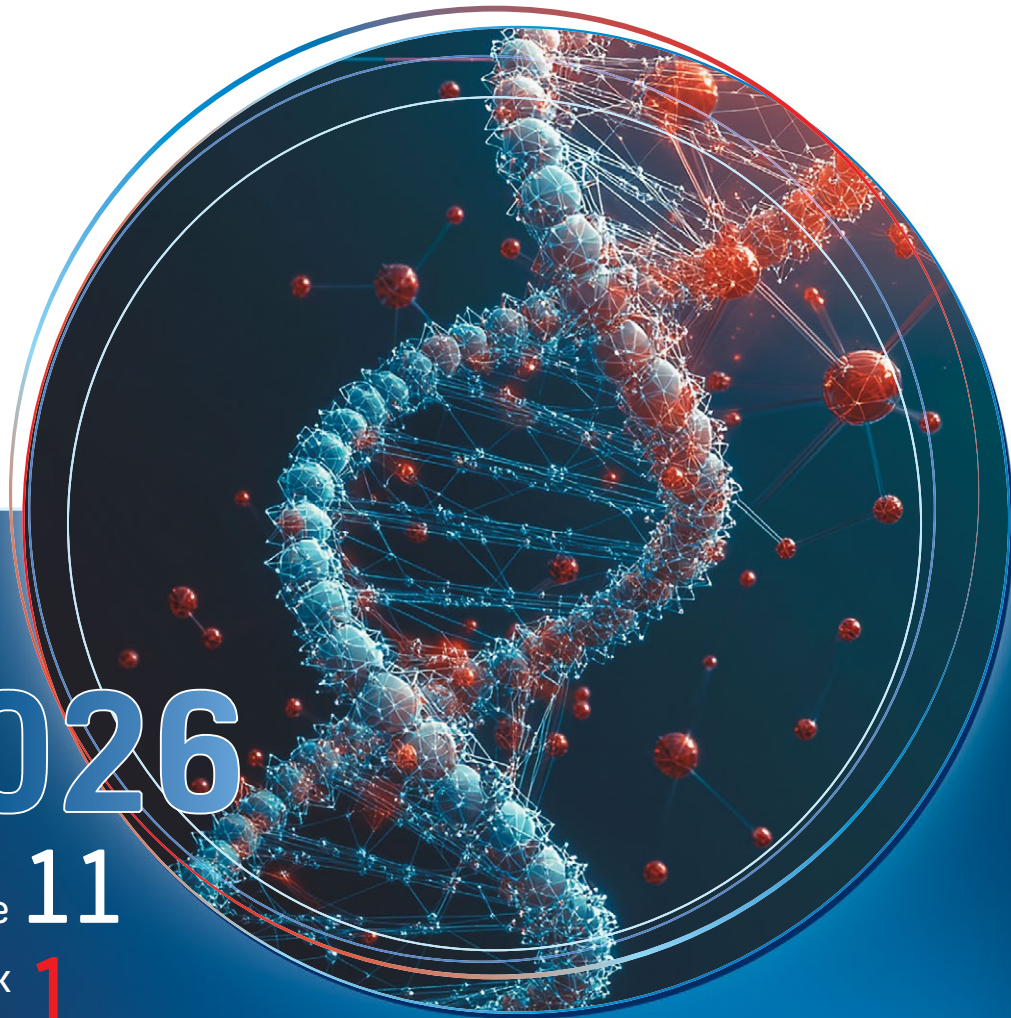


НАУКА и ИННОВАЦИИ В МЕДИЦИНЕ



2026

Том
Volume 11

Выпуск
Issue 1

SCIENCE
and INNOVATIONS
in medicine



Учредитель и издатель

ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 06.06.2016. Регистрационный № ФС 77-65957

ISSN 2500-1388 (Print)

ISSN 2618-754X (Online)

Периодичность: 4 номера в год.

Перечень ведущих научных журналов и изданий ВАК (К2) ЕГПНИ (УЗ)

Индексация

DOAJ

Российский Индекс Научного Цитирования (eLibrary.ru)
Cyberleninka
Google Scholar
Ulrich's Periodicals Directory
Dimensions
Crossref

Архив номеров: www.innoscience.ru

Открытый доступ к архивам и текущим номерам.

Прием статей в журнал:

<https://innoscience.ru/2500-1388/author/submit/1>

Правила публикации авторских материалов:

<https://innoscience.ru/2500-1388/about/submissions>

Адрес издателя и редакции:

ул. Чапаевская, 89, г. Самара,
Самарская область, Россия, 443099.
Тел.: + 7 (846) 374 10 04.
E-mail: edition@innoscience.ru

Зав. редакцией: Стефанская А.В.
(e-mail: a.v.stefanskaya@samsmu.ru)

Переводчик: Калинин К.М.

Корректор: Чайникова И.Н.

Верстка: Овчинникова Т.И.

Подписано в печать: 16.02.2026

Выход в свет 02.03.2026

Отпечатано: ООО «Прайм».

ул. Гагарина, 59, г. Самара,
Самарская область, Россия, 443079

Тел.: +7 (846) 922 62 90.

Формат 60 × 90%. Печать офсетная.

Заказ №0079.

Усл. печ. л. 9.

Тираж 250 экз.

Это контент открытого доступа, распространяемый по лицензии Creative Commons Attribution License, которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы. (CC BY 4.0)
Распространяется бесплатно.

16+

© Авторский коллектив; Самарский государственный медицинский университет (составление, дизайн, макет)

www.innoscience.ru

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Колсанов А.В., член-корр. РАН, д.м.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0002-4144-7090

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Котельников Г.П., академик РАН, д.м.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0001-7456-6160

Давыдкин И.Л., д.м.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0002-4318-4247

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

Рубаненко О.А., д.м.н., доцент (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0001-9351-6177

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Агранович Н.В., д.м.н., профессор (Ставрополь, Россия)
ORCID: 0000-0002-3717-7091

Байриков И.М., член-корр. РАН, д.м.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0009-0005-1170-8180

Белов Ю.В., акад. РАН, д.м.н., профессор (Москва, Россия)
ORCID: 0000-0002-9280-8845

Vico L., доктор медицины, профессор (Сент-Этьен, Франция)
ORCID: 0000-0002-2110-287X

Винников Д.В., д.м.н. (Алматы, Республика Казахстан)
ORCID: 0000-0003-0991-6237

Волова Л.Т., д.м.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0002-8510-3118

Galati G., доктор медицины (Милан, Италия)
ORCID: 0000-0002-8001-1249

Gonda X., доктор медицины (Будапешт, Венгрия)
ORCID: 0000-0001-9015-4203

De Berardis D., доктор медицины, профессор (Терамо, Италия)
ORCID: 0000-0003-4415-5058

De Sousa A., доктор медицины, профессор (Мумбаи, Индия)
ORCID: 0000-0001-8466-5648

Дупляков Д.В., д.м.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0002-6453-2976

Золотовская И.А., д.м.н., доцент (Самара, Россия)
ORCID: 0009-0006-8541-9100

Каганов О.И., д.м.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0002-4569-1031

Summing P., доктор медицины, профессор (Берн, Швейцария)
ORCID: 0000-0002-0257-9621

Каплан А.Я., д.биол.н., профессор (Калининград, Россия)
ORCID: 0000-0002-3912-4639

Kirk O., доктор медицины, профессор (Копенгаген, Дания)
ORCID: 0000-0003-1995-1837

Киселев А.Р., д.м.н., профессор (Саратов, Россия)
ORCID: 0000-0003-3967-3950

Козлов С.В., д.м.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0002-5480-961X

Котовская Ю.В., д.м.н., профессор (Москва, Россия)
ORCID: 0000-0002-1628-5093

Куркин В.А., д.фарм.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0002-7513-9352

Лебедев М.А., PhD, профессор (Москва, Россия)
ORCID: 0000-0003-0355-8723

Lichtenberg A., доктор медицины, профессор (Дюссельдорф, Германия)
ORCID: 0000-0001-8580-6369

Маслякова Г.Н., д.м.н., профессор (Саратов, Россия)
ORCID: 0000-0001-8834-1536

Момот А.П., д.м.н., профессор (Барнаул, Россия)
ORCID: 0000-0002-8413-5484

Норкин И.А., д.м.н., профессор (Саратов, Россия)
ORCID: 0000-0002-6770-3398

Повереннова И.Е., д.м.н., профессор (Самара, Россия)
ORCID: 0000-0002-2594-461X

Подлекарева Д.Н., доктор медицины (Копенгаген, Дания)
ORCID: 0000-0003-3187-0597

Поспелова Т.И., д.м.н., профессор (Новосибирск, Россия)
ORCID: 0000-0002-1261-5470

Рубникович С.П., член-корр. Национальной академии наук Беларуси, д.м.н., профессор (Минск, Беларусь)
ORCID: 0009-0000-7353-2233

Рыбцов С.А., к.биол.н. (Краснодарский край, Россия)
ORCID: 0000-0001-7786-1878

Салогуб Г.Н., д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Россия)
ORCID: 0000-0001-8951-1680

Сафуанова Г.Ш., д.м.н., профессор (Уфа, Россия)
ORCID: 0000-0003-2627-0626

Stefanidis A., доктор медицины, профессор (Пирей, Греция)
ORCID: 0000-0001-5814-1859

Ткачева О.Н., д.м.н., профессор (Москва, Россия)
ORCID: 0000-0001-5451-2915

Fountoulakis K., доктор медицины, профессор (Салоники, Греция)
ORCID: 0000-0001-5503-0811

Founder and Publisher

Samara State Medical University

Registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor) 06.06.2016.
Registration number FS 77-65957

ISSN 2500-1388 (Print)

ISSN 2618-754X (Online)

Publication frequency: quarterly.

Indexation

DOAJ

Russian Science Citation Index (eLibrary.ru)

Cyberleninka

Google Scholar

Ulrich's Periodicals Directory

Dimensions

Crossref

Journal archive:

www.innoscience.ru

Archive and current issues are in open access.

Articles submission:

<https://innoscience.ru/2500-1388/author/submit/1>

Author Guidelines:

<https://innoscience.ru/2500-1388/about/submissions>

Publisher and editorial

office address:

89 Chapaevskaya st., Samara, Russia, 443099.

Tel.: + 7 (846) 374 10 04.

E-mail: edition@innoscience.ru

Executive editor: Alla V. Stefanskaya

(e-mail: a.v.stefanskaya@samsmu.ru)

Translator: Konstantin M. Kalinin

Proofreader: Inna N. Chainikova

Layout editor: Tat'yana I. Ovchinnikova

Signed for printing: 16.02.2026

Publication 02.03.2026


Printed by: LLC "Prime"

59 Gagarin str.,

Samara, Russia, 443079.

Tel.: +7 (846) 922 62 90.

Order: No0079.

 This is an open access content distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0)



© Authors: Samara State Medical University
(Compilation, Design, and Layout)

EDITOR-IN-CHIEF

Aleksandr V. Kolsanov, Corresp. member of the Russian Academy of Sciences, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0002-4144-7090

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Gennadii P. Kotelnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0001-7456-6160

Igor L. Davydkin, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0002-4318-4247

SCIENCE EDITOR

Olesya A. Rubanenko, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0001-9351-6177

EDITORIAL BOARD

Nadezhda V. Agranovich, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Stavropol, Russia)

ORCID: 0000-0002-3717-7091

Ivan M. Bairikov, Corresp. member of the Russian Academy of Sciences, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0009-0005-1170-8180

Yurii V. Belov, Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0002-9280-8845

Laurence Vico, MD, Professor (Saint-Étienne, France)

ORCID: 0000-0002-2110-287X

Denis V. Vinnikov, Dr. Sci. (Med.) (Almaty, Kazakhstan)

ORCID: 0000-0003-0991-6237

Larisa T. Volova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0002-8510-3118

Giuseppe Galati, MD (Milan, Italy)

ORCID: 0000-0002-8001-1249

Xenia Gonda, MD, Professor (Budapest, Hungary)

ORCID: 0000-0001-9015-4203

Domenico De Berardis, MD, Professor (Teramo, Italy)

ORCID: 0000-0003-4415-5058

Avinash De Sousa, MD, Professor (Mumbai, India)

ORCID: 0000-0001-8466-5648

Dmitrii V. Duplyakov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0002-6453-2976

Irina A. Zolotovskaya, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0009-0006-8541-9100

Oleg I. Kaganov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0002-4569-1031

Paul Cumming, MD, Professor (Bern, Switzerland)

ORCID: 0000-0002-0257-9621

Aleksandr Ya. Kaplan, Dr. Sci. (Bio.), Professor (Kaliningrad, Russia)

ORCID: 0000-0002-3912-4639

Ole Kirk, MD, Professor (Copenhagen, Denmark)

ORCID: 0000-0003-1995-1837

Anton R. Kiselev, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Saratov, Russia)

ORCID: 0000-0003-3967-3950

Sergei V. Kozlov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0002-5480-961X

Yuliya V. Kotovskaya, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0002-1628-5093

Vladimir A. Kurkin, Dr. Sci. (Pharm.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0002-7513-9352

Mikhail A. Lebedev, PhD, Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0003-0355-8723

Artur Lichtenberg, MD, PhD, Professor (Dusseldorf, Germany)

ORCID: 0000-0001-8580-6369

Galina N. Maslyakova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Saratov, Russia)

ORCID: 0000-0001-8834-1536

Andrei P. Momot, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Barnaul, Russia)

ORCID: 0000-0002-8413-5484

Igor A. Norkin, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Saratov, Russia)

ORCID: 0000-0002-6770-3398

Irina E. Poverennova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Samara, Russia)

ORCID: 0000-0002-2594-461X

Darya N. Podlekareva, MD, PhD, Professor (Copenhagen, Denmark)

ORCID: 0000-0003-3187-0597

Tatyana I. Pospelova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Novosibirsk, Russia)

ORCID: 0000-0002-1261-5470

Sergey P. Rubnikovich, Corresp. member of the National Academy of Sciences of Belarus, MD, Dr. Sci. (Med.) (Minsk, Belarus)

ORCID: 0009-0000-7353-2233

Stanislav A. Rybtsov, Cand. Sci. (Bio.) (Krasnodar region, Russia)

ORCID: 0000-0001-7786-1878

Galina N. Salogub, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor (Saint Petersburg, Russia)

ORCID: 0000-0001-8951-1680

Guzyal S. Safuanova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Ufa, Russia)

ORCID: 0000-0003-2627-0626

Alexandros Stefanidis, MD, Professor (Piraeus, Greece)

ORCID: 0000-0001-5814-1859

Olga N. Tkacheva, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0001-5451-2915

Konstantinos Fountoulakis, MD, Professor (Thessaloniki, Greece)

ORCID: 0000-0001-5503-0811

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ	INFECTIOUS DISEASES
А.В. Лунина, Д.Ю. Константинов, Л.Л. Попова Возможности прогнозирования развития инфаркта миокарда у больных новой коронавирусной инфекцией с острым коронарным синдромом	Aleksandra V. Lunina, Dmitrii Yu. Konstantinov, Larisa L. Popova Early prediction of acute myocardial infarction in patients with new coronavirus infection and acute coronary syndrome
4	
НЕВРОЛОГИЯ	NEUROLOGY
М.А. Елизаров, И.Е. Повереннова, А.С. Лажов, М.О. Золотов, Н.П. Перстенева Некоторые показатели гликома при различных формах течения рассеянного склероза	Maksim A. Elizarov, Irina E. Poverennova, Aleksandr S. Lakhov, Maksim O. Zolotov, Natalya P. Persteneva Some indicators of glycome in various forms of multiple sclerosis
10	
ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И СОЦИОЛОГИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ	PUBLIC HEALTH, ORGANIZATION AND SOCIOLOGY OF HEALTH
Л.Н. Борисоглебская, И.А. Снимщикова, О.А. Фирсова, М.О. Ревякина, Г.Г. Марьин, Е.А. Медведева, С.А. Суслин Научно-медицинский образовательный кластер как инструмент решения стратегических задач в области охраны общественного здоровья и организации здравоохранения в регионе	Larisa N. Borisoglebskaya, Irina A. Snimshchikova, Olesya A. Firsova, Mariya O. Revyakina, German G. Maryin, Evgeniya A. Medvedeva, Sergei A. Suslin Scientific-medical educational cluster as a tool for addressing strategic objectives in public health and healthcare organization at the regional level
15	
М.В. Черняев Социологический анализ потребностей студентов российского многопрофильного университета в медико-профилактической помощи	Mikhail V. Chernyaev Sociological analysis of medical and preventive care needs among students of a Russian multidisciplinary university
21	
ОНКОЛОГИЯ, ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ	ONCOLOGY, RADIATION THERAPY
А.В. Жиленкова, В.М. Воронова, Е.В. Орлова, А.Л. Истранов, М.И. Секачева Диагностическая ценность биомаркеров крови для диагностики рака легкого	Angelina V. Zhilenkova, Veronika M. Voronova, Ekaterina V. Orlova, Andrei L. Istranov, Marina I. Sekacheva Diagnostic value of blood biomarkers for the diagnosis of lung cancer
31	
А.И. Загорюлько, М.В. Черняев Селективная внутриартериальная химиотерапия при местно-распространенном неоперабельном раке головы и шеи: анализ долгосрочной выживаемости в открытом проспективном исследовании	Aleksei I. Zagorulko, Mikhail V. Chernyaev Selective intra-arterial chemotherapy for locally advanced inoperable head and neck cancer: an analysis of long-term survival in an open prospective study
38	
Д.С. Швец, О.И. Каганов, А.Е. Орлов, А.М. Козлов, С.А. Фролов, Н.И. Миколенко, Т.О. Каганова Алгоритм хирургического лечения больных метастатическим колоректальным раком, осложненным кишечной непроходимостью	Denis S. Shvets, Oleg I. Kaganov, Andrei E. Orlov, Aleksei M. Kozlov, Sergei A. Frolov, Nikita I. Mikolenko, Tatyana O. Kaganova Algorithm for surgical treatment of patients with metastatic colorectal cancer complicated by intestinal obstruction
45	
ОТОРИНОЛАРИНГОЛОГИЯ	OTORHINOLARYNGOLOGY
И.И. Морозов, Н.В. Горбунова, К.В. Буланов, А.Г. Абдуллаев Новый способ реконструкции латеральной стенки аттика при раздельной аттикоантромии	Ivan I. Morozov, Nataliya V. Gorbunova, Konstantin V. Bulanov, Absalutin G. Abdullaev A new method for reconstruction of the lateral wall of the attic after atticoanthrotomy
52	
ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ	TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS
Д.И. Варфоломеев, В.Г. Самодай, В.П. Кузнецова, А.Л. Толстых Новое устройство для удаления инородных тел из мягких тканей (экспериментальное исследование)	Denis I. Varfolomeev, Valeriy G. Samoday, Valentina P. Kuznetsova, Aleksandr L. Tolstykh A new device for removing foreign bodies from soft tissues (experimental study)
57	
ХИРУРГИЯ	SURGERY
Л.Р. Ахмадева, О.В. Галимов, Р.Р. Гизатуллин, Н.Д. Аллаяров, М.Р. Бакеев, Э.В. Валитова Применение ботулинического токсина типа А в предоперационной подготовке пациентов с вентральными грыжами: влияние на течение послеоперационного периода	Leila R. Akhmadeeva, Oleg V. Galimov, Rinat R. Gizatullin, Nail D. Allayarov, Marat R. Bakeev, Elvira V. Valitova Use of botulinum toxin type A in the preoperative preparation of patients with ventral hernias: effect on the postoperative period
63	
О.В. Галимов, В.О. Ханов, М.Р. Бакеев Молекулярные и клеточные аспекты патогенеза послеоперационных вентральных грыж	Oleg V. Galimov, Vladislav O. Khanov, Marat R. Bakeev Molecular and cellular aspects of the pathogenesis of incisional hernias
69	
И.В. Макаров, С.В. Ладонин, Д.А. Бондарева Хирургическое лечение пациента с остеомиелитом бедренной кости с использованием предоперационного 3D-моделирования и аппаратно-программного комплекса «Автоплан»	Igor V. Makarov, Sergei V. Ladonin, Darya A. Bondareva Surgical treatment of patient with osteomyelitis of the hip using preoperative 3D modeling and "Autoplan" software suite
77	

Возможности прогнозирования развития инфаркта миокарда у больных новой коронавирусной инфекцией с острым коронарным синдромом

А.В. Лунина, Д.Ю. Константинов, Л.Л. Попова

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России
(Самара, Российская Федерация)

Аннотация

Обоснование. В связи с широким распространением вируса SARS-CoV-2 в мире и в России, его постоянными мутациями, а также нестойким поствакцинальным и постинфекционным иммунитетом у населения, в настоящее время сохраняется эпидемический потенциал новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Опыт пандемии продемонстрировал высокую летальность среди больных COVID-19 с острым коронарным синдромом (ОКС), в частности, от инфаркта миокарда (ИМ).

Цель: на основании лабораторно-инструментальных особенностей течения COVID-19 у больных с ОКС разработать модель прогнозирования развития ИМ у данной категории больных.

Материал и методы. В открытое проспективное нерандомизированное исследование были включены 104 пациента с ОКС на фоне тяжелого течения COVID-19, госпитализированных в 2022 году. Для решения задачи прогнозирования ИМ среди пациентов были сформированы группы наблюдения: группа 1 (n=35) – пациенты с нестабильной стенокардией (НС) и группа 2 (n=69) – с ИМ. Всем пациентам проводился круглосуточный мониторинг витальных функций с помощью прикроватного монитора в динамике. Исследовались лабораторные (общеклинические, биохимические) показатели, уровень цитокинов (интерлейкины: 1b, 2, 4, 6, 10, интерферон γ , фактор некроза опухоли α); инструментальные (КТ органов грудной клетки, ЭхоКГ); рассчитывали баллы по шкалам SOFA (Sepsis-related Organ Failure) и SAPS II (Simplified Acute Physiology Score). Статистическая обработка данных выполнена в среде пакета SPSS 25.0.

Выполняли математическое моделирование с помощью многомерной логистической регрессии. Проводили анализ характеристических кривых (ROC-кривых) в предсказанной в многомерной модели вероятности развития ИМ. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$. По полученным данным была построена многомерная модель методом логистической регрессии с пошаговым включением или исключением предикторов по алгоритму Вальда.

Результаты. В прогностическую модель вошли баллы по шкале SAPS II, цитокины (интерферон гамма, фактор некроза опухоли альфа) и степень поражения легких по данным компьютерной томографии. В ходе проведенного анализа установлено, что разработанная математическая модель оценки риска развития ИМ у больных с ОКС на фоне тяжелой формы COVID-19, созданная методом многомерной логистической регрессии, обладает чувствительностью 98,6% и специфичностью 85,7%.

Выводы. Установлены ранние предикторы развития ИМ у пациентов с ОКС на фоне COVID-19: степень поражения легких по данным КТ, количество баллов по шкале SAPS II, уровни цитокинов (интерферона и фактора некроза опухоли). На основании данных предикторов разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать ИМ на фоне тяжелой формы COVID-19.

Ключевые слова: COVID-19, инфаркт миокарда, цитокины, модель, прогнозирование.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Лунина А.В., Константинов Д.Ю., Попова Л.Л. Возможности прогнозирования развития инфаркта миокарда у больных новой коронавирусной инфекцией с острым коронарным синдромом. Наука и инновации в медицине. 2026;11(1):4-9. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM683463>

Сведения об авторах

Лунина А.В. – ассистент кафедры анестезиологии, реаниматологии и СМП ИПО, заведующая отделением реанимации и интенсивной терапии Клиник СамГМУ. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3182-2109>
E-mail: a.v.lunina@samsmu.ru

***Константинов Дмитрий Юрьевич** – д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой инфекционных болезней с эпидемиологией. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6177-8487>
E-mail: d.u.konstantinov@samsmu.ru

Попова Л.Л. – д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры инфекционных болезней с эпидемиологией. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0549-361X>
E-mail: l.l.popova@samsmu.ru

*Автор для переписки

Список сокращений

COVID-19 – новая коронавирусная инфекция; ОКС – острый коронарный синдром; НС – нестабильная стенокардия; ИМ – инфаркт миокарда; СРБ – С-реактивный белок; КФК – креатинфосфокиназа; ИЛ – интерлейкин; ФНО- α – фактор некроза опухоли- α ; SOFA – Sepsis-related Organ Failure; SAPS II – Simplified Acute Physiology Score.

Получено: 09.06.2025

Одобрено: 30.09.2025

Опубликовано: 17.10.2025

Early prediction of acute myocardial infarction in patients with new coronavirus infection and acute coronary syndrome

Aleksandra V. Lunina, Dmitrii Yu. Konstantinov, Larisa L. Popova
Samara State Medical University (Samara, Russian Federation)

Abstract

Background. Considering the wide prevalence of COVID-19 (SARS-CoV-2) worldwide and in the Russian Federation, high frequency of its mutations and non-persistent post-infection and post-vaccination immunity, the epidemic potential of COVID-19 persists. The experience of the pandemic demonstrated high mortality among individuals with coronavirus and ACS (acute coronary syndrome), specifically, from myocardial infarction (MI).

Aim: to create a multifactorial model for prediction of myocardial infarction using laboratory and instrumental data of progression of COVID-19 in ACS patients.

Material and methods. The open prospective non-randomized study included 104 patients with ACS due to severe COVID-19 hospitalized in 2022. To solve the problem of early prediction of MI among patients, observation groups were formed: Group 1 (n=35), patients with unstable angina and Group 2 (n=69)

with MI. All patients underwent round-the-clock monitoring of vital functions using a dynamic bedside monitor. Laboratory parameters (general clinical and biochemical), cytokine levels (1b, 2, 4, 6, 10, interleukins, γ interferon, tumor necrosis factor α) and instrumental parameters (CT of chest organs, EchoCG) were studied. Scores were calculated using the SOFA (Sepsis-related Organ Failure) and SAPS II (Simplified Acute Physiology Score) scales. Statistical data processing was performed in the SPSS 25.0 software suite. Mathematical modeling was performed using multidimensional logistic regression. An analysis of the characteristic curves (ROC curves) in the predicted probability of developing MI in the multidimensional model was performed. The results were considered statistically significant at $p < 0.05$. Based on the data obtained, a multidimensional logistic regression model was constructed with step-by-step inclusion or exclusion of predictors using the Wald algorithm.

Results. The prognostic model included SAPS II scores, cytokines (γ interferon, TNF α), and CT scans. The analysis revealed that the developed mathematical model for assessing the risk of MI in patients with ACS on the background of severe COVID-19, created by the method of multidimensional logistic regression based on cytokine profile, lung CT and SAPS II scale, has a sensitivity of 98.6% and a specificity of 85.7%.

Conclusion. Early predictors of MI development have been established in COVID-19 patients with ACS: the degree of lung damage according to CT data, the number of points on the SAPS II scale, levels of interferon and tumor necrosis factor, on the basis of which a mathematical model has been built that allows predicting MI in patients with severe COVID-19.

Keywords: COVID-19, myocardial infarction, cytokines, model, prediction.
Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Lunina AV, Konstantinov DY, Popova LL. **Early prediction of acute myocardial infarction in patients with new coronavirus infection and acute coronary syndrome.** *Science and Innovations in Medicine.* 2026;11(1):4-9. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM683463>

Information about authors

Aleksandra V. Lunina – assistant of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, head of the intensive care Unit. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3182-2109>
E-mail: a.v.lunina@samsmu.ru

***Dmitrii Yu. Konstantinov** – Dr. Sci. (Medicine), Associate professor, Head of the Department of Infectious Diseases with Epidemiology. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6177-8487>

E-mail: d.u.konstantinov@samsmu.ru

Larisa L. Popova – Dr. Sci. (Medicine), Professor, Professor of the Department of Infectious Diseases with Epidemiology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0549-361X>

E-mail: l.l.popova@samsmu.ru

*Corresponding author

Received: 09.06.2025

Accepted: 30.09.2025

Published: 17.10.2025

ВВЕДЕНИЕ

В связи с широким распространением вируса SARS-CoV-2 в мире и в России, его постоянными мутациями, а также нестойким поствакцинальным и постинфекционным иммунитетом у населения эпидемический потенциал новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в настоящее время сохраняется. Опыт пандемии продемонстрировал высокую – до 40% – летальность среди больных COVID-19 от сердечно-сосудистых осложнений [1]. N.R. Smilowitz и соавт. (2020) сообщают, что у трети пациентов, госпитализированных с COVID-19, уже при поступлении имелись признаки повреждения миокарда, при дальнейшем наблюдении доля таких пациентов достигала 47%, что способствовало четырехкратному повышению внутрибольничной летальности – с 9,7% до 39,1% [2]. О повышении смертности в 3,3 раза при развитии острого коронарного синдрома (ОКС) у больных COVID-19 говорится и в сообщении турецких исследователей Т. Çınar и соавт. (2022) [3]. В настоящее время рассматривается целый ряд прямых и косвенных механизмов, с помощью которых SARS-CoV-2 влияет на формирование сердечно-сосудистых осложнений: от проникновения в ткани до индукции массивной системной воспалительной реакции [4]. О цитокин-опосредованном повреждении миокарда как ведущей причине поражения сердца при COVID-19 говорится в исследовании американских авторов [5]. Вирус SARS-CoV-2 нарушает взаимодействие ангиотензинпревращающего фермента 2 (ACE2), ренин-альдостероновой и кинин-калликреиновой систем, уравнивающих воспаление, пролиферацию клеток и агрегацию тромбоцитов, что ведет к нарушению гемостаза и повреждению миокарда [6]. В работе российских исследователей приводится поликомпонентный механизм ишемии/инфаркта миокарда при COVID-19, включающий дисфункцию ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, гипервоспаление и «цитокиновый шторм», эндотелиальную

дисфункцию и коагулопатию, гипоксемию и гипоксию [1]. Клиническая диагностика ОКС на фоне острого инфекционного заболевания может вызвать затруднение: болевые ощущения в груди, дыхательная и сердечно-сосудистая недостаточность характерны как для тяжелой формы COVID-19, так и для ОКС, включая нестабильную стенокардию (НС) и ИМ. Согласно рекомендациям кардиологов, для диагностики ОКС необходимо выполнить ЭКГ и исследовать тропонин сыворотки крови, однако некоторые авторы отмечают, что данный тест не всегда специфичен, особенно при остром инфекционном заболевании [7, 8]. Поэтому поиск среди лабораторных показателей и данных инструментального обследования доступных в практическом здравоохранении предикторов для прогнозирования ИМ остается актуальным.

