную стенку при IPOM-пластике. По прочностным характеристикам не уступает зарубежным аналогам, при этом значительно ниже по цене. Использование эндопроте-

за из полиэфирных нитей с дополнительным антиадгезивным фторполимерным покрытием делает IPOM-пластику более доступной и безопасной.

Перспективы развития эндопротезов для герниопластики

Как и в любом хирургическом направлении, в истории развития герниологии есть свои значимые этапы. Внедрение пластики пахового канала собственными тканями по Bassini в конце XIX в., появление синтетических имплантов в середине XX в., преперитонеальное и ретромускулярное размещение эндопротезов, выполненные Рене Стоппа и Жаном Риве, предложенная Ирвингом Лихтенштейном концепция безнатяжной пластики с использованием сетчатых эндопротезов при паховой грыже и, конечно же, активное внедрение мини инвазивных методик в конце XX – начале XXI вв. сформировали сегодняшнюю хирургию грыж.

При этом основной фокус остается на хирургической технике. Большое внимание уделяется техническим аспектам операции, крайне редко происходит обсуждение показаний к тому или иному методу пластики, в погоне за «большой хирургией» не подвергается сомнению целесообразность более агрессивных методик и уже тем более в последние годы игнорируется влияние типа эндопротеза на результат. Не говоря о том, что многие хирурги не имеют представления о физико-химических свойствах полимеров, из которых изготовлены импланты. Единственное, что остается в фокусе внимания – это макропористая и микропористая сетка.

Но даже по двум параметрам – тип полимера и способ производства –спектр сетчатых эндопротезов разнообразен. При этом развитие технологий в герниологии неизбежно должно привести к пересмотру парадигмы выбора имплантов. Если сегодня основное внимание уделяется механическим характеристикам и типу фиксации сетки, то в ближайшие годы должны сместить акцент на персонализированный подход, биосовместимость и «интеллектуальные свойства» материалов.

Можно ожидать активное развитие сеток нового поколения – не только с антиадгезивными и антибактериальными покрытиями, но и с функциями адаптации к физиологической среде. Возможно появление «умных» эндопротезов, способных регулировать локальное высвобождение противовоспалительных препаратов, реагировать на изменения pH или уровень воспаления, а возможно и на механические нагрузки.

Еще одно направление, которое уже реализуется [24, 25], – визуализируемые имплантаты, позволяющие в реальном времени наблюдать за состоянием сетки при помощи МРТ. Это особенно актуально для проведения клинических исследований, оценки «сморщивания» сетки, для изучения возможных причин хронической боли.

Важным шагом должно стать внедрение национальных и международных регистров, особое внимание в которых будет уделено использованию сетчатых эндопротезов. Анализ большого массива данных позволит обоснованно делать выводы о выборе материала для пластики не только на основе его физических характеристик, но и по доказанной долгосрочной безопасности и эффективности в различных клинических ситуациях.

Это сделает возможным и доступным, а также обоснованным персонализированное изготовление сетчатых эндопротезов для конкретного пациента на основании клинических и инструментальных результатов обследования с дополнительной аналитикой данных искусственным интеллектом.

Заключение

Современные тенденции в герниологии направлены на индивидуализацию хирургического подхода с учетом биологических, анатомических и клинических факторов. В частности, возрастает интерес к имплантатам нового поколения, обладающим улучшенной биосовместимостью, новыми физическими свойствами, возможностью интеграции в их состав биологически активных веществ, дополнения эндопротезов новыми свойствами. Хочется верить, что герниология будущего – это сочетание инженерной точности, молекулярной биологии и искусственного интеллекта. А сетчатый эндопротез станет не просто «каркасом» и неуправляемым стимулятором для образования соединительной ткани, а полноценным, динамически реагирующим участником процесса регенерации и улучшит результаты лечения пациентов с грыжами брюшной стенки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами под-

писано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Матвеев Н.Л., Белоусов А.М., Бочкарь В.А., Макаров С.А. Мало-инвазивные технологии в герниологии: применять нельзя экономить. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2020;8:75–81. [Matveev N.L., Belousov A.M., Bochkar V.A., Makarov S.A. Minimally invasive ventral hernia repair: apply or save? *Khirurgiya.* 2020;8:75–81. (In Russ.)].

2. Meagher H., Clarke Moloney M., Grace P.A. Conservative management of mesh-site infection in hernia repair surgery: a case series. *Hernia.* 2015;19(2):231–237.

3. Nobaek S., Rogmark P., Petersson U. Negative pressure wound therapy for treatment of mesh infection after abdominal surgery: long-term results and patient-reported outcome. *Scand J Surg.* 2017;106(4):285–293. DOI: 10.1177/1457496917690966.

4. Лидский А.Т. Свободная пересадка фасции в хирургии и гинекологии. Вестн. хирургии. 1926;7(19):173–77. [Lidskiy A.T. Free fascia transplantation in surgery and gynecology. Vestn. Surgery. 1926;7(19):173–77. (In Russ.)].

5. Witzel O. Uber den Verschlub von Bauchwunden und Bruchpforten durch versenkte Silberdrahtnetze (Einheilung von Filigranpelotten). *Zbl. Chirurgie*. 1900;10:257–260.

6. Usher F.C., Ochsner J.L., Tuttle L.L. Use of marlex mesh in the repair of incisional hernia. *Am Surg*. 1958;24(12):969–974.

7. Amid P.K. Classification of biomaterials and their clinical implications in hernia repair. *Hernia*. 1997;1(1):15–21.

8. Klosterhalfen B., Junge K., Klinge U. The lightweight and large porous mesh concept for hernia repair. *Expert Rev. med. Devices*. 2005;2(1):103–117.

9. Жуковский В.А. Современные подходы к разработке и производству полимерных сетчатых эндопротезов для реконструктивной хирургии. *Альманах ин-та хирургии им. А.В. Вишневского.* 2008;3(2):20–21. [Zhukovsky V.A. Modern approaches to the development and production of polymer mesh endoprostheses for reconstructive surgery. *Almanac of the A.V. Vishnevsky Institute of Surgery*. 2008;3(2):20–21. (In Russ.)].

10. Parshikov V.V. Inflammatory complications of the abdominal wall prosthetic repair: diagnostics, treatment, and prevention (review). *Sovremennye tehnologii v medicine* 2019;11(3):158–178. DOI: 10.17691/stm2019.11.3.19.

11. Cohen Tervaert J.W. Autoinflammatory/autoimmunity syndrome induced by adjuvants (Shoenfeld's syndrome) in patients after a polypropylene mesh implantation. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019;32(4):511–520. DOI: 10.1016/j.berh.2019.01.003.

12. Chughtai B., Sedrakyan A., Mao J., et al. Is vaginal mesh a stimulus of autoimmune disease? *Am J Obstetr Gynecol.* 2017;216(5):495.e49–e497. DOI: 10.1016/j. ajog.2016.12.021.

13. Muller P., Gurol-Urganci I., Thakar R., et al. Impact of a mid-urethral synthetic mesh sling on long-term risk of systemic conditions in women with stress urinary incontinence: a national cohort study. *BJOG.* 2022;129(4):664–670. DOI: 10.1111/1471-0528.16917

14. Wang H., Klosterhalfen B., Müllen A., et al. Degradation resistance of PVDF mesh in vivo in comparison to PP mesh. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;119:104490. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2021.104490.

15. Lacorche G., Marois Y., Guidoin R., et al. Polyvinylidene fluoride (PVDF) as a biomaterial: from polymeric raw material to monofilament vascular suture. *J. Biomed. Mater. Res*. 1995;29(12):1525–1536.

16. Klinge U., Klosterhalfen B., Ottinger A.P., et al. PVDF as a new poly- mer for the construction of surgical meshes. *Biomaterials*. 2002;23(16):3487–3493.

17. Горелов А.С. Обоснование и оценка эффективности применения сетчатых имплантатов из поливинилиденфторида в оперативном лечении послеоперационных вентральных грыж (экспериментально-клиническое исследование): дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2008. 182 с. [Gorelov A.S. Substantiation and evaluation of the effectiveness of polyvinylidene fluoride mesh implants in the surgical treatment of postoperative ventral hernias (experimental and clinical study): Dissertation of the Candidate of Medical Sciences. St. Petersburg, 2008, 182 p. (In Russ.)].

18. Нетяга А.А., Бежин А.И., Плотников Р.В., Жуковский В.А. Экспериментальное обоснование возможности применения эндопротезов на основе ПВДФ-мононитей для пластики брюшной стенки. *Альманах Инта хир. им. А.В. Вишневского*. 2008;3(2):24. [Netyaga A.A., Bezhin A.I., Plotnikov R.V., Zhukovsky V.A. Experimental substantiation of the possibility of using PVDF-monofilament endoprostheses for abdominal wall plastic surgery. *Almanac of the A.V. Vishnevsky Institute of Surgery*. 2008;3(2):24. (In Russ.)].

19. Филипенко Т.С. Разработка сетчатых эндопротезов для реконструктивно-восстановительной хирургии и исследование их свойств: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2009. 164 с. [Filipenko T.S. The development of mesh endoprostheses for reconstructive and reconstructive surgery and the study of their properties: Dissertation of the Candidate of Technical Sciences. St. Petersburg, 2009, 264 p. (In Russ.)].

20. Белоусов А.М., Армашов В.П., Шкарупа Д.Д. и др. Безопасность сетчатых эндопротезов с фторполимерным покрытием: результаты пилотного исследования. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2023;2:43–58. [Belousov A.M., Armashov V.P., Shkarupa D.D., et al. Safety of fluoropolymer-coated mesh endoprostheses: results of a pilot study. *Surgery. The N.I. Pirogov Magazine*. 2023;2:43–58. (In Russ.)].

21. Белоусов А.М., Армашов В.П., Шкарупа Д.Д. и др. Гистологические изменения при интраперитонеальной пластике (IPOM) синтетическими и биологическими эндопротезами. Результаты хронического эксперимента. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2023;7:37–50. [Belousov A.M., Armashov V.P., Shkarupa D.D., et al. Histological changes in intraperitoneal plastic surgery (IPOM) with synthetic and biological endoprostheses. The results of a chronic experiment. *Surgery. The N.I. Pirogov Magazine*. 2023;7: 37–50. (In Russ.)].

22. Белоусов А.М., Непомнящая С.Л., Данилин В.Н. и др. Результаты клинического применения сетчатого эндопротеза с антиадгезивным фторполимерным покрытием при лапароскопической интраперитонеальной пластике первичных вентральных грыж. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2024;5:86–94. DOI: 10.17116/hirurgia202405186. [Belousov A.M., Nepomnyashchaya S.L., Danilin V.N., et al. The results of the clinical application of a mesh endoprosthesis with an antiadhesive fluoropolymer coating in laparoscopic intraperitoneal plastic surgery of primary ventral hernias. *Surgery. The N.I. Pirogov Magazine*. 2024;5:86–94. (In Russ.)].

23. Белоусов А.М., Непомнящая С.Л., Данилин В.Н. и др. Результаты клинического применения сетчатого эндопротеза с антиадгезивным фторполимерным покрытием при лапароскопической интраперитонеальной пластике послеоперационных вентральных грыж. *Российский хирургический журнал*. 2025;1(1):20–27. [Belousov A.M., Nepomnyashchaya S.L., Danilin V.N., et al. The results of the clinical application of a mesh endoprosthesis with an anti-adhesive fluoropolymer coating in laparoscopic intraperitoneal plastic surgery of postoperative ventral hernias. *Russian Surgical Journal*. 2025;1(1):20–27. (In Russ.)].

24. Vierstraete M., Beckers R., Vangeel L., et al. Prospective cohort study on mesh shrinkage measured with MRI after robot-assisted minimal invasive retrorectus ventral hernia repair using an iron-oxide-loaded polyvinylidene fluoride mesh. *Surg Endosc*. 2023;37(6):4604–4612. DOI: 10.1007/s00464-023-09938-3.

25. Muysoms F., Beckers R., Kyle-Leinhase I. Prospective cohort study on mesh shrinkage measured with MRI after laparoscopic ventral hernia repair with an intraperitoneal iron oxide-loaded PVDF mesh. *Surg Endosc*. 2018;32(6):2822–2830. DOI: 10.1007/s00464-017-5987-x

Поступила 14.07.2025
Принята 19.07.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 14.07.2025
Accepted 19.07.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Белоусов Александр Михайлович – д-р мед. наук, заместитель главного врача по медицинской части (хирургия, онкология), Санкт-Петербургский государственный университет Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, Санкт-Петербург, Россия, info@alexandrbelousov.ru, https://orcid.org/0000-0002-2274-8170

Филиппенко Татьяна Сергеевна – канд. техн. наук, главный технолог, ООО «Линтекс», Санкт-Петербург, Россия, rdd.lintex@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-7878-6371

Анущенко Татьяна Юрьевна – начальник научно-производственной лаборатории, ООО «Линтекс», Санкт-Петербург, Россия, atu0106@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-9266-0756

Authors

Belousov Alexander M. – Doctor of Medical Sciences, Deputy Chief Physician for Medical Affairs (Surgery, Oncology), St. Petersburg State University Hospital, St. Petersburg, Russia, info@alexandrbelousov.ru, https://orcid.org/0000-0002-2274-8170

Filippenko Tatiana S. – Candidate of Technical Sciences, Chief Technologist, Lintex LLC, St. Petersburg, Russia, rdd.lintex@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-7878-6371

Anushchenko Tatiana Yu. – Head of the Scientific and Production Laboratory, Lintex LLC, St. Petersburg, Russia, atu0106@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-9266-0756

УДК 616-089.85:616.65-006

ВОЗМОЖНОСТИ РОБОТИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ В ЛЕЧЕНИИ РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И ОПУХОЛЕЙ ПОЧКИ У ПАЦИЕНТОВ С ВЫРАЖЕННОЙ СОПУТСТВУЮЩЕЙ ПАТОЛОГИЕЙ

Д.А. Шелипанов, Д.А. Федоров, Н.А. Антипова, А.А. Васильев, Е.С. Гилев, А.М. Симонян, М.С. Мосоян

Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Министерства здравоохранения России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ. Более ранняя диагностика онкологических заболеваний, повышение эффективности проведения терапевтических мероприятий в сочетании с улучшением хирургических методов лечения привели к улучшению прогноза и функциональных результатов для пациентов, увеличению продолжительности жизни, постоянному расширению границ выживаемости и доли пациентов с наличием сопутствующей патологии. С ростом ожидаемой продолжительности жизни и в целом старения населения проблеме коморбидности и «хрупкости», и лечению в том числе онкоурологических заболеваний у данной группы пациентов в настоящее время уделяется все большее внимание. За последние десятилетия подходы к ведению таких пациентов значимо изменились в пользу расширения показаний к радикальному лечению. При этом робот-ассистированная хирургия, как один из наиболее современных, эффективных и безопасных методов, представляется крайне перспективным способом лечения рака предстательной железы и опухолей почки у пациентов с тяжелой сопутствующей патологией. Приводятся мировые данные по лечению рака предстательной железы и рака почки у коморбидных пациентов с помощью роботической хирургии, а также собственные результаты данных методик.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *рак предстательной железы, опухоли почки, робот-ассистированная хирургия, простатэктомия, резекция почки, радикальная нефрэктомия, коморбидные пациенты, «хрупкие» пациенты*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шелипанов Д.А., Федоров Д.А., Антипова Н.А., Васильев А.А., Гилев Е.С., Симонян А.М., Мосоян М.С. Возможности роботической хирургии в лечении рака предстательной железы и опухолей почки у пациентов с выраженной сопутствующей патологией. *Российский хирургический журнал.* 2025;2(2): 94–102. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-94-102

OPPORTUNITIES OF ROBOTIC SURGERY IN TREATMENT OF PROSTATE CANCER AND RENAL MASSES IN PATIENTS WITH SEVERE COMORBIDITIES

D.A. Shelipanov, D.A. Fedorov, N.A. Antipova, A.A. Vasilev, E.S. Gilev, A.M. Simonyan, M.S. Mosoyan

Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT. Earlier diagnosis of cancer, increased effectiveness of therapeutic measures in combination with improved surgical treatment methods have led to improved prognosis and functional outcomes for patients, increased life expectancy and constant expansion of survival boundaries, as well as an increase in the proportion of patients with comorbidities. With the increase in life expectancy and population aging in general, the problem of comorbidity and "frailty" and the treatment of oncourological diseases in this group of patients are currently receiving increasing attention. Over the past decades, approaches to the management of such patients have changed significantly in favor of expanding the indications for radical treatment. At the same time, robot-assisted surgery, as one of the most modern, effective and safe methods, seems to be an extremely promising way to treat prostate cancer and kidney tumors in patients with severe comorbidities. This article presents world data on the treatment of prostate cancer and kidney cancer in comorbid patients using robotic surgery, as well as our own results of these methods.

KEYWORDS: *prostate cancer, renal masses, robot-assisted surgery, prostatectomy, partial nephrectomy, radical nephrectomy, comorbid patients, "frail" patients*

FOR CITATION: Shelipanov D.A., Fedorov D.A., Antipova N.A., Vasilev A.A., Gilev E.S., Simonyan A.M., Mosoyan M.S. Opportunities of robotic surgery in treatment of prostate cancer and renal masses in patients with severe comorbidities. *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 94–102. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-94-102 (In Russ.).

Введение

Благодаря развитию современной медицины, повышению уровня оказания медицинской помощи и качества жизни за последние десятилетия возросла ожидаемая продолжительность жизни, что привело к старению населения, а также увеличилось число пациентов, страдающих хроническими заболеваниями, т. е. коморбидных пациентов [1, 2]. В последние годы все больше внимания уделяется понятию «хрупкость», которое следует рассматривать как медицинский синдром или состояние здоровья при сочетании ряда факторов, связанных со снижением физиологических функций, что повышает уязвимость организма пациента и вероятность неблагоприятных исходов соответственно [3]. По разным данным феномен «хрупкости» встречается в 47 и 58 % в возрастной категории 65–85 лет у мужчин и женщин соответственно. В зависимости от применяемых критериев и инструментов для оценки «хрупкости» по некоторым данным доля таких пациентов доходит даже до 77 % [4–7].

Наличие у пациентов коморбидности и «хрупкости» связано с более высоким риском осложнений после онкоурологических операций и показателями общей смертности [8–11]. Общепризнанные преимущества роботических урологических вмешательств, таких как резекция почки, радикальная нефрэктомия и радикальная простатэктомия, привели к более широкому применению этих процедур среди пожилых пациентов и пациентов с множественными сопутствующими заболеваниями, а также к улучшению периоперационных исходов у данных групп пациентов [12–16].

В данной статье опишем опыт лечения коморбидных и «хрупких» пациентов, результаты робот-ассистированных оперативных вмешательств у данной категории больных.

Материалы и методы

Проведен ретроспективный анализ 1045 пациентов с раком предстательной железы, 237 пациентов с опухолями почек, которым с 2012 по 2025 гг. выполнялись робот-ассистированные операции – радикальная простатэктомия, резекция почки либо радикальная нефрэктомия.

Среди больных раком предстательной железы в исследование включены 583 (55,8 %), которые имели выраженную коморбидность и «хрупкость». Средний возраст пациентов составил 66,4 г. Критерии включения: наличие локализованного и местно-распространенного рака предстательной железы, сопутствующей патологии и соответствие критериям «хрупкости». Критерием исключения являлось отсутствие выраженной коморбидности и «хрупкости» у пациентов.