ЦЕЛЬ

На основании лабораторно-инструментальных особенностей течения COVID-19 у больных с ОКС разработать модель прогнозирования развития ИМ у данной категории больных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В открытое проспективное нерандомизированное исследование были включены 104 пациента с ОКС на фоне тяжелого течения COVID-19 (преимущественно вариант «Омикрон»), госпитализированных в период 2022 года. Установление диагноза COVID-19 и ОКС, их верификация, а также лечение пациентов проводились согласно действующим временным методическим рекомендациям «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» и клиническим рекомендациям общества кардиологов¹.

Критерии включения: мужчины и женщины в возрасте от 50 до 80 лет с тяжелой формой COVID-19 в сочетании

¹ Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» версия 16, 2022; Клинические рекомендации «Острый коронарный синдром без подъема сегмента ST электрокардиограммы», 2020 г.; Клинические рекомендации «Острый инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы», 2020 г.

Предикторы	1 группа НС (n=35) Ме (Q1; Q3)	2 группа ИМ (n=69) Ме (Q1; Q3)	p-значение
Возраст	63,00 (54,00; 68,00)	64,00 (54,50; 76,50)	0,121
КТ легких, % поражения	40,00 (35,00; 45,00)	45,00 (40,00; 60,00)	<0,001
Шкала SAPS II	16,00 (15,00; 18,00)	24,00 (21,00; 25,50)	<0,001
Шкала SOFA	16,00 (14,00; 17,00)	16,00 (14,00; 18,00)	0,462
Толщина полости перикарда, мм	5,00 (2,00; 7,00)	5,00 (3,00; 7,00)	0,912
Систолическое давление в ЛА (mm Hg)	49,90 (35,00; 54,60)	51,60 (46,00; 58,50)	0,118
Время ускорения потока на ЛА, мс	61,00 (45,00; 80,00)	47,00 (36,00; 69,00)	0,004
Палочкоядерные нейтрофилы, %	2,00 (1,00; 4,00)	8,00 (6,00; 10,00)	<0,001
Сегментоядерные нейтрофилы, %	55,00 (49,00; 70,00)	72,00 (64,55; 78,50)	<0,001
Лимфоциты, %	30,00 (19,00; 36,00)	11,40 (7,80; 20,00)	<0,001
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	322,00 (224,00; 416,00)	175,00 (126,00; 234,00)	<0,001
Общий белок, г/л	63,80 (59,40; 69,90)	54,10 (48,95; 61,35)	<0,001
C-реактивный белок, мг/л	76,00 (35,20; 129,70)	157,80 (110,95; 252,00)	<0,001
КФК, Е/л	1179,00 (765,00; 1504,00)	2088,00 (1974,50; 2394,50)	<0,001

Таблица 1. Характеристика потенциальных предикторов (инструментальных и лабораторных) ИМ у пациентов с ОКС на фоне тяжелой формы COVID-19

Table 1. Characteristics of potential predictors (instrumental and laboratory) of MI in ACS patients with severe COVID-19

с ОКС, не получавшие на догоспитальном этапе глюкокортикостероиды и антикоагулянты, при наличии подписанного ими добровольного информированного согласия.

Критерии не включения: пациенты с тяжелой и терминальной сопутствующей патологией, онкологическими, аутоиммунными и аллергическими заболеваниями, пациенты с ко-инфекциями (вирусный гепатит В, С, ВИЧ-инфекция), психическими расстройствами, беременностью, а также отказом от обследования. Для решения задачи прогнозирования ИМ среди пациентов с COVID-19, поступающих на госпитализацию, были сформированы две группы наблюдения по варианту развития ОКС: первая группа (n=35) – пациенты с НС и вторая группа (n=69) – пациенты с ИМ.

Всем пациентам проводился круглосуточный мониторинг витальных функций с помощью прикроватного монитора Nihon Kohden PVM-2703 (Япония) с оценкой электрокардиограммы (ЭКГ), частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (АД), частоты дыхательных движений (ЧДД), сатурации (SpO₂), температуры (T°) тела. ЭКГ регистрировали ежедневно аппаратом «Аксион ЭКЗТЦ-3/6-04» (РФ). Трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ) проводилась минимум двукратно каждому пациенту на портативном аппарате УЗИ – GE HealthCare LOGIQ E производства General Electric (США). Рассчитывали баллы по шкалам SOFA (Sepsis-related Organ Failure) и SAPS II (Simplified Acute Physiology Score). Компьютерную томографию (КТ) органов грудной клетки выполняли на компьютерном томографе GE Revolution EVO (РФ). Лабораторные исследования выполняли на гематологическом (Mindray BC-6800, Китай) и биохимическом (Roche Cobas c 311, Швейцария) анализаторах, исследование цитокинов (интерлейкины (ИЛ): 1b, 2, 4, 6, 10, интерферон γ (ИФН- γ), фактор некроза опухоли α (ФНО- α) определяли с использованием диагностических наборов (R and D Diagnostics Inc., USA) с чувствительностью 1 пг/мл.

Статистическая обработка данных выполнена в среде пакета SPSS 25.0 (IBM Corporation, Armonk, New York, USA, лицензия № 5725-A54). Проверку соответствия нормальному закону распределения выполняли по критерию Шапиро – Уилка. Описательные статистики представлены в виде медианы и квартилей: Ме (Q1; Q3). Для сравнения групп применяли критерии Манна – Уитни. Выполняли

Предикторы	1 группа НС (n=35) Ме (Q1; Q3)	2 группа ИМ (n=69) Ме (Q1; Q3)	p-значение
Интерлейкин-1b, пг/мл	8,51 (8,25; 8,92)	9,17 (8,58; 9,74)	<0,001
Интерлейкин-2, пг/мл	0,05 (0,04; 0,08)	0,08 (0,05; 0,11)	0,019
Интерлейкин-4, пг/мл	10,91 (10,63; 11,23)	10,31 (9,79; 10,77)	<0,001
Интерлейкин-10, пг/мл	86,60 (84,22; 89,68)	84,44 (81,72; 87,16)	0,003
Интерферон гамма, пг/мл	9,75 (9,36; 11,41)	8,88 (8,32; 9,56)	<0,001
Фактор некроза опухоли альфа, пг/мл	22,21 (21,46; 23,92)	23,69 (21,56; 25,53)	0,026
Интерлейкин-6, пг/мл	14,90 (13,90; 15,50)	15,84 (15,05; 16,53)	<0,001

Таблица 2. Характеристика потенциальных предикторов (цитокиновый профиль) ИМ у пациентов с ОКС на фоне тяжелой формы COVID-19

Table 2. Characteristics of potential predictors (cytokine profile) of MI in ACS patients with severe COVID-19

математическое моделирование с помощью многомерной логистической регрессии. Проводили анализ характеристических кривых (ROC-кривых) в предсказанной в многомерной модели вероятности развития ИМ. Результаты считали статистически значимыми при p<0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний возраст больных тяжелой формой COVID-19 с ОКС составил 63,00 (54,25; 72,75) года, женщин было 56,7%. Пациенты поступали в конце первой – начале второй недели болезни (дни поступления больных в группах сравнения: 9,00 (7,00–11,00) и 9,00 (7,00–12,00) соответственно, p=0,369). Группы были сопоставимы по полу и возрасту, срокам заболевания и структуре сопутствующей патологии. Уровень насыщения крови кислородом при поступлении составлял от 78,00% до 99,00%, медианные значения по группам статистически не различались (95,00% у пациентов первой группы и 94,00% – во второй группе, p=0,178). У больных с ОКС на фоне тяжелой формы COVID-19 были проанализированы более 70 лабораторных и инструментальных показателей, наиболее значимые из них представлены в **таблицах 1 и 2**.

По полученным данным был оценен риск ИМ с помощью логистической регрессии. На первом этапе были построены

Признак	ОШ [95% ДИ]	p-значение
Возраст	1,02 (0,99–1,05)	0,260
КТ легких, % поражения	1,07 (1,02–1,11)	0,002
Шкала SAPS II	3,62 (2,01–6,49)	<0,001
Шкала SOFA	1,06 (0,88–1,28)	0,559
Толщина полости перикарда, мм	0,99 (0,84–1,17)	0,929
Систолическое давление в ЛА (mm Hg)	1,03 (0,99–1,06)	0,155
Время ускорения потока на ЛА, мс	0,97 (0,96–0,99)	0,005
Палочкоядерные нейтрофилы, %	1,80 (1,45–2,24)	<0,001
Сегментоядерные нейтрофилы, %	1,11 (1,06–1,17)	<0,001
Лимфоциты, %	0,88 (0,83–0,93)	<0,001
Тромбоциты, 10 ⁹ /л	0,99 (0,98–0,99)	<0,001
Общий белок, г/л	0,88 (0,82–0,93)	<0,001
С-реактивный белок, мг/л	1,02 (1,01–1,03)	<0,001
КФК, Е/л	1,00 (1,00–1,01)	<0,001
Интерлейкин-1b, пг/мл	3,71 (1,79–7,67)	<0,001
Интерлейкин-2, пг/мл *	5,31 (1,42–19,89)	0,013
Интерлейкин-4, пг/мл	0,33 (0,16–0,67)	0,002
Интерлейкин-10, пг/мл	0,83 (0,73–0,94)	0,002
Интерферон гамма, пг/мл	0,36 (0,22–0,57)	<0,001
Фактор некроза опухоли альфа, пг/мл	1,33 (1,06–1,68)	0,014
Интерлейкин-6, пг/мл	1,95 (1,33–2,85)	0,001

Таблица 3. Оценка риска ИМ у больных с ОКС на фоне тяжелой формы COVID-19 методом одномерной логистической регрессии: совокупность моделей

Table 3. Assessment of MI risk in ACS patients with severe COVID-19 by univariate logistic regression: combination of models

одномерные модели, когда в каждое уравнение принудительно включался только один фактор риска (предиктор). По результатам этих моделей приведены экспоненциальные коэффициенты регрессии, трактуемые как отношения шансов (ОШ) и их 95% доверительные интервалы (95% ДИ) (таблица 3). Как и следовало ожидать, признаки, по которым не было отличий в парных сравнениях, оказались статистически незначимыми предикторами в уравнениях. Большинство из изученных лабораторных и инструментальных показателей проявили себя как факторы риска с ОШ, превышающим единицу. К прогностически неблагоприятным относятся повышенные значения для следующих показателей: объем поражения легких по результатам КТ, шкала SAPS II, процентное содержание палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофильных лейкоцитов, концентрация С-реактивного белка, ИЛ-1b, ИЛ-2, ФНО-α, ИЛ-6 и активность КФК в сыворотке крови. Действительно, все эти признаки являются маркерами тяжести течения COVID-19. И наоборот, прогностически благоприятными являются более низкое время ускорения потока на ЛА и более низкие концентрации общего белка, ИЛ-4, ИЛ-10, ИФН-γ – у данных показателей отношение шансов меньше единицы.

Затем были построены различные варианты многомерных моделей методом логистической регрессии с

пошаговым включением или исключением предикторов по алгоритму Вальда. Отличались модели не только способом построения, но и разным исходным набором потенциальных предикторов. Дело в том, что многие из них являются тесно связанными друг с другом и поэтому одновременно не могут быть отобраны пошаговым алгоритмом для вхождения в регрессивное уравнение. Так, шкала тяжести SAPS II статистически значимо взаимосвязана со всеми из изученных цитокинов (коэффициенты корреляции от 0,3 до 0,6 по абсолютному значению). В результате включение SAPS II в число потенциальных предикторов «вытесняло» из уравнения другие факторы риска, которые входили в прогностическую модель в одномерном или многомерном варианте, но без данной шкалы тяжести. Часть прогностических признаков входила во все построенные математические модели, а другая часть менялась от одного варианта к другому. В настоящей работе приведена модель с наилучшими аналитическими характеристиками (таблица 4). Так, площадь под ROC-кривой составила 0,99±0,01, а индекс Юдена при пороговой вероятности 0,22 составил 0,84 ед. Все это позволяет трактовать построенную модель как отличную.

Согласно построенной множественной логистической регрессии вероятность развития ИМ у больных COVID-19 с ОКС может быть вычислена по формуле:

$$p = 1 / (1 + e^{-(1,71X1 + 0,16X2 - 1,10X3 + 0,77X4 - 45,99)}),$$

где e – основание натуральных логарифмов (округленно 2,72); $X1$ – баллы по шкале SAPS II; $X2$ – процент поражения легких по результатам КТ; $X3$ – концентрация интерферона гамма в сыворотке крови в пг/мл; $X4$ – концентрация фактора некроза опухоли альфа в сыворотке крови в пг/мл.

Шкала SAPS II оказалась самым мощным прогностическим фактором ИМ с отношением шансов (ОШ)=5,52 (95% ДИ: 1,86–16,42) ($p=0,002$). Вторым по силе влияния предиктором стал объем поражения легких по результатам КТ с ОШ=1,17 (95% ДИ: 1,00–1,36) ($p=0,045$). ФНО-α и ИФН-γ, хотя и сохранили свои роли фактора риска и протективного фактора, оказались статистически незначимыми ($p=0,083$ и $p=0,056$). Тем не менее такие уровни значимости – больше 0,05, но меньше 0,10 – в поисковых математических моделях, по мнению некоторых авторов, имеют право на существование. Снижение их прогностических возможностей объясняется взаимосвязью с двумя более сильными предикторами, которых оказывается достаточно для прогнозируемого варианта ОКС – инфаркта миокарда. Модель оказалась с высокой точностью прогноза. Чувствительность при пороговой вероятности 0,22 составила 98,6%, а специфичность 85,7%.

Предикторы в модели	Коэффициент регрессии b	SE b	Статистика Вальда	ОШ (95% ДИ)	p-значение
Шкала SAPS II	1,71	0,56	9,45	5,52 (1,86–16,42)	0,002
КТ легких, %	0,16	0,08	4,00	1,17 (1,00–1,36)	0,045
Интерферон гамма, пг/мл	-1,10	0,58	3,66	0,33 (0,11–1,03)	0,056
Фактор некроза опухоли альфа, пг/мл	0,77	0,44	3,01	2,16 (0,91–5,14)	0,083
Константа	-45,99	19,12	5,79	–	0,016

Таблица 4. Оценка риска ИМ у больных с ОКС на фоне тяжелой формы COVID-19 методом многомерной логистической регрессии по цитокиновому профилю, КТ легких и шкале SAPS II

Table 4. Assessment of MI risk in ACS patients with severe COVID-19 by multivariate logistic regression using cytokine profile, lung CT and SAPS II score

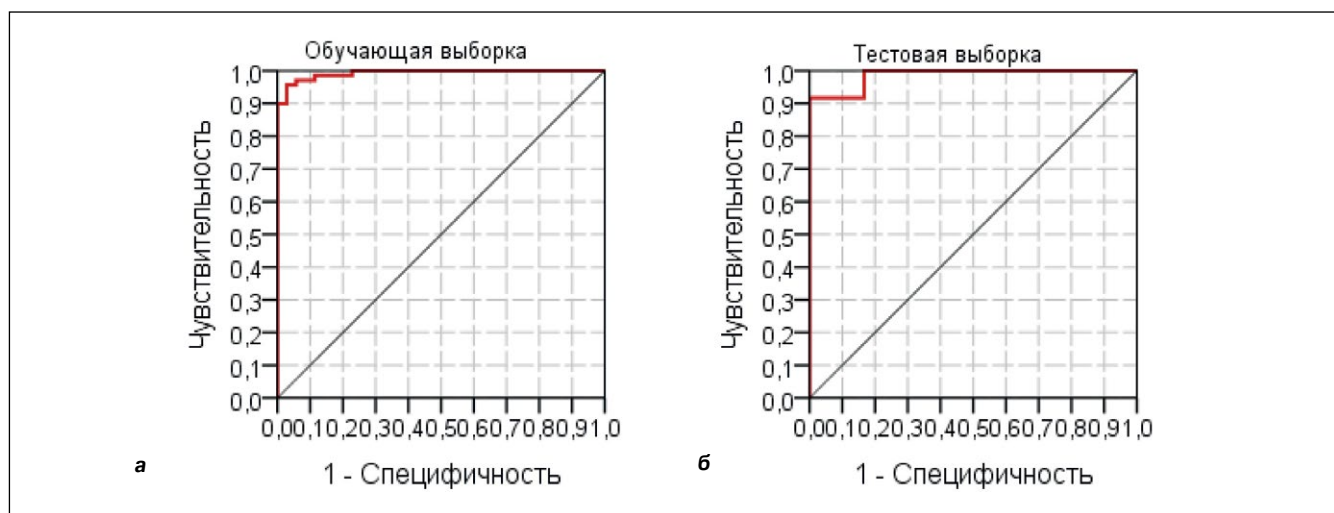


Рисунок 1. ROC-кривые прогнозирования риска ИМ у пациентов с ОКС на фоне COVID-19 по многомерным моделям логистической регрессии: а – по обучающей выборке, б – по тестовой выборке.

Figure 1. ROC curves of MI risk prediction in ACS patients with severe COVID-19 by multivariate logistic regression models: a – training sample, b – testing sample.

На следующем этапе была проведена верификация данной модели на тестовой выборке. В нее вошли 30 больных новой коронавирусной инфекцией с ОКС, который в последующем разрешился НС у 6 человек и ИМ у 24. Данные пациенты не входили в построение описанной выше математической модели. Всем им была рассчитана вероятность риска ИМ по регрессионным коэффициентам, полученным на обучающей выборке.

Затем для пациентов основной (обучающей) и тестовых выборок были построены ROC-кривые (**рисунок 1**). Площадь под ROC-кривой для тестовой выборки составила $0,98 \pm 0,02$, а индекс Юдена равен 0,79 ед.

Площади под графиком этих моделей представлены в **таблице 5**.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

На сегодняшний день в доступной литературе описаны единичные модели, прогнозирующие ОКС при COVID-19, несмотря на значительный вклад этого осложнения в общую летальность при новой коронавирусной инфекции. Так, М. Rashid и соавт. (2021) на основании анализа 517 случаев COVID-19 с ОКС сообщают о высокой госпитальной летальности (24,2%) в этой группе пациентов и отмечают ее увеличение до 41,9% в течение 30 дней после перенесенного COVID-19 [9]. По данным И.И. Серебренникова и соавт. (2023), кумулятивная летальность (60 дней) в когорте COVID-19 с ОКС составила 48,3% [8]. Есть несколько зарубежных и российских исследований, посвященных

предикторам неблагоприятного исхода ОКС при COVID-19: по уровню церамидов (при анализе метаболомного профиля), по комплексу из 8 параметров (возраст, наличие фибрилляции предсердий, тяжелое и крайне тяжелое течение инфекции SARS-CoV-2, наличие острого повреждения почек, хронической болезни почек 2 стадии и выше, уровень ферритина, альбумина, глюкозы), которые прогнозируют риск летального исхода при ОКС, но не вариант его развития [10, 11]. В многоцентровых когортных исследованиях, проведенных в Китае и Иране, в остром периоде COVID-19 при развитии ОКС выявлена корреляция между кальцификацией коронарных артерий, уровнем кальция в крови и неблагоприятным исходом (внутрибольничная смерть) [12, 13]. Ретроспективное исследование N.R. Smilowitz и соавт. (2020) продемонстрировало тесную связь степени и длительности повышения сердечного тропонина у больных COVID-19 с последующим критическим течением ОКС и смертельным исходом [2]. Есть единичные российские исследования, посвященные исходу ОКС в постковидном периоде. Представлена многофакторная регрессионная модель неблагоприятного исхода ОКС у пациентов в постковидном периоде со следующими предикторами: хроническая сердечная недостаточность, наличие растворимой fms-подобной тирозинкиназы-1, зон гипокинеза по ЭхоКГ, носительство генотипа ТТ/АА генетического маркера rs2285666 гена ACE2, с чувствительностью модели – 93,5%, специфичностью – 21,8%, точностью – 76,6% [14, 15]. Модель, которая в разгаре заболевания COVID-19 при использовании предикторов, доступных в практическом здравоохранении, с высокой точностью и специфичностью предсказывала бы вариант развития ОКС, в доступной нам литературе не найдена. Такая модель, безусловно, востребована для предотвращения развития негативного сценария ОКС.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенная математическая модель позволяет прогнозировать ИМ у больных с тяжелой формой COVID-19 с чувствительностью 98,6% и специфичностью 85,7%. Это представляет не только практическую, но и научную ценность, так как в число независимых предикторов вошли не только известные факторы, определяющие тяжесть основного заболевания, но и два цитокина, характеризующих иммунный ответ на инфекцию. ■

Тестируемая модель	AUC	SE AUC	p	95% ДИ
Модель ИМ: обучающая выборка	0,99	0,01	<0,001	0,98–1,00
Проверка модели ИМ на тестовой выборке	0,98	0,02	<0,001	0,95–1,00

Примечания: AUC – area under curve – площадь под графиком, SE AUC – standard error of AUC – стандартная ошибка AUC, p – статистическая значимость отличия от бесполезного классификатора.

Таблица 5. Площадь под ROC-кривой прогностической модели оценки риска ИМ у пациентов с ОКС на фоне COVID-19

Table 5. Area under curve of the prediction model of MI risk assessment in ACS patients with severe COVID-19

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Согласие на публикацию. Все пациенты подписывали добровольное информированное согласие.	Consent for publication. All patients signed a written informed consent form.
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. А.В. Лунина – сбор и обработка научного материала, написание текста; Д.Ю. Константинов, Л.Л. Попова – разработка концепции исследования, редактирование текста. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. A.V. Lunina: scientific data collection, systematization and analysis, writing of the manuscript. D.Yu. Konstantinov, L.L. Popova: study concept, detailed manuscript editing and revision. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Saluhov VV, Sagun BV. Key aspects of cardiovascular damage in COVID-19. *Farmateca*. 2023;30(9-10):70-78. [Салухов В.В., Сагун Б.В. Основные аспекты повреждения сердечно-сосудистой системы при COVID-19. *Фарматека*. 2023;30(9-10):70-78]. DOI: [10.18565/pharmateca.2023.9-10.70-78](https://doi.org/10.18565/pharmateca.2023.9-10.70-78)
- Smilowitz NR, Jethani N, Chen J, et al. Myocardial Injury in Adults Hospitalized With COVID-19. *Circulation*. 2020;142(24):2393-2395. DOI: [10.1161/CIRCULATIONAHA.120.050434](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.050434)
- Çınar T, Şaylık F, Akbulut T, et al. One-year outcomes of invasively managed acute coronary syndrome patients with COVID-19. *Heart Lung*. 2022;52:159-164. DOI: [10.1016/j.hrtlng.2022.01.012](https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2022.01.012)
- Vosko I, Zirlik A, Bugger H. Impact of COVID-19 on Cardiovascular Disease. *Viruses*. 2023;15(2):508. DOI: [10.3390/v15020508](https://doi.org/10.3390/v15020508)
- Zhao J, Xie Y, Meng Z, et al. COVID-19 and cardiovascular complications: updates of emergency medicine. *Emerg Crit Care Med*. 2023;3(3):104-114. DOI: [10.1097/ec9.0000000000000095](https://doi.org/10.1097/ec9.0000000000000095)
- Kounis NG, Gogos C, de Gregorio C, et al. "When," "Where," and "How" of SARS-CoV-2 Infection Affects the Human Cardiovascular System: A Narrative Review. *Balkan Med J*. 2024;41(1):7-22. DOI: [10.4274/balkanmedj.galenos.2023.2023-10-25](https://doi.org/10.4274/balkanmedj.galenos.2023.2023-10-25)
- Izmozherova NV, Popov AA, Tsvetkov AI, et al. Clinical particulars of acute coronary syndrome course in patients with COVID-19. *Almanac of Clinical Medicine*. 2023;51(5):290-300. [Измозжерова Н.В., Попов А.А., Цветков А.И., и др. Клинические особенности вариантов течения острого коронарного синдрома у пациентов с COVID-19. *Альманах клинической медицины*. 2023;51(5):290-300]. DOI: [10.18786/2072-0505-2023-51-033](https://doi.org/10.18786/2072-0505-2023-51-033)
- Serebrennikov II, Kopylov PYu, Komarov RN, et al. Organizational and clinical aspects of acute coronary syndrome combined with a new coronavirus infection (SARS-CoV-2). *Eurasian heart journal*. 2023;(2):6-11. [Серебренников И.И., Копылов Ф.Ю., Комаров Р.Н. и др. Организационные и клинические аспекты острого коронарного синдрома, сочетающегося с новой коронавирусной инфекцией (SARS-CoV-2). *Евразийский кардиологический журнал*. 2023;(2):6-11]. DOI: <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2023-2-6-11>
- Rashid M, Wu J, Timmis A, et al. Outcomes of COVID-19-positive acute coronary syndrome patients: A multisource electronic healthcare

records study from England. *J Intern Med*. 2021;290(1):88-100. DOI: [10.1111/joim.1324615](https://doi.org/10.1111/joim.1324615)

10. Lozhkina NG, Gushchina OI, Basov NV, et al. Ceramides As Potential New Predictors of the Severity of Acute Coronary Syndrome in Conjunction with SARS-CoV-2 Infection. *Acta Naturae*. 2024;16(2):53-60. [Ложкина Н.Г., Гущина О.И., Басов Н.В., и др. Церамиды как потенциально новые предикторы тяжести течения острого коронарного синдрома в сочетании с инфекцией SARS-CoV-2. *Acta Naturae*. 2024;16(2):53-60]. DOI: [10.32607/actanaturae.27400](https://doi.org/10.32607/actanaturae.27400)

11. Gushchina OI, Lozhkina NG, Basov NV, et al. Assessment of the risk of in-hospital fatality in patients with acute coronary syndrome and SARS-CoV-2 infection: challenges and prospects. *Atherosclerosis*. 2024;20(2):136-144. [Гущина О.И., Ложкина Н.Г., Басов Н.В., и др. Оценка риска госпитального летального исхода у пациентов с острым коронарным синдромом и инфекцией SARS-CoV-2: вызовы и перспективы. *Атеросклероз*. 2024;20(2):136-144]. DOI: [10.52727/2078-256X-2024-20-2-136-144](https://doi.org/10.52727/2078-256X-2024-20-2-136-144)


12. Luo S, Qiu XM, Zeng XJ, et al. Coronary artery calcification and risk of mortality and adverse outcomes in patients with COVID-19: a Chinese multicenter retrospective cohort study. *Chinese journal of academic radiology*. 2022;5(1):20-28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42058-021-00072-419>

13. Hedayati Goudarzi MT, Abrotan S, Ziaie N, et al. Coronary artery calcification score as a prognostic indicator for COVID-19 mortality: evidence from a retrospective cohort study in Iran. *Ann Med Surg*. 2024;86(6):3227-3232. DOI: [10.1097/MS9.00000000000016611](https://doi.org/10.1097/MS9.00000000000016611)

14. Korotaeva ES, Zajtzev AD, Koroleva LYu, et al. Multifactorial Prediction of the Risk of Hospital Mortality in Patients With Acute Coronary Syndrome. *Kardiologiya*. 2025;65(2):17-25. [Коротаева Е.С., Зайцев А.Д., Королева Л.Ю., и др. Многофакторное прогнозирование риска госпитальной летальности у пациентов с острым коронарным синдромом. *Кардиология*. 2025;65(2):17-25]. DOI: [10.18087/cardio.2025.2.n2788](https://doi.org/10.18087/cardio.2025.2.n2788)

15. Kozik VA, Shpagina LA, Shpagin IS, et al. Search for genetic predictors of acute coronary syndrome in patients after coronavirus disease 2019. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(10):5953. [Козик В.А., Шпагина Л.А., Шпагин И.С., и др. Поиск генетических предикторов развития острого коронарного синдрома у пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(10):5953]. DOI: [10.15829/1560-4071-2024-5953](https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5953)

Оригинальное исследование | Original study article
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM695497>

 This work is licensed under CC BY 4.0
© Authors, 2026

Некоторые показатели гликома при различных формах течения рассеянного склероза

М.А. Елизаров¹, И.Е. Повереннова¹, А.С. Лахов¹, М.О. Золотов¹, Н.П. Перстенева²

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России
(Самара, Российская Федерация)

²ФГАУ ВО «Самарский государственный экономический университет» (Самара, Российская Федерация)

Аннотация

Цель: выявить особенности гликозилирования белков при различных клинических формах рассеянного склероза.

Материал и методы. Изучены показатели гликома – интерлейкин-6 (IL-6) и гликопротеин Р-селектин (SELP) у 135 больных с такими формами течения рассеянного склероза (РС), как ремиттирующий РС (PPC) – 71 больной, вторично-прогрессирующий РС (ВППС) – 49 пациентов, первично-прогрессирующий РС (ППРС) – 15 пациентов. Использован ИФА-анализатор Multiscan FC при длине волны 450 нм с применением соответствующих диагностических наборов. Статистическая обработка проводилась с использованием критерия Манна – Уитни. Множественные сравнения групп различного течения РС проводились с помощью критерия Краскела – Уоллиса. Анализ корреляции выполнен на основе коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Статистическая достоверность выводов определялась на 5% уровне значимости.

Результаты. В настоящем исследовании была предпринята попытка выявления зависимости уровня IL-6 и SELP от формы, длительности

течения и тяжести РС, что выявило только значимую связь SELP с длительностью течения заболевания для PPC. Данных о связи этих показателей с возрастом и полом пациентов получено не было.

Выводы. Показана определенная специфичность изменений гликозилирования белков при рассеянном склерозе, что позволяет использовать их в качестве маркеров для диагностики различных форм рассеянного склероза и сходных с ним заболеваний. Хотя в проведенном исследовании была выявлена значимая связь только у SELP и только с длительностью заболевания при ремиттирующей форме РС, не исключена возможность получения дополнительных результатов при увеличении количества включенных в исследование пациентов, а также при включении в исследование других показателей гликома.

Ключевые слова: рассеянный склероз, варианты течения, показатели гликозилирования белков.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Елизаров М.А., Повереннова И.Е., Лахов А.С., Золотов М.О., Перстенева Н.П.
Некоторые показатели гликома при различных формах течения рассеянного склероза. *Наука и инновации в медицине.* 2026;11(1):10-14.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM695497>

Сведения об авторах

Елизаров М.А. – аспирант кафедры неврологии и нейрохирургии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0520-7268>
E-mail: maksim.elizarov@mail.ru

***Повереннова Ирина Евгеньевна** – д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой неврологии и нейрохирургии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2594-461X>
E-mail: i.e.poverennova@samsmu.ru

Лахов А.С. – канд. мед. наук, ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9311-3041>
E-mail: a.s.lahov@samsmu.ru

Золотов М.О. – канд. мед. наук, доцент кафедры медицинской микробиологии и иммунологии.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4806-050X>

E-mail: m.o.zolotov@samsmu.ru

Перстенева Н.П. – канд. экон. наук, доцент кафедры статистики и эконометрики.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3845-5011>

E-mail: persteneva_np@mail.ru

***Автор для переписки**

Список сокращений

РС – рассеянный склероз; PPC – ремиттирующий рассеянный склероз; ВППС – вторично-прогрессирующий РС; ППРС – первично-прогрессирующий РС; EDSS – Expand Disability Status Scale – расширенная шкала оценки инвалидности; ИФА – иммуноферментный анализатор; нм – нанометр; нг – нанограмм; пг – пикограмм; IgG – иммуноглобулин G; SELP – гликопротеин Р-селектина; sRAGE – молекулы гликации; ПИТРС – препараты, изменяющие течение рассеянного склероза; ЦСЖ – цереброспинальная жидкость.

Получено: 30.10.2025

Одобрено: 30.12.2025

Опубликовано: 11.01.2026

Some indicators of glycome in various forms of multiple sclerosis

Maksim A. Elizarov¹, Irina E. Poverennova¹, Aleksandr S. Lakhov¹,
Maksim O. Zolotov¹, Natalya P. Persteneva²

¹Samara State Medical University (Samara, Russian Federation)

²Samara State Economic University (Samara, Russian Federation)

Abstract

Aim: identification of protein glycosylation features in various clinical forms of multiple sclerosis.

Material and methods. We studied the indicators of glycome, viz. interleukin-6 (IL-6) and P-selectin glycoprotein (SELP) in 135 patients with various forms of multiple sclerosis (MS): relapsing-remitting MS (RMS) - 71, secondary progressive MS (SPMS) - 49, primary progressive MS (PPMS) - 15 patients. An ELISA Multiscan FC analyzer was used at 450 nm using appropriate diagnostic kits. Statistical processing was performed using the Mann - Whitney criterion. Multiple comparisons of groups of different MS course were performed using the Kruskal - Wallis test. Correlation analysis was performed based on Spearman's rank correlation coefficient. Statistical reliability of conclusions was determined at the 5% level of significance.

Results. This study attempted to identify the relationship between IL-6 and SELP levels and MS shape, duration, and severity, revealing only a significant association of SELP with disease duration for RMS. There were no data on the relationship of these indicators with the age and sex of patients.

Conclusions. The studies carried out show a certain specificity of changes in glycosylation of proteins in multiple sclerosis, which makes it possible to use them as markers for diagnosing various forms of multiple sclerosis and similar diseases. Despite the fact that the study showed a significant association only in SELP and only with the duration of the disease in relapsing-remitting MS, it is possible to obtain additional results with an increase in the number of patients included in the study, as well as with the inclusion of other glycome parameters in the study.

Keywords: multiple sclerosis, variants of course, protein glycosylation indices.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Elizarov MA, Poverennova IE, Lakhov AS, Zolotov MO, Persteneva NP. **Some indicators of glycome in various forms of multiple sclerosis.** *Science and Innovations in Medicine.* 2026;11(1):10-14. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM695497>

Information about authors

Maksim A. Elizarov – postgraduate student of the Department of Neurology and Neurosurgery.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0520-7268>

E-mail: maksim.elizarov@mail.ru

Irina E. Poverennova – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Neurology and Neurosurgery.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2594-461X>

E-mail: i.e.poverennova@samsmu.ru

Aleksandr S. Lakhov – MD, Cand. Sci. (Medicine), assistant of the Department of Neurology and Neurosurgery.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9311-3041>

E-mail: a.s.lakhov@samsmu.ru

Maksim O. Zolotov – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of medical microbiology and immunology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4806-050X>

E-mail: m.o.zolotov@samsmu.ru

Natalya P. Persteneva – Cand. Sci. (Economics), Associate professor, Department of Statistics and Econometrics.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3845-5011>

E-mail: persteneva_np@mail.ru

***Corresponding author**

Received: 30.10.2025

Accepted: 30.12.2025

Published: 11.01.2026

■ ВВЕДЕНИЕ

Рассеянный склероз (РС) – хроническое аутоиммунное заболевание центральной нервной системы, поражающее лиц молодого возраста, ведущих активную трудовую жизнь. Заболевание характеризуется неуклонно прогрессирующим течением, неизбежно возникающей инвалидизацией больных и зачастую неблагоприятным прогнозом. Особенности течения заболевания во многом определяются клинической формой РС, который может протекать в виде клинически изолированного синдрома, радиологически изолированного синдрома, иметь ремиттирующее, вторично-прогрессирующее, первично-прогрессирующее течение [1, 2]. Каждый тип течения РС имеет свои особенности и закономерности, а также показания к назначению той или иной группы препаратов, изменяющих течение рассеянного склероза (ПИТРС). В этой связи определение критериев того или иного типа течения заболевания для оптимизации диагностики, прогнозирования дальнейшего течения РС и назначения адекватного форме заболевания ПИТРС является важной и актуальной задачей [3, 4]. Значительный интерес представляет сравнительная характеристика течения различных форм РС, их трансформация, основанная на объективных показателях, и роль предикторов той или иной формы болезни, определяющих вариант ее течения [5–7].

Гликом человека представляет собой совокупность всех сахаров организма – как свободных, так и присутствующих в более сложных молекулах. Он состоит из гликопротеинов и гликолипидов. По сложности гликом превосходит протеом за счет еще большего разнообразия углеводов, входящих в его состав, и дополнительно усложняется из-за огромного взаимодействия углеводов друг с другом и с белками [8]. По словам J.D. Marth, гликаны – это природные биологические модификаторы, которые обычно не «включают и выключают» физиологические процессы, а скорее изменяют поведение клетки, реагируя на внешние раздражители [9]. В патогенезе целого ряда заболеваний нарушения гликозилирования белков играют ведущую или определяющую роль. Нарушения процесса гликозилирования белков охватывают многие медицинские аспекты, что затрудняет распознавание и диагностику нарушений гликозилирования [10, 11].

Исследования изменений гликома при РС являются новым и перспективным направлением подхода к диагностике этого заболевания. В проведенных исследованиях показано, что гликопротеиды у пациентов с РС отличаются не только от здоровых лиц, но и от других неврологических заболеваний, то есть имеют место специфические изменения гликома при РС. Весьма важным является то,

что изменения гликома коррелируют с возрастом и с полом пациентов, с клинической формой заболевания, а также со степенью инвалидизации по шкале EDSS, что может способствовать ранней диагностике РС, определению формы заболевания и прогнозированию его течения [12].

■ ЦЕЛЬ

Выявление особенностей гликозилирования белков при различных клинических формах РС.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование ряда показателей гликома проведено у 135 больных РС, среди которых 71 пациент имел ремиттирующую форму течения РС (ППС), 49 – вторично-прогрессирующую (ВППС), 15 – первично-прогрессирующую (ППРС). Следует отметить, что количество исследованных пациентов в группах примерно соответствует распределению клинических форм в популяции больных РС. Длительность заболевания у исследованных больных варьировала от 1 до 31 года. Все пациенты наблюдались в Центре рассеянного склероза ГБУЗ СОКБ им. В.Д. Середавина. Диагноз РС верифицирован согласно критериям МакДоналда (2017).

Исследование проходило в два этапа.

На предварительном этапе проведено исследование у 90 пациентов интерлейкина-6 (IL-6), гликопротеина Р-селектина (SELP), иммуноглобулина SIGLEC-9, молекул гликации (sRAGE) на ИФА-анализаторе Multiskan при длине волны 450 нм с использованием наборов Интерлейкин-6-ИФА-БЕСТ («Вектор-Бест»), ELISA Kit for Receptor Advanced Glycation Endproducts (Cloud-Clone Corp.), ELISA Kit for P-selectin (Cloud-Clone Corp.), ELISA Kit for Sialic Acid Binding Ig Like Lectin 9 (Cloud-Clone Corp.). Среди больных было 35 мужчин (38,9%) и 55 женщин (61,1%). Возраст пациентов колебался от 18 до 74 лет. Группу сравнения составили 30 здоровых испытуемых аналогичного возраста и пола.

На втором этапе изучены показатели интерлейкина-6 (IL-6) и гликопротеина Р-селектина (SELP) в группе из 135 пациентов, куда вошли 90 больных предварительного этапа исследования. Среди больных были 84 женщины (62,2%) и 51 мужчина (37,8%). Медианный возраст составил 41 (33; 50) год.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием IBM SPSS Statistics 26.0. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению, для этого использовались критерий Шапиро – Уилка или критерий Колмогорова – Смирнова

с поправкой Лиллиефорса в зависимости от количества ожидаемых частот. Поскольку количественные данные имеют распределение, отличное от нормального, или же являются порядковыми переменными, сравнение двух независимых групп – пациентов с РС и лиц без демиелинизирующих заболеваний проводилось с помощью критерия Манна – Уитни. Для представления непараметрических данных использовали медиану (Me), нижний и верхний квартили (Q1; Q3). Множественные сравнения групп различного течения РС проводились с помощью критерия Краскела – Уоллиса. Анализ корреляции выполнен на основе коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Статистическая достоверность выводов определялась на 5% уровне значимости.

Среднее арифметическое взвешенное значение для исследованных показателей гликонов рассчитывали с помощью формулы:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i f_i}{\sum f_i}$$

Средневзвешенное значение – это среднее значение с учетом веса (важности) каждого элемента из совокупности. Используется, когда элементы выборки имеют разную значимость при объединении результатов нескольких выборок разного размера или когда требуется учесть вклад каждого элемента пропорционально его важности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из изученных продуктов гликирования наибольший интерес представил SELP сыворотки. Показатели в исследуемой группе (пациенты с РС независимо от типа течения, n = 88) варьируют от 29,49 до 173,54 нг/мл со средним значением (средняя взвешенная) 67,994, при этом показатели в группе контроля (лица без демиелинизирующих и воспалительных заболеваний, n = 30) колеблются от 27,432 до 125,314 нг/мл со средним значением 57,734 нг/мл.

Показатели количественного определения IL-6 в сыворотке крови у пациентов с РС по данным исследования (n = 90) демонстрируют широкую вариабельность – от 0,00 до 104,93 пг/мл, среднее значение – 3,884. В группе контроля (n = 30) значения IL-6 варьируют от 0,258 до 4,0115 пг/мл, в среднем этот показатель составляет 1,611 пг/мл.

При анализе показателей по группам в зависимости от типа течения рассеянного склероза были получены следующие результаты.

PPC (n = 50):

SELP (n = 48): мин. 29,49; макс. 122,21 нг/мл, в среднем 68,981 нг/мл.

IL-6 (n = 50): мин. 0,00; макс. 109,93 пг/мл, в среднем 4,335 пг/мл.

ППРС (n = 5):

SELP мин. 30,92, макс. 62,89 нг/мл, в среднем 44,52 нг/мл.

IL-6 мин. 0,00; макс. 0,01 пг/мл, в среднем 0,002 пг/мл.

ВППРС (n = 35)

SELP мин. 30,48; макс. 173,54 нг/мл, в среднем 69,995 нг/мл.

IL-6 мин. 0,00; макс. 56,14 пг/мл, в среднем 3,794 пг/мл.

Проанализированы показатели sRAGE и SIGLEC-9. Исследуемая группа: sRAGE (n = 90) мин. 0,00; макс. 0,05 нг/мл, средняя взвешенная 0,001, среднее квадратическое отклонение – 0,00667. SIGLEC-9 (n = 90) мин. 0,00; макс. 0,29 нг/мл, средняя взвешенная 0,0216, среднее квадратическое отклонение – 0,0577. В группе контроля: sRAGE (n = 30) мин. 0,00; макс. 0,638 нг/мл, средняя взвешенная – 0,0615. SIGLEC-9 (n = 30) мин. 0,00; макс. 0,1647 нг/мл, средняя взвешенная – 0,0216, среднее квадратическое отклонение – 0,0577.

По результатам проведенного предварительного анализа лабораторных значений было решено исследовать показатели IL-6 и SELP, поскольку они продемонстрировали наибольшую информативность и вариабельность и по сравнению с группой контроля у большего числа пациентов, и в рамках анализа групп с различным типом течения РС. В то же время показатели sRAGE и SIGLEC-9 продемонстрировали низкие абсолютные значения и низкую вариабельность в пределах исследуемой группы и не показали значимых различий от группы контроля.

Второй этап исследования включал анализ показателей IL-6 и SELP сыворотки крови у 135 пациентов с различными вариантами течения РС (PPC – 71, ВППРС – 49, ПППРС – 15) и 30 здоровых лиц группы сравнения. Показатели гликома IL-6 и SELP сравнили в двух группах с помощью критерия Манна – Уитни. Уровень IL-6 у пациентов с РС составил 0,47 (0; 1,91) пг/мл, в группе сравнения 0,745 (0,495; 1,05) пг/мл, без статистически значимой разницы (p = 0,178). Показатель гликома SELP в группе исследования составил 53,02 (35,84; 78,32) нг/мл, в группе сравнения 47,665 (40,34; 66,245) нг/мл, также без статистически значимой разницы (p = 0,899).

Был проведен анализ показателей гликома у всех исследуемых групп, включая разные варианты течения РС, с помощью критерия Краскела – Уоллиса. Не было получено

Тип течения РС	ВППРС (n = 49)		PPC (n = 71)		ППРС (n = 15)	
	ρ Спирмена	p-значение	ρ Спирмена	p-значение	ρ Спирмена	p-значение
IL-6	- 0,130	0,373	- 0,021	0,863	0,185	0,510
SELP	0,230	0,112	0,278	0,019	0,315	0,252

Таблица 1. Показатели IL-6 и SELP в зависимости от длительности течения РС

Table 1. IL-6 and SELP by MS duration

Тип течения РС	ВППРС (n = 49)		PPC (n = 71)		ППРС (n = 15)	
	ρ Спирмена	p-значение	ρ Спирмена	p-значение	ρ Спирмена	p-значение
IL-6	0,086	0,556	- 0,011	0,930	0,229	0,412
SELP	- 0,155	0,289	- 0,016	0,891	0,302	0,274

Таблица 2. Показатели IL-6 и SELP в зависимости от значений шкалы инвалидизации EDSS

Table 2. IL-6 and SELP by EDSS

статистически значимых различий при оценке IL-6 ($p = 0,752$) и SELP ($p = 0,655$).

Зависимость показателей гликома IL-6 и SELP от длительности течения РС представлена в **таблице 1**. У пациентов с PPC между длительностью течения заболевания и показателем SELP с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена была выявлена статистически значимая прямая корреляционная связь ($\rho = 0,278$ с 95% ДИ: 0,039-0,489; $p = 0,019$).

Зависимость показателей гликома IL-6 и SELP от степени инвалидизации по шкале EDSS (Expanded Disability Status Scale) проверили с помощью корреляционного анализа по Спирмену. Связь была статистически не значимой. Данные представлены в **таблице 2** (ранговая корреляция).

Таким образом, выявлена только значимая связь показателя SELP с длительностью течения заболевания для PPC.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно исследованию А. Svetko и соавт. (2020), в иммуноглобулинах G наиболее отличалось фукозилированное ядро и обилие структур с высоким содержанием маннозы. В белках плазмы отмечено увеличение сложности гликанов – возрастало количество высокоразветвленных структур, несущих несколько остатков галактозы и сиаловой кислоты. В то же время количество низкоразветвленных структур уменьшалось. Некоторые N-гликаны и IgG показали хорошую чувствительность и специфичность, на основании чего строилась зависимость вероятности РС от количества N-гликанов и IgG в плазме крови [12].

Peng Peng Ip и соавт. (2021) на 49 гликопротеинах сыворотки подсчитали количество 286 гликопептидов и сравнили их у групп пациентов с ремиттирующим РС (45) и с заболеваниями спектра оптикомиелита (23), а также у 6 здоровых лиц. В этих группах обнаружена разница в сайт-специфичных N-гликанах на структурах, участвующих в воспалительном процессе, которые рассматривались как потенциальные маркеры для дифференциальной диагностики РС и заболеваний спектра оптикомиелита [13].

P. Dojesak и соавт. (2022) исследовали N-гликом в сыворотке крови больных РС женщин и сравнивали с группой контроля. Был отмечен более высокий уровень сиалирования, галактозилирования и маннозы в группе РС [14].

M. Wuhreg и соавт. (2015) провели исследование гликозилирования белков в 48 парах цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) и сыворотки крови у 27 пациентов с различными формами РС и у 21 здорового пациента или пациентов

с другими заболеваниями нервной системы. В результате исследования были сделаны выводы, что гликозилирование IgG1 различалось в ЦСЖ и сыворотке крови как при РС, так и у группы контроля. При РС гликозилирование повышалось в ликворе, но не в сыворотке. Максимум изменений фукозилирования и GlcNAc отмечался через 2-3 месяца после обострения РС, а гликозилирование IgG1 коррелировало со степенью синтеза интратекальных IgG и с цитозом в ЦСЖ [15].

Корреляция по возрасту и полу пациентов с РС была выявлена количественными и качественными методами по количеству сахарных остатков, более ярко выраженная в ЦСЖ, чем в сыворотке крови. J. Decker и соавт. (2016) было показано, что галактозилирование IgG в ликворе зависит от возраста и пола – отмечаются более высокие значения у мужчин и у пациентов в возрасте 25–50 лет. Снижение галактозилированных IgG коррелирует с прогрессией РС и возрастанием показателя по шкале инвалидизации EDSS, а также сопровождается повышением интратекального синтеза IgG [16].

В настоящем исследовании была предпринята попытка выявления зависимости уровня IL-6 и SELP от формы, длительности течения и тяжести РС, что выявило только значимую связь SELP с длительностью течения заболевания для PPC. Данных о связи этих показателей с возрастом и полом пациентов получено не было.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают определенную специфичность изменений гликозилирования белков при РС, что позволяет использовать эти показатели в качестве маркеров для диагностики различных форм РС и сходных с ним заболеваний.

Несмотря на то что в проведенном исследовании была выявлена значимая связь только у SELP и только с длительностью заболевания при ремиттирующей форме РС, не исключена возможность получения дополнительных результатов при увеличении количества включенных в исследование пациентов, а также при включении в исследование других показателей гликома. Учитывая многообразие протеома и различия его модификаций в разных средах организма (сыворотка и плазма крови, цереброспинальная жидкость), а также разнообразие подходов к его изучению (множество количественных и качественных биохимических методов), представляется перспективным дальнейший поиск маркеров и предикторов течения РС. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Этическая экспертиза: протокол №255 заседания комитета по биоэтике при СамГМУ от 26 октября 2022 г.	Ethical expertise: minutes No. 255 of the meeting of the Committee on Bioethics at SamSMU dated October 26, 2022.
Источник финансирования. Из специального гранта «Приоритет 2030».	Study funding. From the special grant «Priority 2030».
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Елизаров М.А. – формулировка идеи и цели исследования, литературный поиск, написание текста. Повереннова И.Е. – проверка результатов воспроизведения, научное руководство проектом. Лахов А.С. – создание программного обеспечения, разработка алгоритмов исследования, оценка результатов. Золотов М.О. – разработка методов, лабораторный контроль проведения исследования. Перстенева Н.П. – статистический и теоретический анализ данных. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Elizarov M.A.: formulation of the idea and goal of the study, literature search, writing of the text. Poverennova I.E.: verification of the results of reproduction, scientific supervision of the project. Lakhov A.S.: software development, development of research algorithms, evaluation of the results. Zolotov M.O.: development of methods, laboratory control of the study. Persteneva N.P.: statistical and theoretical data analysis. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Gusev EI, Boyko AN. *Multiple Sclerosis*. М., 2020. (In Russ.). [Гусев Е.И., Бойко А.Н. *Рассеянный склероз*. М., 2020]. ISBN 978-5-6044140-5-7
- Haki M, Al-Biati HA, Al-Tameemi ZS, et al. Review of multiple sclerosis: Epidemiology, etiology, pathophysiology and treatment. *Medicine (United States)*. 2024;103(8):e37297. DOI: [10.1097/MD.00000000000037297](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000037297)
- Spirin NN, Kiseleva EV, Spirina NN. Neurofilament light chain: a diagnostic potential for multiple sclerosis. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2024;124(6):115-119. [Спирин Н.Н., Киселева Е.В., Спирина Н.Н. Нейрофиламент легких цепей: диагностические возможности при рассеянном склерозе. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2024;124(6):115-119]. DOI: <https://doi.org/10.17116/jnevro2024124061115>
- Swanberg KM, Kurada AV, Prinsen H, et al. Multiple sclerosis diagnosis and phenotype identification by multivariate classification of *in vivo* frontal cortex metabolite profiles. *Scientific Reports*. 2022;12(1):13888. DOI: [10.1038/s41598-022-17741-8](https://doi.org/10.1038/s41598-022-17741-8)
- Zhusupova AT, Kadyrova BB, Dzharparaliev NT, Kulov BB. Analysis of the risk factors and the prevalence of multiple sclerosis (Literature review). *Herald of KRSU*. 2022;22(5):121-126. [Жусупова А.Т., Кадырова Б.Б., Джапаралиева Н.Т., Кулов Б.Б. Анализ факторов риска и распространенности рассеянного склероза: обзор литературы. *Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета*. 2022;22(5):121-126. DOI: [10.36979/1694-500X-2022-22-5-121-126](https://doi.org/10.36979/1694-500X-2022-22-5-121-126)
- Kamenskikh EM, Alifirova VM, Pashkovskaya DV, et al. Serum neurofilament light chains in assessing the course of multiple sclerosis. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2024;124(1):89-93. [Каменских Е.М., Алифиров В.М., Пашковская Д.В., и др. Сывороточные легкие цепи нейрофиламентов в оценке течения рассеянного склероза. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2024;124(1):89-93]. DOI: [10.17116/jnevro202412401189](https://doi.org/10.17116/jnevro202412401189)
- Elchaninova EYu, Afanasyeva AI, Smagina IV, Elchaninova SA. Glial fibrillary acidic protein: is there a relationship with the course of multiple sclerosis and traumatic brain injury before the onset of multiple sclerosis? *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2024;124(10):80-84. [Ельчанинова Е.Ю., Афанасьева А.И., Смагина И.В., Ельчанинова С.А. Глиальный фибриллярный кислый белок: есть ли связь с течением рассеянного склероза и черепно-мозговой травмой до дебюта рассеянного склероза? *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2024;124(10):80-84]. DOI: [10.17116/jnevro202412410180](https://doi.org/10.17116/jnevro202412410180)
- Freeze HH. Genetic defects in the human glycome. *Nat Rev Genet*. 2006;7(7):537-551. DOI: [10.1038/nrg1894](https://doi.org/10.1038/nrg1894)
- Marth JD. Glycosylation in a Common Mechanism of Colitis and Sepsis. *The FASEB Journal*. 2020.34(S1):1. DOI: [10.1096/fasebj.2020.34.s1.00176](https://doi.org/10.1096/fasebj.2020.34.s1.00176)
- Zabczynska M, Kozłowska K. IgG glycozilation in autoimmune diseases. *Postepy Higieny i Medycyny Doswiadczalnej*. 2018;72:975-990. DOI: [10.5604/01.3001.0012.7351](https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.7351)
- Varki A, Cummings RD, Esko JD, et al. *Essentials of Glycobiology*. 4th edition. Cold Spring Harbor (NY): Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2022.
- Cvetko A, Kifer D, Gornik O, et al. Glycosylation Alterations in Multiple Sclerosis Show Increased Proinflammatory Potential. *Biomedicines*. 2020(10):410. DOI: [10.3390/biomedicines8100410](https://doi.org/10.3390/biomedicines8100410)
- Ip PP, Li Q, Lin WH, et al. Analysis of site-specific glycan profiles of serum proteins in patients with multiple sclerosis or neuromyelitisoptica spectrum disorder-a pilot study. *Glycobiology*. 2021;(9):1230-1238. DOI: [10.1093/glycob/cwab053](https://doi.org/10.1093/glycob/cwab053)
- Dojcsak D, Ilosvai AM, Vanyorek L, et al. NH₂-Functionalized Magnetic Nanoparticles for the N-Glycomic Analysis of Patients with Multiple Sclerosis. *Int J Mol Sci*. 2022;(16):9095. DOI: [10.3390/ijms23169095](https://doi.org/10.3390/ijms23169095)
- Wuhrer M, Selman MH, McDonnell LA, et al. Pro-inflammatory pattern of IgG1 Fc glycosylation in multiple sclerosis cerebrospinal fluid. *J Neuroinflammation*. 2015;(12):235. DOI: [10.1186/s12974-015-0450-1](https://doi.org/10.1186/s12974-015-0450-1)
- Decker Y, Schomburg R, Németh E, et al. Abnormal galactosylation of immunoglobulin G in cerebrospinal fluid of multiple sclerosis patients. *Mult Scler*. 2016;(14):1794-1803. DOI: [10.1177/1352458516631036](https://doi.org/10.1177/1352458516631036)

Научно-медицинский образовательный кластер как инструмент решения стратегических задач в области охраны общественного здоровья и организации здравоохранения в регионе

Л.Н. Борисоглебская¹, И.А. Снимщикова², О.А. Фирсова²,
М.О. Ревякина², Г.Г. Марьин³, Е.А. Медведева⁴, С.А. Суслин⁵

¹АО «Авиаавтоматика имени В.В. Тарасова» (Курск, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
(Орел, Российская Федерация)

³ФГБНУ «Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья
имени Н.А. Семашко» (Москва, Российская Федерация)

⁴ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

⁵ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»
Минздрава России (Самара, Россия)

Аннотация

Современный этап технологической эволюции в здравоохранении характеризуется синергией медико-биологических наук и цифровых технологий, формирующей новую парадигму доказательной медицины. Генеративный искусственный интеллект (генИИ), обладающий потенциалом обработки гетерогенных данных и генерации предиктивных моделей, выступает ключевым драйвером персонализации медицинских услуг. В рамках данного исследования проведен многоуровневый анализ институциональных и технологических аспектов формирования научно-медицинского кластера. Научно-медицинский образовательный кластер (НМОК) представляет собой перспективную организационно-экономическую модель, направленную на консолидацию ресурсов науки, образования, практического здравоохранения и бизнеса для достижения стратегических целей в области общественного здоровья.

Цель: изучить современные подходы к формированию научно-медицинских образовательных кластеров как инструмента решения стратегических задач в области охраны общественного здоровья и организации здравоохранения в регионе.

Материал и методы. В исследовании применены системный подход, метод контент-анализа данных научных исследований по проблеме, аналитический метод для оценки эффективности кластерной модели в условиях российских регионов.

Результаты. Выявлены ключевые системные ограничения: фрагментарность управления, дефицит кадров, управленческих компетенций и недостаточная ориентация научных разработок на приоритеты общественного здоровья. Определены проблемы формирования научно-медицинских образовательных кластеров в современных условиях и путей их решения.

Заключение. Формирование научно-медицинских кластеров выступает ключевым фактором развития инновационной экосистемы здравоохранения, обеспечивающей интеграцию академической науки, образовательных институтов, предпринимательского сектора и государственного регулирования. Ключевыми условиями успешности НМОК в регионе являются такие показатели, как лидирующая роль органа управления здравоохранением в координации всех участников кластера; ориентация на приоритеты общественного здоровья, определяемые на основе эпидемиологического анализа и данных мониторингов; интеграция образовательных программ в сферу управления искусственным интеллектом и экономики здравоохранения в деятельность кластера для подготовки кадров, способных работать в междисциплинарной среде; инвестиции в инновации с достигаемыми медико-демографическими и экономическими показателями.

Ключевые слова: научно-медицинский кластер, управление здравоохранением.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Борисоглебская Л.Н., Снимщикова И.А., Фирсова О.А., Ревякина М.О., Марьин Г.Г., Медведева Е.А., Суслин С.А. Научно-медицинский образовательный кластер как инструмент решения стратегических задач в области охраны общественного здоровья и организации здравоохранения в регионе. *Наука и инновации в медицине*. 2026;11(1):15-20. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM693097>

Сведения об авторах

Борисоглебская Л.Н. – д-р экон. наук, профессор, советник генерального конструктора по перспективным направлениям.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5972-0905>

E-mail: boris-bleb@rambler.ru

Снимщикова И.А. – д-р мед. наук, директор Медицинского института.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4258-963X>

E-mail: snimshikova@mail.ru

Фирсова О.А. – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры общественного здоровья,

здравоохранения и гигиены.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2722-8627>

E-mail: koroleva_olesya@mail.ru

Ревякина М.О. – канд. мед. наук, и.о. заведующей молодежной лаборатории

молекулярной, трансляционной и цифровой кардиоиммунологии.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1593-5290>

E-mail: revyakina_masha@mail.ru

***Марьин Герман Геннадьевич** – д-р мед. наук, доцент, ведущий

научный сотрудник отдела стратегического планирования.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2179-8421>

E-mail: ger-marin@yandex.ru

Медведева Е.А. – канд. мед. наук, доцент кафедры

детских инфекционных болезней.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7786-3777>

E-mail: evgeniya0103med@yandex.ru

Суслин С.А. – д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой организации

здравоохранения, общественного здоровья и права.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2277-216X>

E-mail: s.a.suslin@samsmu.ru

***Автор для переписки**

Список сокращений

НМОК – научно-медицинский образовательный кластер;

ИИ – искусственный интеллект.