Среди пациентов с опухолями почек в исследование включены 118 (49,8 %) коморбидных и «хрупких» пациентов. По гендерному признаку мужчин было 75 (63,6 %) и женщин 43 (36,4 %). Средний возраст мужчин составил 65,7 лет, а женщин 61,3 г. Критерия включения в исследование: клиническая стадия новообразования почек cT1-T2, наличие тяжелых коморбидных заболеваний и высокий уровень «хрупкости». Критерии исключения: открытые и лапароскопические операции при почечно-клеточном раке, пациенты без коморбидной патологии и «хрупкости».

Оценка коморбидности проводилась по наиболее распространенной балльной системе, предложенной M. Charlson – Charlson Comorbidity Index (CCI) [17] (табл. 1).

Степень тяжести коморбидности оценивалась следующим образом: отсутствие коморбидности – 0 баллов; высокий уровень ≥3 баллов.

«Хрупкость» рассчитывалась с помощью модифицированного индекса хрупкости (mFI-11), разработанной Национальной программой улучшения качества хирургической помощи (NSQIP) [18] (табл. 2).

«Хрупкость» у пациентов оценивалась на основании суммы баллов ≥3, что указывало на высокий уровень. Операции выполнялись одним хирургом с использованием роботической хирургической системы Da Vinci Si (до 2021 г.) и Da Vinci Xi (после 2021 г.). Периоперационные результаты сводились к оценке длительности операции, объем интраоперационной кровопотери, частоте развития периоперационных осложнений (по Clavien – Dindo), а также длительности госпитализации. Как у больных, перенесших РАРПЭ, так и у пациентов, которым проводились операции по поводу опухолей почек, оценивались ранние онкологические результаты, которые учитывали статус положительного хирургического края, а также однолетнюю безрецидивную выживаемость (после РАРПЭ наличие рецидива фиксировалось при повышении уровня ПСА общего более 0,1 нг/мл, после операций на

почке – при наличии признаков рецидива по данным лучевых методов исследования). В нашем исследовании у пациентов после РАРПЭ из функциональных исходов оценивались только показатели удержания мочи (на 3, 6 и 12 мес после операции) по данным опроса пациентов, причем критерием удержания мочи считалось использование не более одной «страховочной» прокладки в сутки. Учитывая гетерогенность выборки (местно-распространенный процесс, коморбидные пациенты), оценка эректильной функции в исследовании не проводилась. Функциональные результаты после операций на почках оценивались по скорости клубочковой фильтрации (СКФ) в послеоперационном периоде по расчетной формуле: Chronic Kidney Desease Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) через 1, 3 и 6 мес.

Таблица 1. Индекс коморбидности Charlson

Заболевание	Балл
Инфаркт миокарда	1
Сердечная недостаточность	1
Поражение периферических сосудов (наличие перемежающейся хромоты, аневризма аорты более 6 см, острая артериальная недостаточность, гангрена)	1
Преходящее нарушение мозгового кровообращения	1
Острое нарушение мозгового кровообращения с минимальными остаточными явлениями	1
Хронические неспецифические заболевания легких	1
Бронхиальная астма	1
Коллагенозы	1
Язвенная болезнь желудка и/или двенадцатиперстной кишки	1
Цирроз печени без портальной гипертензии	1
Сахарный диабет без конечно-органных поражений	1
Хроническая почечная недостаточность, уровень креатинина более 3 мг %	2
Сахарный диабет с конечно-органными поражениями	2
Злокачественная опухоль без метастазов	2
Острый и хронический лимфо- и миелолейкоз	2
Лимфомы	2
Цирроз печени с портальной гипертензией	3
Синдром приобретенного иммунодефицита	6
Злокачественные опухоли с метастазами	6

**Примечание*: добавляется по 1 баллу на каждую декаду жизни при превышении 40-летнего возраста (50 лет – 1 балл, 60 лет – 2 балла, 70 лет – 3 балла и т. д.).

Таблица 2. Клинические параметры NSQIP для расчета модифицированных индексов хрупкости mFI-11

Показатель	Балл
Сахарный диабет	1
Гипертоническая болезнь, нуждающаяся в лечении	1
Хроническая сердечная недостаточность	1
Перенесенный инфаркт миокарда	1
Функциональный статус (нуждается в помощи, уходе)	1
Хроническая обструктивная болезнь легких	1
Стенокардия напряжения/ кардиохирургическое вмешательство в анамнезе	1
Нарушение чувствительности	1
Транзиторная ишемическая атака/ острое нарушение мозгового кровообращения	1
Предыдущее оперативное вмешательство по поводу заболевания периферических сосудов/гангрена, вторичная по отношению к заболеванию периферических сосудов	1
Неврологический дефицит после перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения	1

Результаты

Всем 583 больным раком предстательной железы, включенных в исследование, выполнена робот-ассистированная радикальная простатэктомия (РАРПЭ). Из 118 пациентов с опухолями почки, включенных в исследование, 71 (60,2 %) выполнялась робот-ассистированная резекция почки (РАРП), а 47 (39,8 %) – радикальная нефрэктомия (РАРН). В структуре со-

путствующих заболеваний, оказывающих влияние на оценку коморбидности и «хрупкости», доминировала патология сердечно-сосудистой системы, на втором и третьем месте встречались – ожирение и сахарный диабет. Остальные заболевания, как у больных раком предстательной железы, так и у пациентов с опухолями почек, встречались реже (табл. 3).

Таблица 3. Структура коморбидных заболеваний у пациентов в группе РАРПЭ, РАРП и РАРН

Показатель	РАРПЭ (n=583)	РАРП (n=71)	РАРН (n=47)
Гипертоническая болезнь (Hypertension), n(%)	421 (72,2)	59 (83)	41 (87,2)
Ишемическая болезнь сердца (Coronary heart disease), n(%)	360 (61,7)	48 (67,6)	34 (72,3)
Инфаркт миокарда, n(%)	109 (18,6)	17 (23,9)	13 (27,7)
Стенокардия напряжения, n(%)	123 (21)	20 (28,2)	17 (36,2)
Хроническая сердечная недостаточность (Chronic heart disease), n(%)			
Нарушения ритма сердца (Heart arrhythmia), n(%)	263 (45)	41 (57,7)	29 (61,7)
Фибрилляция предсердий (Atrial fibrillation), n(%)	94 (16)	10 (14)	11 (23,4)
Желудочковая экстрасистолия (Ventricular extrasystole), n(%)	66 (11,3)	7 (9,9)	8 (17)
Операции на сердце, n(%)			
Аортокоронарное шунтирование, n(%)	49 (8,4)	13 (18,3)	11 (23,4)
Коронароангиография, n(%)	53 (9)	14 (19,7)	9 (19,1)
Стентирование коронарных артерий, n(%)	99 (16,9)	16 (22,5)	13 (27,7)
Имплантация электрокардиостимулятора, n(%)	29 (4,9)	3 (4,2)	2 (4,3)
Протезирование клапана сердца, n(%)	16 (2,7)	5 (7)	7 (14,9)
Ожирение, n(%)	383 (65,7)	31 (43,6)	21 (46,7)
Сахарный диабет, n(%)	121 (20,7)	23 (32,4)	14 (29,8)
Хроническая обструктивная болезнь легких, n(%)	72 (12,3)	9 (12,6)	6 (12,8)
Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки ремиссия, n(%)		6 (8,5)	7 (14,9)
Диффузно-узловой зоб, n(%)	21 (3,6)	4 (5,6)	4 (8,5)
Дегенеративно-дистрофическое заболевание позвоночника, n(%)	98 (16,8)	3 (4,2)	3 (6,4)
Бронхиальная астма, n(%)	42 (7,2)	2 (2,8)	3 (6,4)
Цирроз печени, n (%)	25 (4,2)	1 (1,4)	1 (2,1)
Железодефицитная анемия легкой степени, n(%)	34 (5,8)	1 (1,4)	1 (2,1)

Коморбидность у пациентов определялась при наличии двух и более хронических заболеваний.

В группе радикальной простатэктомии среднее количество у одного пациента сопутствующих заболеваний составило 4,3±1,32. Два сопутствующих заболевания имелось у 52 (8,9 %) пациентов, от трех до четырех – 354 (60,7 %), более четырех – 139 (23,8 %).

В группе резекции почки среднее количество сопутствующих заболеваний у одного больного составило 4,0±1,67. В данном исследовании два сопутствующих заболевания имелось у 6 (8,4 %) пациентов, от трех до четырех – 39 (54,9 %), более четырех – 23 (32,4 %).

В среднем на одного пациента, которому выполнялась РАРН, наблюдалось 4,7±1,27 сопутствующих заболеваний. Два заболевания выявлены у 3 (6,4 %) пациентов, от трех до четырех – 27 (57,4 %), более четырех – 15 (31,9 %).

По полученным результатам определена доля значимой коморбидности и «хрупкости» в группе пациентов при РАРПЭ, РАРП и РАРН (табл. 4). Среди пациентов, которым выполнялась РАРПЭ, у 54,2 % повышенный индекс коморбидности, у 50,6 % – повышенный индекс «хрупкости». У больных, перенесших РАРП, повышенный индекс коморбидности отмечался в 59,2 %, а индекс «хрупкости» – в 56,3 %. Что касается РАРН, то у 51 % больных отмечался высокий индекс коморбидности, у 48,9 % – повышенный индекс «хрупкости».

Следует отметить, что среди пациентов, которым выполнялись роботические операции в нашей клинике, были больные после трансплантации сердца, а именно у четырех пациентов выполнена РАРПЭ, у одного – РАРП. При анализе мировой литературы обнаружены единичные сообщения о выполнении роботической простатэктомии таким больным. Что касается роботической резекции почки, то таких случаев, по нашим данным, на сегодняшний день описано не было.

Во всех случаях робот-ассистированная радикальная простатэктомия проводилась трансперитонеальным доступом, в положении Тренделенбурга, с углом наклона операционного стола в 30º. Робот-ассистированные операции при опухолях почек проводились трансперитонеальным доступом в положении пацинта на здоровом боку. В ходе РАРП тепловая ишемия выполнялась в 55 (77,5 %), а нулевая в 16 (22,5%) случаев. Периоперационные результаты робот-ассистированных операций представлены в табл. 5.

Таблица 4. **Индекс коморбидности и «хрупкости» пациентов при РАРПЭ, РАРП и РАРН**

Показатель	РАРПЭ (*n*=583)	РАРП (*n*=71)	РАРН (*n*=47)
Пол			
Мужской (Male), *n*(%)	583 (100)	39 (54,9)	29 (64,4)
Женский (Female), *n*(%)	–	32 (45,1)	16 (35,6)
Медиана возраста (Median of age), лет	66,4 [41–75,6]	65,7 [60–68]	68 [61–73,8]
Индекс коморбидности Чарлсон (CCI) ≥3, *n*(%)	316 (54,2)	42 (59,2)	24 (51)
Модифицированный индекс хрупкости (mFI-11) ≥3, *n*(%)	295 (50,6)	40 (56,3)	23 (48,9)

Таблица 5. **Периоперационные результаты робот-ассистированных операций**

Показатель	РАРПЭ (*n*=583)	РАРП (*n*=71)	РАРН (*n*=47)
Консольное время операции, мин, медиана	95 [70–140]	105 [75–126]	89 [72–109]
Время ишемии, мин, медиана	–	13,6 [10,1–16,7]	–
Интраоперационная кровопотеря, мл, медиана	45 [25–115]	82 [50–118]	98 [74–127]
Конверсия, *n*(%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Послеоперационные осложнения, *n*(%)			
Clavien-Dindo I	82 (14)	16 (22,5)	13 (27,6)
Clavien-Dindo II	31 (5,3)	9 (12,6)	7 (14,9)
Clavien-Dindo IIIa	10 (1,7)	2 (2,8)	1 (2,1)
Clavien-Dindo IIIb	6 (1)	3 (4,2)	2 (4,2)
Clavien-Dindo IV	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Clavien-Dindo V	0 (0)	1 (1,4)	1 (2,1)
Послеоперационный койко-день, медиана	7 [5–14]	7 [5–10]	8 [6–12]

В раннем послеоперационном периоде один пациент из группы РАРП (1,4 %) и один пациент из группы РАРН с индексом коморбидности CCI>5 и высоким значением «хрупкости» умерли из-за развития острой сердечно-сосудистой недостаточности. В группе пациентов, перенесших РАРПЭ не было зафиксировано осложнений категории Clavien-Dindo IV–V.

Ранние онкологические результаты представлены в табл. 6. Среди пациентов, которым выполнялась РАРПЭ, в 14 % случаев отмечался положительной хирургический край, а биохимический рецидив развился в 16 % случаев (безрецидивная однолетняя выживаемость составила 84 %). Среди пациентов, перенесших робот-ассистированные операции на почке, ни в одном случае не было отмечено положительного хирургического края, и ни у одного из больных не развился рецидив.

Таблица 6. **Онкологические результаты РАРПЭ, РАРП и РАРН**

Показатель	РАРПЭ	РАРП	РАРН
Положительный хирургический край, *n*(%)	14	0 (0)	0 (0)
Безрецидивная выживаемость (однолетняя), %	84	100	100

У пациентов после РАРПЭ показатели удержания мочи через 3, 6 и 12 мес после операции составили 89, 96 и 98 % соответственно.

Функциональные исходы у пациентов после РАРП и РАРН представлены в табл. 7. При суммарной оценке функциональных результатов острое повреждение почек наблюдалось у 14 % пациентов после РАРП, у 72,3 % пациентов после РАРН, при этом преобладала I степень острого повреждения почек. В послеоперационном периоде в обеих группах отмечалось снижение скорости клубочковой фильтрации, значительно более выраженное в группе РАРН, при этом в течение полугода после выписки практически у всех пациентов уровень СКФ нормализовался.

Таблица 7. Функциональные исходы после робот-ассистированных операций на почке

Показатель	РАРП	РАРН
Острое повреждение почек по KDIGO, *n*(%)	10 (14)	34 (72,3)
1 стадии	6 (8,4)	19 (40)
2 стадии	3 (4,2)	15 (31,9)
3 стадии	1 (1,4)	0 (0)
Предоперационная СКФ, мл/мин/1,73м^2, медиана	82 [69,4–91,1]	73,3 [61,6–89,3]
СКФ после операции, мл/мин/1,73м^2, медиана		
через один месяц	76,7 [68,4–85,8]	57 [46,1–68,2]
через три месяца	74,5 [69–86,3]	61 [57,6–65]
через шесть месяцев	78,6 [73,3–87]	65 [59–71]

Обсуждение

За последние годы количество публикаций, связанных с проблемой коморбидности и «хрупкости» у пациентов онкоурологического профиля значительно возросло. Согласно результатам многих недавних исследований, «хрупкость» и наличие сопутствующих заболеваний являются важными параметрами, влияющими на исход хирургического лечения [19–21]. В последних рекомендациях Европейской ассоциации урологов по злокачественным новообразованиям мочеполовой системы, таким как рак предстательной железы и рак почки, рекомендуется проводить предоперационную оценку пациента на предмет его способности переносить онкологические процедуры (радикальную простатэктомию, резекцию почки и радикальную нефрэктомию [22, 23]).

Появляется все больше исследовательских работ, направленных на изучение применения хирургического лечения рака предстательной железы и рака почки у возрастных и «хрупких» пациентов. Если раньше таким пациентам отказывали в радикальном лечении по причине возраста и наличия сопутствующей патологии, то сейчас все чаще «хрупкие» пациенты становятся кандидатами в том числе к хирургическому вмешательству, причем оптимальным хирургическим методом у таких больных является именно робот-ассистированные вмешательства [24].

Наиболее крупное обзорное исследование опубликовано в 2024 г. Kostakopoulos и др. В нем сравнивались результаты открытых и робот-ассистированных процедур при онкоурологических заболеваниях у «хрупких» пациентов, а именно радикальной простатэктомии, резекции почки и радикальной цистэктомии. Согласно полученным данным, «хрупкие» пациенты значительно выигрывают от роботизированных урологических процедур по сравнению с открытой хирургией, с более низкой частотой переливания крови и более короткой длительностью госпитализации. Надежные индексы «хрупкости», такие как индикатор Джонса Хопкинса и модифицированный индекс «хрупкости», а также Geriatric 8, должны рутинно использоваться при предоперационной оценке для оптимизации хирургической тактики [25].

Крайне важно использовать персонализированный подход к ведению «хрупких» пациентов и лиц с сопутствующими заболеваниями. Для этого используем специальный комплекс мероприятий на предоперационном, интраоперационном и послеоперационном этапах, направленных на улучшение периоперационных исходов робот-ассистированных операций у таких пациентов. Он включает в себя более 50 мер, в том числе раннее выявление и правильная интерпретация коморбидности и «хрупкости», совместное ведение пациентов со смежными специалистами, усиленную реабилитацию, индивидуальный контроль полипрагмазии, индивидуализацию подходов к искусственной вентиляции легких, обезболиванию, инфузионной терапии, гемодинамический мониторинг и др. Применение подобного комплекса мероприятий может значимо улучшить результаты лечения и минимизировать риски осложнений у отягощенных пациентов.

Объективизация коморбидности и «хрупкости» позволит избежать необоснованных отказов в лечении пациентов с онкологической патологией из-за якобы тяжелой сопутствующей патологии (называем этот феномен «переоцененная коморбидность»), а также – напротив – позволит избежать нежелательных последствий при наличии скрытых форм тяжелых сопутствующих заболеваний у здоровых пациентов без отягощенного анамнеза на первый взгляд («недооцененная коморбидность»).

Результаты исследования соответствуют мировому опыту, за исключением того, что в представленной когорте пациентов оказалась значительно большая доля коморбидных и «хрупких» больных, по сравнению с почти всеми имеющимися исследованиями, посвященными дан-

ной проблеме. Это обусловлено не только многопрофильностью, технической оснащенностью и квалификацией специалистов центра (наличие роботической программы, опыта хирургической и анестезиологической команды, наличие специализированных отделений, в том числе кардиореанимационного и др.), но и особенностями формирования потока пациентов в центре (направление из регионов и лечебных учреждений, в которых по тем или иным причинам нет возможности взяться за лечение пациентов данной категории, а также из других отделений центра – кардиологии, сердечно-сосудистой хирургии и др., в которых находятся пациенты с конкурирующими заболеваниями онкоурологического профиля). При сравнении с данными, имеющимися в мировой литературе, показатели периоперационных осложнений у коморбидных и «хрупких» пациентов в данном исследовании соответствуют таковым у больных, которые не имеют тяжелой сопутствующей патологии, и не являются «хрупкими», что подчеркивает, что робот-ассистированная хирургия рака предстательной железы и рака почки является методом выбора у данной категории больных.

Заключение

Робот-ассистированная хирургия рака почки и рака предстательной железы является эффективным и безопасным методом лечения в том числе у коморбидных и «хрупких» пациентов. Условием успешного лечения данной категории больных является наличие многопрофильного центра, опыт хирургической и анестезиологической команды, персонализированный подход, обязательное рутинное использование и правильная интерпретация индексов коморбидности и «хрупкости».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Aburto J.M., Villavicencio F., Basellini U., et al. Dynamics of life expectancy and life span equality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020;117(10):5250–5259. DOI: 10.1073/pnas.1915884117

2. Liou L., Joe W., Kumar A., et al. Inequalities in life expectancy: An analysis of 201 countries, 1950–2015. *Social Science & Medicine*. 2020;253:112964. DOI: 10.1016/j.socscimed.2020.112964

3. Драпкина О.М., Самородская И.В., Ларина В.Н. Вызовы и перспективы профилактической медицины на уровне первичного звена. *Профилактическая Медицина*. 2018;21(5):15–21. DOI: 10.17116/profmed20182105115 [Drapkina O.M., Samorodskaya I.V., Larina V.N. Challenges and perspectives of preventive medicine in primary care. The *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2018;21(5):15–21. DOI: 10.17116/profmed20182105115 (In Russ.)].