Получено: 13.10.2025

Одобрено: 23.12.2025

Опубликовано: 14.01.2026

Scientific-medical educational cluster as a tool for addressing strategic objectives in public health and healthcare organization at the regional level

Larisa N. Borisoglebskaya¹, Irina A. Snimshchikova², Olesya A. Firsova²,
Mariya O. Revyakina², German G. Maryin³, Evgeniya A. Medvedeva⁴, Sergei A. Suslin⁵

¹JSC Aviaautomatics named after V.V. Tarasov (Kursk, Russian Federation)

²Orel State University named after I.S. Turgenev (Orel, Russian Federation)

³National Research Institute of Public Health named after N.A. Semashko (Moscow, Russian Federation)

⁴Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russian Federation)

⁵Samara State Medical University (Samara, Russian Federation)

Abstract

The current stage of technological evolution in healthcare is characterized by the synergy of biomedical sciences and digital technologies, shaping a new paradigm of evidence-based medicine. Generative artificial intelligence (GenAI), with its potential to process heterogeneous data and generate predictive models, is a key driver for the personalization of medical services. This study conducted a multi-level analysis of the institutional and technological aspects of developing a scientific and medical cluster. A scientific-medical educational cluster (SMEC) represents a promising organizational and economic model aimed at consolidating the resources of science, education, practical healthcare, and business to achieve strategic public health goals.

Aim: to study modern approaches to the development of scientific-medical educational clusters as a tool for addressing strategic objectives of public health and healthcare organization on the regional level.

Material and methods. The study utilized a systems approach, a content analysis method for research data on the issue, and an analytical method for assessing the effectiveness of the cluster model in the context of Russian regions.

Results. Key systemic limitations were identified: fragmented management, shortage of personnel and management competencies, and insufficient focus of scientific research on public health priorities. The challenges of forming scientific and medical educational clusters in the current context and ways to address them were identified.

Conclusion. Organization of scientific-medical clusters is a key factor in the development of an innovative healthcare ecosystem, ensuring the integration of academic science, educational institutions, the business sector, and government regulation. Key factors for the success of scientific and medical educational clusters in the region include the leading role of the healthcare authority in coordinating all cluster participants; focus on public health priorities determined based on epidemiological analysis and monitoring data; integration of educational programs in artificial intelligence management and healthcare economics into cluster activities to train personnel capable of working in an interdisciplinary environment; investments in innovations with achievable medical, demographic and economic indicators.

Keywords: scientific-medical cluster, healthcare management.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Borisoglebskaya LN, Snimshchikova IA, Firsova OA, Revyakina MO, Maryin GG, Medvedeva EA, Suslin SA. **Scientific-medical educational cluster as a tool for addressing strategic objectives in public health and healthcare organization at the regional level.** *Science and Innovations in Medicine*. 2026;11(1):15-20. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM693097>

Information about authors

Larisa N. Borisoglebskaya – Dr. Sci. (Economics), Professor, advisor to the General Designer on promising areas.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5972-0905>

E-mail: boris-gleb@rambler.ru

Irina A. Snimshchikova – Dr. Sci. (Medicine), Director of the Medical Institute.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4258-963X>

E-mail: snimshikova@mail.ru

Olesya A. Firsova – Cand. Sci. (Economics), Associate professor, Associate professor of the Department of Public Health, Healthcare and Hygiene.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2722-8627>

E-mail: koroleva_olesya@mail.ru

Mariya O. Revyakina – Cand. Sci. (Medicine), Acting Head of the Youth Laboratory of Molecular, Translational and Digital Cardioimmunology.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1593-5290>

E-mail: revyakina_masha@mail.ru

German G. Maryin – Dr. Sci. (Medicine), Associate professor, Leading Researcher of the Department of Strategic Planning.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2179-8421>

E-mail: ger-marin@yandex.ru

Evgeniya A. Medvedeva – Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of Pediatric Infectious Diseases.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7786-3777>

E-mail: evgeniya0103med@yandex.ru

Sergei A. Suslin – Dr. Sci. (Medicine), Associate professor, Head of the Department of Healthcare Organization, Public Health and Law.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2277-216X>

E-mail: s.a.suslin@samsmu.ru

*Corresponding author

Received: 13.10.2025

Accepted: 23.12.2025

Published: 14.01.2026

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время современные технологии играют ключевую роль в развитии и повышении конкурентоспособности государств на международной арене. Российская Федерация самостоятельно определяет технологическую политику, непрерывно совершенствуя деятельность в области науки и инноваций, осуществляя контроль критически важных технологий, обеспечивая их стабильность и независимость развития. В связи с этим целесообразно рассмотреть внутригосударственные подходы по определению приоритетов развития в сфере технологий через интеграцию науки, образования и технологий [1, 2].

Медицина является одной из наиболее динамично развивающихся областей науки и практики. Инновационные подходы к диагностике, лечению и профилактике заболеваний требуют постоянного обновления знаний и технологий. Однако успешная реализация научных идей

невозможна без совместных усилий ученых, врачей, предпринимателей и государственных структур. Развитие современной медицины требует комплексного подхода, включающего тесное взаимодействие между научными, медицинскими, образовательными, коммерческими и государственными общественными институтами. В условиях глобальной технологической гонки формирование научно-медицинских кластеров становится стратегическим приоритетом для обеспечения национальной конкурентоспособности [3, 4].

Согласно теории «тройной спирали» Х. Эцковица (2017), инновационная экосистема возникает на пересечении интересов трех составляющих – академических институтов, бизнеса и государства, каждая из которых имеет свои особенности, однако все они взаимосвязаны и являются необходимым условием для обеспечения национального суверенитета. В настоящее время модель

«тройной спирали» приобретает актуальность в свете реализации национальных проектов «Здравоохранение» и «Наука», направленных на дальнейшее развитие критических технологий [5].

Научная, образовательная и технологическая составляющие в сфере здравоохранения способствуют формированию специфического научно-технологического пространства – научно-медицинского образовательного кластера (НМОК). Медицинская отрасль, как показывают исследования, обладает мультипликативным эффектом для регионального развития: каждый рубль, инвестированный в здравоохранение, генерирует до 3 рублей добавленной стоимости через создание рабочих мест, развитие смежных отраслей и повышение качества человеческого капитала. Однако, как отмечают некоторые исследователи, в России сохраняется дисбаланс между научным потенциалом и коммерциализацией разработок: лишь 12% медицинских патентов внедряются в клиническую практику [6, 7].

Формирование НМОК выступает эффективным инструментом для достижения устойчивого роста и повышения конкурентоспособности региона. Такая возможность позволяет интегрировать ресурсы и компетенции всех участников, создавая условия для масштабирования научных достижений и внедрения передовых технологий в повседневную медицинскую практику [8, 9].

Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) трансформировало подходы к взаимодействию между врачом и пациентом, сделав возможным дистанционное наблюдение, автоматизированную обработку данных и создание новых инструментов поддержки принятия решений. Важнейший вклад ИИ заключается в способности обрабатывать разнородные медицинские данные, создавая принципиально новые возможности для персонализации медицинской помощи. Активное развитие ИИ и особенности управления медицинской сферой вызывают необходимость разработчиков продуктов ИИ и медицинские организации работать совместно в рамках кластера с целью фокусировки на конкретной области медицины и отбора тех продуктов ИИ, которые соответствуют их бизнес-модели, имеют потенциал в дальнейшей коммерциализации, а также могут быть наиболее безболезненно, «бесшовно» встроены в региональные системы здравоохранения. Таким образом, очевидно, что к числу важнейших характеристик современного НМОК в настоящее время можно отнести его цифровую инфраструктуру [10–12].

■ ЦЕЛЬ

Изучить современные подходы к формированию НМОК как инструмента решения стратегических задач в области охраны общественного здоровья и организации здравоохранения в регионе.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалами исследования явились научные публикации за последние десять лет по деятельности НМОК страны.

С помощью контент-анализа обобщены сведения литературных данных по оценке потенциального влияния

кластеризации на ключевые показатели здоровья населения и эффективности использования ресурсов, с учетом результатов изучения мнений по деятельности научно-медицинских образовательных кластеров руководителей медицинских организаций, представителей органов исполнительной власти и профильных департаментов в сфере здравоохранения регионов.

Аналитический метод использован для изучения успешных практик интеграции структурных элементов науки, образования и медицины в кластеры, в частности, проект «Интеллектуальная платформа диагностики кардиоваскулярных патологий» (г. Орел), позволивший оценить эффект для системы здравоохранения в сокращении сроков диагностики и снижении нагрузки на врачей-рентгенологов; результаты акселерационной программы «МедБиоТех».

Системный анализ и метод организационного моделирования использован для структурно-функциональной характеристики кластера, его участников, а также определения путей решения проблем, связанных с научно-медицинскими кластерами с позиций управления здравоохранением на региональном уровне.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе исследования было сформулировано, что в современных условиях НМОК представляет собой систему взаимосвязанных организаций и институтов, объединенных общей целью продвижения медицинских инноваций и повышения эффективности оказания медицинских услуг [3].

Основными компонентами кластера выступают учреждения высшего медицинского и фармацевтического образования, исследовательские институты и лаборатории, клинические больницы и специализированные медицинские организации, предприятия фармацевтического и медицинского приборостроительного профиля, государственные структуры, регулирующие отрасль и поддерживающие программы финансирования [8, 13].

К преимуществам формирования НМОК относятся повышение производительности и снижение затрат на проведение исследований, улучшение доступности высококачественных медицинских услуг для населения, стимулирование технологического прогресса и развитие новых подходов к диагностике и лечению болезней, рост экономической активности региона за счет увеличения числа рабочих мест и объема налоговых поступлений.

Также медицинским кластерам в современных условиях присущи некоторые принципиальные особенности, связанные с возможными дополнительными источниками внешнего финансирования, отсутствием жесткой привязки к географическому местоположению участников, с важностью внедрения современных информационных и коммуникационных технологий, а также различные подходы к осуществлению экстренных и плановых медицинских вмешательств [14].

Кластерный подход к экономике знаний занял одно из ключевых мест в стратегиях социально-экономического развития России, что позволяет заявить об активном использовании кластерного подхода в образовании [15].

В то же время существует ряд барьеров, препятствующих активному формированию полноценного научно-медицинского кластера: недостаточная координация

Сильные стороны	Слабые стороны
Наличие научно-исследовательских проектов с патентами в области биотехнологий. Поддержка цифровых государственных программ.	Низкая инвестиционная активность (менее 5% валового регионального продукта). Отток молодых специалистов (около 12% за пять лет).
Возможности	Угрозы
Участие в федеральных грантах (национальные проекты). Партнерство с АО «Авиаавтоматика» (трансфер технологий).	Конкуренция с московскими кластерами. Санкционные ограничения на импорт оборудования.

Таблица 1. SWOT-анализ потенциала медицинского кластера Орловской области

Table 1. SWOT analysis of the medical cluster potential in the Oryol region

действий между представителями разных сфер; ограниченность финансовых ресурсов для реализации амбициозных проектов; недостаточно высокая мотивация коммерческих компаний инвестировать в долгосрочные проекты; низкий уровень информированности общественности относительно существующих инициатив и перспектив развития кластера [16, 17].

Нами был осуществлен SWOT-анализ потенциала медицинского кластера с учетом его сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз на примере Орловской области (**таблица 1**) [18].

Проведенный SWOT-анализ потенциала Орловской области выявил, что ключевыми угрозами являются не столько санкции, сколько внутренние организационные барьеры, а именно: низкая инвестиционная активность, отток кадров и слабая координация усилий.

Отметим и некоторые экономические эффекты кластеризации. Внедрение ИИ-платформы диагностики в 12 медицинских учреждений области (2022-2023 гг.) привело к сокращению времени обработки КТ-снимков на 40%; уменьшению затрат на повторные исследования на 18 млн руб./год; росту удовлетворенности пациентов до 89% в 2023 году (с 67% в 2021 году). В соответствии с прогнозом мультипликативного эффекта кластера к 2030 году ожидается создание дополнительных 1200 рабочих мест, прирост налоговых поступлений на 2,3 млрд руб.

Создание научно-медицинских кластеров – важный элемент инновационного развития Орловского региона, однако этот процесс сопряжен с рядом управленческих проблем и институциональных сложностей.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Организация научно-медицинского кластера является важнейшим фактором инновационного развития региона. Благодаря консолидации усилий всех участников возможно достижение качественно нового уровня оказания медицинских услуг, повышение инвестиционной привлекательности региона и укрепление позиций российских производителей медикаментов и оборудования. Успешная реализация поставленных задач потребует активного взаимодействия между всеми субъектами, вовлеченными в этот процесс, и последовательной реализации предложенных рекомендаций.

Проанализировав имеющийся опыт, мы выделили ряд проблем при формировании научно-медицинских образовательных кластеров и путей их решения (**таблица 2**).

Для решения указанных проблем необходимо создание эффективных механизмов взаимодействия всех участников процесса. Эти механизмы включают следующие компоненты: создание координационного совета с целью регулярного обсуждения вопросов взаимодействия и выработки согласованной стратегии; финансовая поддержка – привлечение грантов и целевого финансирования для реализации значимых проектов; информационная открытость – обеспечение прозрачности в вопросах распределения ресурсов и продвижения успешных практик; подготовка кадрового резерва – разработка специальных программ обучения и стажировок для молодых специалистов; использование технологий ИИ, которые улучшают результаты обучения, создавая персонализированную, иммерсивную и интерактивную среду, поддерживают

Проблема	Суть проблемы	Пути решения
Высокие первоначальные затраты	Развертывание инфраструктуры НМОК требует значительных финансовых вложений. Строительство лабораторий, медицинских учреждений, приобретение оборудования и создание современных рабочих мест требуют больших капиталовложений. Без государственной поддержки и привлечения частных инвестиций такие проекты становятся экономически невыгодными.	Государственно-частное партнерство (ГЧП), привлечение грантов и субсидий от федеральных и региональных властей, использование налоговых льгот и преференций для инвесторов.
Недостаточная квалифицированная рабочая сила	Научно-медицинские центры нуждаются в высококвалифицированных специалистах, включая врачей, исследователей и инженеров. Однако дефицит кадров в регионах России является серьезной проблемой. Это связано с низким уровнем жизни, отсутствием социальных условий и низкой заработной платой.	Создание привлекательных условий труда, повышение уровня зарплат, развитие образовательных программ подготовки специалистов в местных вузах, программы переселения и адаптации новых сотрудников.
Ограниченный доступ к финансированию научных исследований	Финансирование научных проектов в основном зависит от государственных грантов и контрактов, которые распределяются централизованно. Региональные научные учреждения сталкиваются с ограниченным доступом к таким ресурсам, особенно в условиях конкуренции с крупными федеральными научными центрами.	Формирование региональной научной политики, направленной на поддержку локальных инициатив, разработка механизмов целевого финансирования перспективных направлений науки и медицины.
Недостаточно развитые технологические цепочки	Для успешного функционирования НМОК необходимы тесные связи между наукой, образованием и производством. Отсутствие налаженных технологических цепочек затрудняет внедрение результатов исследований в практику и снижает конкурентоспособность продуктов и услуг.	Развитие кооперации между университетами, исследовательскими институтами и промышленностью, поддержка стартапов и инновационных предприятий, формирование специализированных технопарков и бизнес-инкубаторов.
Проблемы взаимодействия бизнеса и науки	Частные инвесторы и предприниматели зачастую недостаточно осведомлены о возможностях сотрудничества с научным сообществом. Низкий уровень доверия и недостаток опыта ведения совместных проектов также препятствуют эффективному взаимодействию.	Организация конференций, семинаров и форумов, направленных на установление контактов между бизнесом и наукой, создание специальных агентств и фондов, способствующих развитию взаимовыгодных отношений.

Таблица 2. Пути решения проблем, связанных с научно-медицинскими кластерами

Table 2. Ways to solve problems related to scientific-medical clusters

принятие клинических решений и отработку практических навыков [19]; привлечение частного капитала – инициирование партнерства с крупными компаниями, готовыми вкладывать средства в наукоемкие проекты.

Возможности консолидации ресурсов региона в сфере медицинского образования для дальнейшего создания глобально конкурентных медицинских продуктов должны включать вышеперечисленные синергии компетенций. Анализ проведенных исследований по данной тематике также позволяет сделать вывод, что объединение всех элементов НМОК региона позволит выбрать приоритетные векторы обучения специалистов, основываясь на изучении актуальных нужд субъекта Российской Федерации [20].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование научно-медицинских кластеров выступает ключевым фактором развития инновационной экосистемы здравоохранения, обеспечивающей интеграцию академической науки, образовательных институтов, предпринимательского сектора и государственного регулирования. Формирование НМОК под руководством и при непосредственном участии организаторов здравоохранения является стратегическим инструментом повышения

эффективности системы и улучшения показателей общественного здоровья. Кластерная модель позволяет перейти от разрозненных усилий отдельных учреждений к целенаправленной, скоординированной деятельности, ориентированной на конечный результат – улучшение здоровья населения.

Ключевыми условиями успешности НМОК в регионе являются такие показатели, как лидирующая роль органа управления здравоохранением в координации всех участников кластера; ориентация на приоритеты общественного здоровья, определяемые на основе эпидемиологического анализа и данных мониторингов; интеграция образовательных программ в сфере управления ИИ и экономики здравоохранения в деятельность кластера для подготовки кадров, способных работать в междисциплинарной среде; инвестиции в инновации с достигаемыми медико-демографическими и экономическими показателями.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка системы показателей эффективности деятельности НМОК, интегрированной с критериями оценки работы руководителей органов управления здравоохранением и медицинских организаций. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания №075-00195-25-05 от 30.05.2025г. на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов, проект № FSGN-2024-0007 (1023110800218-7-3.2.4;3.1.3;2.6.1).	Study funding. The study was carried out within the framework of state assignment No. 075-00195-25-05 dated May 30, 2025 for 2025 and for the planning period of 2026 and 2027, project No. FSGN-2024-0007 (1023110800218-7-3.2.4; 3.1.3; 2.6.1).
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Борисоглебская Л.Н., Снимщикова И.А., Марьин Г.Г. – разработка концепции статьи, анализ данных. Фирсова О.А., Ревякина М.О., Медведева Е.А. – написание текста статьи. Суслин С.А. – редактирование статьи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Borisoglebskaya L.N., Snimshchikova I.A., Maryin G.G.: development of the concept of the article, data analysis. Firsova O.A., Revyakina M.O., Medvedeva E.A.: writing of the text of the article. Suslin S.A.: editing of the article. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.


ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Peskov DN, Siling AL, Potapov KE, Gribov EN. Methodical approaches to the elaboration of a sovereign technological development model. *Problems of Forecasting*. 2025;1(208):62-76. [Песков Д.Н., Силинг А.Л., Потапов К.Е., Грибов Е.Н. Методические подходы к разработке модели суверенного технологического развития. *Проблемы прогнозирования*. 2025;1(208):62-76]. DOI: <https://doi.org/1047711/0868-6361-208-62-77>
2. Litvina KYa. New technological policy as an instrument of strategic public management. *Progressive Economics*. 2024;2:5-21. [Литвина К.Я. Новая технологическая политика как инструмент стратегического государственного управления. *Прогрессивная экономика*. 2024;2:5-21]. DOI: https://doi.org/10.54861/27131211_2024_2_5
3. Vardomatskaya LP, Kuznetsova VP, Voronina TV. Scientific and educational innovative medical cluster in digital economy. *State and Municipal Management. Scholar Notes*. 2022;1:75-82. [Вардомацкая

- Л.П., Кузнецова В.П., Воронина Т.В. Научно-образовательный инновационный медицинский кластер в цифровой экономике. *Государственное и муниципальное управление. Ученые записки*. 2022;1:75-82]. DOI: <https://doi.org/10.22394/2079-1690-2022-1-1-75-82>
4. Amlaev KR, Koychueva SM. The science and innovations within the framework of implementation of cluster approaches in the scientific educational cluster "North Caucasian". *Problemi socialnoi gigieni, zdravookhraneniya i istorii meditsini*. 2021;29(1):135-138. [Амлаев К.Р., Койчуева С.М. Наука и инновации в рамках реализации кластерных подходов в научно-образовательном медицинском кластере «Северо-Кавказский». *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2021;29(1):135-138]. DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2021-29-1-135-138>
5. Etkowitz H, Zhou C. *The Triple Helix: University – Industry – Government Innovation and Entrepreneurship*. Routledge, 2017.
6. Портер М., Тейсберг Э. *Переопределение здравоохранения: создание конкуренции, основанной на результате*. М., 2021.

7. Esterle TA. Problems and prospects for the development of Russia's scientific and technical potential, ensuring the country's competitiveness in the international technology market. *Young Scientist*. 2023;22(469):227-229. (In Russ.). [Эстерле Т.А. Проблемы и перспективы развития научно-технического потенциала России, обеспечение конкурентоспособности страны на международном рынке технологий. *Молодой ученый*. 2023;22(469):227-229]. URL: <https://moluch.ru/archive/469/103683/>
8. Zverev VV, Gabbasov FF, Samedova EN. Cluster approach to development of the regional health system. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics*. 2019;1:76-87. [Зверев В.В., Габбасов Ф.Ф., Самедова Э.Н. Кластерный подход к развитию региональной системы здравоохранения. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*. 2019;1:76-87]. DOI: <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2019-1-76-87>
9. Veduta AV. Development of medical clusters in the Russian Federation. *Young Scientist*. 2023;24(471):157-158. (In Russ.). [Ведута А.В. Развитие медицинских кластеров на территории Российской Федерации. *Молодой ученый*. 2023;24(471):157-158]. URL: <https://moluch.ru/archive/471/104234>
10. Svistunov AA, Osadchuk MA, Vasilieva IN, Mironova ED. Digital medicine and artificial intelligence: present and future. *Infectious Diseases: News, Opinions, Training. Journal named after Academician N.D. Yushchuk*. 2025;14(3):86-92. [Свистунов А.А., Осадчук М.А., Васильева И.Н., Миронова Е.Д. Цифровая медицина и искусственный интеллект: настоящее и будущее. *Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение. Журнал имени академика Н.Д. Ющука*. 2025;14(3):86-92]. DOI: <https://doi.org/10.33029/2305-3496-2025-14-3-86-92>
11. Chen CE, Harrington RA, Desai SA, et al. Characteristics of Digital Health Studies Registered in ClinicalTrials.gov. *JAMA Intern Med*. 2019;179(6):838-840. DOI: [10.1001/jamainternmed.2018.7235](https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.7235)
12. Suslin SA, Kiryakova OV, Kolsanova OA, Alyokhin IA, Tribunskaya SA. Information technologies in improving the organization of medical care to the population. *Current problems of healthcare and medical statistics*. 2024;2:805-822. [Суслин С.А., Кирьякова О.В., Колсанова О.А., Алехин И.А., Трибунская С.А. Информационные технологии в совершенствовании организации оказания медицинской помощи населению. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2024;2:805-822]. DOI: <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-2-805-822>
13. Suslin SA, Alyokhin IA, Izmalkov NS, Kolsanova OA. Organization and development of university medical clinics in Russia Research article. *International Research Journal*. 2025;4(154):1-9. [Суслин С.А., Алехин И.А., Измаков Н.С., Колсанова О.А. Организация и развитие университетских медицинских клиник в России. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2025;4(154):1-9]. DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.104>
14. Gertsik YuG. Formation of cluster systems in the healthcare and medical industry. *Economics and Management: Problems, Solutions*. 2017;4(5-2):23-27. [Герцик Ю.Г. Формирование кластерных систем в сфере здравоохранения и медицинской промышленности. *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2017;4(5-2):23-27]. EDN: [ZBOFGD](https://doi.org/10.24923/2222-243X.2023-49.56)
15. Ivanov SA. Cluster approach in education as an organizational and methodological basis for the development of the education system of the Russian Federation. *KANT*. 2023;4(49):308-313. [Иванов С.А. Кластерный подход в образовании как организационная и методологическая основа развития системы образования Российской Федерации. *KANT*. 2023;4(49):308-313]. DOI: <https://doi.org/10.24923/2222-243X.2023-49.56>
16. Artamonova GV, Danilchenko YaV, Kostomarova TS, et al. Cluster principle of efficiency increase of scientific, educational and medical activity *Manager Zdravoochraneniya*. 2015;3:43-50. [Артамонова Г.В., Данильченко Я.В., Костомарова Т.С., и др. Кластерный принцип повышения результативности научно-образовательной и медицинской деятельности. *Менеджер здравоохранения*. 2015;3:43-50]. URL: <https://idmz.ru/jurnali/manager-zdravoochraneniya/2015/3/klasteryi-printsip-povysheniia-rezultativnosti-nauchno-obrazovatelnoi-i-meditssinskoj-deiatelnosti>
17. Polyanin AV, Pronyaeva LI, Pavlova AV. Development of the healthcare system based on the cluster approach. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2021;29:694-702. [Полянин А.В., Проняева Л.И., Павлова А.В. Развитие системы здравоохранения на основе кластерного подхода. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2021;29:694-702]. DOI: [10.32687/0869-866X-2021-29-s1-694-702](https://doi.org/10.32687/0869-866X-2021-29-s1-694-702)
18. Sadovskaya MA, Novikov AYU. SWOT-analysis in healthcare as a tool to increase the sustainability and effectiveness of the provision of medical services. *The scientific heritage*. 2019;42:64-69. [Садовская М.А., Новиков А.Ю. SWOT-анализ в здравоохранении как инструмент повышения устойчивости и эффективности сферы оказания медицинских услуг. *The scientific heritage*. 2019;42:64-69]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/swot-analiz-v-zdravoochranenii-kak-instrument-povysheniya-ustoychivosti-i-effektivnosti-sfery-okazaniya-meditssinskih-uslug/viewer>
19. Khakpaki A. Advancements in artificial intelligence transforming medical education: a comprehensive overview. *Medical Education Online*. 2025;30(1):2542807. DOI: [10.1080/10872981.2025.2542807](https://doi.org/10.1080/10872981.2025.2542807)
20. Amlaev KR, Koychueva SM, Khodzhan AV, Mazharov VN. The improvement of medical education within the framework of scientific educational cluster. *Problems of social hygiene, health care and history of medicine*. 2024;1:94-101. [Амлаев К.Р., Койчуева С.М., Ходжаян А.Б., Мажаров В.Н. Совершенствование медицинского образования в рамках научно-образовательного медицинского кластера. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2024;1:94-101]. DOI: [10.32687/0869-866X-2024-32-1-94-101](https://doi.org/10.32687/0869-866X-2024-32-1-94-101)

Оригинальное исследование | Original study article
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM699961>

 This work is licensed under CC BY 4.0
© Authors, 2026

Социологический анализ потребностей студентов российского многопрофильного университета в медико-профилактической помощи

М.В. Черняев

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
(Москва, Российская Федерация)

Аннотация

Цель: выявить потребности студентов в медико-профилактической помощи, определить барьеры доступа к медицинским услугам и оценить готовность к внедрению интегрированной модели «Университет здоровья» на примере РУДН им. Патриса Лумумбы.

Материал и методы. Проведено социологическое исследование методом анкетирования 682 студентов (489 российских, 193 иностранных) в возрасте 17–35 лет, распределенных по разным курсам, факультетам и направлениям подготовки. Использована авторская анкета из 60 вопросов с включением валидированного опросника EQ-5D-5L для оценки качества жизни.

Результаты. Большинство студентов (73,2%) оценили свое здоровье как хорошее и отличное. Однако значительное число обучающихся отметили сложности с психоэмоциональным здоровьем. Тревожные состояния отмечены у 44,7% студентов, среднее значение по шкале здоровья EQ-5D-5L составило $70,8 \pm 15,2$ балла из 100. Ограниченная физическая активность наблюдается у 39,3% студентов, недостаточный

сон характерен для 49,8% опрошенных. 89,4% студентов осведомлены о наличии Клинико-диагностического центра университета, однако обращались туда только 52,8%. Основными барьерами доступа являются организационные (длительное ожидание 20,1%, неудобное время 15,0%). 69,6% студентов положительно относятся к идее интегрированной модели «Университет здоровья» и 67,7% готовы активно использовать предлагаемые услуги.

Заключение. Исследование подтверждает необходимость развития интегрированной модели медико-профилактической помощи. Высокая готовность студентов к концепции «Университет здоровья» создает условия для успешной реализации этой модели в практике многопрофильного университета.

Ключевые слова: медико-профилактическая помощь, доступность медицинской помощи, академический медицинский кластер, университет здоровья.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Черняев М.В. Социологический анализ потребностей студентов российского многопрофильного университета в медико-профилактической помощи. *Наука и инновации в медицине*. 2026;11(1):21-30.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM699961>

Сведения об авторе

*Черняев Михаил Викторович – канд. мед. наук, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4925-7475>

E-mail: mikhailchernyaev@mail.ru

*Автор для переписки

Список сокращений

КДЦ – клинико-диагностический центр; ДИ – доверительный интервал.

Получено: 29.12.2025

Одобрено: 20.01.2026

Опубликовано: 26.01.2026

Sociological analysis of medical and preventive care needs among students of a Russian multidisciplinary university

Mikhail V. Chernyaev

Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russian Federation)

Abstract

Aim: to identify students' needs for medical and preventive care, identify barriers to access to medical services, and assess readiness to implement the integrated University of Health model using the example of the RUDN University.

Material and methods. A sociological survey was conducted by interviewing 682 students (489 Russian, 193 foreigners) aged 17-35 years, divided into different courses, faculties and areas of study. An author's questionnaire of 60 questions was used with the inclusion of a validated EQ-5D-5L questionnaire to assess the quality of life.

Results. The majority of students (73.2%) rated their health as good and excellent. However, a significant number of students noted difficulties with mental and emotional health. Anxiety states were noted in 44.7% of students, the average value on the EQ-5D-5L health scale was 70.8 ± 15.2 points out of 100. Limited physical activity is observed in 39.3% of students, insufficient

sleep is typical for 49.8% of respondents. 89.4% of students are aware of the presence of the university Clinical Diagnostic Center, while only 52.8% applied there. The main barriers to access are organizational (long waiting 20.1%, inconvenient time 15.0%). 69.6% of students are positive about the idea of the integrated "University of Health" model and 67.7% are ready to actively use the services offered.

Conclusion. The study confirms the need to develop an integrated model of medical and preventive care. The high readiness of students for the concept of the "University of Health" creates conditions for the successful implementation of this model in the practice of a multidisciplinary university.

Keywords: medical and preventive care, accessibility of medical care, academic medical cluster, University of health.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Chernyaev MV. Sociological analysis of medical and preventive care needs among students of a Russian multidisciplinary university. *Science and Innovations in Medicine*. 2026;11(1):21-30. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM699961>

Information about author

*Mikhail V. Chernyaev – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of Hospital Surgery with a course in Pediatric Surgery.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4925-7475>

E-mail: mikhailchernyaev@mail.ru

*Corresponding author

Received: 29.12.2025

Accepted: 20.01.2026

Published: 26.01.2026

■ ВВЕДЕНИЕ

Студенчество – это особая социальная группа, находящаяся в критическом периоде формирования основополагающих привычек и стереотипов, определяющих здоровье на протяжении всей дальнейшей жизни. Поступление в университет сопровождается выраженным напряжением адаптивного потенциала организма человека и подвергает его воздействию многочисленных факторов риска, зачастую превосходящих адаптационные возможности [1–3]. Сохранение здоровья студентов является одной из приоритетных задач как системы образования, так и системы здравоохранения Российской Федерации.

По данным научно-исследовательских работ, проводимых в российских вузах, более 50% студентов имеют отклонения в состоянии здоровья. Исследования НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков показали, что за последние два десятилетия распространенность функциональных отклонений среди молодежи значительно увеличилась. Интенсивная учебная деятельность, психоэмоциональные перегрузки, неправильный образ жизни, недостаточная физическая активность, нарушения режима сна и питания способствуют развитию различных заболеваний и функциональных расстройств [4–6].

Особую озабоченность вызывает проблема психоэмоционального состояния студентов. Согласно исследованиям, проведенным в 2024 году учеными Московского городского педагогического университета, самой частой психологической проблемой студентов является повышенная тревожность, которая была выявлена у 46% респондентов. 32% студентов испытывают трудности с определением своих жизненных целей и нуждаются в психологической поддержке [7].

Современные исследования в области здравоохранения подтверждают прямую связь между состоянием здоровья студентов и их академической успеваемостью. Так, неблагоприятное физическое состояние может значительно снижать эффективность обучения, препятствуя достижению образовательных целей и может привести к академическому отчислению. Поэтому обеспечение здоровья студентов становится не просто медицинской, но и педагогической задачей первостепенной важности [8, 9].

Вместе с тем современная система оказания медицинской помощи студентам в российских университетах зачастую фрагментирована и недостаточно интегрирована. Первичная медико-санитарная помощь, профилактические мероприятия, санаторно-курортное лечение и оздоровление функционируют часто как отдельные, слабо связанные друг с другом компоненты. Это приводит к неэффективному использованию ресурсов и не позволяет полностью удовлетворить потребности студентов в комплексной медико-профилактической поддержке [10, 11].

На этом фоне все большее внимание в мировой практике уделяется развитию концепции «Здорового университета» (Health Promoting University), рекомендуемой ВОЗ. Она предполагает комплексный и интегрированный подход к укреплению здоровья всех членов университетской общности, включая студентов и преподавателей, путем объединения усилий медицинских служб, учебных подразделений, администрации и социальных структур. Интегрированная модель обеспечивает координированное

предоставление медицинской помощи, профилактических услуг, программ формирования здорового образа жизни и психологической поддержки в единой организационной системе [12–14].

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы является многопрофильным вузом, являющимся альма-матер для студенческого контингента из 152 стран мира. С одной стороны, это создает дополнительные возможности для культурного обогащения обучающихся, с другой стороны, формирует специфические вызовы в области обеспечения их здоровья, включающие языковые барьеры, адаптационные сложности, различия в культурных подходах к здоровью и восприятию медицинских услуг [15, 16].

РУДН располагает клинико-диагностическим центром (КДЦ), санаторием-профилакторием и рядом иных медицинских структур, включая университетскую клиническую больницу. Несмотря на наличие этих ресурсов, целостная интегрированная модель медико-профилактической помощи студентам, которая бы эффективно объединила эти компоненты и обеспечила полное удовлетворение потребностей студентов, еще не сформирована. В настоящий момент осуществляется выстраивание академического медицинского кластера, который должен взять на себя нагрузку по ответу на все потребности в области здоровьесбережения обучающихся и профессорско-преподавательского состава.

■ ЦЕЛЬ

Выявить потребности студентов в медико-профилактической помощи, определить барьеры доступа к медицинским услугам и оценить готовность к внедрению интегрированной модели «Университет здоровья» на примере РУДН имени Патриса Лумумбы.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Настоящее исследование представляло собой описательное поперечное социологическое исследование, спланированное и проведенное в соответствии с общепринятыми стандартами социально-гигиенического мониторинга. Выбор такого дизайна был обусловлен необходимостью получения срезового представления о распространенности различных показателей здоровья, поведения студентов и их потребностей в медико-профилактической помощи в определенный момент. Основным инструментом сбора информации служил социологический опрос, реализованный посредством анкетирования, позволяющий охватить репрезентативную выборку из генеральной совокупности и собрать систематизированные данные по широкому спектру вопросов, касающихся состояния здоровья, поведенческих факторов риска, образа жизни, доступности и использования медицинских услуг, а также отношения к инновационным интегрированным моделям медицинского обслуживания.

Исследование было проведено в РУДН имени Патриса Лумумбы. Сбор данных проводился в течение четырех недель сентября 2025 года. Этот временной интервал позволял минимизировать влияние сезонных колебаний состояния здоровья и избежать периодов максимальной учебной нагрузки, которые потенциально могли бы негативно повлиять

на качество и полноту ответов респондентов. Анкета была разработана на русском языке с последующим профессиональным переводом на английский язык для обеспечения доступности инструмента для иностранных граждан, не владеющих русским языком на достаточном уровне.

Генеральной совокупностью исследования являлись обучающиеся по очной форме обучения с 1 по 6 курсы, в магистратуре, ординатуре и аспирантуре. Было выполнено распределение по пяти основным направлениям подготовки (медицинское, инженерно-техническое, гуманитарное, естественнонаучное и экономическое), что обеспечивало высокую гетерогенность по профилю образования.

Критерии включения в исследование: студенты, достигшие возраста 17 лет, способные прочитать и заполнить анкету на русском или английском языке и предоставившие письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии исключения: студенты, не обучающиеся по очной форме, находящиеся в академическом отпуске, предоставившие ответы не на все вопросы, обучающиеся, которые демонстрировали явные признаки невнимательного, случайного или преднамеренного некорректного заполнения анкеты (например, одинаковые ответы на все вопросы или логически несовместимые комбинации ответов).

Объем выборки был рассчитан в соответствии с принципами математической статистики с целью обеспечения надлежащей мощности исследования. При расчете использовались следующие параметры: доверительный уровень 95% ($\alpha = 0,05$), статистическая мощность исследования 80% ($1 - \beta = 0,80$), допустимая ошибка выборки $\pm 4\%$, что является стандартным для социологических исследований такого масштаба, и предполагаемая доля признака в генеральной совокупности $p = 0,5$ (максимально консервативная оценка, обеспечивающая получение наибольшего необходимого объема выборки). Применение формулы расчета объема выборки позволило определить минимально необходимый объем в 600 респондентов. В результате проведенного исследования было достигнуто количество 682 респондента, что превышало минимально необходимый объем и обеспечивало адекватную мощность для всех запланированных анализов.

Отбор участников исследования осуществлялся с применением метода стратифицированной случайной выборки. Такой подход позволил обеспечить пропорциональное представительство для всех значимых подгрупп генеральной совокупности и избежать систематического смещения результатов. Стратификация генеральной совокупности была проведена по трем основным признакам. Во-первых, курс обучения, поскольку студенты разных курсов могут иметь существенно различающиеся потребности в медико-профилактической помощи в зависимости от адаптации к вузу. Во-вторых, факультет или направление подготовки, учитывая, что студенты медицинского направления имеют более высокий уровень осведомленности в вопросах здравоохранения. В-третьих, гражданство (российское или иностранное), учитывая потенциальные различия в культурных особенностях.

Внутри каждой страты респонденты отбирались методом простой случайной выборки с использованием алгоритма генерирования псевдослучайных чисел (функция в

программе SPSS Statistics 26.0). Размер каждой страты в выборке был пропорционален размеру соответствующей страты в генеральной совокупности РУДН, что обеспечило репрезентативность полученной выборки.

На начальном этапе исследования было направлено приглашение 780 студентам, отобранным в соответствии с описанной выше процедурой стратифицированной случайной выборки. Согласие на участие в исследовании дали 722 студента, что составило 92,6% от всех приглашенных лиц. Впоследствии 710 студентов вернули заполненные анкеты (процент ответа 91,0% от приглашенных). После проведения контроля качества данных (проверка полноты заполнения, логической согласованности ответов и отсутствия признаков невнимательного заполнения) в окончательный анализ было включено 682 студента, что составило 87,3% от исходного количества приглашенных лиц и 96,1% от вернувших анкеты. Высокие показатели процента ответа указывают на хороший уровень мотивации студентов к участию в исследовании и на качество проведения исследовательских процедур.

Для сбора данных была разработана авторская комплексная структурированная анкета, которая была разработана в результате консультаций с экспертами в области организации здравоохранения и студенческой медицины, а также предварительного пилотного тестирования на выборке из 50 студентов, не включенных в основное исследование.

Анкета состояла из 60 вопросов, организованных в девять логически связанных блоков. Первый блок содержал 10 вопросов, направленных на сбор социально-демографических и социально-экономических характеристик респондентов. Второй блок включал 10 вопросов о самооценке здоровья и поведенческих факторах риска. Третий блок содержал 8 вопросов о социальных детерминантах здоровья. Четвертый блок включал 13 вопросов об использовании медицинских услуг, включая осведомленность о КДЦ РУДН. Пятый блок – 6 вопросов, направленных на изучение осведомленности о концепции интегрированной модели «Университет здоровья». Шестой блок – 5 вопросов о потребностях студентов в профилактических услугах. Седьмой блок – комплекс вопросов, представляющих собой валидированный опросник EQ-5D-5L ВОЗ, включающий пять измерений качества жизни (мобильность, самообслуживание, обычная деятельность, боль/дискомфорт, тревога/депрессия). Восьмой блок – 2 вопроса об информационных потребностях студентов. Девятый блок – 3 открытых вопроса, позволяющих студентам сформулировать предложения по улучшению медицинского обслуживания, замечания и дать дополнительные комментарии.

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием программного пакета SPSS Statistics версии 26.0 (IBM, USA) с дополнительным применением R версии 4.0 для специализированных анализов и Microsoft Excel 2019 для подготовки и визуализации данных. Уровень статистической значимости для всех тестов был установлен на уровне $p < 0,05$.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученная выборка демонстрировала высокую репрезентативность по основным социально-демографическим

Характеристика	N	%	95% ДИ	Характеристика	n	%	95% ДИ
Пол				Гражданство			
Женщины	367	53,8	50,0–57,5	Российские	489	71,7	68,2–75,0
Мужчины	315	46,2	42,5–50,0	Иностранные	193	28,3	25,0–31,8
Возраст, лет				Направление			
17–19	122	17,9	15,1–20,9	Медицинское	182	26,7	23,5–30,1
20–22	265	38,9	35,2–42,7	Гуманитарное	168	24,6	21,6–27,9
23–25	187	27,4	24,1–30,9	Инженерно-техническое	162	23,8	20,9–27,0
26–35	108	15,8	13,2–18,8	Естественнонаучное	136	19,9	17,1–23,1
Курс обучения				Экономическое	34	5,0	3,5–6,9
1 курс	122	17,9	15,1–20,9				
2 курс	163	23,9	21,0–27,1				
3 курс	156	22,9	19,9–26,1				
4 курс	102	15,0	12,5–17,8				
Магистратура	139	20,4	17,6–23,5				

Примечания: ДИ – доверительный интервал (95%), n – абсолютное количество, % – относительная частота.

Таблица 1. Социально-демографические характеристики выборки (N=682)

Table 1. Socio-demographic characteristics of the sample (N=682)

параметрам и адекватно отражала структуру студенческой популяции университета. Гендерное распределение показало небольшое преобладание женщин (n=367, 53,8%) над мужчинами (n=315, 46,2%), что соответствует общей тенденции в российском высшем образовании. По возрастному признаку наиболее многочисленную группу составляли студенты в возрасте 20–22 лет (n=265, 38,9%), что логично объясняется распределением по курсам обучения. По гражданству выборка включала преобладающее большинство российских студентов (n=489, 71,7%) по сравнению с иностранными гражданами (n=193, 28,3%), что отражает соотношение в студенческом сообществе РУДН. По направлениям подготовки студенты распределялись между медицинским (26,7%, n=182), гуманитарным (24,6%, n=168), инженерно-техническим (23,8%, n=162), естественнонаучным (19,9%, n=136) и экономическим (5,0%, n=34) направлениями. Подробное распределение выборки по всем социально-демографическим показателям представлено в **таблице 1**.

Анализ самооценки здоровья студентами выявил преобладание позитивного восприятия состояния здоровья. Большинство студентов оценили свое здоровье как хорошее (308 студентов, 45,2%) или отличное (191 студент, 28,0%), в совокупности составляя 73,2% выборки с позитивной самооценкой здоровья (95% ДИ: 69,7–76,5%). Вместе с тем значительная часть студентов (183 студента, 26,8%) указала на наличие проблем со здоровьем, оценив его как удовлетворительное (136 студентов, 19,9%), плохое (38 студентов, 5,6%) или очень плохое (9 студентов, 1,3%).

Уровень физической активности студентов оказался ниже ожидаемого уровня. Значительная часть студентов (268 студентов, 39,3%) имела низкий уровень физической активности, занимаясь спортом менее двух раз в неделю или вообще не занимаясь. Распределение по уровню активности было следующим: 2-3 раза в неделю занимаются 237 студентов (34,8%), 4-5 раз в неделю – 136 студентов (19,9%), ежедневно – 41 студент (6,0%), один раз в неделю – 102 студента (15,0%), менее одного раза в неделю – 68 студентов (10,0%), вообще не занимаются спортом – 102 студента (15,0%). Только 196 студентов (28,7%) имели высокий уровень физической активности (4-5 раз в неделю и более), что указывает на острую необходимость пропаганды физической активности среди студенческой молодежи.

Питание студентов, оцениваемое по частоте потребления фруктов и овощей, показало недостаточное их потребление в большинстве популяции. Ежедневно фрукты и овощи потребляют только 136 студентов (19,9%), 5-6 дней в неделю – 171 студент (25,1%), 3-4 дня в неделю – 171 студент (25,1%), 1-2 дня – 136 студентов (19,9%), и 68 студентов (10,0%) никогда не потребляют фрукты и овощи. В целом лишь 45,0% студентов (307 студентов) потребляют фрукты и овощи чаще трех дней в неделю, что свидетельствует о необходимости улучшения пищевых привычек среди студенческой популяции.

Продолжительность сна студентов представляет значительную проблему. Средняя продолжительность сна составила 6,9±1,8 часа, в то время как рекомендуемая ВОЗ продолжительность составляет 7–9 часов для взрослых молодых людей. Почти половина студентов (340 студентов, 49,8%, 95% ДИ: 46,0–53,6%) спала менее рекомендуемого количества часов. Так, менее 5 часов спали 56 студентов (8,2%), 5-6 часов – 130 студентов (19,1%), 6-7 часов – 173 студента (25,4%). Адекватное количество сна (7-8 часов) имели 200 студентов (29,3%), 8-9 часов спали 102 студента (15,0%), более 9 часов – 41 студент (6,0%). Таким образом, хроническое недосыпание является распространенной проблемой среди студенческой популяции РУДН, что коррелирует с высокими уровнями стресса и может существенно влиять на качество жизни.

Уровень стресса, связанного с учебной деятельностью, оказался достаточно высоким. Часто или очень часто испытывали стресс 286 студентов (42,0%), иногда – 239 студентов (35,0%), редко – 102 студента (14,9%), никогда – 55 студентов (8,1%). Таким образом, подавляющее большинство студентов (77,0%) в той или иной степени испытывает учебный стресс, при этом 42,0% испытывает его часто или постоянно.

Анализ социально-экономических факторов, влияющих на здоровье студентов, выявил существенные различия в материальных условиях жизни. Хорошее материальное положение семей указали 238 студентов (34,9%), среднее – 307 студентов (45,0%), затруднительное – 102 студента (15,0%), очень трудное – 35 студентов (5,1%). Примечательно, что влияние финансовых трудностей на собственное здоровье признали 165 студентов (24,2%), указывая на

прямую связь между экономическими факторами и восприятием состояния здоровья. Этот факт подчеркивает важность учета социально-экономических детерминант при разработке программ укрепления здоровья студентов.

Наличие времени на отдых и восстановление является критическим фактором для поддержания здоровья. Часто имеют время на отдых 136 студентов (19,9%), иногда – 273 студента (40,0%), редко – 205 студентов (30,1%), почти никогда – 68 студентов (10,0%). Таким образом, 40,1% студентов имели ограниченное время на отдых, что коррелирует с высоким уровнем стресса и создает предпосылки для развития психоэмоциональных проблем.

Доступ к спортивным возможностям в университете был оценен как полный с активным использованием 82 студентами (12,0%), «есть доступ, но редко использую» – 273 студента (40,0%), «есть доступ, но неудобно» – 136 студентов (19,9%), ограниченный доступ отметили 136 студентов (19,9%), «отсутствует доступ» – 41 студент (6,0%). Так что, несмотря на наличие спортивных и рекреационных возможностей в университете, они недостаточно используются студентами, что может отражать как организационные трудности, так и недостаточное мотивирование студентов.

Использование студентами услуг клинично-диагностического центра РУДН демонстрирует значительный разрыв между осведомленностью и реальной практикой. Осведомленность о наличии КДЦ была высокой. Так, знали о КДЦ и обращались туда 205 студентов (30,1%), знали, но не обращались – 273 студента (40,0%), слышали о нем – 136 студентов (19,9%), и лишь 68 студентов (10,0%) не знали о его существовании. Таким образом, 89,4% (610 студентов, 95% ДИ: 87,0–91,5%) студентов были в той или иной степени осведомлены о наличии КДЦ в университете. Однако эта высокая информированность не трансформировалась в соответствующее использование услуг для значительной части студенческой популяции.

Фактическое использование студентами услуг КДЦ за последний год показало следующее распределение. Так, многократно (более 5 раз за год) обращались 82 студента (12,0%), несколько раз (2–5 раз) – 137 студентов (20,1%), один раз – 123 студента (18,0%). В совокупности 360 студентов (52,8%, 95% ДИ: 49,0–56,6%) обращались в КДЦ хотя бы один раз за последний год. Вместе с тем 171 студент (25,1%) никогда не обращался в КДЦ, но выразил желание это сделать, и 169 студентов (24,8%) никогда не обращались и не выразили желания обращения. Таким образом, ровно половина студентов (322 студента, 47,2%) не использовала услуги КДЦ за рассматриваемый период, несмотря на их доступность, с чем и связаны основные результаты анализа барьеров доступа.

Качество обслуживания в КДЦ среди тех студентов, которые обращались туда (n=360), оценивалось следующим образом. Отличное качество отметил 71 студент (19,7%), хорошее – 145 студентов (40,3%), удовлетворительное – 90 студентов (25,0%), плохое – 36 студентов (10,0%). Таким образом, 60,0% студентов (216 студентов), уже использующих услуги КДЦ, оценили их положительно (отличное или хорошее качество), что указывает на относительно высокий уровень удовлетворенности среди реально обращающихся студентов и предполагает, что основная проблема заключается не в качестве услуг, а в их доступности.

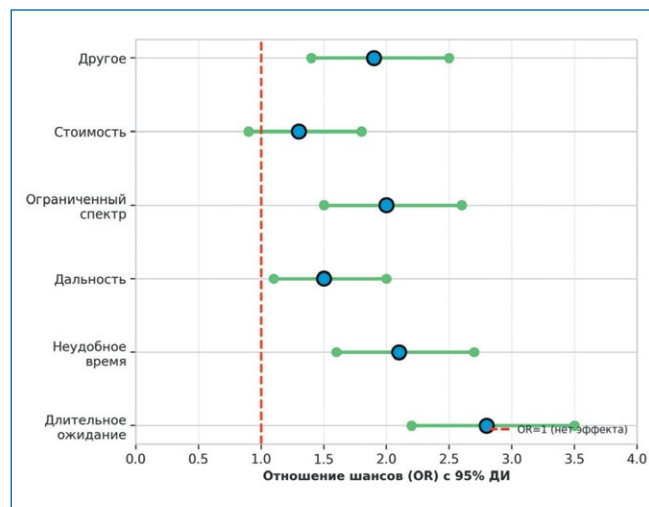


Рисунок 1. Барьеры доступа к медицинским услугам.
Figure 1. Barriers to access to medical services.

Анализ барьеров, препятствующих доступу студентов к медицинским услугам, выявил четкую структуру, представленную **на рисунке 1**. Организационные барьеры оказались наиболее значимыми (65,1% от всех упомянутых препятствий), включая длительное время ожидания приема (20,1%), неудобное время работы КДЦ (15,0%), дальность расположения (12,0%), сложность системы записи (10,0%), недостаточность информации (8,1%).

Медицинские барьеры (38,3%) включали ограниченный спектр услуг (15,0%), недостаток узких специалистов (10,0%), отсутствие психологической помощи (8,1%), низкое качество обслуживания (5,3%). Финансовые барьеры (16,0%) были выражены гораздо менее значительно: так, высокая стоимость услуг упоминалась 68 студентами (10,0%), отсутствие страховки 41 студентом (6,0%). Психологические барьеры (20,1%) включали стеснение/страх обращения (8,1%), языковой барьер для иностранцев (7,0%), недоверие к медицинским службам (5,0%). Таким образом, полученные данные четко указывают на приоритетность устранения организационных барьеров при развитии системы медицинского обслуживания студентов.

Взаимосвязь между гражданством студентов и использованием услуг КДЦ, визуализированная **на рисунке 2**, выявила статистически значимые различия. Российские студенты обращались в КДЦ в 55,8% случаев (273 студента), в то время как иностранные студенты – в 45,6% случаев (88 студентов, $p=0,048$). Данное различие может быть обусловлено как языковыми барьерами, так и различиями в культурном восприятии медицинских услуг и их доступности.

Санаторий-профилакторий РУДН используется еще менее широко, чем КДЦ. Неоднократно обращались туда 55 студентов (8,1%), один раз – 82 студента (12,0%), никогда, но хотели бы – 136 студентов (19,9%), не знает о его существовании – 171 студент (25,1%), никогда и не заинтересованы – 238 студентов (34,9%). Таким образом, 60,0% студентов либо не знали о существовании санатория-профилактория, либо никогда его не использовали, что указывает на критическую необходимость улучшения информированности об этом важном ресурсе.

Комплексный анализ качества жизни студентов посредством опросника EQ-5D-5L выявил существенные

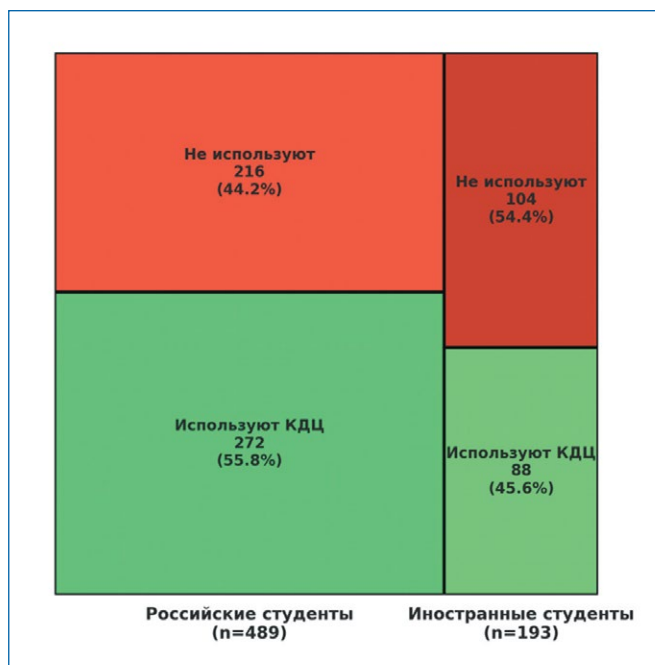


Рисунок 2. Использование услуг КДЦ по гражданству.
Figure 2. Use of CDC services, by citizenship.

различия в распределении проблем по отдельным компонентам. Использование опросника позволило получить объективную оценку, не зависящую от субъективной самооценки здоровья, выявленной ранее.

Анализ компонентов показал наиболее благоприятную ситуацию в компоненте «Самообслуживание», где 546 студентов (80,1%) не имели никаких проблем, а 136 студентов (19,9%) имели проблемы различной степени выраженности. «Мобильность» была нарушена у 205 студентов (30,0%), при этом 477 студентов (70,0%) не испытывали ограничений. «Привычная деятельность» была ограничена у 238 студентов (34,9%), не были ограничены 444 студента (65,1%). Наибольшие проблемы выявлены в компонентах «Боль/Дискомфорт» (273 студента, 40,0% с проблемами) и особенно в компоненте «Тревога/Депрессия» (305 студентов, 44,7% с проблемами, 95% ДИ: 41,0–48,5%). Таким образом, психоэмоциональные проблемы были наиболее распространены среди студентов, что соответствует выявленным ранее высоким уровням стресса и требует серьезного внимания при разработке программ укрепления здоровья.

Показатель	Российские студенты (n=489)	Иностранные студенты (n=193)	p	С хрон. болезнями (n=137)	Без хрон. болезней (n=545)	t	p
Health Scale (VAS), M±SD баллов	72,1±14,8	68,9±15,9	0,043*	62,3±16,2	74,2±14,1	7,12	<0,001***
Проблемы с тревогой/депрессией, n (%)	208 (42,5)	97 (50,3)	0,067	80 (58,4)	225 (41,1)	$\chi^2=11,52$	0,001**
Обращались в КДЦ, n (%)	273 (55,8)	88 (45,6)	0,048*	98 (71,5)	265 (48,6)	$\chi^2=16,45$	<0,001***
Недостаточный сон (<7 ч), n (%)	231 (47,2)	107 (55,4)	0,034*	75 (54,7)	263 (48,4)	$\chi^2=1,89$	0,156
Высокий уровень стресса, n (%)	196 (40,1)	89 (46,1)	0,122	69 (50,4)	217 (39,8)	$\chi^2=5,04$	0,024*
Курение (любое), n (%)	110 (22,5)	52 (26,9)	0,211	38 (27,7)	125 (22,9)	$\chi^2=1,37$	0,234
Низкая физ. активность (<2 раз/нед.), n (%)	184 (37,6)	84 (43,5)	0,145	60 (43,8)	208 (38,2)	$\chi^2=1,36$	0,234
Готовы к «Университету здоровья», n (%)	342 (69,9)	121 (62,7)	0,056	96 (70,1)	371 (68,1)	$\chi^2=0,23$	0,634

Примечания: M – среднее значение; SD – стандартное отклонение; t – t-критерий Стьюдента. Уровень значимости: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001. Хрон. болезни – наличие диагностированных хронических заболеваний. КДЦ – клиничко-диагностический центр РУДН.

Таблица 2. Сравнительный анализ показателей EQ-5D-5L между подгруппами студентов
Table 2. Comparative analysis of EQ-5D-5L indicators between subgroups of students

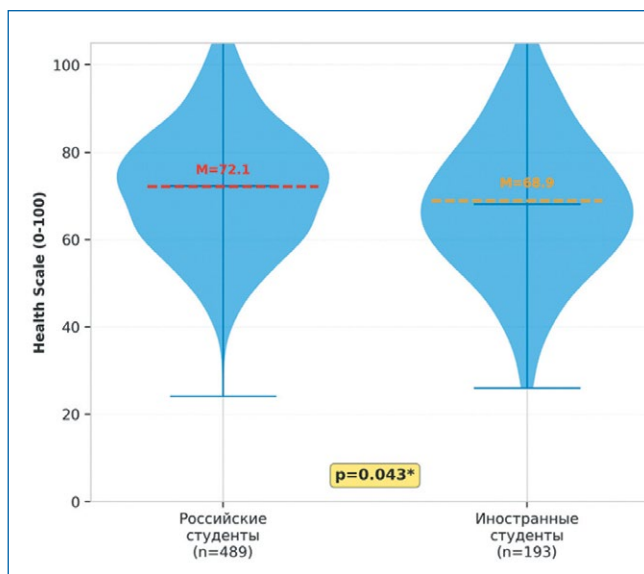


Рисунок 3. Распределение показателей качества жизни (EQ-5D-5L VAS).

Figure 3. Distribution of quality of life indicators (EQ-5D-5L VAS).

Визуальная аналоговая шкала здоровья (VAS) опросника EQ-5D-5L показала среднее значение 70,8±15,2 балла из 100 (95% ДИ: 69,6–72,0), с медианой 72 балла (интерквартильный размах 60–82). Распределение студентов по оценкам было следующим. Оценили здоровье на 90–100 баллов (отличное) 82 студента (12,0%), на 70–89 баллов (хорошее) – 308 студентов (45,2%), на 50–69 баллов (среднее) – 205 студентов (30,1%), на 30–49 баллов (плохое) – 68 студентов (10,0%), ниже 30 баллов (очень плохое) – 19 студентов (2,8%). Таким образом, средний уровень качества жизни по VAS составил 70,8 балла, что указывает на необходимость целенаправленного вмешательства для улучшения показателей, особенно с учетом того, что только 57,2% студентов оценили свое здоровье как хорошее или отличное (**рисунок 3**).

Идеальное здоровье, понимаемое как полное отсутствие проблем по всем пяти компонентам EQ-5D-5L, имели только 76 студентов (11,1% выборки, 95% ДИ: 8,9–13,6%), что указывает на высокую распространенность того или иного рода проблем со здоровьем среди студенческой популяции. Данный результат существенно отличается от высокого процента студентов (73,2%) с позитивной самооценкой

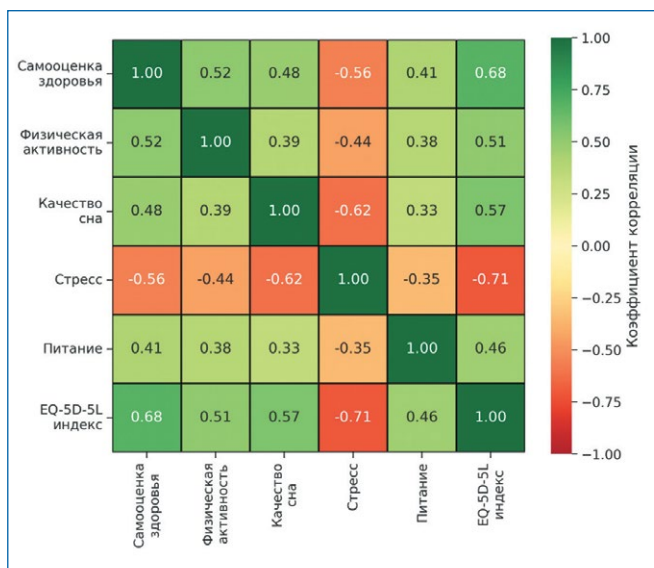


Рисунок 4. Корреляционная матрица факторов здоровья студентов (n=682).