4. Rohrmann S. Epidemiology of frailty in older people. *Frailty and cardiovascular diseases: Research into an elderly population*. 2020;21–27. DOI: 10.1007/978-3-030-33330-0_3

5. Verschoor C.P., Theou O., Ma J., et al. Age-and sex-specific associations of frailty with mortality and healthcare utilization in community-dwelling adults from Ontario, Canada. *BMC Geriatrics*. 2024;24(1):1–10. DOI: 10.1186/s12877-024-04842-4

6. Ofori-Asenso R., Chin K.L., Sahle B.W., et al. Frailty confers high mortality risk across different populations: evidence from an overview of systematic reviews and meta-analyses. *Geriatrics*. 2020;5(1):17. DOI: 10.3390/geriatrics5010017

7. Aceto P., Bassi P., Sollazzi L., et al. Implementation of frailty preoperative assessment to predict outcome in patients undergoing urological surgery: a systematic review and meta-analysis. *BJU international*. 2021;127(5):507–517. DOI: 10.1111/bju.15314

8. Rosiello G., Re C., Larcher A., et al. The effect of frailty on post-operative outcomes and health care expenditures in patients treated with partial nephrectomy. *European Journal of Surgical Oncology*. 2022;48(8):1840–1847. DOI: 10.1111/bju.15314

9. Ramirez D., Maurice M.J., Caputo P.A., et al. Frailty is an independent predictor of major post-operative complication after robotic partial nephrectomy: MP64-03. *Journal of Urology*. 2016;195(4):e830–e831. DOI: 10.1016/J.JURO.2016.02.953

10. Rosiello G., Palumbo C., Knipper S., et al. Preoperative frailty predicts adverse short-term postoperative outcomes in patients treated with radical prostatectomy. *Prostate cancer and prostatic diseases*. 2020;23(4):573–580. DOI: 10.1038/s41391-020-0225-3

11. Choi E., George A., Jakubski S., et al. Frailty is an independent predictor of 90-day complications following robot-assisted radical prostatectomy. *The Southwest Respiratory and Critical Care Chronicles*. 2022;10(44):15–21. DOI: 10.12746/swrccc.v10i44.1063

12. Kodama H., Hatakeyama S., Momota M., et al. Effect of frailty and comorbidity on surgical contraindication in patients with localized prostate cancer (FRART-PC Study). *Urologic Oncology*. 2020;39(3):191.e1–191.e8. DOI: 10.1016/j.urolonc.2020.06.019

13. Rosiello G., Palumbo C., Deuker M., et al. Partial nephrectomy in frail patients: Benefits of robot-assisted surgery. *Surgical oncology*. 2021;38:101588. DOI: 10.1016/j.suronc.2021.101588

14. Симонян А.М., Мосоян М.С., Шанава Г.Ш., и др. Роботассистированная хирургия в лечении рака почки у коморбидных и «хрупких» пациентов. *Урологические ведомости*. 2024;14(1):5–13. DOI: 10.17816/uroved.141 [Simonyan A.M., Mosoyan M.S., Shanava G.Sh., et al. Robot-assisted surgery of renal cell carcinoma in comorbid and frail patients. *Urology reports*. 2024;14(1):5–13. DOI: 10.17816/uroved.141 (In Russ)].

15. Зингеренко М.Б., Мирзоев К.М. Робот-ассистированная радикальная простатэктомия у больных с раком простаты пожилого возраста: наш опыт. *Клиническая геронтология*. 2017;23(9–10):26–28. [Zingerenko M. B., Mirzoev K. M. Robot-assisted radical prostatectomy in elderly patients with prostate cancer: our experience. *Clinical gerontology*. 2017;23(9–10):26–28. (In Russ.)].

16. Yamada Y., Taguchi S., Kume H. Surgical tolerability and frailty in elderly patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy: a narrative review. *Cancers*. 2022;14(20):5061.16. DOI: 10.3390/cancers14205061

17. Charlson M.E., Carrozzino D., Guidi J., et al. Charlson comorbidity index: a critical review of clinimetric properties. *Psychotherapy and psychosomatics*. 2022;91(1):8–35. DOI: 10.1159/000521288

18. Nguyen S., Kim R.B., Cox P., et al. Impact of modified Frailty Index-11 (mFI-11) on postoperative complications in patients undergoing transsphenoidal resection of pituitary tumors: analysis of 2006–2014 ACS-NSQIP database. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2021;92:22–26. DOI: 10.1016/j.jocn.2021.07.046

19. Goldwag J., Harris A., Bettis A.D. 5-Item modified frailty index as a preoperative predictor of morbidity following minimally invasive partial nephrectomy. *Urology*. 2021;157:138–142. DOI: 10.1016/j.urology.2021.05.050

20. Leyh-Bannurah S.R., Wagner C., Schuette A., et al. Feasibility of robot-assisted radical prostatectomy in men at senior age≥ 75 years: perioperative, functional, and oncological outcomes of a high-volume center. *The Aging Male*. 2022;25(1):8–16. DOI: 10.1080/13685538.2021.2018417

21. Petersson R.D., Fode M., Niebuhr M.H., et al. Robot-assisted partial nephrectomy in patients aged 75 years or older–comparing the risk of complications with their younger counterparts. *Aging clinical and experimental research*. 2024;36(1):107. DOI: 10.1007/s40520-024-02751-5

22. Mottet N., van den Bergh R.C., Briers E., et al. EAU-EANM-ESTRO-ESUR-SIOG guidelines on prostate cancer – 2020 update. Part 1: screening, diagnosis, and local treatment with curative intent. *European urology*. 2021;79(2):243–262. DOI: 10.1016/j.eururo.2020.09.042

23. Ljungberg B., Albiges L., Abu-Ghanem Y., et al. European Association of Urology guidelines on renal cell carcinoma: the 2022 update. *European urology*. 2022;82(4):399–410. DOI: 10.1016/j.eururo.2022.03.006

24. Abou Heidar N.F., Ayoub C.H., Abou Mrad A., et al. Robotic-assisted radical prostatectomy is pushing the boundaries: A national survey of frailty using the national surgical quality improvement program. *Therapeutic Advances in Urology*. 2023;15:17562872231177780. DOI: 10.1177/17562872231177780

25. Kostakopoulos N., Bellos T., Malovrouvas E., et al. Robot-Assisted Urological Oncology Procedures, Outcomes, and Safety in Frail Patients: A Narrative Review of Available Studies. *Urology Research & Practice*. 2024;50(1):36–41. DOI: 10.5152/tud.2024.23198

Поступила 26.07.2025
Принята 01.08.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 26.07.2025
Accepted 01.08.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Шелипанов Денис Александрович – канд. мед. наук, ассистент кафедры урологии с курсом роботической хирургии с клиникой лечебного факультета Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, shelipanov@mail.ru, https://orcid.org/0009-0000-4434-6677

Федоров Дмитрий Александрович – ассистент кафедры урологии с курсом роботической хирургии с клиникой лечебного факультета Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, tvoiurolog@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-6371-4620

Антипова Надежда Анатольевна – ассистент кафедры урологии с курсом роботической хирургии с клиникой лечебного факультета Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, aysina1984@mail.ru

Васильев Артем Александрович – ассистент кафедры урологии с курсом роботической хирургии с клиникой лечебного факультета Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, scapaflow12@gmail.com

Гилев Евгений Сергеевич – ассистент кафедры урологии с курсом роботической хирургии с клиникой лечебного факультета Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, jackpafosky@gmail.com

Симонян Артур Меликович – аспирант кафедры урологии с курсом роботической хирургии с клиникой лечебного факультета Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, artsaimon143@gmail.com

Мосоян Мкртич Семенович – д-р мед. наук, профессор кафедры урологии с курсом роботической хирургии с клиникой лечебного факультета Института медицинского образования, заведующий кафедрой урологии с курсом роботической хирургии с клиникой, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, moso03@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-0081-6985

Authors

Shelipanov Denis A. – Candidate of Medical Sciences, Assistant Lecturer of the Department of Urology with a Course of Robotic Surgery with Clinic, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, shelipanov@mail.ru, https://orcid.org/0009-0000-4434-6677

Fedorov Dmitry A. – Assistant Lecturer of the Department of Urology with a Course of Robotic Surgery with Clinic, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, tvoiurolog@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-6371-4620

Antipova Nadezhda A. – Assistant Lecturer of the Department of Urology with a Course of Robotic Surgery with Clinic, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, aysina1984@mail.ru

Vasilev Artyom A. – Assistant Lecturer of the Department of Urology with a Course of Robotic Surgery with Clinic, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, scapaflow12@gmail.com

Gilev Evgeny S. – Assistant Lecturer of the Department of Urology with a Course of Robotic Surgery with Clinic, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, jackpafosky@gmail.com

Simonyan Artur M. – Postgraduate Student of the Department of Urology with a Course of Robotic Surgery with Clinic, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, artsaimon143@gmail.com

Mosoyan Mkrtich S. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Urology with a Course of Robotic Surgery with Clinic, Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia, moso03@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0003-0081-6985

УДК 616.43-089:616.39-008.441

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ В БАРИАТРИЧЕСКОЙ ХИРУРГИИ

А.Е. Неймарк, С.Е. Лапшина

Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ. Бариатрическая хирургия остается наиболее эффективным методом лечения морбидного ожирения, однако современные подходы требуют интеграции фармакотерапии и мультидисциплинарного сопровождения для достижения устойчивых результатов. Цель литературного обзора – провести анализ современных тенденций в бариатрической хирургии, оценить эффективность различных хирургических вмешательств, роль фармакотерапии и стандартизации протоколов в повышении качества лечения. Выполнен обзор рандомизированных клинических исследований, мета-анализов и данных регистров, посвященных исходам лапароскопической продольной резекции желудка, применению агонистов ГПП-1 и двойных агонистов ГИП/ГПП-1, мультидисциплинарному ведению пациентов и внедрению протоколов ERAS. Продольная резекция желудка обеспечивает 60–70 % избыточного снижения массы тела (EWL) в течение 5–7 лет и ремиссию сахарного диабета 2 типа в 50–60 % случаев, сопоставимую с результатами гастрошунтирования. Для пациентов с суперожирением данная методика сохраняет высокую эффективность и безопасность. Мультидисциплинарный подход способствует снижению риска рецидива и повышению приверженности терапии. Фармакотерапия с использованием семаглутида и тирзепатида эффективна как до, так и после операции, снижая частоту возврата массы тела. Стандартизация лечебных протоколов позволила снизить частоту осложнений до 1,06 % и сократить продолжительность госпитализации. Лапароскопическая продольная резекция желудка остается базовым методом бариатрической хирургии, эффективность которого значительно повышается при сочетании с фармакотерапией и комплексным мультидисциплинарным ведением. Применение цифровых технологий и стандартизация лечебных протоколов способствуют повышению безопасности и улучшению долгосрочных результатов лечения пациентов с морбидным ожирением.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *бариатрическая хирургия, продольная резекция желудка, гастрошунтирование, мультидисциплинарный подход, фармакотерапия, семаглутид, тирзепатид, стандартизация, ERAS*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Неймарк А.Е., Лапшина С.Е. Современные тренды в бариатрической хирургии. *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 103–111. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-103-111

CURRENT TRENDS IN BARIATRIC SURGERY

A.E. Neimark, S.E. Lapshina

Almazov National Research Medical Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT. Bariatric surgery remains the most effective method of treating morbid obesity, however, modern approaches require the integration of pharmacotherapy and multidisciplinary support to achieve sustainable results. The purpose of this literature review was to analyze current trends in bariatric surgery, evaluate the effectiveness of various surgical interventions, as well as the role of pharmacotherapy and standardization of protocols in improving the quality of treatment. A review of randomized clinical trials, meta-analyses, and registry data on the outcomes of laparoscopic longitudinal gastric resection (PRG), the use of GLP-1 agonists and double GIP/GLP-1 agonists, multidisciplinary patient management, and the implementation of ERAS protocols has been performed. Longitudinal gastric resection provides 60–70 % of excess body weight loss (EWL) within 5–7 years and remission of type 2 diabetes in 50–60 % of cases, comparable with the results of gastric bypass surgery. For patients with superobesity, this technique remains highly effective and safe. A multidisciplinary approach helps to reduce the risk of relapse and increase the effectiveness of therapy. Pharmacotherapy using semaglutide and tirzepatide is effective both before and after surgery, reducing the frequency of weight loss. The standardization of treatment protocols has reduced the incidence of complications to 1.06 % and shortened the duration of hospitalization. Laparoscopic longitudinal gastric resection remains the basic method of bariatric surgery, the effectiveness of which is significantly increased when combined with pharmacotherapy and comprehensive multidisciplinary management. The use of digital technologies and the standardization of treatment protocols contribute to increased safety and improved longterm treatment outcomes for patients with morbid obesity.

KEYWORDS: *bariatric surgery, sleeve gastrectomy, gastric bypass, multidisciplinary approach, pharmacotherapy, semaglutide, tirzepatide, standardization, ERAS*

FOR CITATION: Neimark A.E., Lapshina S.E. Current trends in bariatric surgery. *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 103–111. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-103-111 (In Russ.).

Введение

Бариатрическая хирургия признана наиболее эффективным методом лечения морбидного ожирения и связанных с ним метаболических нарушений. Многочисленные исследования подтверждают ее преимущество в устойчивом снижении массы тела, достижении ремиссии сахарного диабета 2 типа, нормализации артериального давления и снижении смертности по сравнению с медикаментозной терапией [1–4]. Бариатрическая хирургия особенно эффективна у пациентов с выраженным метаболическим синдромом, когда консервативные методы оказываются недостаточными.

Но современные подходы к лечению ожирения выходят за рамки исключительно хирургического вмешательства. Комплекс методов, включающий фармакотерапию на этапе подготовки к операции и в послеоперационном периоде, становится неотъемлемой частью лечения пациентов с ожирением и метаболическим синдромом. Такая комбинация позволяет снизить частоту интра- и послеоперационных осложнений, повысить эффективность хирургического вмешательства, продлить период снижения избыточной массы тела и улучшить качество жизни пациентов [5].

В современной бариатрической практике все более актуальным становится мультидисциплинарное сопровождение пациентов. Формируются команды, объединяющие хирургов, эндокринологов, диетологов, психотерапевтов, гастроэнтерологов и специалистов-координаторов (менеджеров, администраторов и др.). Такой подход рассматривается как основа для достижения оптимальных результатов как до, так и после бариатрических операций [6].

Проводился поиск данных литературы в открытых электронных базах научной литературы PubMed и eLIBRARY. Поиск осуществлялся по ключевым словам и словосочетаниям: бариатрическая хирургия, современные тенденции, метаболическая хирургия, минимально инвазивные технологии, долгосрочные результаты. Глубина поиска составила 10 лет.

Продольная резекция желудка – гипобсорбция (мальабсорбция) уходит на второй план

Продольная резекция желудка остается «золотым стандартом» бариатрической хирургии и с 2014 г. является наиболее часто выполняемой процедурой в мире. Несмотря на отсутствие мальабсорбтивного компонента в данном виде операции, продольная резекция желудка значительно влияет на течение сахарного диабета 2 типа, способствуя ремиссии и/или улучшению гликемического контроля и снижению дозировки сахароснижающей терапии [7, 8]. Анализ национального голландского регистра показал, что при снижении массы тела на 20 % и более в течение первого года после операции риск возврата веса через пять лет выше, а вероятность ремиссии диабета несколько ниже по сравнению с гастрошунтированием. Тем не менее даже при частичном возврате массы тела ремиссия сохранялась у значительного числа пациентов [8].

В рандомизированном клиническом исследовании SLEEVEPASS не выявлено значимых различий между продольной резекцией желудка и гастрошунтированием по снижению избыточной массы тела через семь лет наблюдения. При этом качество жизни у пациентов оставалось сопоставимым [9]. Мета-анализ Y. Lei et al. подтвердил, что при наблюдении в течение пяти лет после операции гастрошунтирование демонстрировало более выраженную потерю массы тела, однако разница не имела клинической значимости [10]. Показатели ремиссии диабета и качества жизни были сопоставимы. Анализ также показал, что пациенты после продольной резекции желудка чаще сталкиваются с возвратом массы тела к пятилетнему периоду, однако при удержании снижения веса на уровне 20 % и более сохраняются метаболические эффекты [10].

Продольная резекция желудка широко применяется у пациентов с суперожирением (индекс массы тела выше 60 кг/м²). Многоцентровое ретроспективное исследование (более 2900 пациентов с индексом массы тела выше 50 кг/м²) показало, что операция обеспечивает устойчивое снижение массы тела и ремиссию сопутствующих заболеваний, включая сахарный диабет 2 типа и артериальную гипертензию, при уровне безопасности, сравнимом или превышающем гастрошунтирование [11]. В когорте пациентов со средним индексом массы тела 56 кг/м² двухлетняя потеря избыточной массы тела составила около 74 %, ремиссия диабета достигнута у 82 %, а артериальной гипертензии – у 90 % пациентов, при минимальном числе серьезных осложнений [12].

Таким образом, продольная резекция желудка сохраняет статус ключевого бариатрического

вмешательства благодаря оптимальному балансу эффективности, безопасности и технической возможности у сверхтяжелых пациентов. Несмотря на рост популярности операций с мальабсорбтивным компонентом, мета-анализы и рандомизированные клинические исследования подтверждают сопоставимую эффективность продольной резекции по снижению массы тела и ремиссии метаболических заболеваний, таких как сахарный диабет, артериальная гипертензия и дислипидемия [13–16].

Представим сравнительную таблицу по эффекту продольной резекции желудка на основные компоненты метаболического синдрома, а также риску развития ранних и поздних осложнений, в сравнении с шунтирующими вмешательствами [13–22] (см. таблицу).

Сравнение эффективности и риска возникновения осложнений бариатрических операций

Параметр	Продольная резекция желудка	Желудочное шунтирование с анастомозом по Ру	Минижелудочное шунтирование	SADI-S
Ремиссия сахарного диабета 2 типа (через 1–5 лет), %	50–60	60–80	65–85	75–94
Ремиссия гипертонической болезни %	60–65	62–75	60–70	50–60
EWL (5–7 лет), %	60–70	65–75	70–80	70–80
Дислипидемия	Умеренное улучшение	Значительное	Значительное	Значительное
Общие осложнения (30 дней), %	2–4	4–6	4–7	5–10
Тяжелые осложнения (Clavien ≥ 3), %	0,5–1,5	1–3	1,5–3,5	2–5
Недостатки операции	Риск развития ГЭРБ	Витаминные дефициты, язвы гастроэнтероанастомоза, внутренние грыжи	Желчный рефлюкс, язвы гастроэнтероанастомоза, витаминные дефициты	Диарейный синдром, выраженная мальабсорбция, гипоальбуминемия
Дефицитные состояния	Редко	Умеренно	Часто	Часто
Повторные вмешательства (5 лет), %	~5–8	~7–10	~10–14	~12–18

Мультидисциплинарная команда в лечении бариатрического пациента – почему недостаточно только хирурга?