Figure 4. Correlation matrix of student health factors (n=682).

физического здоровья, выявленной ранее, что может отражать как недооценку студентами имеющихся проблем, так и различие между физическим и психоэмоциональным компонентами здоровья.

Сравнительный анализ показателей EQ-5D-5L между подгруппами студентов выявил статистически значимые различия (таблица 2). Среднее значение Health Scale для российских студентов составило 72,1±14,8 балла, для иностранных студентов – 68,9±15,9 балла, указывая на статистически значимое, но клинически умеренное ухудшение качества жизни у иностранных студентов. Между мужчинами и женщинами статистически значимых различий не выявлено (M=71,6±15,5 vs 70,1±15,0, t=1,00, p=0,231). Студенты с наличием хронических заболеваний имели значительно более низкие показатели качества жизни (M=62,3±16,2) по сравнению со студентами без хронических болезней (M=74,2±14,1, t=7,12, p<0,001), демонстрируя сильное влияние соматической патологии на психосоциальное благополучие. Студенты, обращавшиеся в КДЦ за помощью, имели более высокие показатели качества жизни (M=73,4±14,5) по сравнению с теми, кто не обращался (M=68,1±15,7, t=3,56, p=0,012), что может указывать как на положительный эффект получаемой медицинской помощи, так и на здоровый поведенческий выбор студентов, готовых обращаться в медицинские учреждения.

Корреляционный анализ (рисунок 4) выявил статистически значимые взаимосвязи между компонентами здоровья. Наиболее сильная обратная корреляция обнаружена между уровнем стресса и показателем качества жизни (r = -0,708, 95% ДИ: -0,744 – -0,669, p <0,001), подчеркивая критическую важность психоэмоционального благополучия. Сильная положительная корреляция выявлена между самооценкой здоровья и Health Scale (r = 0,682, 95% ДИ: 0,639–0,722, p <0,001).

Качество сна продемонстрировало сильные отрицательные корреляции с уровнем стресса (r = -0,624, p <0,001), что подтверждает известные механизмы взаимного влияния этих факторов. Физическая активность показала

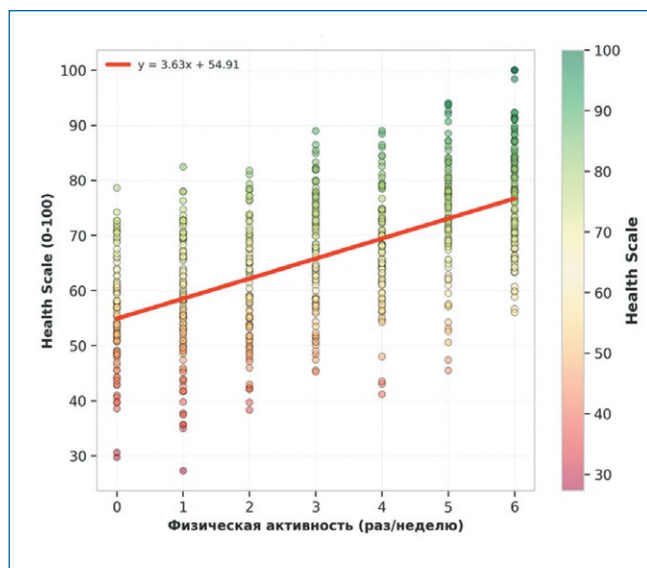


Рисунок 5. Корреляция физической активности и качества жизни, p <0,001.

Figure 5. Correlation of physical activity and quality of life, p <0,001.

умеренно положительную корреляцию с качеством жизни (r = 0,518, p <0,001) (рисунок 5), указывая на доказанный благотворный эффект активного образа жизни.

Осведомленность студентов о концепции интегрированного медицинского кластера «Университет здоровья» показала следующее распределение. Знают о концепции и понимают ее суть 123 студента (18,0%), слышали о ней – 239 студентов (35,0%), не знают вообще – 185 студентов (27,1%), услышали впервые в рамках данного исследования – 135 студентов (19,8%). Таким образом, 53,0% студентов в той или иной степени уже знакомы с концепцией «Университет здоровья», в то время как 47,0% либо вообще не слышали о ней, либо услышали впервые. Данный результат указывает на необходимость повышения информированности студентов о возможностях интегрированного подхода к медицинскому обслуживанию.

Понимание студентами сути концепции «Университет здоровья» было разнообразным и неполным. Интегрированные медицинские услуги как центральную суть концепции правильно определили 238 студентов (34,9%), пропаганду здорового образа жизни видел в концепции 171 студент (25,1%), расширение возможностей спорта – 82 студента (12,0%), улучшение питания – 55 студентов (8,1%), видели в концепции комбинацию различных направлений – 82 студента (12,0%), не знали, что это такое – 55 студентов (8,1%). Таким образом, четкое понимание интегрированной и системной природы модели имели только 34,9% студентов, что указывает на необходимость образовательной работы для повышения понимания концепции.

Отношение студентов к идее интегрированного медицинского обслуживания в рамках концепции «Университет здоровья» было в целом позитивным. Очень положительное отношение выразил 191 студент (28,0%), положительное – 284 студента (41,6%), нейтральное – 137 студентов (20,1%), отрицательное – 55 студентов (8,1%), очень отрицательное – 15 студентов (2,2%). В совокупности 475 студентов (69,6%, 95% ДИ: 66,0–73,0%) позитивно относились к идее «Университет здоровья», что

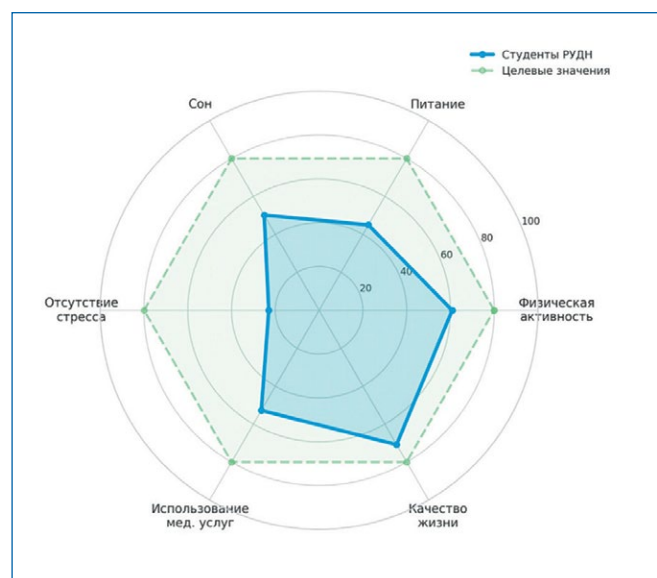


Рисунок 6. Профиль здоровья студентов (% или баллы).
Figure 6. Students' health profile (% or points).

указывает на высокий потенциал внедрения такой модели в практику университета.

Готовность студентов использовать услуги интегрированной модели была еще выше, чем позитивное отношение к идее. Определенно готовы использовать такие услуги 218 студентов (31,9%), скорее готовы – 244 студента (35,8%), нейтральны – 150 студентов (22,0%), скорее не готовы – 55 студентов (8,1%), определенно не готовы – 15 студентов (2,2%). Таким образом, 462 студента (67,7%, 95% ДИ: 64,0–71,2%) выразили готовность активно использовать услуги предлагаемой интегрированной модели, что свидетельствует о высоком спросе и значительном потенциале для успешной реализации такого проекта в РУДН.

Анализ интереса студентов к различным видам профилактических услуг выявил дифференцированные потребности. Наибольший интерес проявлен к скринингу психического здоровья (205 студентов, 30,1%), что логично связано с выявленной ранее высокой распространенностью психоэмоциональных проблем и уровня стресса. Диспансеризация интересует 171 студента (25,1%), вакцинация – 136 студентов (19,9%), стоматологическая профилактика – 123 студентов (18,0%), спортивная медицина – 102 студентов (15,0%). Менее популярными, но все еще значимыми, являются иные виды профилактики (гинекологическая, урологическая, диетологическая помощь, профилактика кожных, ортопедических и желудочно-кишечных заболеваний), интерес к которым варьирует от 6% до 15%.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящее исследование выявило сложную картину, в которой высокие показатели субъективного благополучия студентов сочетаются со значительными объективными проблемами психоэмоционального характера, недостаточной физической активностью и неправильным образом жизни (**рисунок 6**).

Интересен парадокс между самооценкой здоровья (73,2% студентов оценили здоровье как хорошее или отличное) и результатами объективного измерения качества

жизни по опроснику EQ-5D-5L (средний Health Scale $70,8 \pm 15,2$ балла и только 11,1% с идеальным здоровьем). Это расхождение может быть объяснено несколькими факторами. Во-первых, студенты, будучи молодыми людьми, склонны воспринимать состояние здоровья в основном через призму отсутствия тяжелых соматических болезней, недооценивая при этом психоэмоциональные проблемы, которые особенно распространены в студенческой среде. Во-вторых, адаптация к стрессовой образовательной среде может приводить к нормализации высокого уровня стресса и психоэмоционального напряжения как «нормального» состояния, что отражается в позитивной самооценке. В-третьих, возможна недостаточная осведомленность студентов о компонентах качества жизни, выходящих за рамки физического здоровья.

Наиболее значительным результатом исследования является высокая распространенность психоэмоциональных проблем среди студентов. По данным EQ-5D-5L, 44,7% студентов имели проблемы с тревогой и депрессией, что значительно превышает распространенность проблем с мобильностью (30,0%) или болью (40,0%). Эта находка согласуется с растущим числом исследований, демонстрирующих повышенную распространенность психических расстройств, включая депрессию и тревожные расстройства, среди студентов высших учебных заведений по всему миру (**рисунок 6**).

Связь между высоким уровнем учебного стресса (77,0% студентов испытывают стресс в той или иной степени, 42,0% часто или постоянно) и наличием психоэмоциональных проблем подтверждается значительной отрицательной корреляцией между уровнем стресса и Health Scale ($r = -0,708$, $p < 0,001$). Образовательный процесс в вузе содержит множество стрессогенных факторов, включая насыщенность учебной программы, необходимость достижения высоких академических результатов, финансовые затруднения, неопределенность в отношении будущей карьеры и адаптацию к новой социальной среде (в особенности для иностранных студентов). Более того, хроническое недосыпание, от которого страдает почти половина студентов (49,8% спят менее 7 часов), является известным усугубляющим фактором для психоэмоциональных проблем и синдрома выгорания.

Данные результаты указывают на острую необходимость развития специализированной психоэмоциональной поддержки студентов, включая доступ к психологическому консультированию, программам управления стрессом и мероприятиям, направленным на улучшение качества сна. Примечательно, что именно психоэмоциональная помощь была названа 30,1% студентов в качестве наиболее интересующего их вида профилактики, что свидетельствует о пробуждении осознания этой проблемы среди самих студентов.

Одной из наиболее значимых закономерностей в области использования медицинских услуг является парадокс высокой информированности о КДЦ (89,4% знают о его существовании) при относительно низком уровне фактического использования (52,8% обращались за год). Логистический регрессионный анализ показал, что осведомленность студентов о концепции «Университет здоровья» является наиболее значимым предиктором готовности использовать интегрированные услуги (OR=3,44, 95% ДИ:

2,12–5,58, $p < 0,001$). Однако для осведомленности о КДЦ это влияние менее четкое, что предполагает различие между информацией о существовании услуги и пониманием ее ценности, а также формированием привычки обращения.

Анализ барьеров доступа выявил, что организационные барьеры доминируют среди причин неиспользования услуг (65,1%), включая длительное время ожидания приема (20,1%), неудобное время работы (15,0%) и дальность расположения (12,0%). Финансовые барьеры (16,0% от всех упомянутых) оказались менее значимыми, чем можно было ожидать, что отражает наличие системы обязательного медицинского страхования и относительно благополучное материальное положение большинства студентов РУДН. Однако 24,2% студентов указали на влияние финансовых трудностей на свое здоровье, что указывает на различие между объективным доступом (наличие полиса) и субъективным восприятием финансовых барьеров.

Интересным является различие между использованием услуг КДЦ российскими (55,8%) и иностранными студентами (45,6%, $p = 0,048$), которое может отражать как языковые барьеры, так и культурные различия в восприятии и использовании медицинских услуг. Данные результаты указывают на необходимость специализированного подхода к интеграции иностранных студентов в систему медицинского обслуживания.

Исследование выявило очень высокий уровень осведомленности студентов о необходимости интегрированного подхода к здоровью. 69,6% студентов позитивно относились к идее «Университет здоровья», а 67,7% выразили готовность активно использовать предлагаемые услуги. Эти показатели значительно выше, чем ожидалось, и свидетельствуют о том, что студенческое сообщество РУДН восприимчиво к инновационным моделям медицинского обслуживания.

Логистический регрессионный анализ выявил несколько интересных закономерностей в предикторах готовности к интегрированной модели. Помимо осведомленности о концепции ($OR = 3,44$), женский пол был ассоциирован с повышенной готовностью ($OR = 1,25$, $p = 0,046$), а иностранное гражданство – с меньшей готовностью ($OR = 0,73$, $p = 0,018$). Наличие хронических заболеваний, как и ожидалось, было сильным предиктором готовности ($OR = 2,44$, $p < 0,001$), что отражает объективную потребность в комплексной помощи. Интересно, что каждый дополнительный год обучения коррелировал с небольшим повышением готовности ($OR = 1,09$, $p = 0,048$), предполагая, что студенты старших курсов имеют больший опыт взаимодействия с университетской системой здравоохранения.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящего исследования имеют важные практические следствия для разработки программ укрепления здоровья студентов и внедрения инновационной модели «Университет здоровья» в РУДН. Полученные данные четко указывают на приоритетные области развития и предоставляют надежную основу для планирования мероприятий по совершенствованию системы медицинского обслуживания студентов.

Психосоциальная поддержка должна рассматриваться в качестве основного приоритета при разработке

программ укрепления здоровья студентов. Рекомендуется внедрение научно-обоснованных программ управления стрессом, включающих элементы когнитивно-поведенческой терапии, техники релаксации и другие подтвержденные эффективностью методы сохранения ментального здоровья. В стенах РУДН функционирует собственная психологическая служба, но, вероятно, она может быть более востребована в ближайшей перспективе.

Преодоление организационных барьеров в доступе к медицинским услугам является одной из наиболее перспективных областей для изменений. Рекомендуется внедрение современной электронной системы записи к врачу, которая позволит студентам бронировать приемы в удобное для них время, расширение часов работы КДЦ с целью охватить различные расписания занятий студентов и активное развитие дистанционных консультаций посредством видеоконференций, что особенно релевантно в условиях постпандемической реальности и растущей популярности телемедицины среди молодежи.

Интеграция программ укрепления здоровья с основным образовательным процессом представляется стратегически важным шагом для достижения максимального охвата и эффективности профилактической помощи. Рекомендуется внедрение элементов здоровьесбережения в обязательные компоненты учебных программ всех факультетов, включая не только традиционное физическое воспитание, но и современный подход к медико-санитарной грамотности, который охватывает понимание компонентов здоровья, факторов риска, способов профилактики болезней и принципов здорового образа жизни.

Профилактические мероприятия и образовательные инициативы могут проводиться во время аудиторных занятий в форме кратких информационных блоков, интерактивных заданий и дискуссий. Особенно эффективным подходом является включение элементов здоровьесбережения в курсы по гуманитарным и социальным наукам, где можно обсуждать социальные детерминанты здоровья, влияние образа жизни на благополучие и психологические аспекты здоровья. Рекомендуется также развитие факультативных курсов и элективов, посвященных различным аспектам здоровья (например, психоэмоциональное благополучие, физическая активность, правильное питание), которые привлекут мотивированных студентов и позволят им осуществить более углубленное изучение этих вопросов.

Высокий уровень спроса на интегрированную модель «Университет здоровья», выявленный в исследовании, в сочетании с четкими потребностями студентов в области психоэмоциональной поддержки, превентивной медицины и комплексного здравоохранения, предоставляет уникальную возможность для РУДН стать лидером в разработке и внедрении инновационных подходов к здоровью студентов. Успешная реализация этой модели может служить примером для других российских и зарубежных университетов.

Результаты исследования демонстрируют, что при наличии определенных условий возможно создание собственной системы здравоохранения, которая будет эффективно реагировать на потребности молодежи и способствовать повышению качества жизни студентов, что в свою очередь может положительно сказаться на качестве образования и подготовке будущих специалистов. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Согласие на публикацию. Все участники исследования подписывали добровольное информированное согласие.	Consent for publication. All study participants signed a written informed consent form.
Источник финансирования. Исследование выполнено по инициативе автора без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the author's initiative without external funding.
Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The author declares that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Оригинальность. При создании настоящей работы автор не использовал ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Chevzhik YuV, Milushkina OYu. Adaptation of medical students to learning. *Methodology and technology of continuous professional education*. 2023;4(16):17-18. [Чевжик Ю.В., Милушкина О.Ю. Адаптация студентов медицинских вузов к обучению. *Методология и технология непрерывного профессионального образования*. 2023;4(16):17-18]. DOI: [10.24075/MTCPE.2023.016](https://doi.org/10.24075/MTCPE.2023.016)
- Loschakov A.M. Health culture of university students. *Vestnik of Moscow State Linguistic University. Education and teaching*. 2020;2:173-186. [Лошаков А.М. Культура здоровья студентов вуза. *Вестник Московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки*. 2020;2:173-186. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kultura-zdorovya-studentov-vuza>
- Zhetpisbayeva GD, Abisheva ZS, Asan GK, et al. Physiological aspects of adaptation and health. *International journal of experimental education*. 2015;(11-4):532-535. [Жетписбаева Г.Д., Абишева З.С., Асан Г.К., и др. Физиологические аспекты адаптации и здоровья. *Международный журнал экспериментального образования*. 2015;(11-4):532-535]. URL: <https://s.expeducation.ru/pdf/2015/11-4/8631.pdf>
- Kuchma VR, Rapoport IK, Sukhareva LM, et al. The health of children and adolescents in school ontogenesis as a basis for improving the system of school health care and sanitary-epidemiological wellbeing of students. *Health care of the Russian Federation*. 2021;65(4):325-333. [Кучма В.Р., Рапопорт И.К., Сухарева Л.М. и др. Здоровье детей и подростков в школьном онтогенезе как основа совершенствования системы медицинского обеспечения и санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021;65(4):325-333]. DOI: <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333>
- Popov MV. Analysis of the health status of medical university students (literature review). *Current problems of health care and medical statistics*. 2025;1:541-566. [Попов М.В. Анализ состояния здоровья студентов медицинских университетов (обзор литературы). *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2025;1:541-566]. URL: <https://healthproblem.ru/magazines?text=1551>
- Alexandrova IE, Ayzatova MV. Functional state of the body of elementary schoolchildren when using e-learning tools. *Russian Journal of Woman and Child Health*. 2022;5(2):157-163. [Александрова И.Э., Айзатова М.В. Функциональное состояние организма младших школьников при использовании электронных средств обучения. *РМЖ. Мать и дитя. Вопросы гигиены и санитарии*. 2022;5(2):157-163]. DOI: <https://doi.org/10.32364/2618-8430-2022-5-2-157-163>
- Nekhorosheva EV, Kasatkina DA. Between Problem and Request: Are Students Ready to Accept Psychological Help. *Higher Education in Russia*. 2024;33(6):124-142. [Нехорошева Е.В., Касаткина Д.А. Между проблемой и запросом: готовы ли студенты к психологической поддержке? *Высшее образование в России*. 2024;33(6):124-142]. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2024-33-6-124-142>
- Khoruzhev AG, Chernyaev MV. Test control in the system of assessing the physical and chemical fitness of cadets. Chelyabinsk, 2011. (In Russ.). [Хоружев А.Г., Черняев М.В. *Тестовый контроль в системе оценки физической и функциональной подготовленности курсантов*. Челябинск, 2011].
- Khoruzhev AG, Oblasov AG, Kotova NV. Assessment of mental performance and attention during professional and applied physical training (PAPT) of medical students. Chelyabinsk, 2014. (In Russ.). [Хоружев А.Г., Обласов А.Г., Котова Н.В. *Оценка умственной работоспособности и внимания в процессе профессионально-прикладной физической подготовки студентов-медиков*. Челябинск, 2014].
- Chukreyev MP, Kalinkin DE. Satisfaction with the quality of outpatient care of medical students as an element of the assessment of the current system of medical care. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2023;38(1):181-185. [Чукреев М.П., Калинин Д.Е. Удовлетворенность качеством амбулаторно-поликлинической помощи студентов-медиков как элемент оценки действующей системы медицинского обслуживания. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2023;38(1):181-185]. DOI: <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-1-181-185>
- Kazantseva AV, Anufrieva EV, Titova DI, Gertsen YaV. Analysis of Organization of Primary Health Care in Colleges of the Sverdlovsk Region. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2023;31(10):7-17. [Казанцева А.В., Ануфриева Е.В., Титова Д.И., Герцен Я.В. Анализ организации оказания первичной медико-санитарной помощи в колледжах Свердловской области. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНисО*. 2023;31(10):7-17]. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-10-7-17>
- Sáenz C, Boldú E, Canal J. Health promoting universities: A scoping review. *Health Promot J Austr*. 2025;36(2):e939. DOI: [10.1002/hpja.939](https://doi.org/10.1002/hpja.939)
- Tafireyi CGS, Grace JM. Status of the Health Promoting University (HPU) globally and its relevance for emerging African HPUs: an integrative review and bibliometric analysis. *Glob Health Promot*. 2024;31(3):42-59. DOI: [10.1177/17579759241235109](https://doi.org/10.1177/17579759241235109)
- Tsouros AD, Dowding G, Thompson J, Dooris M, editors. *Health promoting universities: concept, experience and framework for action*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 1998. URL: <https://iris.who.int/handle/10665/108095>
- Muzychenko YuN, Apollonova IA, Evans D. Is Silence Golden? Chronic Stress and Psychophysiological Indicators' Changes over Time in International Students: A Pilot Study. *RUDN Journal of Psychology and Pedagogics*. 2022;19(1):128-145. [Музыченко Ю.Н., Аполлонова И.А., Эванс Д. Молчание золото? Хронический стресс и динамика психофизиологических показателей у иностранных студентов: пилотное исследование. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика*. 2022;19(1):128-145]. DOI: <https://doi.org/10.22363/2313-1683-2022-19-1-128-145>
- Pugachev IA, Budiltseva MB, Varlamova IYu. Adaptation of Foreign Students to the Conditions of Life and Education in Russia: a Complex Approach. *RUDN Journal of Language Education and Translingual Practices*. 2018;15(2):225-235. [Пугачев И.А., Будильцева М.Б., Варламова И.Ю. Адаптация иностранных учащихся к условиям обучения в российском вузе: комплексный подход. *Полилингвистическая и транскультурные практики*. 2018;15(2):225-235]. DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-8011-2018-15-2-225-235>

Диагностическая ценность биомаркеров крови для диагностики рака легкого

А.В. Жиленкова¹, В.М. Воронова², Е.В. Орлова¹, А.Л. Истратов¹, М.И. Секачева¹

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва, Российская Федерация)

²ООО «Эм Энд Эс Десижанс» (Москва, Российская Федерация)

Аннотация

Цель: оценить диагностическую ценность 20 биомаркеров при раке легкого и определить их информативность для возможного использования в клинической практике.

Материал и методы. В исследование были включены 85 пациентов с немелкоклеточным раком легкого (НМРЛ) и 190 здоровых добровольцев. Уровни биомаркеров определялись современными иммунологическими и биохимическими методами. Статистическая обработка включала U-критерий Манна – Уитни, а диагностическая ценность оценивалась по площади под ROC-кривой (AUC). Для оценки информативности маркеров с обратной ассоциацией проведен дополнительный ROC-анализ с инверсией переменной состояния. Определены пороговые значения биомаркеров с использованием индекса Юдена.

Результаты. У пациентов с НМРЛ отмечены статистически значимые изменения концентраций большинства исследованных биомаркеров с учетом строгой поправки Бонферрони: повышение уровней CEA, CA

125, HE4, B2M, вчСРБ, D-димер, CYFRA 21-1, LRG-1, а также снижение ApoA1, ApoA2, TTR, ApoA4, RANTES и VEGFR1. Наибольшие значения площади под кривой показали HE4 (0,903), ApoA2 (0,86), CYFRA 21-1 (0,836), ApoA1 (0,795), D-димер (0,793), TTR (0,79), ApoA4 (0,784), B2M (0,765), LRG1 (0,757).

Выводы. Отдельные биомаркеры крови демонстрируют высокие значения площади под кривой, что указывает на потенциал их применения с целью диагностики НМРЛ. Комплексное использование биомаркеров может повысить эффективность малоинвазивной диагностики рака легкого, что требует дальнейшего исследования. Для подтверждения полученных данных требуется валидация в многоцентровых исследованиях.

Ключевые слова: рак легкого, диагностика, биомаркеры, HE4, CYFRA 21-1.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Жиленкова А.В., Воронова В.М., Орлова Е.В., Истратов А.Л., Секачева М.И.

Диагностическая ценность биомаркеров крови для диагностики рака легкого. Наука и инновации в медицине. 2026;11(1):31-37.

DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM698688>

Сведения об авторах

*Жиленкова Ангелина Владимировна – младший научный сотрудник Института персонализированной онкологии Научно-технологического парка биомедицины.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0060-2197>

E-mail: av.zhilenkova@gmail.com

Воронова В.М. – канд. фарм. наук, научный сотрудник.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6383-5334>

E-mail: veronikavoronova@gmail.com

Орлова Е.В. – канд. мед. наук, старший научный сотрудник Института персонализированной онкологии Научно-технологического парка биомедицины.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1684-8781>

E-mail: orlovaderm@yandex.ru

Истратов А.Л. – д-р мед. наук, профессор кафедры онкологии, радиотерапии и реконструктивной хирургии Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0222-2910>

E-mail: istranov_a_l@staff.sechenov.ru

Секачева М.И. – д-р мед. наук, доцент, директор Института персонализированной онкологии Научно-технологического парка биомедицины.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0015-7094>

E-mail: sekach_rab@mail.ru

*Автор для переписки

Список сокращений

НМРЛ – немелкоклеточный рак легкого; НДКТ – низкодозная компьютерная томография.

Получено: 15.12.2025

Одобрено: 17.01.2026

Опубликовано: 27.01.2026

Diagnostic value of blood biomarkers for the diagnosis of lung cancer

Angelina V. Zhilenkova¹, Veronika M. Voronova², Ekaterina V. Orlova¹,
Andrei L. Istranov¹, Marina I. Sekacheva¹

¹Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) (Moscow, Russian Federation)

²M&S Decisions LLC (Moscow, Russian Federation)

Abstract

Aim: to evaluate the diagnostic value of 20 biomarkers in lung cancer and to determine their informative value for potential use in clinical practice.

Material and methods. The study included 85 patients with non-small cell lung cancer (NSCLC) and 190 healthy volunteers. Biomarker levels were measured using modern immunological and biochemical methods. Statistical analysis included the Mann–Whitney U test, and diagnostic performance was assessed by the area under the receiver operating characteristic curve (AUC). For markers showing an inverse association, an additional ROC analysis was performed with inversion of the outcome variable. Optimal biomarker cut-off values were determined using the Youden's index.

Results. Patients with NSCLC demonstrated statistically significant changes in the concentrations of most of the studied biomarkers after strict Bonferroni correction. Increased levels of CEA, CA 125, HE4, B2M,

high-sensitivity C-reactive protein (hsCRP), D-dimer, CYFRA 21-1, and LRG-1 were observed, along with decreased levels of ApoA1, ApoA2, TTR, ApoA4, RANTES, and VEGFR1. The highest AUC values were shown by HE4 (0.903), ApoA2 (0.860), CYFRA 21-1 (0.836), ApoA1 (0.795), D-dimer (0.793), TTR (0.790), ApoA4 (0.784), B2M (0.765), and LRG-1 (0.757).

Conclusion. Certain blood biomarkers demonstrate high AUC values, indicating their potential utility for the diagnosis of NSCLC. The combined use of multiple biomarkers may improve the effectiveness of minimally invasive lung cancer diagnostics, which warrants further investigation. Validation of these findings in multicenter studies is required.

Keywords: lung cancer, diagnosis, biomarkers, HE4, CYFRA 21-1.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Zhilenkova AV, Voronova VM, Orlova EV, Istranov AL, Sekacheva MI. **Diagnostic value of blood biomarkers for the diagnosis of lung cancer.** *Science and Innovations in Medicine.* 2026;11(1):31-37. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM698688>

Information about authors

***Angelina V. Zhilenkova** – Junior Researcher at the Institute of Personalized Oncology of the Biomedical Science and Technology Park.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0060-2197>

E-mail: av.zhilenkova@gmail.com

Veronika M. Voronova – Cand. Sci. (Pharmacy), Researcher.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6383-5334>

E-mail: veronikavoronova@gmail.com

Ekaterina V. Orlova – MD, Cand. Sci. (Medicine), Senior Researcher at the Institute of Personalized Oncology of the Biomedical Science and Technology Park.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1684-8781>

E-mail: orlovaderm@yandex.ru

Andrei L. Istranov – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Oncology, Radiotherapy and Reconstructive Surgery at the N.V. Sklifosovskiy Institute of Clinical Medicine.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0222-2910>

E-mail: istranov_a_l@staff.sechenov.ru

Marina I. Sekacheva – MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate professor,

Head of the Institute of Personalized Oncology of the Biomedical

Science and Technology Park.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0015-7094>

E-mail: sekach_rab@mail.ru

***Corresponding author**

Received: 15.12.2025

Accepted: 17.01.2026

Published: 27.01.2026

ВВЕДЕНИЕ

Рак легкого продолжает оставаться одной из наиболее актуальных проблем современной онкологии. Согласно данным проекта Всемирной организации здравоохранения «Глобальная онкологическая обсерватория» (The Global Cancer Observatory GCO), в 2022 году рак легкого занял лидирующее место в мире по показателям заболеваемости (2480675 новых случаев) и смертности от рака (1817469 летальных исходов) [1]. С биологической точки зрения, рак легкого характеризуется разнообразием морфологических типов, при этом на немелкоклеточный рак легкого (НМРЛ) приходится порядка 85% всех случаев заболевания [2].

В Российской Федерации ситуация осложняется тем, что у 42,2% пациентов заболевание диагностируется на поздних стадиях, что существенно ухудшает прогноз [3]. Так, медиана 5-летней общей выживаемости (ОВ) варьирует от 68,4% при I стадии до 5,8% при IV стадии заболевания [4], поэтому разработка новых и доступных методов ранней диагностики рака легкого сохраняет свою первостепенную клиническую значимость.

Единственным методом раннего выявления рака легкого с доказанной эффективностью является низкодозная компьютерная томография (НДКТ) у групп высокого риска. Исследование NLST показало, что ежегодный скрининг методом НДКТ среди групп высокого риска снижает смертность от рака легкого примерно на 20% [5]. На основании этих данных скрининг НДКТ внедрен в ряде стран [1]. В России реализуются лишь пилотные проекты, общенациональный скрининг рака легкого на данный момент не внедрен. Метод НДКТ имеет серьезные ограничения: он охватывает только курящих и сопровождается очень высоким уровнем ложноположительных результатов (свыше 90% обнаруженных узлов по данным NLST оказались доброкачественными); кроме того, многократное облучение представляет дополнительный риск [1, 5]. Поэтому актуален поиск других неинвазивных методов диагностики, способных дополнять скрининг и выявлять опухоли на ранней стадии.

Одним из перспективных направлений является использование биомаркеров опухоли, определяемых по анализу крови. Опухоль выделяет в кровоток фрагменты ДНК, РНК, белки, экзосомы – продукты, которые могут служить индикаторами наличия злокачественной опухоли и рассматриваться как потенциальные биомаркеры [6, 7].

В контексте изучения биомаркеров для диагностики рака легкого особый интерес представляют биомаркеры, относящиеся к различным группам в зависимости от их

биологической функции и химической природы. Так, в контексте диагностики рака легкого изучались опухоль-ассоциированные, в том числе онкофетальные, антигены; маркеры воспаления и иммунного ответа – хемокины; маркеры метаболизма и апополипротеины; маркеры коагуляции и ангиогенеза [8].

Таким образом, проблема позднего выявления рака легкого и отсутствие простого скринингового теста определяют необходимость дальнейшего исследования роли биомаркеров крови в диагностике НМРЛ. Поиск надежных неинвазивных маркеров, способных выявлять опухоль на ранней стадии, потенциально позволит улучшить результаты лечения и снизить смертность от данного заболевания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**Пациенты, отбор образцов, измерения биомаркеров**

Всего в исследование были включены 85 пациентов с гистологически подтвержденным немелкоклеточным раком легкого и 190 здоровых добровольцев. При этом доля мужского пола в исследуемой группе составила 63,5% (54), в контрольной группе – 52,1% (99). Средний возраст пациентов исследуемой группы – 62,14 года, контрольной группы – 48,86 года.

Всего были измерены уровни 20 биомаркеров, включая апополипротеины А1, А2, А4, В (АроА1, АроА2, АроА4, АроВ), альфа-фетопроtein (АФП), бета-2-микроглобулин (В2М), углеводный антиген 19-9 (СА 19-9), раковые антигены 15-3 и 125 (СА 15-3, СА 125), карциноэмбриональный антиген (СЕА), фрагменты цитокератина 19 (CYFRA 21-1), белок придатка яичка 4 (HE4), высокочувствительный С-реактивный белок человека (вчСРБ), D-димер, общий простат-специфический антиген (tPSA), растворимую форму молекулы адгезии сосудистых клеток 1 (sVCAM 1), транстиретин (TTR), регулятор активности экспрессии и секреции нормальными Т-лимфоцитами (RANTES), рецептор 1 фактора роста эндотелия сосудов (VEGFR-1), обогащенный лейцином α -2 гликопротеин 1 (LRG-1). Анализ tPSA проводился только среди мужчин (в таблицах приведены значения для мужской подгруппы). Уровни АроА4, RANTES, VEGFR-1 и LRG-1 не были измерены у 10 пациентов в связи с недоступностью указанных анализов на момент анализа сыворотки.

Уровень АФП, СА 15-3, СА 19-9, СА 125, HE4, СЕА, CYFRA 21-1 и ПСАобщ. были измерены с помощью электрохемилюминесцентного иммуноанализа на анализаторе Cobas e411 (Roche diagnostics, Germany); вчСРБ, АроА1, АроА4, АроВ, TTR были измерены на анализаторе Advia 1800 с помощью

иммунотурбидиметрического метода (Siemens Healthcare, Germany); sVCAM-1, RANTES, VEGFR-1 и LRG-1 определялись с помощью иммуноферментного анализа (ИФА) (QuantikineR kits, R&D systems, US) с использованием микропланшетного ридера Biochrom Anthos 2020 (Biochrom, UK); B2M и Д-димер определялись с помощью хемилюминесцентного иммуноанализа на анализаторе Immulite 2000 (Siemens Medical Solutions, USA); АроА2 был измерен с использованием ферментативного колориметрического метода (Randox laboratories, UK).

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Статистический анализ данных

Статистическая обработка проводилась после формализации и преобразования полученных данных в электронные таблицы с использованием различных методов, включенных в пакет программ SPSS Statistics v. 23.0 (IBM, США).

Распределение основных анализируемых переменных было определено с помощью теста Колмогорова – Смирнова и не соответствовало нормальному, в связи с чем были использованы непараметрические методы статистики. Для описательной статистики количественных переменных использовали медиану и квартили или среднее и стандартное отклонение. Сравнение между категориями количественных независимых переменных проводили при помощи U-критерия Манна – Уитни. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Качественные (категориальные) показатели представлены в виде абсолютных и относительных частот (n, %).

На следующем этапе исследования для оценки диагностической значимости каждого из биомаркеров был проведен ROC-анализ (Receiver Operating Characteristic). В качестве переменной состояния использовался бинарный показатель «наличие рака легкого» (1 – наличие заболевания, 0 – контрольная группа). Для каждого биомаркера строилась ROC-кривая с расчетом площади под кривой (AUC, Area Under the Curve), стандартной ошибки, уровня статистической значимости (p-value) и 95% доверительного интервала. В зависимости от направления взаимосвязи маркера и диагноза при выполнении ROC-анализа в качестве прогностических маркеров применялись большие или меньшие значения биомаркеров.

Анализ проводился в программе SPSS Statistics с использованием встроенной функции ROC Curve Analysis. Интерпретация диагностической ценности AUC осуществлялась в соответствии с критериями: AUC < 0,6 – низкая диагностическая значимость, 0,6–0,75 – умеренная, 0,75–0,9 – высокая, > 0,9 – очень высокая. Для оценки оптимального порогового значения уровня биомаркеров использовался индекс Юдена.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристики исследуемой выборки

В исследование были включены 275 пациентов, из которых 85 составили группу пациентов с НМРЛ (исследуемая группа), а 190 – группу здоровых добровольцев

Показатель	Категория	Значение
Статус Т:	T1	24 (28,2%)
	T2	42 (49,4%)
	T3	9 (10,6%)
	T4	5 (5,9%)
	Tx	5 (5,9%)
Статус N:	N0	39 (45,9%)
	N1	5 (5,9%)
	N2	8 (9,4%)
	Nx	33 (38,8%)
Статус M:	M0	61 (71,8%)
	M1	6 (7,1%)
	Mx	18 (21,2%)

Таблица 1. Клинические характеристики пациентов исследуемой группы (НМРЛ)

Table 1. Clinical characteristics of patients in the study group (NSCLC)

(контрольная группа). Среди всей когорты преобладали мужчины (n=153; 55,6%) по сравнению с женщинами (n=122; 44,4%).

Клинические и демографические характеристики исследуемой популяции представлены в **таблицах 1 и 2**. Контрольная группа включала 91 женщину в возрасте от 41 до 68 лет и 99 мужчин в возрасте от 40 до 64 лет. Группа пациентов с НМРЛ включала 31 женщину в возрасте от 42 до 80 лет и 54 мужчины в возрасте от 36 до 78 лет. Средний возраст контрольной группы составил 48,86 [95% ДИ 47,97–47,94] года, средний возраст в исследуемой группе пациентов составил 62,14 [95% ДИ 60,07–64,21] года.

Анализ клинических характеристик исследуемой группы показал следующее распределение по статусу Т: Т1 – у 24 (28,2%), Т2 – у 42 (49,4%), Т3 – у 9 (10,6%), Т4 – у 5 (5,9%) пациентов. У 5 (5,9%) пациентов статус Т не был уточнен (Tx).

По статусу N: отсутствие метастазов в регионарные лимфатические узлы (N0) отмечено у 39 (45,9%) пациентов, N1 – у 5 (5,9%), N2 – у 8 (9,4%), в то время как у 33 (38,8%) пациентов статус N был не определен (Nx).

По статусу M: отсутствие отдаленных метастазов (M0) диагностировано у 61 (71,8%) пациента, наличие метастазов (M1) – у 6 (7,1%), тогда как в 18 (21,2%) случаях статус M оставался неустановленным (Mx).

В связи с ретроспективным характером анализа возможность уточнения клинических данных пациентов была ограничена, в результате чего кодировка “x” в статусе TNM использовалась для обозначения неизвестного статуса Т, N и M.

Показатель	Контрольная группа	Рак легкого	p-value
Пол			0,103
Женский	91 (47,9%)	31 (36,5%)	
Мужской	99 (52,1%)	54 (63,5%)	
Возраст, лет			<0,001
Медиана, (Q1-Q3)	47 (45–53)	63 (56–68)	

Таблица 2. Демографические характеристики (пол, возраст) исследуемой выборки

Table 2. Demographic characteristics (sex, age) of the study sample

Показатель	Единица измерения	Контрольная группа	Рак легкого	p-value
AFP	МЕ/мл	2,40 [1,60; 3,40]	2,02 [1,50; 3,00]	0,131
CEA	нг/мл	1,60 [1,00; 2,40]	2,95 [1,40; 5,50]	<0,001*
CA 19-9	МЕ/мл	4,75 [3,00; 8,00]	6,50 [3,92; 12,43]	0,012
CA 125	МЕ/мл	8,70 [6,70; 12,80]	16,50 [9,75; 25,04]	<0,001*
HE4	пмоль/л	48,45 [42,50; 57,70]	95,60 [71,70; 125,10]	<0,001*
tPSA	нг/мл	0,880 [0,620; 1,230]	0,937 [0,570; 2,010]	0,247
CA 15-3	МЕ/мл	14,75 [10,80; 18,60]	17,71 [12,50; 24,90]	0,001
B2M	нг/мл	1441,00 [1297,00; 1637,00]	1801,00 [1526,00; 2233,00]	<0,001*
вчСРБ	мг/л	0,00 [0,00; 2,00]	3,00 [1,00; 11,00]	<0,001*
D-димер	нг/мл	83,50 [57,50; 140,00]	210,00 [123,00; 340,00]	<0,001*
CYFRA 21-1	нг/мл	1,26 [1,00; 1,64]	2,52 [1,62; 3,76]	<0,001*
АроА1	г/л	1,57 [1,42; 1,76]	1,29 [1,09; 1,49]	<0,001*
АроА2	г/л	0,289 [0,266; 0,321]	0,218 [0,181; 0,249]	<0,001*
АроВ	г/л	1,01 [0,86; 1,18]	0,93 [0,79; 1,12]	0,016
TTR	мг/дл	26,00 [22,00; 29,00]	19,00 [15,00; 24,00]	<0,001*
sVCAM-1	нг/мл	640,00 [565,00; 743,00]	683,00 [567,00; 897,00]	0,031
АроА4	г/л	71,00 [56,40; 79,90]	44,15 [29,05; 64,00]	<0,001*
RANTES	пг/мл	51853,00 [40784,00; 68671,00]	44249,50 [22911,50; 62450,50]	0,001*
VEGFR1	пг/мл	121,00 [107,00; 135,00]	94,50 [78,50; 143,00]	<0,001*
LRG-1	пг/мл	52902,00 [39539,00; 68016,00]	74278,50 [61214,00; 103649,00]	<0,001*

Примечания: * – статистически значимые различия после выполнения поправки на множественные сравнения.

Таблица 3. Значения биомаркеров в исследуемых группах (медиана, [Q1;Q3])

Table 3. Biomarker values in the studied groups (median, [Q1;Q3])

Диагностическая ценность изолированных биомаркеров

На первом этапе анализа были определены медианы концентраций биомаркеров между группами (рак легкого vs контроль). Значимость различий оценивалась с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни для двух независимых выборок, что было обусловлено распределением показателей, отличным от нормального. Полученные данные отражены в **таблице 3**.

Сравнительный анализ концентраций биомаркеров выявил статистически значимые различия между исследуемой и контрольной группой для большинства исследованных показателей. Статистически значимых различий не выявлено для AFP ($p = 0,131$) и tPSA ($p = 0,247$).

В исследовании проводился анализ более 20 биомаркеров, что повышает вероятность ошибки I рода вследствие множественных сравнений. При строгой поправке Бонферрони (порог значимости $p < 0,0025$) статистическая значимость сохранялась для большинства биомаркеров, включая HE4, D-димер, CYFRA 21-1, CA 125, β 2-микроглобулин, вчСРБ, АроА1, АроА2, АроА4, TTR, LRG-1 и VEGFR1. Напротив, различия для CA 19-9 ($p = 0,012$), CA 15-3 ($p = 0,001$ – на границе), АроВ ($p = 0,016$) и sVCAM-1 ($p = 0,031$) перестают достигать уровня статистической значимости.

У пациентов с НМРЛ отмечались существенно более высокие уровни CEA (2,95 против 1,6 нг/мл), CA 125 (16,5 против 8,7 МЕ/мл), HE4 (95,6 против 48,45 пмоль/л), вчСРБ (3 против 0 мг/л), D-димера (210,00 против 83,5 нг/мл), CYFRA 21-1 (2,52 против 1,26 нг/мл), а также LRG-1 (74287,5 против 52902,00 пг/мл). Некоторые показатели, напротив, демонстрировали снижение у пациентов контрольной группы по сравнению с контролем, включая АроА2 (0,226 против 0,296 г/л), АроВ (0,96 против 1,03 г/л), TTR (19,09 против 25,81 мг/дл) и АроА4 (46,98 против 68,71 г/л).

На следующем этапе был проведен ROC-анализ (**таблица 4**), который выявил существенные различия в диагностической значимости исследуемых биомаркеров.

Наибольшие диагностические показатели продемонстрировали HE4, CYFRA 21-1, АроА1, D-димер, TTR, АроА4, B2M и LRG-1. Это может свидетельствовать о потенциале применения данных биомаркеров с целью диагностики НМРЛ. Умеренную предсказательную ценность имели CA 125, вчСРБ, РЭА, VEGFR1, RANTES и CA 15-3.

Для определения оптимальных пороговых значений концентрации биомаркеров, позволяющих наиболее эффективно дифференцировать пациентов с НМРЛ и лиц контрольной группы, был использован индекс Юдена. Оптимальные пороговые значения, показатели чувствительности (Se), специфичности (Sp), прогностической ценности положительного результата (PPV), отрицательной прогностической ценности (NPV), точности теста (accuracy test) указаны в таблице 4. Для большинства биомаркеров диагностическая информативность наблюдалась при превышении порогового значения, в то время как для АроА1, АроА2, АроА4, TTR и VEGFR1 снижение уровня было ассоциировано с наличием заболевания.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

В последние годы активно исследуются различные малоинвазивные подходы к ранней диагностике НМРЛ на основе анализа биомаркеров крови. Так, в литературе описаны сотни кандидатов – от онкомаркеров (CEA, CYFRA 21-1, CA 125 и т.д.) до генетических (циркулирующая опухолевая ДНК, мРНК, экзосомы), биохимических и протеомных индикаторов. Результаты нашего исследования совпадают с данными литературы в отношении CYFRA 21-1, CA 125, D-димера и HE4 как наиболее информативных биомаркеров диагностики рака легкого. Следует отметить, что значительная часть липидных белков (АроА1, АроА2, АроА4, АроВ, TTR), а также молекулы RANTES, B2M, LRG-1 и VEGFR1 до настоящего времени практически не рассматривались в ключевых биомедицинских публикациях как маркеры для диагностики рака легкого. Высокие показатели AUC для АроА2, LRG-1, B2M,

Биомаркер	AUC	95% ДИ	Пороговое значение	Направление взаимосвязи	Чувствительность, Se	Специфичность, Sp	PPV	NPV	Точность, Accuracy	p-value
HE4	0,903	0,857–0,948	68,445	≥	0,835	0,879	0,755	0,923	0,866	< 0,001
АроА2	0,86	0,807–0,914	0,235	≤	0,718	0,968	0,910	0,885	0,891	< 0,001
СYFRA 21-1	0,836	0,780–0,893	2,24	≤	0,612	0,937	0,813	0,844	0,836	< 0,001
АроА1	0,795	0,733–0,857	1,395	≤	0,694	0,805	0,615	0,855	0,771	< 0,001
D-димер	0,793	0,731–0,855	116,5	≥	0,8	0,679	0,527	0,884	0,716	< 0,001
TTR	0,79	0,727–0,852	20,5	≤	0,576	0,863	0,653	0,82	0,775	< 0,001
АроА4	0,784	0,717–0,850	45,95	≤	0,553	0,899	0,689	0,833	0,8	< 0,001
B2M	0,765	0,700–0,830	1594	≥	0,682	0,732	0,532	0,837	0,716	< 0,001
LRG-1	0,757	0,688–0,826	56105	>	0,842	0,593	0,454	0,903	0,664	< 0,001
СА 125	0,749	0,683–0,816	14,5	≥	0,576	0,832	0,605	0,814	0,753	< 0,001
вчСРБ	0,735	0,667–0,802	2,105	≥	0,576	0,853	0,636	0,818	0,767	< 0,001
РЭА	0,671	0,599–0,742	2,925	≥	0,506	0,842	0,589	0,792	0,738	0,039
VEGFR1	0,658	0,582–0,733	98	≤	0,553	0,873	0,636	0,829	0,781	< 0,001
RANTES	0,628	0,551–0,704	29274	≤	0,368	0,915	0,636	0,783	0,759	0,001
СА 15-3	0,623	0,549–0,696	19,725	≥	0,424	0,811	0,5	0,759	0,691	0,01
СА 19-9	0,595	0,521–0,669	5,7	≥	0,576	0,616	0,402	0,765	0,604	0,02
АроВ	0,591	0,516–0,665	0,975	≤	0,624	0,553	0,384	0,766	0,575	0,007
sVCAM-1	0,581	0,507–0,656	808,5	≥	0,4	0,878	0,597	0,765	0,73	0,006
ПСАобщ.	0,557	0,460–0,653	1,59	≥	0,389	0,859	0,6	0,72	0,693	0,337
АФП	0,557	0,483–0,631	2,58	≤	0,682	0,489	0,374	0,775	0,549	0,087

Таблица 4. ROC-анализ биомаркеров с указанием направления связи, оптимального порогового значения и диагностическими характеристиками

Table 4. ROC analysis of biomarkers indicating direction of association, optimal cutoff value, and diagnostic characteristics

АроА1, ТТR в раннем выявлении рака легкого по показателям чувствительности и специфичности, продемонстрированные в нашей работе, открывают новые перспективы для расшифровки молекулярных механизмов опухолевой прогрессии рака легкого и могут способствовать развитию новых диагностических подходов.

Повышение уровней СЕА, СYFRA 21-1 и СА 125 в группе пациентов с НМРЛ согласуется с данными ранее опубликованных исследований М. Li и соавт. (2015) [9]. Маркер СА 19-9, специфичный для опухолей желудочно-кишечного тракта, тем не менее может продуцироваться бронхиальными железами и также умеренно повышается примерно у трети пациентов с НМРЛ. При этом Т. Kodama и соавт. (2007) отмечают, что повышение уровня СА 19-9 наблюдается примерно у 40% пациентов с незлокачественными заболеваниями легкого, такими как идиопатическая интерстициальная пневмония, коллаген-ассоциированный легочный фиброз, диффузный панбронхиолит и бронхоэктазы [10]. Полученные в нашем исследовании показатели чувствительности (57,6%) и специфичности (61,6%) данного биомаркера согласуются с данными литературы.

В нашем исследовании маркер HE4 (секреторный белок человеческого эпидидимиса 4) оказался одним из наиболее перспективных биомаркеров для диагностики НМРЛ с показателями чувствительности и специфичности на уровне 83,5 и 87,9 соответственно. Эти данные согласуются с результатами Y. He и соавт. (2019), согласно которым показатели чувствительности и специфичности данного биомаркера для диагностики рака легкого составляют 73% и 86% соответственно. Также в указанном исследовании отмечено, что у больных НМРЛ концентрации HE4 статистически значимо выше, чем у здоровых, причем повышение HE4 регистрируется уже на ранних стадиях и не зависит от размера опухоли [11].

У больных НМРЛ наблюдается активация системного воспаления и коагуляции. Так, согласно J. Torregilla и соавт. (2014), высокочувствительный С-реактивный белок (вчСРБ) в несколько раз превышает норму у пациентов с НМРЛ (в нашем исследовании медиана вчСРБ 3 мг/л против 0 мг/л у здоровых, $p < 0,001$). СРБ – острофазовый белок, синтез которого стимулируется провоспалительными цитокинами (IL-6) в ответ на присутствие опухоли. Его повышение свидетельствует об активном воспалительном процессе; известно, например, что СРБ >40 мг/л ассоциирован с наличием метастазов при НМРЛ [12]. Другой важный биомаркер – D-димер, продукт протеолиза фибрина. При раке легкого он часто повышен вследствие гиперкоагуляции, индуцированной опухолью. В нашем исследовании в группе пациентов с НМРЛ медиана уровня D-димера была 210 нг/мл против 83,5 нг/мл в контрольной группе ($p < 0,001$). Повышение D-димера характерно для злокачественных опухолей и отражает активацию коагуляции и фибринолиза. Согласно N. De Rooter и соавт. (2021), с возрастом базальные уровни D-димера растут, поэтому особенно высокие значения у пожилых пациентов с НМРЛ необходимо интерпретировать с поправкой на возраст [13]. Тем не менее высокий уровень D-димера при НМРЛ коррелирует с запущенной стадией заболевания и служит независимым неблагоприятным прогностическим фактором [14]. Таким образом, СРБ и D-димер не специфичны для рака легкого, но указывают на тяжесть заболевания и системные процессы.

Статистически значимые результаты были получены по биомаркерам из группы белков острой фазы и аполинпротеинам. Мы обнаружили, что при НМРЛ снижаются уровни ряда транспортных белков и аполинпротеинов крови. Например, транстиретин (ТТR, преальбумин) – белок транспорта тироксина и ретинола – у больных раком легкого был существенно ниже, чем у здоровых (19,0 vs 26,0 мг/дл, $p < 0,001$). Снижение ТТR может отражать

нутриционный статус: недостаток преальбумина часто наблюдается при некоторых онкологических заболеваниях из-за воспалительно-индуцированной мальнутриции [15]. У пациентов в группе НМРЛ также были снижены уровни аполиipoproteинов ApoA1, ApoA2, ApoA4 и ApoB. По данным R. Xu и соавт. (2023), при НМРЛ наблюдаются снижение ApoA1 и ApoA2 и одновременный рост ApoB по сравнению с группой контроля, что частично согласуется с нашими результатами [16].

Стоит отметить также изменения уровней ряда цитокинов и сосудистых факторов. Уровень sVCAM-1 был повышен в группе пациентов с НМРЛ (медиана 683 против 640 нг/мл, $p=0,031$). Среди цитокинов особый интерес представляет хемокин RANTES (CCL5). В нашем исследовании уровень RANTES был ниже у пациентов с НМРЛ, чем в группе здоровых добровольцев (медиана 44249 против 51853 пг/мл, $p=0,001$). CCL5 (RANTES) – провоспалительный хемокин, привлекающий лимфоциты; снижение его системного уровня при раке легкого может отражать истощение иммунной системы или связывание CCL5 в тканях опухолевым микроокружением. Некоторые исследования показывают противоречивую роль CCL5: с одной стороны, высокий уровень RANTES обнаруживали при ряде опухолей и связывали с прогрессированием, с другой – при некоторых локализациях (например, рак молочной железы) парадоксально высокие концентрации RANTES в крови ассоциированы с более благоприятным прогнозом, вероятно, из-за активного противоопухолевого иммунного ответа [17]. Для рака легкого данные о системном CCL5 ограничены; можно предположить, что уменьшение циркулирующего RANTES отражает его поглощение опухолевыми и стромальными клетками в легких и связанное с этим локальное иммуносупрессивное действие. Наконец, важным фактором ангиогенеза при раке является VEGF и его рецепторы. Мы измерили уровень VEGFR1 (sFlt-1) и выявили небольшое, но достоверное повышение этого рецептора у пациентов НМРЛ (94,5 vs 121 пг/мл, $p<0,001$). sVEGFR1 служит эндогенным ингибитором ангиогенеза, связывая избыточный VEGF-A; его рост может отражать компенсаторную реакцию на избыточную продукцию VEGF опухолью. В целом повышение sVCAM-1, СРБ, D-димера и снижение RANTES могут указывать на наличие системного воспаления, активации эндотелия и изменения иммунной регуляции при НМРЛ.

Проведенный комплексный анализ литературы и собственных данных позволил выявить как известные, так и потенциально новые биомаркеры с высоким диагностическим потенциалом для диагностики рака легкого. Данные имеющейся научной литературы, а также полученные нами результаты указывают на возможность повышения точности диагностики НМРЛ с помощью разработки панелей, состоящих из комплекса биомаркеров. Данный подход требует подтверждения в многоцентровых исследованиях с участием более широких когорт пациентов,

Помимо этого, другим ключевым результатом нашего исследования является количественное определение оптимальных пороговых значений (cut-off) 20 исследованных биомаркеров для диагностики НМРЛ с использованием индекса Юдена. Эта находка представляет важный научный вклад: ранее во многих публикациях и метаанализах пороговые значения либо не приводились, либо значительно варьировались, что затрудняло сравнение результатов разных работ и их клиническое применение. Так, в метаанализе Y. He и соавт. (2019) по изучению диагностической ценности HE4 для диагностики рака легкого пороговые значения варьировали от 32,45 до 150 пмоль/л [11]. Широкий разброс пороговых значений может затруднять воспроизводимость результатов и интерпретацию научных данных.

Предложенные нами значения cut-off позволяют упорядочить и стандартизировать подход к диагностике НМРЛ. Конкретные пороговые уровни, определенные с помощью индекса Юдена, могут служить единой основой для скрининга и дифференциальной диагностики. Это сокращает разброс диагностических характеристик между разными центрами и исследованиями, повышает воспроизводимость результатов и облегчает интеграцию данных биомаркерного скрининга в клиническую практику. Таким образом, унификация пороговых значений маркеров упрощает их использование при подозрении на НМРЛ и способствует стандартизации диагностических алгоритмов.