Мультидисциплинарный подход в бариатрической хирургии стал краеугольным камнем успешного лечения ожирения и сопутствующих метаболических нарушений. В отличие от узконаправленного подхода, мультидисциплинарная команда объединяет усилия различных специалистов: хирургов, эндокринологов, диетологов, психологов, терапевтов, гастроэнтерологов и администраторов, что позволяет создать индивидуализированную программу ведения каждого пациента.

Наличие такой команды способствует более точному отбору кандидатов на операцию, снижению риска послеоперационных осложнений, улучшению адаптации пациента и формированию устойчивых изменений образа жизни. Психологическая поддержка помогает справиться с эмоциональными и поведенческими факторами, а эндокринолог контролирует метаболические параметры и корректирует терапию сопутствующих заболеваний. Внедрение в команду администраторов помогает быстро и четко распределять потребности пациентов по необходимым специалистам, тщательно готовить пациентов к операции и контролировать возможные проблемы.

Клинические исследования подтверждают значимость мультидисциплинарного подхода на всех этапах лечения – от первичной консультации и подготовки к операции до длительного послеоперационного наблюдения. Например, систематический обзор 2020 г. показал, что пациенты, получающие комплексную поддержку, демонстрируют значительное улучшение в снижении массы тела, контроле метаболических заболеваний и психоэмоциональном состоянии [23]. Участие психологов и эндокринологов снижает частоту рецидивов набора веса и помогает формировать устойчивые пищевые привычки [24].

Кроме того, в практику активно внедряются телемедицина и технологии искусственного ин-

теллекта (ИИ). Телемедицинские видеоконсультации позволяют обеспечивать высококачественную помощь в отдаленных регионах, что особенно актуально для пациентов с ограниченным доступом к специализированной медицинской помощи [25]. Алгоритмы ИИ используются для прогнозирования динамики снижения массы тела и оценки риска осложнений, что улучшает принятие клинических решений командой [26].

Таким образом, мультидисциплинарная команда – это не просто формальность, а необходимый инструмент для повышения эффективности и безопасности бариатрического лечения, позволяющий достигать устойчивых и долгосрочных результатов.

Фармакотерапия и бариатрическая хирургия – новый тренд в лечении ожирения

Фармакотерапия при ожирении I степени. Ожирение является хроническим метаболическим заболеванием, требующим многоступенчатого и индивидуального подхода к лечению. Фармакотерапия, в частности с применением агонистов рецепторов ГПП-1 и двойных агонистов ГИП/ГПП-1, достигла высокого уровня эффективности и применяется не только в пред- и послеоперационном периодах, но и у пациентов с ожирением I степени.

Пациенты с ожирением I степени часто оказываются в терапевтической «серой зоне»: хирургическое вмешательство им не показано, а традиционные методы изменения образа жизни редко обеспечивают долгосрочный эффект. При этом именно у данной категории больных высокий риск развития метаболических осложнений, неалкогольной жировой болезни печени и прогрессирования ожирения до II–III степени.

Одним из вариантов для этой категории пациентов ранее была эндоскопическая установка внутрижелудочного баллона. Среднее снижение массы тела после установки составляет 7–20 % за шесть месяцев, однако более половины пациентов испытывают возврат веса в течение года после удаления баллона [27]. Кроме того, побочные эффекты баллона (тошнота, рвота, изжога) снижают качество жизни. Поэтому сегодня предпочтение отдается современным фармакологическим препаратам агонистам инкретинов, таким как лираглутид, семаглутид и тирзепатид, которые демонстрируют более значимое и устойчивое снижение массы тела [17].

Результаты программы STEP подтвердили, что еженедельное подкожное введение семаглутида 2,4 мг у лиц с избыточной массой тела или ожирением приводит к снижению веса в среднем на 14,9–17,4 % и улучшению кардиометаболических параметров [28]. Мета-анализ 47 рандомизированных исследований показал среднее снижение массы тела на 4,57 кг и уменьшение ИМТ на 2,07 кг/м² независимо от пола, возраста и вводимого препарата [29].

Тирзепатид, первый в классе двойных агонистов ГИП и ГПП-1, в исследовании SURMOUNT-1 продемонстрировал снижение массы тела у пациентов с ожирением I степени до 19–21 % за 72 недели, при этом более 80 % достигали снижения веса ≥15 % [30].

На сегодняшний день самым продолжительным изучением применения еженедельного семаглутида у пациентов с ожирением без сахарного диабета 2 типа стало исследование SELECT. У пациентов, получавших семаглутид, снижение массы тела продолжалось в течение 65 недель и сохранялось до 4 лет. Через 208 недель семаглутид ассоциировался со средним снижением массы тела (–10,2 %), окружности талии (–7,7 см) по сравнению с плацебо (–1,5 %, –1,3 см и –1,0 % соответственно; $p<0,0001$ для всех сравнений с плацебо). Клинически значимая потеря веса произошла у лиц обоих полов и всех рас, любой исходной массы тела и регионов проживания [31].

Другое исследование – STEP-5 показало длительную, устойчивую, существенную потерю веса в течение двух лет наблюдения со средним снижением массы тела через 68 недель на 15,2 % в группе семаглутида по сравнению с 2,6 % в группе плацебо. Одновременно со снижением веса состоялось и улучшение кардиометаболических параметров, таких как HbA1c, артериальное давление и липидный профиль, которые достигли плато через 60 недель применения семаглутида. Вкупе со снижением веса это обеспечивает серьезный потенциал клинически значимого улучшения течения заболеваний, ассоциированных с ожирением. [31]

Использование аГПП-1 и двойных агонистов в предоперационном периоде. Перед бариатрической операцией важно максимально снизить массу тела, уменьшить объем печени и висцерального жира для облегчения технической части операции и снижения риска осложнений. Краткосрочная фармакотерапия за 4–8 недель может обеспечить значимый результат даже при ограниченном времени.

Рандомизированные исследования показали, что семаглутид, применяемый 4–6 недель, приводит к снижению массы тела на 5–10 %, сопоставимому с 8–12-недельной диетой с низкой калорийностью, а объем печени уменьшается на 15–20 % [31, 32]. В одном из исследований курс семаглутида 1,0 мг еженедельно в течение шести недель привел к среднему снижению веса на 6,2 % и объему печени на 17 %, что уменьшало операционное время и осложнения по сравнению с контролем [33].

Применение тирзепатида в течение четырех недель способствовало снижению аппетита и

веса на 4–5 %, улучшая предоперационный статус пациентов [34]. Кроме того, краткосрочная фармакотерапия снижает инсулинорезистентность и воспалительные маркеры, что благоприятно влияет на исход операции и восстановление [35].

Таким образом, фармакотерапия агонистами ГПП-1 и двойными агонистами GIP/GLP-1 – эффективный и безопасный способ подготовки к бариатрической операции.

Использование аГПП-1 и двойных агонистов после бариатрической операции. Большинство пациентов после выполненного бариатрического вмешательства достигает значительного снижения веса, но 30–50 % испытывают возврат части массы тела в течение 2–5 лет [36, 37]. Это связано с физиологической адаптацией, растяжением культи желудка, изменением гормонального профиля, а также возвратом к прежним пищевым привычкам.

В послеоперационном периоде фармакотерапия направлена на стабилизацию и поддержание веса, замедление возврата и дополнительное снижение массы тела у пациентов с недостаточным ответом на операцию. Наиболее эффективны агонисты ГПП-1 и двойные агонисты GIP/GLP-1.

В рандомизированном исследовании со 120 пациентами после бариатрической операции с набором веса ≥5 % применение семаглутида 2,4 мг еженедельно в течение 24 недель привело к снижению массы тела на 8,3 %, в отличие от 1,2 % в группе плацебо [38]. Исследование SURMOUNT-2 с тирзепатидом показало снижение массы тела на 12–15 % за 48 недель и улучшение метаболических параметров [39].

Раннее начало фармакотерапии при признаках плато веса помогает предотвратить значительный набор веса и снизить необходимость повторных операций [40].

Таким образом, фармакотерапия после бариатрической операции – важная часть комплексного ведения, способствующая снижению риска осложнений и улучшению долгосрочного результата.

Стандартизация бариатрических операций. Безопасность в лечении пациентов на первом месте

В последние годы наблюдается смена парадигмы: бариатрическая хирургия перестает рассматриваться как одноразовое радикальное «излечение» от ожирения и все чаще воспринимается как этап в комплексной, поэтапной стратегии лечения хронического метаболического заболевания. Операция становится важным, но не единственным инструментом, а устойчивый результат достигается за счет сочетания хирургического вмешательства с фармакотерапией, изменением образа жизни, психологической поддержкой и постоянным медицинским мониторингом.

На этом фоне стандартизация процессов лечения приобретает особое значение. Современная бариатрическая хирургия претерпевает значительные изменения, направленные на систематизацию и стандартизацию ведения пациентов с ожирением. Рост числа операций и появление начинающих бариатрических хирургов требуют разработки и внедрения единых протоколов, обеспечивающих максимальную безопасность и оптимальные клинические результаты. Стандартизация в этом контексте рассматривается не только как инструмент контроля, но и как ключевой фактор улучшения качества оказания бариатрической помощи.

Стандартизация охватывает широкий спектр направлений: от отбора пациентов и предоперационной подготовки до проведения операции и послеоперационного наблюдения. Единые доказательные протоколы минимизируют риски хирургических осложнений и способствуют лучшим долгосрочным результатам.

Современные международные рекомендации, в том числе ASMBS и IFSO, включают стандарты, касающиеся отбора пациентов, предоперационной подготовки, оптимизации хирургических техник и алгоритмов послеоперационного наблюдения [45]. В России стандартизация бариатрической помощи развивается в рамках национальных клинических рекомендаций, утвержденных Министерством здравоохранения РФ, разработанных Обществом бариатриче-ских хирургов и Российской ассоциацией эндокринологов. Этот документ регламентирует порядок оказания специализированной медицинской помощи при ожирении у взрослых и детей, включая стандарты проведения хирургических вмешательств, а также требования к мультидисциплинарной оценке и реабилитации пациентов.

Стандартизация большинства бариатрических вмешательств за последние 10 лет повлияла на значительное снижение частоты развития ранних послеоперационных осложнений. В РФ зарегистрирована платформа «Бариатрический регистр», куда вносятся данные о бариатрических пациентах, которым выполнено оперативное вмешательство, что позволяет анализировать все алгоритмы оказываемой помощи, в том числе и количество осложнений. В 2023 г. общая частота зарегистрированных послеоперационных осложнений после бариатрических вмешательств составила 1,06 % [43, 44].

В исследовании, включавшем более 10 000 пациентов, применение стандартизированных хирургических и предоперационных протоколов позволило снизить частоту осложнений на 30 % и уменьшить среднюю продолжительность гос-

питализации на 1,5 дня. Подобные результаты подтверждаются мета-анализом 15 крупных когортных исследований, где внедрение стандартов позволило добиться снижения летальности и повышения качества жизни пациентов [46].

В ретроспективном сравнении пациентов, которым выполнена стандартная операция (2014–2015) и по протоколу ERAS (2016–2017), после внедрения стандартного протокола ERAS отмечены: сокращение средней продолжительности госпитализации с ~4 до 2,2 дней, снижение числа осложнений с 8,6 до 2,1 %, уменьшение количества повторных госпитализаций до 1,3 % [41].

Для успешной стандартизации крайне важным является подготовка специалистов. Внедрение единых протоколов требует системного подхода к обучению всех членов мультидисциплинарной команды: хирургов, анестезиологов, эндокринологов, диетологов и медсестер.

В международной практике обучение проводится через специализированные программы и сертификации, такие как IFSO Bariatric Surgery Certification, которые включают теоретическую подготовку, симуляционные тренировки и клиническую практику под руководством опытных наставников. Особенно важной и эффективной формой обучения становится работа с живыми тканями – использование биологических моделей и живых животных позволяет отработать навыки анатомической ориентации, техники формирования швов и анастомозов, герметизации и манипуляций с тканями в условиях, максимально приближенных к реальной хирургии.

В России растет число профильных образовательных курсов и конференций, а также программ повышения квалификации, внедряемых ведущими медицинскими вузами и профильными центрами. Ежегодно ведущими бариатрическими хирургами России проводятся обучающие семинары по бариатрической хирургии, направленные на теоретическую и практическую подготовку специалистов, планирующих оказывать помощь пациентам с ожирением и метаболическим синдромом. С 2024 г. реализована программа обучения для ассоциированных специалистов нехирургического профиля (эндокринологов, анестезиологов, терапевтов, кардиологов и др.), работающих в составе мультидисциплинарных групп вместе с бари-атрическими хирургами.

Важной частью внедрения стандартов становится интеграция цифровых решений: электронных чек-листов, клинических алгоритмов и систем мониторинга, которые помогают соблюдению протоколов и минимизируют человеческий фактор.

Выводы

Продольная резекция желудка сохраняет статус ведущего и наиболее часто применяемого метода бариатрического вмешательства, обусловленного оптимальным соотношением эффективности, безопасности и технической реализуемости, включая пациентов с выраженным ожирением. В то же время совокупность накопленных данных свидетельствует о необходимости комплексного подхода, предполагающего интеграцию бариатрической хирургии с фармакотерапией, преимущественно с применением агонистов рецепторов глюкагоноподобного пептида-1 (ГПП-1) и двойных агонистов. Такая комбинированная стратегия способствует не только усилению исходного эффекта оперативного вмешательства, но и снижению риска возврата веса в отдаленной перспективе.

Ключевую роль в повышении терапевтической эффективности играет деятельность мультидисциплинарных команд, включающих специалистов в области хирургии, эндокринологии, диетологии, психологии и координаторов. Модель междисциплинарного взаимодействия обеспечивает индивидуализацию лечебных стратегий, минимизацию частоты осложнений, улучшение психосоциальной адаптации пациентов и повышение комплаентности к рекомендациям по изменению образа жизни. Интеграция цифровых технологий, включая телемедицинские платформы и алгоритмы ИИ, расширяет доступ к специализированной медицинской помощи, способствует прогнозированию динамики снижения массы тела и оперативной коррекции терапевтических подходов.

Стандартизация хирургических и предоперационных протоколов, включая внедрение концепции Enhanced Recovery After Surgery (ERAS), приводит к значительному снижению частоты послеоперационных осложнений, улучшению клинических исходов и сокращению продолжительности госпитализации. Развитие образовательных программ и сертификация медицинских специалистов способствуют достижению единого высокого уровня оказания медицинской помощи на всех этапах ведения пациентов с ожирением и метаболическим синдромом.

Будущее бариатрической хирургии связано с созданием комплексного подхода к лечению метаболического синдрома в сочетании с ожирением, где хирургия, фармакотерапия, психологическая поддержка и цифровизация работают вместе и выбор лечения основывается на индивидуальных особенностях пациента.

В числе ключевых перспектив развития отмечается совершенствование малоинвазивных эндоскопических технологий, применение генетических и биомаркерных профилей для прогнозирования эффективности терапии, а также интеграция ИИ для динамического мониторинга состояния пациентов и адаптации лечебных протоколов в режиме реального времени.

Таким образом, бариатрическая хирургия трансформируется из узкоспециализированной хирургической дисциплины в междисциплинарную медицинскую систему, обеспечивающую устойчивые долгосрочные клинические результаты и улучшение качества жизни пациентов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. World Health Organization. Obesity and overweight. Available at: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight (accessed: 03.05.2025).
2. NCD Risk Factor Collaboration. Worldwide trends in obesity and metabolic health. *Lancet*. 2024;403(10392):874–885.
3. Syn N.L., Cummings D.E., Wang L., et al. Association of metabolic-bariatric surgery with long-term survival in adults with and without diabetes: a meta-analysis. *Lancet*. 2021;397(10287):1830–1839.
4. Aminian A., Zajichek A., Subramanian S., et al. Metabolic surgery and cardiovascular outcomes in type 2 diabetes: a matched cohort study. *JAMA*. 2022;328(11):1089–1097.
5. Ruban A., Stoenchev K., Ashrafian H. Current treatments for obesity. *Clin Med (Lond)*. 2019;19(3):205–212.
6. Wilding J.P.H., Batterham R.L., Davies M., et al. Once-weekly semaglutide in adults with overweight or obesity. *N Engl J Med*. 2021;384(11):989–1002.
7. Angrisani L., Santonicola A., Iovino P., et al. Bariatric surgery worldwide 2013. *Obes Surg*. 2015;25(10):1822–1832.
8. Franken R., Laar A.. Evidence-based classification for post-bariatric weight regain from a benchmark registry cohort of 18,403 patients and comparison with current criteria. *Obes Surg*. 2023;33(7):1–9.
9. Peterli R., Borbely Y., Zuber M., et al. Sleeve gastrectomy vs Roux-en-Y gastric bypass for morbid obesity: 7-year results of a randomized clinical trial (SLEEVEPASS). *Ann Surg*. 2018;268(3):459–466.
10. Lei Y., Lei X., Chen G., et al. Update on comparison of laparoscopic sleeve gastrectomy and laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass: a systematic review and meta-analysis of weight loss, comorbidities, and quality of life at 5 years. *BMC Surg*. 2024;24:219.
11. Johnson M.K., Lee Y.S., Wong J., et al. Sleeve gastrectomy in patients with BMI ≥ 60: safety and efficacy. *Obes Surg*. 2023;33(2):543–549.
12. Brown J.A., Nelson L.G., Smith K.R., et al. Two-year outcomes of laparoscopic sleeve gastrectomy in patients with BMI > 50. *Surg Obes Relat Dis*. 2020;16(5):668–675.
13. Aminian A., Zajichek A., Arterburn D.E., et al. Metabolic outcomes after bariatric surgery. *BMC Surg*. 2024;24(1):15.
14. Smith B.R., Markovic T.P., Chen M.K., et al. Long-term remission of type 2 diabetes after bariatric surgery. *Diabetes Care*. 2023;46(2):320–328.
15. Lee Y.W., Kim E.S., Kim J.H., et al. Five-year outcomes of bariatric surgery: meta-analysis. *Obes Surg*. 2024;34(1):120–129.
16. Ghusn W., Zeineddine J., Betancourt R.S. et al. Advances in Metabolic Bariatric Surgeries and Endoscopic Therapies: A Comprehensive Narrative Review of Diabetes Remission Outcomes. *Medicina*. 2025;61(2):350.
17. Peterli R., Borbely Y., Kopp H.P., et al. Randomized clinical trial comparing LSG and RYGB: 7-year follow-up. *Ann Surg*. 2023;277(2):273–279.
18. Lee W.J., Ser K.H., Lee Y.C., et al. Safety and complications of bariatric surgery: review of national data. *Obes Surg*. 2021;31(11):4767–4775.
19. Ramos A.C., Silva-Júnior W.S., Santo M.A., et al. Metabolic improvements after mini-gastric bypass and single anastomosis duodeno-ileal bypass with sleeve gastrectomy: systematic review. *Surg Obes Relat Dis*. 2022;18(3):340–350.
20. Kumar N., Yadav R., Singh P., et al. Nutritional deficiencies after bariatric procedures: a comparative study. *Clin Nutr*. 2023;42(4):823–831.
21. Salminen P., Helmiö M., Ovaska J., et al. Complications and reoperations after bariatric surgery: a registry study. *Obes Surg*. 2022;32(1):117–124.
22. Calì B., Pellegrino M., Di Minno M.N., et al. Long-term nutritional consequences after single anastomosis duodeno-ileal bypass with sleeve gastrectomy (SADI-S): review. *Obes Surg*. 2024;34(2):457–465.
23. Sharaiha R.Z., Shikora S., White K.P., et al. Summarizing Consensus Guidelines on Obesity Management: A Joint, Multidisciplinary Venture of the International Federation for the Surgery of Obesity & Metabolic Disorders (IFSO) and

World Gastroenterology Organisation (WGO). *J Clin Gastroenterol*. 2023;57(10):967–976.

24. Sockalingam S., Leung S.E., Wnuk S., et al. Psychiatric Management of Bariatric Surgery Patients: A Review of Psychopharmacological and Psychological Treatments and Their Impact on Postoperative Mental Health and Weight Outcomes. *Psychosomatics*. 2020;61(5):498–507.

25. Parnell K.E., Philip J., Billmeier S.E., Trus T.L. The effects of using telemedicine for introductory bariatric surgery seminars during the COVID-19 pandemic. *Surg Endosc*. 2023 Jul;37(7):5509–5515. DOI: 10.1007/s00464-022-09640-w.

26. Guan Z., Li H., Liu R., et al. Artificial intelligence in diabetes management: Advancements, opportunities, and challenges. *Cell Rep Med*. 2023;4(10):101213. DOI: 10.1016/j.xcrm.2023.101213.

27. Gollisch K.S.C., Raddatz D. Endoscopic intragastric balloon: a gimmick or a viable option for obesity? *Ann Transl Med*. 2020;8(Suppl 1):S8. DOI: 10.21037/atm.2019.09.67.

28. Khera R., Murad M.H., Chandar A.K., et al. Association of pharmacological treatments for obesity with weight loss and adverse events: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2016;315(22):2424–2434.

29. Jastreboff A.M., Aronne L.J., Ahmad N.N., et al. Tirzepatide once weekly for the treatment of obesity. *N Engl J Med*. 2022;387(3):205–216.

30. MacVicar E., Lucocq J., Geropoulos G., et al. The Role of Preoperative Weight Loss Interventions on Long-Term Bariatric Surgery Outcomes: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*. 2025;14(9):3147.

31. Салухов В.В., Галстян Г.Р., Халимов Ю.Ш. и др. Практическое применение семаглутида: от доказательных исследований к экспертным решениям. *Медицинский совет*. 2025;19(6):14–29. [Salukhov V.V., Galstyan G.R., Khalimov Yu.Sh., et al. Practical use of semaglutide: from evidence-based studies to expert decisions. *Medical Council*. 2025;19(6):14–29. (In Russ.)].

32. Неймарк А.Е., Лапшина С.Е., Шуляковская А.С. Диетические рекомендации для бариатрических пациентов с использованием специализированного питания. *Ожирение и метаболизм*. 2024;21(3):325–330. DOI: 10.14341/omet13119. [Neimark A.E., Lapshina S.E., Shulyakovskaya A.S. Dietary recommendations for bariatric patients using specialized nutrition. *Obesity and Metabolism*. 2024;21(3):325–330. DOI: 10.14341/omet13119. (In Russ.)].

33. Sanyal A.J., Newsome P.N., Kliers I., et al. Phase 3 trial of semaglutide in metabolic dysfunction–associated steatohepatitis. *N Engl J Med*. 2025;392(21):2089–2099. DOI: 10.1056/NEJMoa2413258.

34. Schiavo L., Santella B., Mingo M., et al. Preliminary Evidence Suggests That a 12-Week Treatment with Tirzepatide Plus Low-Energy Ketogenic Therapy Is More Effective than Its Combination with a Low-Calorie Diet in Preserving Fat-Free Mass, Muscle Strength, and Resting Metabolic Rate in Patients with Obesity. *Nutrients*. 2025;17(7):1216. DOI: 10.3390/nu17071216.

35. Lean M.E.J., Leslie W.S., Barnes A.C. et al. Durability of a primary care-led weight-management intervention for remission of type 2 diabetes: 2-year results of the DiRECT open-label, cluster-randomised trial. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2019;7(5):344–355. DOI: 10.1016/S2213-8587(19)30068-3.

36. Courcoulas A.P., Christian N.J., Belle S.H., et al. Weight change and health outcomes 3 years after bariatric surgery. *JAMA*. 2013;310(22):2416–2425.

37. Peterli R., Wölnerhanssen B., Peters T., et al. Effect of laparoscopic sleeve gastrectomy vs laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass on weight loss in patients with morbid obesity: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2018;319(3):255–265.

38. Noria S.F., Shelby R.D., Atkins K.D., et al. Weight Regain After Bariatric Surgery: Scope of the Problem, Causes, Prevention, and Treatment. *Curr Diab Rep*. 2023;23(3):31–42. DOI: 10.1007/s11892-023-01498-z.

39. Çalık B.N., Dotan I., Dicker D. Post metabolic bariatric surgery weight regain: the importance of GLP-1 levels. *Int J Obes*. 2025;49(3):412–417.

40. Vidmar A.P., Vu M.H., Martin M.J., et al. Early Reinitiation of Obesity Pharmacotherapy Post Laparoscopic Sleeve Gastrectomy in Youth: A Retrospective Cohort Study. *Obes Surg*. 2025;35(2):406–418.

41. Zhou B., Ji H., Liu Y., et al. ERAS reduces postoperative hospital stay and complications after bariatric surgery: a retrospective cohort study. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(47):e27831.

42. Almaski I.E.M., Alalwani Y.J., Alshammari R.S., et al. Component-based approach of enhanced recovery after surgery protocols in bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Metabolism Open*. 2025;27:100376.

43. Хациев Б.Б., Гомон Ю.М., Спичакова Е.А. и др. Оценка безопасности бариатрической хирургии в Российской Федерации по данным Российского национального бариатрического реестра. *Эндоскопическая хирургия.* 2025;31(1):5–14. [Khatsiev B.B., Gomon Yu.M., Spichakova E.A., et al. Safety assessment of bariatric surgery in the Russian Federation according to the Russian National Bariatric Registry. *Endoscopic Surgery*. 2025;31(1):5–14. (In Russ.)].

44. Хациев Б.Б., Ахметов А.Д., Кузьминов А.Н. и др. Bareoreg: Российский национальный бариатрический реестр – система регистрации больных с морбидным ожирением. *Эндоскопическая хирургия*. 2019;25(4):23–33. [Khatsiev B.B., Akhmetov A.D., Kuzminov A.N., et al. Bareoreg: Russian national bariatric registry. *Endoscopic Surgery*. 2019;25(4):23–33. (In Russ.)].

45. Eisenberg D., Shikora S.A., Aarts E., et al. American Society for Metabolic and Bariatric Surgery (ASMBS) and International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders (IFSO): Indications for Metabolic and Bariatric

Surgery. *Surg Obes Relat Dis*. 2022;18(12):1345–1356. DOI: 10.1016/j.soard.2022.08.013.

46. Sauro K.M., Smith C., Ibadin S., et al. Enhanced Recovery After Surgery Guidelines and Hospital Length of Stay, Readmission, Complications, and Mortality: A Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *JAMA Netw Open*. 2024;7(6):e2417310. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2024.17310.

47. Васюкова О.В., Окороков П.Л., Малиевский О.А. и др. Клинические рекомендации «Ожирение у детей». *Ожирение и метаболизм*. 2024;21(4):439–453. [Vasyukova O.V., Okorokov P.L., Malievskiy O.A., et al. Clinical guidelines «Obesity in children». *Obesity and metabolism*. 2024;21(4):439–453. (In Russ.)]

Поступила 10.08.2025
Принята 19.08.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 10.08.2025
Accepted 19.08.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Неймарк Александр Евгеньевич – канд. мед. наук, доцент кафедры факультетской хирургии с клиникой Института медицинского образования, ведущий научный сотрудник НИЛ диабетологии Института эндокринологии, врач-хирург, Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Министерства здравоохранения России, Санкт-Петербург, Россия, sas_spb@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4925-0126

Лапшина Софья Евгеньевна – врач-хирург, ассистент кафедры факультетской хирургии с клиникой Института медицинского образования, Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Министерства здравоохранения России, Санкт-Петербург, Россия, s.e.lapshina@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-6754-1942

Authors

Neimark Aleksandr E. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of Russian Federation, St. Petersburg, Russia, sas_spb@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4925-0126

Lapshina Sofya E. – Surgeon, Assistant Professor, Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of Russian Federation, St. Petersburg, Russia, s.e.lapshina@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-6754-1942

УДК 616.849.6.428-089.844

БИОПСИЯ СТОРОЖЕВОГО ЛИМФАТИЧЕСКОГО УЗЛА ПРИ ОПУХОЛЯХ ГОЛОВЫ И ШЕИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ С ПОЗИЦИЙ ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ. РОЛЬ РАДИОИЗОТОПНОЙ ДИАГНОСТИКИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

С.П. Дмитриев, М.Д. Тер-Ованесов, А.А. Казаков, Т.В. Бурова, В.И. Алексина, Н.М. Маслов

НИИКО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер», Нижний Новгород, Россия

РЕЗЮМЕ. Представлен обзор публикаций, посвященных клинической эффективности, безопасности и технологическим аспектам радионуклидной биопсии сторожевого лимфатического узла у больных с ранними формами плоскоклеточного рака головы и шеи. Проанализированы результаты четырех рандомизированных исследований и крупного мета-анализа 2022 г., данные систематических обзоров 2023–2024 гг., проспективных когорт из Европы и Азии, а также серии наблюдений, выполненные с использованием наноколлоида 99mTc альбумина человеческого («Нанотоп»). Отдельным разделом рассмотрены физико-химические и клинические преимущества радионуклидного метода по сравнению с альтернативными трейсерами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *плоскоклеточный рак головы и шеи, биопсия сторожевого лимфатического узла, скрытые метастазы, сторожевой узел, наноколлоидные радиофармпрепараты, ОФЭКТ/КТ*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Дмитриев С.П., Тер-Ованесов М.Д., Казаков А.А., Бурова Т.В., Алексина В.И., Маслов Н.М. Биопсия сторожевого лимфатического узла при опухолях головы и шеи: современное состояние с позиций доказательной медицины. Роль радиоизотопной диагностики (обзор литературы). *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 112–117. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-112-117

SENTINEL LYMPH NODE BIOPSY IN HEAD AND NECK TUMORS: CURRENT STATUS FROM THE STANDPOINT OF EVIDENCE-BASED MEDICINE. THE ROLE OF RADIOISOTOPE DIAGNOSTICS (LITERATURE REVIEW)

S.P. Dmitriev, M.D. Ter-Ovanesov, A.A. Kazakov, T.V. Burova, V.I. Aleksina, N.M. Maslov

Nizhny Novgorod Regional Clinical Oncological Dispensary, Nizhny Novgorod, Russia

ABSTRACT. The article provides an overview of recent publications on the clinical efficacy, safety, and technological aspects of radionuclide sentinel lymph node biopsy in patients with early forms of squamous cell carcinoma of the head and neck. The results of four randomized trials and a large meta-analysis in 2022, data from systematic reviews in 2023–2024, prospective cohorts from Europe and Asia, as well as a series of observations performed using the 99mTc human albumin nanocolloid ("Nanotope") were analyzed. A separate section discusses the physico-chemical and clinical advantages of the radionuclide method in comparison with alternative tracers.

KEYWORDS: *squamous cell carcinoma of the head and neck, sentinel lymph node biopsy, latent metastases, sentinel lymph, nodenanocolloidal radiopharmaceuticals, SPECT/CT*

FOR CITATION: Dmitriev S.P., Ter-Ovanesov M.D., Kazakov A.A., Burova T.V., Aleksina V.I., Maslov N.M. Sentinel lymph node biopsy in head and neck tumors: current status from the standpoint of evidence-based medicine. The role of radioisotope diagnostics (literature review). *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 112–117. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-112-117 (In Russ.).

Введение

Плоскоклеточный рак головы и шеи занимает особое место среди онкологических заболеваний. Метастатическое поражение регионарных лимфатических узлов является неблагоприятным прогностическим фактором плоскоклеточного рака головы и шеи, так как оно связано со снижением показателей общей выживаемости на 50 % [1, 2]. По этой причине своевременное обнаружение метастазов в лимфатических узлах шеи является одним из важных компонентов качественной онкологической помощи больным с данной патологией. Метастатическое поражение лимфатических коллекторов зависит от локализации ПКР на коже головы и шеи. Исходя из международных и отечественных рекомендаций в отношении зон регионарного метастазирования при cT1–2N0 допускается выполнение профилактической лимфаденэктомии или биопсии сторожевого лимфатического узла (БСЛУ). Большинство пациентов с ранним плоскоклеточным раком головы и шеи, клинически стадируемых N0, имеют риск скрытых метастазов, достигающий 25 %. Классическая селективная шейная лимфодиссекция (СШД) надежна в онкологическом плане, но ассоциирована с травмой добавочного нерва, хронической болью и дисфункцией плечевого пояса [3]. Из этого следует, что более щадящая и экономически эффективная стратегия выявления субклинических метастазов в ЛУ шеи предполагает проведение БСЛУ.

С конца 1990-х годов развивается концепция селективного стадирования лимфатических узлов шеи посредством БСЛУ, когда удаляется лишь проксимальный лимфатический узел в пути лимфодренажа зоны топографической локализации первичной опухоли. Применение наноколлоидных радиофармпрепаратов, поддержка визуализации ОФЭКТ/КТ и гибридных меток вывели метод на уровень рекомендации EANM и NCCN.

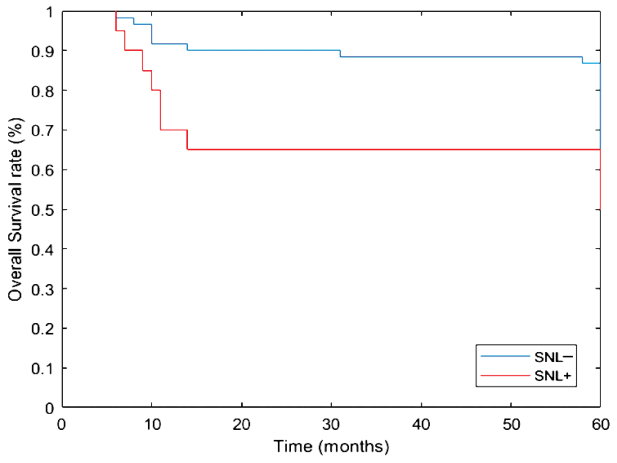
Материалы и методы поиска

Систематический поиск PubMed, Embase, Scopus, elibrary.ru и РИНЦ включил научные работы, опубликованные по теме биопсии сторожевого лимфатического узла при опухолях головы и шеи за последние три года. Критерии включения: клинические исследования БСЛУ при опухолях головы и шеи, использование радионуклидного трейсера, отчетность по выживаемости либо диагностической точности. В обзор вошли три мета анализа, пять систематических обзоров, 17 проспективных и 13 ретроспективных когортных исследований.

Международные клинические данные

Мета-анализ ScienceDirect 2022 г., продемонстрировал отсутствие различий между БСЛУ и СШД по общей и безрецидивной выживаемости. Систематический обзор и мета-анализ T. Gupta et al. (Oral Oncology, 2022) объединил данные трех рандомизированных исследований с участием 608 больных cT1–2 N0 плоскоклеточным раком полости рта/ротоглотки и сравнил биопсию сторожевого лимфатического узла с селективной шейной диссекцией. Анализ показал отсутствие статистически значимых различий по частоте изолированных шейных рецидивов (RR = 1,11; 95 % ДИ 0,69–1,80; $p = 0,66$) и общих локорегиональных рецидивов (RR = 1,18; 95 % ДИ 0,81–1,72; $p = 0,39$), а риск смерти при применении БСЛУ статистически не отличался от СШД (HR = 1,18; 95 % ДИ 0,79–1,78; $p = 0,41$) [4]. При этом функциональные исходы достоверно лучше в группе БСЛУ: интегральный показатель шейно-плечевой функции выше (RR = 1,21; 95 % ДИ 1,12–1,32; $p<0,00001$). В многоцентровом французском РКИ (R. Garrel et al. (2020) частота послеоперационных осложнений ≥ III-й степени по Clavien – Dindo составила 11,2 % после элективной шейной диссекции и лишь 2,1 % после биопсии сторожевого узла, $p<0,05$. В исследовании показана сопоставимая двухлетняя выживаемость без рецидива узлов (90,7 % БСЛУ vs 89,6 % СШД). Одновременно показано отсутствие различий в пятилетней общей и безрецидивной выживаемости между обеими группами при медиане наблюдения 60 мес [5].

В ретроспективном исследовании Неаполитанского национального регистра ($n = 122$, 2002–2022) все пациенты перенесли радионуклидную биопсию сторожевого лимфатического узла при cT1-2 N0 раке языка. Для подгруппы с отрицательным сторожевым узлом кумулятивная пятилетняя безрецидивная выживаемость составила 88,5 % (54 из 61); при положительном узле – 60 % (12 из 20) (см. рисунок) [6].



Общая выживаемость пациентов с положительным результатом биопсии сторожевого лимфатического узла (красная линия) и отрицательным результатом биопсии сторожевого лимфатического узла (синяя линия)

Преимущества радионуклидного метода и препарата «Нанотоп»

Широкое клиническое применение при маркировке сигнальных лимфатических узлов имеют коллоидные радиофармпрепараты, меченые изотопом Tc99m. Известно, что коллоидные частицы активно поглощаются макрофагами первого (сигнального) лимфатического узла на пути лимфотока. Это позволяет эффективно их маркировать и затрудняет дальнейшее прохождение препарата по лимфатическому коллектору, что снижает риск маркировки лимфатических узлов второго и третьего порядка. Следует отметить, что использование радиоколлоидов, меченых Tc99m, обеспечивает благоприятные условия для визуализации сигнальных лимфатических при выполнении лимфосцинтиграфии на гамма-камере или определение детальной топографии сигнальных лимфатических узлов методом ОФЭКТ КТ. Мета-анализ 21 исследования (847 пациентов), посвященного информативности методики биопсии сигнальных лимфатических узлов при плоскоклеточном раке 28 полости рта и ротоглотки с использованием радиоколлоидов, указывает на высокую чувствительность метода (93 %). При этом прогностическая ценность отрицательного ответа находится в диапазоне от 88 до 100 % [7].

Существует множество радиофармпрепаратов, используемых для изучения лимфатической системы, но не все из них сертифицированы для клинического применения. В США в основном используют 99mTc-sulphur colloid, в Европе – 99mTc-human serum albumin, в Канаде и Австралии – 99mTc-antimony trisulphide, в Японии – 99mTc-calcium phytate [5]. Эти препараты различаются по размеру и, следовательно, должны быть стратифицированы для получения размеров, подходящих для конкретной цели. Более мелкие образования (менее 100 нм в диаметре) лучше поглощаются лимфатической системой, что приводит к улучшению качества изображения, в то время как более крупные (200–1000 нм) задерживаются в лимфатических узлах, что позволяет проводить картирование сторожевых узлов [8].

Не только размер, но и поверхностный заряд частиц, захват макрофагами ретикулоэндотелиальной системы являются важными аспектами, влияющими на биологическое распределение радиофармпрепаратов. 99mTc-human serum albumin, он же наноколлоид человеческого альбумина (99mTc-НЧА), используется в лимфосцинтиграфии благодаря своим уникальным физико-химическим характеристикам. Одним из ключевых факторов является оптимальный размер частиц (5–80 нм), который обеспечивает эффективное проникновение в лимфатические капилляры через межэндотелиальные промежутки после паратуморального введения. 99mTc-НЧА наноколлоид имеет нейтральный pH, что предотвращает болевые ощущения при инъекции и позволяет безопасно проводить внутрикожное введение без раздражения тканей [9].

Высокая гидрофильность и коллоидная стабильность 99mTc-НЧА играют критическую роль в поддержании его физической целостности в физиологических жидкостях. Гидрофильная оболочка частиц минимизирует их агрегацию и нежелательные взаимодействия с белками крови, что обеспечивает пролонгированную циркуляцию и повышает вероятность доставки препарата в лимфатические узлы [10]. Коллоидная стабильность предотвращает распад наночастиц до их достижения целевых узлов, а высокая гидрофильность способствует увеличению времени удержания в лимфатических узлах за счет уменьшения клиренса с целью улучшения визуализации. В результате достигается качественная фиксация радиофармпрепарата в лимфатической системе, что особенно важно для достоверной оценки регионарного лимфатического статуса.

Благодаря высокой биосовместимой 99mTc-НЧА практически не индуцирует выраженного иммунного ответа, что снижает вероятность фагоцитоза макрофагами и других форм клеточного клиренса [11, 12]. Это качество позволяет препарату сохранять активность в течение времени, достаточного для проведения диагностических процедур, при этом минимизируя риск воспалительных осложнений или искажения результатов исследования.

Лучевая нагрузка при лимфосцинтиграфии

Биопсия сторожевого лимфатического узла с использованием РФЛП 99mTc-нанотоп – процедура из раздела ядерной медицины, в которой используются низкие активности вводимых препаратов. В соответствии с концепцией обоснованного риска «Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» радиационная защита пациентов при медицинском облучении должна быть основана на необходимости получения полезной диагностической информации и/или терапевтического эффекта от соответствующих медицинских процедур при наименьших возможных уровнях облучения.

Проведение медицинских процедур, связанных с облучением пациентов, должно быть обосновано путем сопоставления диагностических или терапевтических выгод, которые они приносят, с радиационным ущербом для здоровья, который может причинить облучение, принимая во внимание имеющиеся альтернативные методы, не связанные с медицинским облучением.

После введения РФЛП 99mTc-нанотоп паратуморально происходит его распределение по организму. При этом только около 1–2 % введенной активности мигрирует в лимфатические узлы и системный кровоток.

Эффективная доза для пациента при проведении БСЛУ на порядок ниже доз, чем при проведении других радионуклидных исследований с внутривенным введением РФЛП и КТ-процедур (см. таблицу).

При подкожном введении пациенту массой 70 кг РФЛП 99mTc-нанотоп активностью 110 МБк эффективная доза составляет 0,13 мЗв, что, например, в 100 раз меньше, чем при выполнении КТ органов малого таза. Таким образом, БСЛУ с применением РФЛП 99mTc-нанотоп является безопасным способом детекции сторожевого лимфатического узла для пациентов.

Лучевая нагрузка при компьютерной томографии в сравнении с 99mTc

Вид исследования	Лучевая нагрузка без к\у, мЗв	Лучевая нагрузка с к\у, мЗв	Лучевая нагрузка 99mTc, мЗв
КТ органов грудной клетки	1,7–3,5	7–8	0,13
Низкодозовая КТ легких	0,4–0,7	–	0,13
КТ головного мозга	0,9–2	5–7	0,13
КТ брюшной полости	3,5–5,6	14–15	0,13
КТ органов малого таза	3,7–4,7	10–15	0,13
КТ-урография	4,5–5,5	10–15	0,13

Согласно нормам Международного агентства по атомной энергии, от 2023 г. обозначены пределы дозы в ситуациях планируемого облучения:

1. Профессиональное облучение. Для профессионального облучения работников в возрасте старше 18 лет устанавливаются следующие пределы дозы:

- эффективная доза 20 мЗв в год, усредненная за пять последовательных лет (100 мЗв), и 50 мЗв за любой отдельный год;
- эквивалентная доза в хрусталике глаза 20 мЗв в год, усредненная за пять последовательных лет (100 мЗв), и 50 мЗв за любой отдельный год;
- эквивалентная доза в конечностях (кистях рук и стопах ног) или в коже 67 500 мЗв в год.

В случае профессионального облучения работницы, уведомившей о беременности или о кормлении грудью, применяются дополнительные ограничения (п. 3.114 Норм безопасности Международного агентства по атомной энергии).

2. Облучение населения. Для облучения населения устанавливаются следующие пределы дозы:

- эффективная доза 1 мЗв в год;
- в особых обстоятельствах может применяться более высокая величина эффективной дозы за отдельный год при условии, что средняя эффективная доза за пять последовательных лет не превышает 1 мЗв в год;
- эквивалентная доза в хрусталике глаза 15 мЗв в год;
- эквивалентная доза в коже 50 мЗв в год.

Во время выполнения БСЛУ с помощью радионуклидной метки эффективная доза для хирурга составляет менее 2 мкЗв на операцию. Таким образом, хирург может выполнить около 10000 операций в год, т. е. РФЛП 99mTc-нанотоп безопасен для медицинского персонала [19, 20].

Обсуждение

Последние систематические обзоры показали совокупную чувствительность 87–92 % и отрицательную прогностическую ценность 94–96 % для обнаружения скрытых метастазов в лимфатических узлах с помощью БСЛУ при раннем плоскоклеточном раке полости рта [21]. При использовании БСЛУ у этих пациентов риск скрытых метастазов в лимфатических узлах составлял 4–6 %, что намного ниже показаний для выполнения плановой лимфодиссекции шеи. Если риск скрытых метастазов можно надежно оценить, персонализированное лечение агрессивно протекающего рака ОГШ даже на ранних стадиях может улучшится.

Другим наиболее многообещающим патологическим прогностическим фактором для выявления скрытых метастазов в лимфоузлах является глубина инвазии (DOI) первичной опухоли. Консолидированные данные исследовательских работ подтверждают онкологическую эквивалентность БСЛУ и СШД для cT1–2 N0 опухолей головы и шеи. Разница в частоте осложнений и качестве жизни отдает предпочтение малоинвазивному методу [22–24]. Ключевым условием успеха остается строгое соблюдение протокола ОФЭКТ/КТ-визуализации и патоморфологического стадирования поражения лимфатического коллектора шеи. Наноколлоид человеческого альбумина, благодаря качественному составу и оптимальным размерам частиц, а также высокой коллоидной стабильности, обеспечивает быструю и точную навигацию, что делает его препаратом выбора для БСЛУ.

Заключение

На основании многоцентровых РКИ, мета-аналитических данных и национальных исследований БСЛУ с использованием 99mTc-нанотопа следует рассматривать как предпочтительный метод инвазивного стадирования распространения опухоли в лимфатических узлах шеи у пациентов с ранним плоскоклеточным раком. Широкое внедрение гибридных радиофармпрепаратов и интеллектуальных систем навигации способно еще более снизить хирургическую травматичность при сохранении онкологической радикальности, что соответствует принципам персонализированной онкологии.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Amit M., Yen T.C., Liao C.T., et al. Clinical nodal stage is a significant predictor of outcome in patients with oral cavity squamous cell carcinoma and pathologically negative neck metastases: results of the international consortium for outcome research. *Ann Surg Oncol*. 2013;20(11):3575–81. DOI: 10.1245/s10434-013-3044-0

2. Peters T.T., Senft A., Hoekstra O.S., et al. Pretreatment screening on distant metastases and head and neck cancer patients: validation of risk factors and influence on survival. *Oral Oncol.* 2015;51(3):267–71. DOI: 10.1016/j.oraloncology.2014.12.006.

3. D'Cruz A.K., Vaish R., Kapre N., et al. Elective versus therapeutic neck dissection in node-negative oral cancer. *N Engl J Med*. 2015;373(6):521–529.

4. Gupta T., Maheshwari G., Kannan S., et al. Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials comparing elective neck dissection versus sentinel lymph node biopsy in early-stage node-negative oral and/or oropharyngeal SCC. *Oral Oncol*. 2022;124:105642.

5. Garrel R., Poissonnet G., Fakhry N., et al. Sentinel node biopsy versus neck node dissection in operable cT1-T2N0 oral and oropharyngeal cancer (Senti-MERORL): phase III equivalence trial. *J Clin Oncol.* 2020;38(32):3673–3682.

6. Ionna F., Pavone E., Aversa C., et al. Sentinel Lymph Node Biopsy (SLNB) for Early-Stage Head and Neck Squamous-Cell Carcinoma of the Tongue: Twenty Years of Experience at I.N.T. "G.Pascale". *Cancers (Basel)*. 2024;16(6):1153.

7. Govers T.M., Hannink G., Merkx M.A.W., et al. Rovers Sentinel node biopsy for squamous cell carcinoma of the oral cavity and oropharynx: a diagnostic meta-analysis. *Oral Oncol*. 2013;49(8):726–732.

8. Civantos F.J., Russell J., Lai S.Y., et al. Prospective multi-institutional trial of SLNB in cN0 early-stage oral cavity cancer. *Cancer*. 2022;128(14):2680–2689.

9. Cramer J.D., Lai S.Y. Sentinel node biopsy: high-tech method of predicting neck status – NRG-HN006 rationale. *ENT Today*. 2021;40(7):16–18.

10. Tartaglione G. Advantages of the intradermal lymphoscintigraphy. *World J Radiol*. 2024;16(7):241–246.

11. Cusnir R., Leresche M., Pilloud C., Straub M. An investigation of aspects of radiochemical purity of 99mTc-labelled human serum albumin nanocolloid. *EJNMMI Radiopharmacy and Chemistry*. 2021;6:35.

12. Miura K., Kawakita D., Oze I., et al. Predictive factors for false negatives following sentinel lymph node biopsy in early oral cavity cancer. *Sci Rep*. 2022;12(1):6917. DOI: 10.1038/s41598-022-10594-1.

13. Kang Y.J., Kang M.J., Ahn H.S., Hwang S.H. Comparison of SLNB and END for early oral cavity SCC: systematic review and meta-analysis. *J Laryngol Otol.* 2023;137(6):599–607.

14. van Hinte G., Wetzels J.G.H., Merkx M.A.W., et al. Effect of elective neck dissection versus sentinel lymph node biopsy on shoulder morbidity and HR-QoL in oral cavity cancer: longitudinal study. *Support Care Cancer.* 2024;32(5):2553–2564.

15. Schilling C., Stoeckli S.J., Haerle S.K., et al. Sentinel European Node Trial (SENT): 3-year results of sentinel node biopsy in oral cancer. *Eur J Cancer.* 2024; 92:2777–2784.

16. Lai S.Y., Torres-Saavedra P.A., Dunlap N.E., et al. NRG-HN006 protocol: randomized Phase II/III trial of SLNB versus END for early-stage oral cavity cancer. *NRG Oncology*. 2021;39(15):TPS6093-TPS6093. DOI:10.1200/JCO.2021.39.15_suppl.TPS6093.

17. Giammarile F., Schilling C., Gnanasegaran G., et al. EANM practical guidelines for SLN localisation in oral cavity SCC. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019;46(3):623–637.

18. Инструкция по применению ^{99m}Tc «Нанотоп». РУ № РЗН 2014/1389 (ред. 14.08.2023). [Instructions for

use ^{99m}Tc "Nanotop". RU No. RZN2014/1389 (ed. 14.08.2023). (In Russ.)].

19. Крживицкий П.И. Инновации в онкорадиологии: радиофармпрепараты становятся эффективнее и безопаснее. *HiMedTech*. Доступ: https://himedtech.ru/articles/innovatsii-v-onkoradiologii-radiofarmpreparaty-stanovyatsya-effektivnee-i-bezopasnee.html (дата обращения: 12.07.2025) [Krivitsky P.I. Innovations in oncoradiology: radiopharmaceuticals are becoming more effective and safer. *MedTech*. 2020. Aviable at: https://himedtech.ru/articles/innovatsii-v-onkoradiologii-radiofarmpreparaty-stanovyatsya-effektivnee-i-bezopasnee.html (accessed: 12.07.2025) (In Russ.)].

20. Сагынбекова Г.С., Джунушалиев К.К. Шейная лимфодиссекция при раке головы и шеи (обзор литературы). *Бюллетень науки и практики*. 2024;(3):357–372. [Sagynbekova G., Dzhunushaliev K. Cervical Lymph Node Dissection for Head and Neck Cancer (Literature Review). *Bulletin of Science and Practice*. 2024;(3):357–372. (In Russ.)].

21. Szczygielski K., Zhang X., Fang Q., et al. SLNB in cT1-2N0 minor salivary gland cancer of the oral cavity. *BMC Cancer*. 2024;24:1349.

22. Yu X., Fang Q., Du W., et al. Sentinel lymph node biopsy benefits cN0 parotid cancer neck management. *Sci Rep*. 2019;9:44790.

23. Гельфанд И.М., Кропотов М.А., Исаева М.Т., Подвязников С.О. Значимость в клинической практике биопсии сигнального лимфатического узла при плоскоклеточном раке кожи головы и шеи. *Опухоли головы и шеи*. 2023;13(4):116–123. DOI: 10.17650/2222-1468-2023-13-4-116-123. [Gelfand I.M., Kropotov M.A., Isaeva M.T., Podvyaznikov S.O. The importance in clinical practice of the signal lymph node biopsy in squamous cell carcinoma of the head and neck. *Opukholi golovy i shei = Head and Neck Tumors*. 2023;13(4):116–123. DOI: 10.17650/2222-1468-2023-13-4-116-123. (In Russ.)].

Поступила 01.08.2025
Принята 19.08.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 01.08.2025
Accepted 19.08.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Дмитриев Сергей Павлович – заведующий 9-м онкологическим отделением опухолей головы и шеи, НИИКО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер», Нижний Новгород, Россия, sergei-fcsm@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0008-1051-882X

Тер-Ованесов Михаил Дмитриевич – д-р мед. наук, профессор, заместитель главного врача, НИИКО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер», Нижний Новгород, Россия, termd@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-7335-895X

Казаков Алексей Александрович – руководитель 2-го стационара, НИИКО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер», Нижний Новгород, Россия, ka278@mail.ru, https://orcid.org/0009-0006-9973-9383

Бурова Татьяна Валерьевна – заведующая отделением радионуклидной диагностики, НИИКО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер», Нижний Новгород, Россия, burovatv2013@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-0603-3915

Алексина Валерия Игоревна – врач-онколог 9-го онкологического отделения опухолей головы и шеи, НИИКО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер», Нижний Новгород, Россия, leraf243456@gmail.com, https://orcid.org/0009-0009-8531-612X

Маслов Никита Максимович – врач-онколог 9-го онкологического отделения опухолей головы и шеи, НИИКО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер», Нижний Новгород, Россия, nikita.maslov.1999@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-3761-2286

Authors

Dmitriev Sergey P. – Head of the 9th Oncology Department of Head and Neck Tumors, Nizhny Novgorod Regional Clinical Oncology Dispensary, Nizhny Novgorod, Russia, sergei-fcsm@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0008-1051-882X

Ter-Ovanesov Mikhail D. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Chief Physician, Nizhny Novgorod Regional Clinical Oncology Dispensary, Nizhny Novgorod, Russia, termd@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-7335-895X

Kazakov Aleksey A. – Head of the 2nd Inpatient Department, Nizhny Novgorod Regional Clinical Oncology Dispensary, Nizhny Novgorod, Russia, ka278@mail.ru, https://orcid.org/0009-0006-9973-9383

Burova Tatyana V. – Head of the Radionuclide Diagnostics Department, Nizhny Novgorod Regional Clinical Oncology Dispensary, Nizhny Novgorod, Russia, burovatv2013@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0009-0603-3915

Aleksina Valeria I. – Oncologist, Department of Oncology of Head and Neck Tumors, Nizhny Novgorod Regional Clinical Oncology Dispensary, Nizhny Novgorod, Russia, leraf243456@gmail.com, https://orcid.org/0009-0009-8531-612X

Maslov Nikita M. – Oncologist, Department of Oncology of Head and Neck Tumors, Nizhny Novgorod Regional Clinical Oncology Dispensary, Nizhny Novgorod, Russia, nikita.maslov.1999@mail.ru, https://orcid.org/0009-0004-3761-2286

УДК 616.34-089.168.1:616-071.1

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПЕРФУЗИИ ТКАНЕЙ В КОЛОРЕКТАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ICG ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ: ПЕРВЫЙ ОПЫТ

А.А. Завражнов[1], В.А. Кащенко[1,2], Т.С. Ланков[1], В.Д. Кузнецов[1], А.Д. Новикова[1], Д.С. Пасекова[1,2], К.Д. Бадаев[1], П.О. Румянцев[1], А.С. Москалев[3], В.Б. Лощенов[3], К.Т. Эфендиев[3], А.Н. Лаврентьева[4], Г.А. Смирнов[2], Е.С. Краморов[2]

[1] *Клиника высоких технологий «Белоостров» ООО «ММЦ ВТ», Ленинградская обл., Россия*
[2] *Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*
[3] *Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия*
[4] *Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия*

РЕЗЮМЕ. Определение клинической эффективности интраоперационной количественной флуоресцентной ангиографии с использованием индоцианина зеленого (ICG) для анализа перфузии кишечной стенки для снижения частоты несостоятельности колоректального анастомоза. Проведено проспективное одноцентровое сравнительное исследование, включившее 81 пациента, перенесшего резекцию толстой кишки с наложением анастомоза. У 42 пациентов применялась ICG-флуоресценция с количественной оценкой перфузии в режиме реального времени. В контрольной группе (n = 39) использовались традиционные визуальные методы оценки жизнеспособности тканей. Первичной конечной точкой являлась частота несостоятельности анастомоза, вторичными – частота изменения линии резекции и послеоперационные осложнения. В группе ICG частота несостоятельности анастомоза составила 4,8 % против 7,7 % в контрольной группе (p = 0,664). Изменение линии резекции на основании данных флуоресценции потребовалось у 14,8 % пациентов. Относительный риск развития несостоятельности в ICG-группе составил 0,62 (95 % ДИ: 0,12–3,18), что указывает на тенденцию к снижению осложнений, не достигшую статистической значимости. Интраоперационная флуоресцентная ангиография с использованием ICG демонстрирует потенциальную клиническую пользу в оценке перфузии и изменении уровня резекции, однако не показала достоверного снижения частоты несостоятельности анастомоза. Метод требует дальнейшего изучения и стандартизации количественной интерпретации данных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *колоректальный рак, флуоресцентная ангиография, индоцианин зеленый, перфузия, несостоятельность анастомоза, ICG*

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Завражнов А.А., Кащенко В.А., Ланков Т.С., Кузнецов В.Д., Новикова А.Д., Пасекова Д.С., Бадаев К.Д., Румянцев П.О., Москалев А.С., Лощенов В.Б., Эфендиев К.Т., Лаврентьева А.Н., Смирнов Г.А., Краморов Е.С. Количественная оценка перфузии тканей в колоректальной хирургии с использованием ICG флуоресценции: первый опыт. *Российский хирургический журнал*. 2025;2(2): 118–127. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-118-127

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF TISSUE PERFUSION IN COLORECTAL SURGERY USING ICG FLUORESCENCE: FIRST EXPERIENCE

A.A. Zavrazhnov[1], V.A. Kashchenko[1,2], T.S. Lankov[1], V.D. Kuznetsov[1], A.D. Novikova[1], D.S. Pasekova[1,2], K.D. Badaev[1], P.O. Rumyantsev[1], A.S. Moskalev[3], V.B. Loshchenov[3], K.T. Efendiev[3], A.N. Lavrentyeva[4], G.A. Smirnov[2], E.S. Kramorov[2]

[1] *High-Tech Clinic Beloostrov LLC "MMC VT", Leningrad Region, Russia*
[2] *Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*
[3] *Prokhorov General Physics Institute, Moscow, Russia*
[4] *Mechnikov North-West State Medical University, St. Petersburg, Russia*

ABSTRACT. Evaluation of the clinical efficacy of intraoperative quantitative fluorescence angiography using indocyanine green (ICG) for assessing intestinal wall perfusion to reduce the rate of colorectal anastomotic leakage. A prospective single-center comparative study was conducted, including 81 patients who underwent colon resection with anastomosis. In 42 patients, ICG fluorescence with real-time quantitative perfusion assessment was used. The control group (n = 39) underwent conventional visual assessment of tissue viability. The primary endpoint was the rate of anastomotic leakage; secondary endpoints included the rate of resection line modification and postoperative complications. In the ICG group, the anastomotic leakage rate was 4.8 % compared to 7.7 % in the control group (p = 0.664). Resection line modification based on fluorescence data was required in 14.8 % of patients. The relative risk of anastomotic leakage in the ICG group was 0.62 (95 % CI: 0.12–3.18), indicating a trend toward reduced complications that did not reach statistical significance. Intraoperative ICG fluorescence angiography demonstrates potential clinical benefits in perfusion assessment and resection level modification but did not show a significant reduction in anastomotic leakage rates. The method requires further investigation and standardization of quantitative data interpretation.

KEYWORDS: *colorectal cancer, fluorescence angiography, indocyanine green, perfusion, anastomotic leakage, ICG*

FOR CITATION: Zavrazhnov A.A., Kashchenko V.A., Lankov T.S., Kuznetsov V.D., Novikova A.D., Pasekova D.S., Badaev K.D., Rumyantsev P.O., Moskalev A.S., Loshchenov V.B., Efendiev K.T., Lavrentyeva A.N., Smirnov G.A., Kramorov E.S. Quantitative assessment of tissue perfusion in colorectal surgery using ICG fluorescence: first experience. *Russian Surgical Journal*. 2025;2(2): 118–127. DOI: 10.18705/3034-7270-2025-1-2-118-127 (In Russ.).

Введение

Колоректальный рак остается одной из наиболее актуальных проблем современной онкологии. Согласно последним эпидемиологическим данным, это заболевание занимает третье место по распространенности среди всех злокачественных новообразований и является второй по значимости причиной смертности от онкологических заболеваний в глобальном масштабе [1].

Несмотря на существенный прогресс в системной терапии и лучевом лечении, обеспечивший улучшение долгосрочных результатов, хирургическое вмешательство продолжает играть ключевую роль в радикальном лечении колоректального рака. Однако хирургическое лечение, особенно при опухолях ободочной и прямой кишки, сопряжено с риском развития серьезных послеоперационных осложнений. Одним из наиболее значимых является несостоятельность анастомоза (НА), которая оказывает выраженное негативное влияние на прогноз заболевания [2].

Частота несостоятельности анастомоза, по данным литературы, варьирует от 9 до 14 % при операциях на ободочной кишке и достигает 24 % при резекциях прямой кишки [3, 4]. Это осложнение ассоциировано с увеличением послеоперационной летальности в 6–8 раз, значительным удлинением госпитального пребывания и ростом затрат на лечение [2].

Анализ факторов риска развития НА позволяет выделить две основные группы. К первой группе относятся немодифицируемые факторы: возраст старше 65 лет, мужской пол, наличие наследственных опухолевых синдромов, низкая локализация опухоли (особенно при формировании дистальных анастомозов), а также запущенная стадия заболевания. Эти факторы представляют особый интерес, поскольку их невозможно изменить в предоперационном периоде, что требует особого внимания к технике выполнения операции и интраоперационному мониторингу. Ко второй группе принадлежат модифицируемые факторы: курение, ожирение (индекс массы тела более 30 кг/м²), сопутствующие заболевания (включая сахарный диабет и сердечно-сосудистую патологию), проведение неоадъювантной лучевой терапии, технические особенности формирования анастомоза и нарушение перфузии в зоне анастомоза [5]. Особое значение имеет последний фактор, так как именно интраоперационная оценка перфузии с помощью ICG-флуоресценции может помочь в своевременном выявлении зон ишемии и изменении уровня резекции. При этом следует отметить, что комбинация нескольких факторов риска значительно увеличивает вероятность развития НА, что подчеркивает необходимость комплексного подхода к оценке рисков у каждого конкретного пациента.

Снижение тканевой перфузии в зоне формирования анастомоза является одним из наиболее значимых факторов риска НА. Ранее в литературе подчеркивалось, что ишемизация краев анастомоза существенно повышает вероятность его несостоятельности [6]. Оценка перфузии в рутинной практике традиционно осуществляется субъективно – по визуальной окраске кишки, пульсации брыжеечных сосудов и наличию капиллярного кровотечения по краям резекции. Кроме того, применяются тесты на герметичность, включая «велосипедную пробу» и оценку целостности резекционных краев [7].

Тем не менее эти методы обладают низкой прогностической достоверностью в отношении риска НА, что подтверждается рядом исследований [8]. Субъективность клинической оценки и ограниченная воспроизводимость данных подчеркивают необходимость разработки более

объективных подходов к интраоперационному контролю перфузии.

В этой связи растущий интерес вызывает метод флуоресцентной ангиографии с использованием индоцианина зеленого (ICG) в ближнем инфракрасном диапазоне. Данная методика предполагает внутривенное введение ICG – флуоресцентного красителя, связывающегося с альбуминами плазмы, и визуализацию кровотока в режиме реального времени с помощью инфракрасной камеры [9].

Интраоперационная флуоресцентная визуализация с ICG зарекомендовала себя как воспроизводимый и клинически применимый метод объективной оценки тканевой перфузии, особенно в условиях ограниченной визуализации (например, в малом тазу) [10]. Применение данной технологии позволяет выявить участки ишемии, незаметные при стандартной оценке, и в ряде случаев изменить уровень резекции для формирования анастомоза в зоне с адекватным кровоснабжением.

Таким образом, интеграция флуоресцентной ангиографии в алгоритмы интраоперационного контроля перфузии представляется перспективным направлением в повышении безопасности колоректальных резекций. Необходимы дальнейшие проспективные исследования, направленные на стандартизацию метода, определение количественных критериев перфузии и оценку его влияния на клинические исходы.

Учитывая потенциал технологии флуоресцентной визуализации с использованием ICG для интраоперационной оценки перфузии, наблюдается значительный рост количества исследований, направленных на изучение ее влияния на частоту НА при хирургическом лечении рака прямой кишки.

J. Watanabe et al. (2020) в многоцентровом ретроспективном исследовании с участием 422 пациентов с раком прямой кишки показали, что у 5,7 % больных в основной группе линия резекции изменена в проксимальном направлении на основании данных ICG-визуализации [11]. В другом исследовании, проведенном А.Л. Беджаняном и др. (2023), частота НА степени «В» в группе без применения ICG оказалась значительно выше по сравнению с основной группой (13,6 % против 2,4 %; $p = 0,06$) [12].

Схожие данные получены в исследовании iCral3, где при использовании двух методов оценки (традиционной и ICG) удалось прогностически достоверно идентифицировать пациентов с высоким риском развития НА [13]. S. Morales-Conde et al. в проспективном одноцентровом исследовании отметили, что интраоперационная визуализация кровоснабжения с помощью ICG привела к изменению линии резекции у 18,2 % пациентов [14].

Однако несмотря на обнадеживающие отдельные результаты, остается дискуссионным вопрос о реальной клинической эффективности ICG-визуализации в снижении частоты НА при хирургии рака прямой кишки. Так, I. Mizrahi et al. не выявили статистически значимого влияния применения ICG на частоту НА после низкой передней резекции прямой кишки [15]. Аналогичные результаты получены T. Wada et al., которым также не удалось продемонстрировать снижение частоты НА при использовании ICG [16]. Кроме того, в проспективном рандомизированном многоцентровом исследовании AVOID применение ICG-визуализации не привело к снижению частоты НА [17].

Обобщая имеющиеся данные, можно отметить, что изменение уровня пересечения кишки на основании результатов флуоресцентной оценки перфузии происходило в среднем у 10 % пациентов (в диапазоне от 1,6 до 30 %) [15–17]. Это свидетельствует о потенциальном влиянии метода на интраоперационную тактику, однако достоверность его клинической эффективности требует дополнительной верификации.

Следует подчеркнуть, что пока не существует единых клинических рекомендаций или стандартизированных протоколов применения ICG-визуализации в колоректальной хирургии. Качественная оценка перфузии по интенсивности флуоресценции остается субъективной: хирург интерпретирует визуальные данные без количественной шкалы, что ограничивает воспроизводимость метода и создает предпосылки для ошибок интерпретации.

Данный факт стал основанием для разработки и внедрения в клиническую практику протоколов количественной флуоресцентной ангиографии. Целью таких протоколов является стандартизация интерпретации сигнала, в том числе с использованием следующих параметров: время появления флуоресценции (time to fluorescence), скорость нарастания сигнала (slope), интенсивность максимального свечения (peak intensity).

Эти параметры рассматриваются как потенциальные биомаркеры адекватной перфузии, способные обеспечить объективную оценку кровоснабжения и повысить прогностическую значимость метода.

Материалы и методы

В исследование включен 81 пациент, перенесший резекцию толстой кишки с формированием анастомоза. У 42 пациентов применялась интраоперационная флуоресцентная ангиография с индоцианином зеленым, в то время как 39 пациентов составили контрольную группу, где перфузия оценивалась традиционными визуальными методами.

Все оперативные вмешательства выполнялись бригадой хирургов с опытом более 50 резекций толстой и прямой кишки. Использовались как открытые, так и лапароскопические доступы. Техника формирования колоректального анастомоза стандартизирована – в большинстве случаев применялся механический циркулярный сшивающий аппарат.

В исследовании использовались стандартизированные хирургические методики и современные технологии оценки тканевой перфузии. Формирование колоректального анастомоза осуществлялось механическим циркулярным сшивающим аппаратом в соответствии с общепринятыми хирургическими стандартами.

Для объективной оценки тканевой перфузии применялась флуоресцентная ангиография с ICG, зарегистрированным для медицинского применения в РФ. Протокол включал болюсное введение препарата в дозе 0,1 мг/кг массы тела, разведенного в 5 мл стерильной воды для инъекций, через периферический венозный доступ после завершения этапа мобилизации кишечника. Визуализация осуществлялась с помощью специализированной системы УФФ-630/675-01 российского производства.

Количественная оценка перфузионных параметров проводилась в строго контролируемых условиях операционной среды с поддержанием температуры 21–24 °C и минимальным освещением операционного поля менее 0,15 лк. Анализировались три ключевых параметра: пиковая интенсивность флуоресценции в процентах, скорость накопления и выведения флуоресцентного сигнала в условных единицах в секунду. На основании полученных данных перфузия классифицировалась на три типа: адекватную, пограничную и неудовлетворительную (ишемию), что позволяло интраоперационно принимать решения о необходимости изменения линии резекции. Особое внимание уделялось стандартизации методики для обеспечения воспроизводимости результатов и минимизации субъективной оценки.

Оценка результатов. Первичная конечная точка: частота НА, определяемая по классификации ISREC.

Вторичные конечные точки:

- частота изменения линии резекции на основании результатов флуоресцентной визуализации;
- интраоперационные характеристики метода;
- послеоперационные осложнения, классифицированные по шкале Clavien – Dindo.

Дизайн исследования. Исследование выполнено в формате проспективного одноцентрового сравнительного клинического исследования, проведенного на базе ММЦ ВТ «Белоостров» в период с 15 августа 2024 г. по 19 июля 2025 г. В исследование включались пациенты с подтвержденным колоректальным раком, которым планировалась резекция толстой кишки с формированием первичного анастомоза.

Проект выполнен в соответствии с положениями Хельсинкской декларации. Протокол одобрен локальным этическим комитетом (№ 45 от 12.07.2024). Все участники предоставили письменное информированное согласие. Исследование зарегистрировано в едином государственном реестре клинических исследований (номер регистрации: ERCT2024782**).**

Критерии включения:

- возраст старше 18 лет;
- статус по шкале ECOG 0–2;
- подписанное письменное информированное согласие;
- гистологически подтвержденный рак ободочной кишки (включая слепую, восходящую, поперечную, нисходящую, сигмовидную ободочные отделы);
- планируемое выполнение резекции кишки с наложением первичного анастомоза.

Критерии исключения:

- беременность или период грудного вскармливания;
- наличие осложненного течения опухолевого процесса (кишечная непроходимость, перфорация, кровотечение);
- общие медицинские противопоказания к оперативному лечению;
- известная индивидуальная непереносимость ICG, йода или йодсодержащих контрастных веществ.

Методика флуоресцентной визуализации

Препарат: применялся индоцианин зеленый (ООО «МИР-ФАРМ», Россия), представленный в виде флакона с 25 мг красителя в порошкообразной форме. Для разведения использовалось 5 мл стерильной воды для инъекций.

Оборудование: визуализация проводилась с использованием системы количественной оценки перфузии УФФ-630/675-01 (ООО «Биоспек», Россия; регистрационное удостоверение ФСР 2008/03784).

Условия операционной: температура 21–24 °C; влажность воздуха 50–60 % (в соответствии с СанПиН 2.1.3.2630-10); температура тела пациента 35,5–37,5 °C; артериальное давление в пределах 100/60–140/90 мм рт. ст.

Метод визуализации: перфузия оценивалась экстракорпорально у всех пациентов, независимо от способа хирургического доступа (открытого, лапароскопического). В случае лапароскопического вмешательства, анастомозируемые участки кишки извлекались через минилапаротомический разрез для выполнения экстракорпоральной оценки.

Порядок визуализации: оценка перфузии проводилась непосредственно перед формированием анастомоза. Инфракрасный источник света и камера располагались перпендикулярно поверхности кишки (под углом 90°) на расстоянии 20 см. Длина волны излучения – 825 нм (уточнено значение, так как 25 нм некорректно для ICG; стандартное значение для визуализации ICG – 800–830 нм).

Настройка системы количественной оценки перфузии. Протокол оценки перфузии реализовывался с использованием специализированного программного обеспечения Biospeak (ООО «Биоспек», Россия). В соответствии со стандартизированной методикой, области интереса (ROI) систематически маркировались на поверхности кишечника под контролем ближней инфракрасной визуализации. Устанавливалось не менее пяти измерительных точек с равномерным распределением (интервалы ≤5 мм) по обе стороны от предполагаемой линии анастомоза: три контрольные точки в дистальном направлении (абдоминально) и две точки в проксимальном направлении (адорально). Дополнительная контрольная метка (Base) размещалась на интактном сегменте кишки на расстоянии ≥3 см от зоны анастомоза для установления базовых значений флуоресценции (рис. 1, *а*, *б*).

Контроль условий освещения. Во время оценки все источники освещения в операционной выключались. С помощью цифрового люксметра проводился замер светового загрязнения, которое не должно превышать 0,15 лк. Перед каждым исследованием выполнялась проверка чувствительности прибора по калибровочному образцу. Уровень внешней засветки контролировался на протяжении всей процедуры.

Протокол введения красителя. ИСГ вводился внутривенно болюсно, из расчета 0,1 мг/кг массы тела. Для приготовления раствора содержимое флакона (25 мг) разводили в 5 мл дистиллированной воды. Объем вводимого раствора рассчитывался индивидуально. Введение препарата сопровождалось активацией режима видеофиксации в программном обеспечении Biospeak для последующего анализа кинетики флуоресценции.

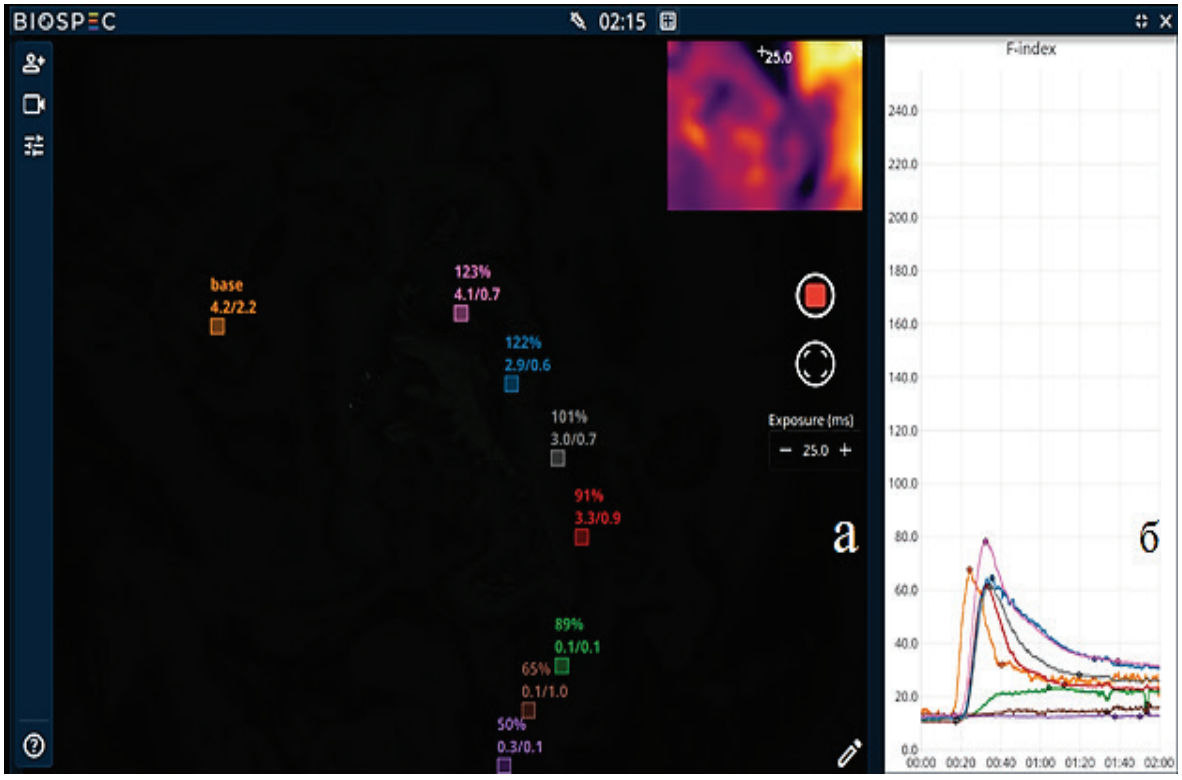


Рис. 1. Программа Biospeak: *а* – области интереса (ROI) с измерительными точками; *б* – графики кривых интенсивности флуоресценции

Оценка флуоресценции и количественный анализ перфузии

Введение контрастного препарата и начало регистрации. По команде операционного хирурга болюсное внутривенное введение индоцианина зеленого осуществлялось через периферический катетер на 10 с видеозаписи. Немедленно после инъекции катетер промывался 10 мл стерильной воды для инъекций.

Сразу после болюсного введения в программном обеспечении Biospeak активировалась команда Start в верхней панели управления для начала фиксации данных.

Время введения препарата синхронизировалось с началом записи видео. Визуализация флуоресценции стенки кишки осуществлялась в течение 120 с от момента введения ICG в режиме реального времени при помощи системы количественной оценки перфузии (рис. 1, *б*).

Количественная оценка перфузии. Для каждой установленной области интереса (ROI) в программе Biospeak автоматически формировались индивидуальные графики. Построение кривых интенсивности флуоресценции во времени позволяло оценить характеристики кровотока в каждой точке, включая:

- время появления флуоресценции (time to fluorescence onset, с);
- пиковую интенсивность флуоресценции (peak intensity, усл. ед.);
- скорость нарастания сигнала (upslope, усл. ед./с);
- скорость выведения красителя (downslope, усл. ед./с);
- тип кривой перфузии (визуальная и числовая классификация: тип 1–3).

Анализ продолжался в течение стандартного временного окна – 120 с, что соответствовало общепринятому протоколу количественной флуоресцентной ангиографии (рис. 1, *а, б*).

Анализ данных и принятие интраоперационных решений

Оценка параметров перфузии. По истечении 120 с от момента введения индоцианина зеленого в интерфейсе программы Biospeak активировалась кнопка «Расчет» (верхняя панель управления), после чего на экран выводились три ключевых параметра для каждой выбранной ROI:

- пиковая интенсивность флуоресценции, выраженная в процентах относительно контрольной метки (base);
- скорость накопления контраста – отношение интенсивности флуоресценции ко времени нарастания (усл. ед./с);
- скорость выведения контраста – отношение интенсивности к времени снижения флуоресценции (усл. ед./с).

Полученные значения фиксировались в регистрационной таблице. Оператор дополнительно выполнял скриншоты с графиками флуоресценции и расчетными показателями для каждого случая.

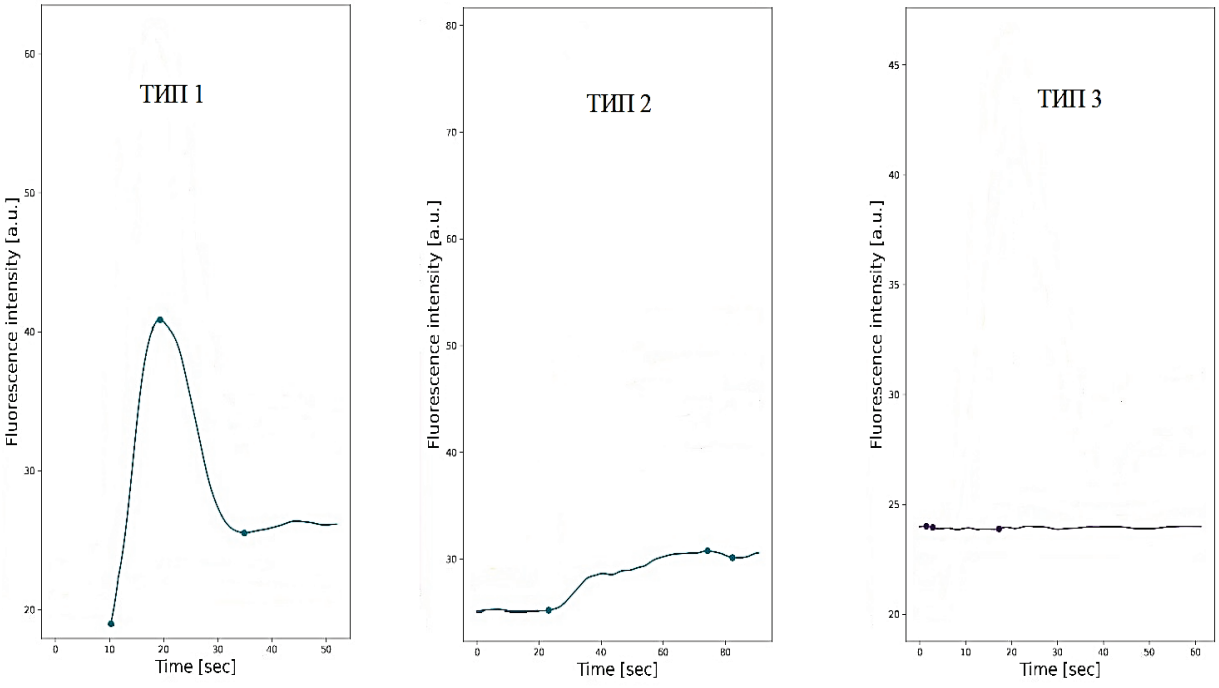


Рис. 2. Графики кривых интенсивности флуоресценции трех типов

Классификация перфузии и хирургическая тактика (рис. 2)**:**

- Тип I (адекватная перфузия): интенсивный равномерный сигнал, быстрое накопление и выведение флуоресценции. При выявлении такого профиля анастомоз выполнялся без изменений.
- Тип II (пограничная перфузия): сниженная интенсивность флуоресценции и/или замедленная динамика. В подобных случаях анастомоз выполнялся, но соответствующий тип кривой обязательно фиксировался в протоколе.

Тип III (неудовлетворительная перфузия): низкая или отсутствующая флуоресценция, длительное накопление и замедленное выведение. При регистрации такого графика анастомоз не выполнялся на данном участке. Линия резекции смещалась в проксимальном направлении на ≥1 см, и перфузия переоценивалась до достижения профиля типа I или II. После этого проводилось наложение анастомоза.

Критерии оценки несостоятельности анастомоза

Несостоятельность анастомоза определялась как наличие патологического сообщения между просветом кишки и окружающими анатомическими структурами вследствие нарушения целостности анастомоза. Диагноз устанавливался на основании клинической картины и/или результатов инструментальной визуализации. Классификация проводилась в соответствии с международными рекомендациями (ISREC), использованием шкал ISREC и Clavien – Dindo.

Классификация степени несостоятельности:

- Степень A: выявляется только при диагностической визуализации (КТ с контрастированием, ирригоскопия, ректороманоскопия, МРТ органов таза). Клинические симптомы отсутствуют. Вмешательства не требуются.
- Степень B: сопровождается клинической симптоматикой (боль, лихорадка, лейкоцитоз, локальный инфильтрат). Требуется консервативное или малоинвазивное вмешательство (антибактериальная терапия, дренирование без повторной лапаротомии).

Степень C: тяжелое течение, требующее повторного оперативного вмешательства, включая лапаротомию, санацию брюшной полости, формирование разобщающей стомы или удаление анастомоза.

Результаты

При анализе послеоперационных осложнений установлено, что частота НА в группе, где применялась ICG-флуоресценция, составила 4,8 %, что соответствует 2 случаям из 42 пациентов. Тогда как в контрольной группе, где использовались традиционные методы визуальной оценки, данный показатель достиг 7,7 %, что выразилось в 3 случаях из 39 прооперированных. Важно отметить, что на основании данных ICG-визуализации хирургическая тактика была изменена у 14,8 % пациентов. Это потребовало коррекции линии резекции у 6 из 42 больных, что потенциально могло повлиять на снижение частоты осложнений. Статистический анализ с использованием точного двустороннего теста Фишера не продемонстрировал достоверных различий в частоте НА между сравниваемыми группами с уровнем значимости $p = 0{,}664$, что может быть связано с ограниченной выборкой исследования. Расчет относительного риска развития НА в группе ICG показал значение 0,62 с 95 % доверительным интервалом от 0,12 до 3,18, что свидетельствует о наличии тенденции к снижению частоты данного осложнения, однако не достигающей порога статистической значимости.

Обсуждение

Несмотря на отсутствие статистически значимого эффекта (p>0,05), использование ICG-флуоресценции продемонстрировало клинически важную тенденцию к снижению частоты НА (4,8 % против 7,7 %). Полученные результаты согласуются с данными исследований J. Watanabe et al. (2020) и А.Л. Беджаняна и др. (2023), в которых также наблюдалось уменьшение частоты НА при применении флуоресцентной ангиографии. Вместе с тем, результаты настоящего исследования не подтверждают эффективность метода на уровне статистической значимости**,** что перекликается с выводами исследования AVOID (2023)**.**

Метод оказался полезен и в плане интраоперационной тактики: в почти 15 % случаев визуализация привела к изменению уровня резекции. Это подтверждает потенциальную клиническую значимость метода, особенно в ситуации сомнительной макроскопической перфузии.

Ключевые ограничения исследования:

- небольшой объем выборки ($n = 81$) и ограниченное число исходов НА ($n = 5$), что существенно снижает статистическую мощность;
- отсутствие рандомизации, что могло повлиять на баланс факторов риска между группами;
- использование двухуровневого подхода (ICG/без ICG) без стратификации по локализации опухоли и уровню анастомоза.

Перспективы. Для получения обоснованных выводов о клинической эффективности ICG-визуализации необходимы многоцентровые рандомизированные исследования с унифицированным протоколом количественной оценки перфузии. Особое значение приобретает анализ пороговых значений флуоресценции, ассоциированных с повышенным риском НА. Интеграция математических моделей и автоматизированной интерпретации (в том числе ИИ-решений) может повысить точность оценки.

Заключение

Интраоперационная флуоресцентная ангиография с использованием индоцианина зеленого – перспективный метод оценки перфузии кишечной стенки, который позволяет своевремен-

но скорректировать линию резекции и потенциально снижает частоту НА. В рамках данного исследования метод продемонстрировал клинически значимую, но статистически недостоверную тенденцию к снижению НА. Полученные данные обосновывают необходимость дальнейших исследований, направленных на стандартизацию количественного анализа перфузии и определение объективных критериев для принятия интраоперационных решений.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Соответствие нормам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом. Пациентами подписано информированное согласие на публикацию данных, полученных в результате исследований.

Compliance with ethical principles. The study was approved by the Local Ethics Committee. All patients signed informed consent for publication of data from the studies.

Список литературы / References

1. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2021;71(3):209–249.

2. Bakker I.S., Grossmann I., Henneman D., et al. Risk factors for anastomotic leakage and leak-related mortality after colonic cancer surgery in a nationwide audit. *Br J Surg*. 2014;101(4):424–432.

3. Lucarini A., Guida A.M., Orville M., Panis Y. Indocyanine green fluorescence angiography could reduce the risk of anastomotic leakage in rectal cancer surgery: a systematic review and meta-analysis. *Colorectal Dis*. 2024;26(3):408–416.

4. Carannante F., Piozzi G.N., Miacci V., et al. Quadruple assessment of colorectal anastomosis after laparoscopic rectal resection: a retrospective analysis of a propensity-matched cohort. *J Clin Med*. 2024;13(17):5092.

5. Arron M.N.N., Greijdanus N.G., Ten Broek R.P.G., et al. Trends in risk factors of anastomotic leakage after colorectal cancer surgery (2011–2019): a Dutch population-based study. *Colorectal Dis*. 2021;23(12):3251–3261.

6. Kryzauskas M., Bausys A., Degutyte A.E., et al. Risk factors for anastomotic leakage and its impact on long-term survival in left-sided colorectal cancer surgery. *World J Surg Oncol*. 2020;18(1):205.

7. Kryzauskas M., Bausys A., Jakubauskas M., et al. Intraoperative testing of colorectal anastomosis and the incidence of anastomotic leak: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(47):e23135.

8. Kryzauskas M., Bausys A., Dulskas A., et al. Comprehensive testing of colorectal anastomosis: results of a prospective observational cohort study. Surg *Endosc*. 2022;36(8):6194–6204.

9. Cassinotti E., Al-Taher M., Antoniou S.A., et al. EAES consensus on indocyanine green fluorescence-guided surgery. *Surg Endosc*. 2023;37(3):1629–1648.

10. Song M., Liu J., Xia D., et al. Assessment of intraoperative use of indocyanine green fluorescence imaging on the incidence of anastomotic leakage after rectal cancer surgery: a systematic review and meta-analysis. *Tech Coloproctol*. 2021;25(1):49–58.

11. Watanabe J., Takemasa I., Kotake M., et al. Blood perfusion assessment by indocyanine green fluorescence imaging for minimally invasive rectal cancer surgery (EssentiAL trial): a randomized clinical trial. *Ann Surg*. 2023;278(4):e688–e694.

12. Беджанян А.Л., Петренко К.Н., Сумбаев А.А. и др. Роль ICG-ангиографии в профилактике несостоятельности колоректальных анастомозов. *Хирургия*. 2023;9(2):25–32. [Bedyanyan A.L., Petrenko K.N., Sumbaev A.A., et al. The role of ICG angiography in prevention of colorectal anastomotic leakage. *Khirurgiya (Surgery)*. 2023;9(Suppl. 2):25–32. (In Russ.)].

13. Catarci M., Guadagni S., Masedu F., et al. Intraoperative left-sided colorectal anastomotic testing: machine learning analysis of the iCral3 study. *Updates Surg*. 2024;76(5):1715–1727.

14. Morales-Conde S., Alarcón I., Yang T., et al. Fluorescence angiography with indocyanine green to evaluate anastomosis in colorectal surgery: where does it have more value? *Surg Endosc*. 2020;34(9):3897–3907.

15. Mizrahi I., Abu-Gazala M., Rickles A.S., et al. Indocyanine green fluorescence angiography during low anterior resection for low rectal cancer: results of a comparative cohort study. *Tech Coloproctol*. 2018;22(7):535–540.

16. Wada T., Kawada K., Hoshino N., et al. The effects of intraoperative ICG fluorescence angiography in laparoscopic low anterior resection: a propensity score-matched study. *Int J Clin Oncol*. 2019;24(4):394–402.

17. Faber R.A., Meijer R.P.J., Droogh D.H.M., et al. Indocyanine green near-infrared fluorescence bowel perfu-

sion assessment to prevent anastomotic leakage in minimally invasive colorectal surgery (AVOID): a randomized, controlled trial. *Lancet Gastroenterol Hepatol*. 2024;9(10):924–934.

Поступила 03.08.2025
Принята 17.08.2025
Опубликована 29.08.2025

Received 03.08.2025
Accepted 17.08.2025
Publication 29.08.2025

Авторы

Завражнов Анатолий Анатольевич – д-р мед. наук, главный врач, Клиника высоких технологий «Белоостров» ООО «ММЦ ВТ», Ленинградская обл., Россия, https://orcid.org/0000-0001-5889-5175

Кащенко Виктор Анатольевич – д-р мед. наук, профессор, заместитель главного врача по хирургии, Клиника высоких технологий «Белоостров» ООО «ММЦ ВТ», Ленинградская обл., Россия; заведующий кафедрой факультетской хирургии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, surg122@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-4958-5850

Ланков Тимур Сергеевич – заведующий отделением абдоминальной и торакальной онкологии, Клиника высоких технологий «Белоостров» ООО «ММЦ ВТ», Ленинградская обл., Россия, dr@timlankov.ru, https://orcid.org/0000-0001-9234-9936

Кузнецов Вадим Дмитриевич – врач-онколог, Клиника высоких технологий «Белоостров» ООО «ММЦ ВТ», Ленинградская обл., Россия, vad33671477@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-8849-1267

Новикова Анастасия Дмитриевна – врач-онколог, Клиника высоких технологий «Белоостров» ООО «ММЦ ВТ», Ленинградская обл., Россия, a.novikova.md@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-7494-239X

Пасекова Дарья Сергеевна – канд. мед. наук, врач-онколог, Клиника высоких технологий «Белоостров» ООО «ММЦ ВТ», Ленинградская обл., Россия; Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, dariapasekova@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1155-6808

Бадаев Кирилл Дмитриевич – врач-онколог, Клиника высоких технологий «Белоостров» ООО «ММЦ ВТ», Ленинградская обл., Россия, badaevkirill@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-4671-4450

Румянцев Павел Олегович – д-р мед. наук, заместитель главного врача по онкологии-радиологии, Клиника высоких технологий «Белоостров» ООО «ММЦ ВТ», Ленинградская обл., Россия, https://orcid.org/0000-0002-7721-634X

Москалев Аркадий Сергеевич – младший научный сотрудник, Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия, arkadiimoskalev@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-5291-1031

Лощенов Виктор Борисович – д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий лабораторией, Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия, loschenov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0507-2367

Эфендиев Канамат Темботович – канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник, Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия, kanamatius@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-5864-1172

Лаврентьева Анастасия Николаевна – студент, Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия, nastasiya1321@gmail.com, https://orcid.org/0009-0009-1716-7425

Смирнов Георгий Алексеевич – доцент кафедры факультетской хирургии медицинского института, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, nkmaska@yandex.ru

Краморов Евгений Станиславович – клинический ординатор кафедры факультетской хирургии медицинского института, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, evkram@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0004-6578-7614

Authors

Zavrazhnov Anatoliy A. – Doctor of Medical Sciences, Chief Physician, High-Tech Clinic Beloostrov LLC "MMC VT", Leningrad Region, Russia, https://orcid.org/0000-0001-5889-5175

Kashchenko Viktor A. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Chief Physician for Surgery, High-Tech Clinic Beloostrov LLC "MMC VT", Leningrad Region, Russia; Head of the Department of Faculty Surgery, Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, surg122@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-4958-5850

Lankov Timur S. – Head of Abdominal and Thoracic Oncology Department, High-Tech Clinic Beloostrov LLC "MMC VT", Leningrad Region, Russia, dr@timlankov.ru, https://orcid.org/0000-0001-9234-9936

Kuznetsov Vadim D. – Oncologist, High-Tech Clinic Beloostrov LLC "MMC VT", Leningrad Region, Russia, vad33671477@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-8849-1267

Novikova Anastasiia D. – Oncologist, High-Tech Clinic Beloostrov LLC "MMC VT", Leningrad Region, Russia, a.novikova.md@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-7494-239X

Pasekova Daria S. – Candidate of Medical Sciences, Oncologist, High-Tech Clinic Beloostrov LLC "MMC VT", Leningrad Region, Russia; Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, dariapasekova@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1155-6808

Badaev Kirill D. – Oncologist, High-Tech Clinic Beloostrov LLC "MMC VT", Leningrad Region, Russia, badaevkirill@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-4671-4450

Rumyantsev Pavel O. – Doctor of Medical Sciences, Deputy Chief Physician for Oncology and Radiology, High-Tech Clinic Beloostrov LLC "MMC VT", Leningrad Region, Russia, prumiantsev@groupmmc.ru, https://orcid.org/0000-0002-7721-634X

Moskalev Arkadiy S. – Junior Researcher, Prokhorov General Physics Institute, Moscow, Russia, arkadiimoskalev@gmail.com, https://orcid.org/ 0000-0001-5291-1031

Loschenov Viktor B. – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of Laboratory, Prokhorov General Physics Institute, Moscow, Russia, loschenov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0507-2367

Efendiev Kanamat T. – Candidate of Physics and Mathematics, Researcher, Prokhorov General Physics Institute, Moscow, Russia, kanamatius@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5864-1172

Lavrentyeva Anastasiia N. – Student, Mechnikov North-West State Medical University, St. Petersburg, Russia, nastasiya1321@gmail.com, https://orcid.org/0009-0009-1716-7425

Smirnov Georgiy A. – Associate Professor of the Department of Faculty Surgery at the Medical Institute, Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, nkmaska@yandex.ru

Kramorov Evgeniy S. – Clinical Resident of the Department of Faculty Surgery at the Medical Institute, Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, evkram@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0004-6578-7614