Ограничения исследования. Наше исследование носит одноцентровый характер и сопровождается возрастным дисбалансом между группами, что может влиять на уровень отдельных биомаркеров, особенно воспалительных и метаболических. Кроме того, результаты не были проверены на внешней когорте, что снижает возможность их обобщения и требует валидации на независимых популяциях. Также мы оценивали биомаркеры изолированно с помощью ROC-анализа, без построения комбинированных моделей, которые потенциально могли бы повысить диагностическую точность. Эти факторы необходимо учитывать при интерпретации данных и при планировании будущих многоцентровых исследований с применением мультимаркерных панелей.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наибольшие показатели AUC продемонстрировали биомаркеры HE4 (0,903), ApoA2 (0,86), CYFRA 21-1 (0,836), ApoA1 (0,795), D-димер (0,793), TTR (0,79), ApoA4 (0,784), B2M (0,765), LRG1 (0,757). Совокупность выявленных изменений свидетельствует о сопутствующих онкологических заболеваниям системных реакциях, что подчеркивает значимую роль этих белков в патогенезе рака легкого. Полученные данные указывают на перспективность формирования мультимаркерных панелей на основе выявленных биомаркеров для диагностики НМРЛ. Для подтверждения полученных данных требуется валидация на независимых выборках в многоцентровых исследованиях. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Этическая экспертиза. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова (№ 16-21 от 16.09.2021 г.).	Ethics approval. The study was approved by the Local Ethics Committee of the First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (№ 16-21 from 16.09.2021).
Согласие на публикацию. Все пациенты подписывали добровольное информированное согласие.	Consent for publication. All patients signed a written informed consent form.
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Жиленкова А.В. – разработка концепции и дизайна исследования, проведение статистического анализа, написание текста. Воронова В.М. – разработка концепции и дизайна исследования, проведение статистического анализа. Орлова Е.В., Истранов А.Л., Секачева М.И. – рецензирование и редактирование. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Zhilenkova A.V.: study design and concept, statistical analysis, writing of the manuscript. Voronova V.M.: study design and concept, statistical analysis. Orlova E.V., Istranov A.L., Sekacheva M.I.: review and editing. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Zhou J, Xu Y, Liu J, et al. Global burden of lung cancer in 2022 and projections to 2050: incidence and mortality estimates from GLOBOCAN. *Cancer Epidemiol.* 2024;93:102693. DOI: [10.1016/j.canep.2024.102693](https://doi.org/10.1016/j.canep.2024.102693)
- Molina JR, Yang P, Cassivi SD, et al. Non-small cell lung cancer: epidemiology, risk factors, treatment, and survivorship. *Mayo Clin Proc.* 2008;83(5):584-594. DOI: [10.4065/83.5.584](https://doi.org/10.4065/83.5.584)
- The state of oncological care for the population of Russia in 2022.* Eds. Kaprin AD, Starinsky VV, Shakhzadova AO. M., 2022. (In Russ.). [Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. Под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Шахзадовой А.О. М., 2022].
- Ganti AK, Klein AB, Cotarla I, et al. Update of incidence, prevalence, survival, and initial treatment in patients with non-small cell lung cancer in the US. *JAMA Oncol.* 2021;7(12):1824-1832. DOI: [10.1001/jamaoncol.2021.4932](https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2021.4932)
- National Lung Screening Trial Research Team; Aberle DR, Adams AM, Berg CD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *N Engl J Med.* 2011;365(5):395-409. DOI: [10.1056/NEJMoa1102873](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1102873)
- Rykova EY, Ponomaryova AA, Zaporozhchenko IA, et al. Circulating DNA-based lung cancer diagnostics and follow-up: looking for epigenetic markers. *Transl Cancer Res.* 2018;7(Suppl 2):S153-S170. DOI: [10.21037/tcr.2018.02.08](https://doi.org/10.21037/tcr.2018.02.08)
- Makar K, Wróbel A, Antczak A, Tworek D. Clinical utility of ctDNA analysis in lung cancer – a review. *Adv Respir Med.* 2025;93(3):17. DOI: [10.3390/arm93030017](https://doi.org/10.3390/arm93030017)
- Lee HJ, Kim YT, Park PJ, et al. A novel detection method of non-small cell lung cancer using multiplexed bead-based serum biomarker profiling. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(2):421-427. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2011.10.046](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.10.046)
- Li Ma, Xiao-Wei Xie, Hai-Yan, et al. WangClinical evaluation of tumor markers for diagnosis in patients with non-small cell lung cancer in China. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2015;16(12):4891-4894. DOI: [10.7314/apjcp.2015.16.12.4891](https://doi.org/10.7314/apjcp.2015.16.12.4891)
- Kodama T, Satoh H, Ishikawa H, Ohtsuka M. Serum levels of CA19-9 in patients with nonmalignant respiratory diseases. *J Clin Lab Anal.* 2007;21(2):103-106. DOI: [10.1002/jcla.20136](https://doi.org/10.1002/jcla.20136)
- He YP, Li LX, Tang JX, et al. HE4 as a biomarker for diagnosis of lung cancer: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(39):e17198. DOI: [10.1097/MD.00000000000017198](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000017198)
- Torrecilla JA, Scrimini S, Saulea J. Role of C reactive protein in non-small cell lung cancer staging. *Eur Respir J.* 2014;38(Suppl 55):P2806. DOI: https://doi.org/10.1183/13993003/erj.38.Suppl_55.p2806
- De Pooter N, Brionne-François M, Smahi M, et al. Age-adjusted D-dimer cut-off levels to rule out venous thromboembolism in patients with non-high pre-test probability: clinical performance and cost-effectiveness analysis. *J Thromb Haemost.* 2021;19(5):1271-1282. DOI: [10.1111/jth.15278](https://doi.org/10.1111/jth.15278)
- Li J, Yan S, Zhang X, et al. Circulating D-dimers increase the risk of mortality and venous thromboembolism in patients with lung cancer: a systematic analysis combined with external validation. *Front Med (Lausanne).* 2022;9:853941. DOI: [10.3389/fmed.2022.853941](https://doi.org/10.3389/fmed.2022.853941)
- Milaniuk A, Drabko K, Chojęta A. Role of albumin and prealbumin in assessing nutritional status and predicting increased risk of infectious complications during childhood cancer treatment. *Acta Biochim Pol.* 2024;71:13693. DOI: [10.3389/abp.2024.13693](https://doi.org/10.3389/abp.2024.13693)
- Xu R, Wang J, Zhu Q, et al. Integrated models of blood protein and metabolite enhance the diagnostic accuracy for non-small cell lung cancer. *Biomark Res.* 2023;11:71. DOI: [10.1186/s40364-023-00497-2](https://doi.org/10.1186/s40364-023-00497-2)
- Fujimoto Y, Inoue N, Morimoto K, et al. Significant association between high serum CCL5 levels and better disease-free survival of patients with early breast cancer. *Cancer Sci.* 2020;111(1):209-218. DOI: [10.1111/cas.14234](https://doi.org/10.1111/cas.14234)

Селективная внутриартериальная химиотерапия при местно-распространенном неоперабельном раке головы и шеи: анализ долгосрочной выживаемости в открытом проспективном исследовании

А.И. Загорюлько^{1, 3}, М.В. Черняев^{2, 3}

¹ГБУЗ «Онкологический центр №1 Городская клиническая больница имени С.С. Юдина» Департамента здравоохранения Москвы (Москва, Российская Федерация)

²ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России (Москва, Российская Федерация)

³ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Москва, Российская Федерация)

Аннотация

Пациенты с местно-распространенным неоперабельным раком головы и шеи (РГШ) характеризуются неблагоприятным прогнозом и быстрым летальным исходом при стандартной системной химиотерапии и/или лучевой терапии. Медиана общей выживаемости при традиционном лечении не превышает 12–16 месяцев.

Цель: оценка долгосрочной выживаемости пациентов и эффективности селективной внутриартериальной химиотерапии (ВАХТ) при местно-распространенном неоперабельном РГШ.

Материал и методы. В открытое проспективное исследование были включены 56 пациентов с местно-распространенным неоперабельным РГШ (стадия IVA–IVB), которые получали селективную ВАХТ с использованием высоких доз Цисплатина и других химиопрепаратов с избирательным введением в артерии, питающие опухоль. Исследуемые пациенты были стратифицированы по локализации опухоли (ротоглотка, язык, дно полости рта, другие локализации), наличию лимфатических метастазов и сопутствующей патологии. Первичной конечной точкой был анализ общей выживаемости в среднесрочной перспективе (среднее наблюдение 39 месяцев, диапазон 10–221 месяц) наблюдения. Вторичными конечными точками стали ответ опухоли на лечение, безопасность процедуры, качество жизни.

Исходная когорта (n=56) характеризовалась такими показателями, как возраст $59,8 \pm 9,8$ года (41–81), мужчины 84,8% (n=47), женщины 15,2% (n=9). Основные факторы риска включали курение (69,7%, n=39), артериальную гипертензию (93,9%, n=52), сахарный диабет 2 типа (90,9%, n=51), атеросклероз брахиоцефальных артерий (54,5%, n=30). Средняя коморбидность составила $3,1 \pm 0,7$ фактора риска на пациента, что отражало возраст и тяжесть популяции. Локализация первичной опухоли

представлена ротоглоткой (24,2%), языком (21,2%), дном полости рта (16,1%), другими локализациями (39,4%). Наличие метастазов в регионарные лимфатические узлы выявлено у 51,5% пациентов (n=28). Большинство пациентов (90,9%, n=51) получило одну процедуру ВАХТ, меньшинство (9,1%, n=5) получило две или три процедуры.

Результаты. Из 56 исходно включенных пациентов на момент написания статьи (конец 2025 года) живы 33 пациента (58,9%, 95% ДИ: 44,7–72,6). Это составляет существенно более высокое значение по сравнению с ожидаемой выживаемостью при стандартном лечении, при котором этот показатель не превышает 15–20% через 24–39 месяцев. Средний ответ опухоли на лечение составил $7,9 \pm 5,4$ по суррогатному показателю эффекта (диапазон: 3,2–31,9). Частота осложнений была низкой (12,1%, n=4), включала отек слизистой (n=1), гиперсаливацию (n=1), затекание контраста в соседние структуры (n=1), першение и чувство нехватки воздуха (n=1). Ни одного летального исхода, непосредственно связанного с процедурой ВАХТ, зафиксировано не было.

Заключение. Селективная внутриартериальная химиотерапия является эффективным и безопасным методом лечения для пациентов с местно-распространенным неоперабельным раком головы и шеи, существенно улучшающим долгосрочную выживаемость и качество жизни по сравнению со стандартным лечением. Результаты исследования подтверждают необходимость внедрения этого метода как стандартного подхода в лечении неоперабельных форм РГШ в специализированных учреждениях.

Ключевые слова: рак головы и шеи, селективная внутриартериальная химиотерапия, выживаемость, Цисплатин, локально-распространенный рак, неоперабельный рак.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Загорюлько А.И., Черняев М.В. Селективная внутриартериальная химиотерапия при местно-распространенном неоперабельном раке головы и шеи: анализ долгосрочной выживаемости в открытом проспективном исследовании. Наука и инновации в медицине. 2026;11(1):38–44.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM696031>

Сведения об авторах

Загорюлько А.И. – канд. мед. наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9735-8073>
E-mail: alexrus80@yandex.ru

***Черняев Михаил Викторович** – канд. мед. наук, доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4925-7475>
E-mail: mikhailcherniaev@mail.ru

***Автор для переписки**

Список сокращений

РГШ – рак головы и шеи; ХЛТП – химиолучевая терапия;
ВАХТ – внутриартериальная химиотерапия.

Получено: 10.11.2025

Одобрено: 25.12.2025

Опубликовано: 11.01.2026

Selective intra-arterial chemotherapy for locally advanced inoperable head and neck cancer: an analysis of long-term survival in an open prospective study

Aleksei I. Zagorulko^{1,3}, Mikhail V. Chernyaev^{2,3}

¹City clinical oncological hospital No. 1 (Moscow, Russian Federation)

²National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine (Moscow, Russian Federation)

³Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russian Federation)

Abstract

Patients with locally advanced inoperable head and neck cancer (HNC) have an unfavorable prognosis and a rapid fatal outcome with standard systemic chemotherapy and/or radiation therapy. The median overall survival(s) with traditional treatment does not exceed 12-16 months.

Aim: to evaluate the long-term survival of patients and the effectiveness of selective intra-arterial chemotherapy (IAC) in locally advanced inoperable HNC.

Material and methods. An open prospective study included 56 patients with locally advanced inoperable HNC (stage IVA-IVB) who received selective IAC using high doses of Cisplatin and other chemotherapy drugs selectively injected into the arteries feeding the tumor. The studied patients were stratified by tumor location (oropharynx, tongue, floor of the oral cavity, and other locations), the presence of lymphatic metastases, and concomitant pathology. The primary endpoint was an analysis of overall survival in the medium follow-up term (mean follow-up 39 months, range 10-221 months). The secondary endpoints were the tumor response to treatment, the safety of the procedure, and the quality of life.

The initial cohort (n=56) was characterized by such indicators as age 59.8 ± 9.8 years (41-81), men 84.8% (n=47), women 15.2% (n=9). The main risk factors included smoking (69.7%, n=39), hypertension (93.9%, n=52), type 2 diabetes mellitus (90.9%, n=51), and atherosclerosis of the brachiocephalic arteries (54.5%, n=30). The average comorbidity was 3.1 ± 0.7 risk factors per patient, reflecting the age and severity of the population. The localization of the primary tumor is represented by the oropharynx (24.2%), tongue

(21.2%), bottom of the oral cavity (15.2%), and other localizations (39.4%). The presence of metastases to regional lymph nodes was detected in 51.5% of patients (n=28). The majority of patients (90.9%, n=51) received one SHIFT procedure, the minority (9.1%, n=5) received two or three procedures.

Results. Of the 56 initially enrolled patients, 33 patients are alive at the time of writing (end of 2025) (58.9%, 95% CI: 44.7–72.6). This is a significantly higher value compared to the expected survival rate with standard treatment, in which this indicator does not exceed 15-20% after 24-39 months. The average tumor response to treatment was 7.9 ± 5.4 according to the surrogate effect index (range: 3.2–31.9). The incidence of complications was low (12.1%, n=4), and included mucosal edema (n=1), hyper-salivation (n=1), contrast leakage into neighboring structures (n=1), scratching, and a feeling of lack of air (n=1). No deaths directly related to the WATCH procedure were recorded.

Conclusion. Selective intra-arterial chemotherapy is an effective and safe treatment method for patients with locally advanced inoperable head and neck cancer, significantly improving long-term survival and quality of life compared to standard treatment. The results of the study confirm the need to introduce this method as a standard approach in the treatment of inoperable forms of HNC in specialized institutions.

Keywords: head and neck cancer, selective intra-arterial chemotherapy, survival, Cisplatin, locally advanced cancer, inoperable cancer.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Zagorulko AI, Chernyaev MV. Selective intra-arterial chemotherapy for locally advanced inoperable head and neck cancer: an analysis of long-term survival in an open prospective study. *Science and Innovations in Medicine*. 2026;11(1):38-44. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM696031>

Information about authors

Aleksei I. Zagorulko – MD, Cand. Sci. (Medicine), Head of the Department of X-ray surgical diagnostic and treatment methods. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9735-8073>
E-mail: alexrus80@yandex.ru

***Mikhail V. Chernyaev** – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of Hospital Surgery with a course in Pediatric Surgery. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4925-7475>
E-mail: mikhailchernyaev@mail.ru

*Corresponding author

Received: 10.11.2025
Accepted: 25.12.2025
Published: 11.01.2026

ВВЕДЕНИЕ

Рак головы и шеи остается одной из наиболее сложных проблем современной онкологии. Ежегодно в мире диагностируется более 600 тыс. новых случаев плоскоклеточного рака головы и шеи (РГШ). Более 40% пациентов на момент диагностики имеют местно-распространенное заболевание (стадия III–IV по TNM). Значительная часть этих пациентов является неоперабельной ввиду инвазии онкологического процесса в жизненно важные структуры (внутренняя сонная артерия, основание черепа, позвоночник, орбита), что значительно ограничивает лечебные возможности [1–3].

Стандартный подход к лечению местно-распространенного неоперабельного РГШ включает лучевую терапию (дозы 60–70 Гр) с целью локального контроля, системную химиотерапию (Цисплатин, 5-Фторурацил, Доцетаксел) с целью подавления системного распространения, комбинированное лечение – конкурентная химиолучевая терапия (ХЛТП).

Однако результаты таких подходов чаще всего остаются неудовлетворительными. Медиана общей выживаемости

при стандартной конкурентной ХЛТП не превышает 12–16 месяцев, а 5-летняя выживаемость колеблется в диапазоне 15–40% в зависимости от локализации опухоли, стадии и общего состояния пациента. Для пациентов со стадией 4B/4C (наиболее распространенной в группе неоперабельных пациентов) прогноз еще хуже: так, медиана общей выживаемости составляет 3–9 месяцев, а однолетняя выживаемость – менее 20% [4–6].

Кроме того, системная химиотерапия ассоциирована с высокой токсичностью, значительно снижающей качество жизни пациентов. У таких пациентов возникают такие осложнения, как гематологическая токсичность 3–4 степени (у 40–60% пациентов), мукозиты, требующие парентерального питания (у 30–40%), ксеростомия, нарушения слуха, функции речи (часто в качестве отсроченных эффектов), смертность, связанная с лечением (2–5%).

В то же время хирургическое вмешательство при локально-распространенном РГШ часто технически невозможно и/или приводит к критическому снижению функции и качества жизни (потеря голоса, жевания, глотания, деформация внешности) [7–9].

Альтернативный подход, получивший широкое распространение в Японии и постепенно внедряющийся в других странах, заключается в селективной внутриартериальной инфузии высоких доз химиопрепаратов непосредственно в артерию, питающую опухоль (ВАХТ). Преимуществами такого подхода являются высокие концентрации препарата в опухоли (10–100-кратное увеличение по сравнению с системной доставкой), минимальная системная токсичность (благодаря быстрому метаболизму препаратов в печени и локальной нейтрализации), сохранение функции (возможность органо-сохраняющего подхода без радикальной хирургии), улучшенный прогноз (некоторые исследования показывают результаты, приближающиеся к результатам радикальной хирургии) [10–11].

Однако, несмотря на ощутимые результаты, метод ВАХТ остается мало распространен в России. Это связано с требованием наличия специализированного оборудования (ангиограф), необходимостью подготовки специалистов в области рентгенэндоваскулярной хирургии, отсутствием достаточного количества публикаций на русском языке с данными долгосрочной выживаемости.

Настоящее исследование выполнено для демонстрации собственного опыта применения селективной ВАХТ при неоперабельном РГШ с анализом долгосрочной выживаемости.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования и популяция пациентов

Открытое проспективное когортное исследование проведено в период 2020–2021 гг. на клинических базах Российского университета дружбы народов одной и той же бригадой хирургов.

Критерии включения: в исследование были включены 56 последовательных пациентов с подтвержденным диагнозом, включающим плоскоклеточный рак головы и шеи, местно-распространенное заболевание (стадия IVA–IVB), неоперабельный статус, определяемый как невозможность выполнения радикальной резекции опухоли без критического повреждения жизненно важных структур (внутренней сонной артерии, основания черепа, позвоночника, орбиты), отсутствием отдаленных метастазов (M0), возраст пациента ≥ 18 лет, общее состояние ECOG 0–2.

Исключаемые критерии: наличие отдаленных метастазов; метастатическое заболевание из других органов; беременность и лактация, непереносимость Цисплатина в анамнезе; клиренс креатинина < 60 мл/мин; тромбоцитопения $< 50 \times 10^9$ /л.

Нами оценивались: ответ опухоли (по суррогатному показателю эффекта на основе КТ-оценки); осложнения ВАХТ (немедленные и отсроченные); статус пациента на текущий момент (жив/умер); сроки наблюдения.

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения Statistica 12.0. Количественные данные проверялись на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для данных с нормальным распределением применялись параметрические критерии (t-критерий Стьюдента для независимых выборок), результаты представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Качественные переменные представлены в

виде абсолютных значений и процентных долей [n (%)]. Для расчета 95% доверительного интервала пропорций использовался метод Вильсона. Различия считались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$. Анализ выживаемости проводился методом Каплана – Мейера с оценкой медианы периода наблюдения.

Селективная ВАХТ проводилась рентгенэндоваскулярными хирургами высокой квалификации (опыт работы более 5 лет) в специализированных ангиографических лабораториях под местной анестезией. Перед проведением процедуры осуществлялась комплексная визуализация анатомии первичной опухоли и региональной сосудистой архитектоники методом трехмерной ангиографии (3D-ангиография) и магнитно-резонансной томографии. Это позволило точно определить артериальный характер кровоснабжения опухоли, выявить вариантную анатомию сосудистого бассейна и спланировать оптимальный доступ. На основе результатов предоперационного планирования проводилось селективное катетеризирование артерий, питающих первичную опухоль.

В зависимости от локализации новообразования канюлировались наружная сонная артерия, язычная артерия, лицевая артерия, верхнечелюстная артерия или их ветви. Достижение оптимальной селективности катетеризации было критически важно для минимизации системной токсичности и максимизации локального накопления химиопрепарата в опухоли. Следующим этапом проводилась суперселективная микрокатетеризация путем имплантации микрокатетера напрямую в артериальные ветви, непосредственно питающие опухолевую ткань. Это позволило достичь максимальной селективности инфузии, обеспечивая концентрированную доставку химиопрепарата в очаг поражения при одновременной минимизации контакта препарата с окружающими здоровыми тканями.

Инфузия высоких доз Цисплатина (обычно 100–150 мг на каждую катетеризированную артериальную территорию) проводилась через микрокатетер с одновременной внутривенной инфузией натрия тиосульфата. Натрия тиосульфат выполнял критическую роль нейтрализующего агента, быстро инактивирующего Цисплатин в системном кровообращении и существенно снижающего риск развития нефротоксичности, отоксичности и других системных побочных эффектов, которые традиционно наблюдаются при парентеральном введении Цисплатина.

Инфузия химиопрепарата проводилась в условиях контролируемого временного снижения кровотока в катетеризированной артерии путем умеренного повышения внутриартериального давления и замедления линейной скорости кровотока. Это создавало локальное гипоксическое микроокружение в опухоли, которое, согласно современным представлениям, значительно потенцирует цитотоксический эффект химиопрепарата за счет усиления апоптоза опухолевых клеток и увеличения их чувствительности к воздействию Цисплатина. Кроме того, снижение локального кровотока замедляет вымывание химиопрепарата из опухолевой ткани, способствуя пролонгированному воздействию на опухолевые клетки.

На протяжении всей процедуры проводился постоянный рентгенологический контроль распределения контраста и химиопрепарата в артериальной системе и опухоли.

Категория	Параметр	Исходная когорта (n=56)	Живые пациенты на момент follow-up (n=33, 58,9%)	Умершие (n=23, 41,1%)
		n (%) или M±SD	n (%) или M±SD	n (%) или M±SD
Демография	Возраст, лет	59,8 ± 9,8 (41–81)	60,1 ± 9,5	59,2 ± 10,3
	Мужчины	47 (83,9%)	28 (84,8%)	18 (78,3%)
	Женщины	9 (16,1%)	5 (15,2%)	4 (17,4%)
Вредные привычки	Курение	38 (69,6%)	23 (69,7%)	15 (65,2%)
	Злоупотребление алкоголем	28 (50,0%)	16 (48,5%)	12 (52,2%)
Кардиоваскулярная коморбидность	Артериальная гипертензия	52 (92,9%)	31 (93,9%)	21 (91,3%)
	Сахарный диабет 2 типа	51 (91,1%)	30 (90,9%)	21 (91,3%)
	Атеросклероз БЦА	30 (53,6%)	18 (54,5%)	12 (52,2%)
	Средняя коморбидность (факторов на пациента)	3,1 ± 0,7	3,1 ± 0,7	3,1 ± 0,7
Опухолевые характеристики	Локализация первичной опухоли:			
	Ротоглотка	13 (23,2%)	8 (24,2%)	5 (21,7%)
	Язык	12 (21,4%)	7 (21,2%)	5 (21,7%)
	Дно полости рта	9 (16,1%)	5 (15,2%)	4 (17,4%)
	Другие локализации*	22 (39,3%)	13 (39,4%)	9 (39,1%)
	Поражение лимфоузлов (N-статус):			
	N+ (с метастазами)	28 (50,0%)	17 (51,5%)	11 (47,8%)
	N0 (без метастазов)	28 (50,0%)	16 (48,5%)	12 (52,2%)

Примечания. Другие локализации – гортаноглотка, грушевидный синус, корень языка, твердое небо, небная миндалина, надгортанник.
Notes. Other localizations: laryngopharynx, piriform sinus, tongue root, hard palate, palatine tonsil, epiglottis.

Таблица 1. Клиническая характеристика, схемы лечения и долгосрочные результаты у пациентов с неоперабельным локально-распространенным раком головы и шеи, получивших селективную внутриартериальную химиотерапию (n=56)

Table 1. Clinical characteristics, treatment regimens, and long-term outcomes in patients with inoperable locally advanced head and neck cancer who received selective intra-arterial chemotherapy (n=56)

Использование цифровой субтракционной ангиографии позволило в реальном времени оценить кровоток, исключить ненамеренное затекание контраста в соседние артериальные ветви и убедиться в адекватности инфузии в целевую территорию.

По завершении инфузии проводилось постепенное извлечение микрокатетера и стандартного катетера с контрольной ангиографией для визуализации проходимости сосуда, отсутствия тромбоза, диссекции стенки или других ангиографических осложнений. После достижения гемостаза в месте пункции артерии и контроля кровотока пациенты переводились в палату интенсивного мониторинга.

На протяжении периода наблюдения после процедуры проводилась интенсивная парентеральная гидратация солевыми растворами для профилактики острого повреждения почек, назначались высокопотенциальные противорвотные средства (антагонисты рецепторов 5-гидрокситриптамина-3 и кортикостероиды) для предотвращения тошноты и рвоты и при необходимости использовались дополнительные нефропротекторные агенты.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика исходной и наблюдаемой когорты

В исследование были включены 56 пациентов с неоперабельным локально-распространенным плоскоклеточным РГШ (стадия IVA–IVB). Исходная когорта характеризовалась преобладанием мужчин (83,9%, n=46) над женщинами (16,1%, n=9) при среднем возрасте 59,8 ± 9,8 года (диапазон 41–81 год). Вредные привычки были часто отмечаемыми, 69,6% пациентов были курильщиками (n=38), половина (50,0%) имела историю злоупотребления алкоголем (n=28).

Кардиоваскулярная коморбидность была крайне высокой, что отражало возраст и тяжесть популяции.

Артериальная гипертензия наблюдалась у 92,9% пациентов (n=52), сахарный диабет 2 типа – у 91,1% (n=51), атеросклероз брахиоцефальных артерий – у 53,6% (n=30). Средняя кумулятивная нагрузка коморбидности составила 3,1 ± 0,7 фактора на пациента. Первичная локализация опухоли варьировалась между такими локализациями, как ротоглотка (23,2%, n=13), язык (21,4%, n=12), дно полости рта (16,1%, n=9), грушевидный синус, гортаноглотка, надгортанник и другие локализации (39,3%, n=22). Половина пациентов (50,0%, n=28) имела региональные лимфатические метастазы (N+), остальная половина (50,0%, n=28) имела поражения лимфоузлов (N0) (**таблица 1**).

Результаты лечения

Селективная ВАХТ была проведена с использованием трех основных схем. Схема DC (Доцетаксел + Цисплатин) применялась у 39,3% пациентов (n=22), схема CF (Цисплатин + 5-Фторурацил) – у 33,9% (n=19), схема DCF (Доцетаксел + Цисплатин + 5-Фторурацил) – у 26,8% пациентов (n=15). Подавляющее большинство пациентов (90,9%, n=30) получило одну процедуру селективной ВАХТ, меньшинство получило две (3,0%, n=1) или три процедуры (6,1%, n=2) (**таблица 2**).

На момент анализа после медианы наблюдения 39 месяцев (диапазон 10–221 месяц) живы были 33 пациента из исходной когорты (58,9%, 95% доверительный интервал: 44,7–72,6), 23 пациента погибли (41,1%). Критически важно, что исходные характеристики выживших и умерших пациентов были практически идентичны, что исключало смещение отбора при анализе результатов. Среди живых пациентов показатель ответа опухоли составил 7,9 ± 5,4 (диапазон 3,2–31,9), при этом оптимальный ответ (показатель ≥10) был достигнут у 36,4% пациентов (n=12). Осложнения селективной ВАХТ наблюдались редко – у 12,1% пациентов (n=4), причем все осложнения были минорными (Grade 1–2):

Схема химиотерапии	Параметр	Исходная когорта (n=56)	Живые пациенты на момент follow-up (n=33, 58,9%)	Умершие (n=23, 41,1%)
	DC (Доцетаксел + Цисплатин)	22 (39,3%)	12 (36,4%)	9 (39,1%)
	CF (Цисплатин + 5-Фторурацил)	19 (33,9%)	11 (33,3%)	7 (30,4%)
	DCF (Доцетаксел + Цисплатин + 5-ФУ)	15 (26,8%)	8 (24,2%)	7 (30,4%)
Характеристики ВАХТ	Количество процедур:			
	одна процедура	–	30 (90,9%)	–
	две процедуры	–	1 (3,0%)	–
	три процедуры	–	2 (6,1%)	–
Ответ на лечение и безопасность	Показатель ответа опухоли (M±SD)	–	7,9 ± 5,4	–
	Диапазон (мин.–макс.)	–	3,2–31,9	–
	Оптимальный ответ (показатель ≥10)	–	12 (36,4%)	–
Осложнения, связанные с процедурой		–	4 (12,1%)	–
	Отек слизистой оболочки (Grade 1)	–	1 (3,03%)	–
	Гиперсаливация (Grade 1)	–	1 (3,03%)	–
	Затекание контраста (Grade 1)	–	1 (3,03%)	–
	Першение и чувство нехватки воздуха	–	1 (3,03%)	–
	Летальность, связанная с процедурой	–	0 (0%)	–
Долгосрочные результаты	Всего включено пациентов	56 (100%)	33 (58,9%)	23 (41,1%)
	Медиана периода наблюдения, месяцев (диапазон)	–	39 (10–221)	–
	Трехлетняя общая выживаемость	–	58,9% (95% ДИ: 44,7–72,6)	–

Примечания. DC = Доцетаксел + Цисплатин (122 мг Цисплатина на артериальную территорию + Доцетаксел 75 мг/м²). CF = Цисплатин + 5-Фторурацил (100–150 мг Цисплатина в/в доставка в артерию + 500 мг/м² 5-ФУ в/в). DCF = Доцетаксел + Цисплатин + 5-Фторурацил (тройная схема для крайне распространенных опухолей). Показатель ответа опухоли – радиографическая оценка регрессии опухоли (более высокие значения указывают на лучший ответ).

Notes. DC = Docetaxel + Cisplatin (122 mg Cisplatin per arterial area + Docetaxel 75 mg/m²). CF = Cisplatin + 5-Fluorouracil (100-150 mg Cisplatin intravenously delivered to the artery + 500 mg/m² 5-FU intravenously). DCF = Docetaxel + Cisplatin + 5-Fluorouracil (triple scheme for extremely common tumors). Tumor response rate - radiographic assessment of tumor regression (higher values indicate a better response).

Таблица 2. Схемы лечения и долгосрочные результаты у пациентов с неоперабельным локально-распространенным раком головы и шеи, получивших селективную внутриартериальную химиотерапию (n=56)

Table 2. Treatment regimens and long-term outcomes in patients with inoperable locally advanced head and neck cancer who received selective intra-arterial chemotherapy (n=56)

отек слизистой оболочки (n=1), гиперсаливация (n=1), затекание контраста (n=1), одно неуточненное осложнение (n=1). Летальность, связанная непосредственно с процедурой, составила 0%.

Поток (**рисунок 1**) 56 пациентов с неоперабельным локально-распространенным РГШ (стадия IVA–IVB) через три схемы селективной ВАХТ (DC – Доцетаксел +

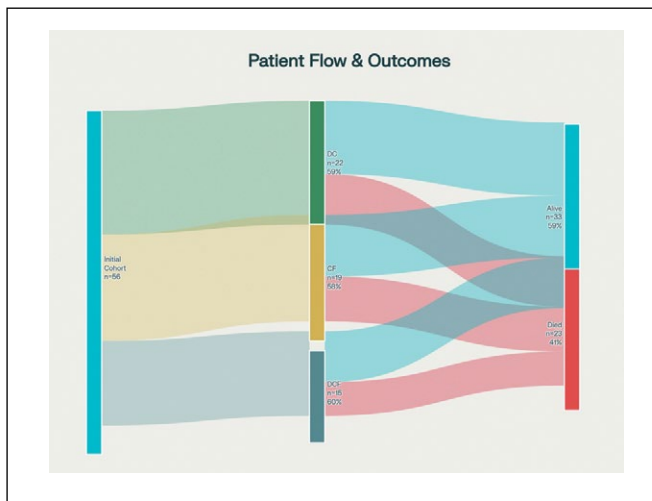


Рисунок 1. Диаграмма потока включенных пациентов при селективной внутриартериальной химиотерапии неоперабельного рака головы и шеи.

Figure 1. Flow diagram of included patients in selective intra-arterial chemotherapy for inoperable head and neck cancer.

Цисплатин, CF – Цисплатин + 5-Фторурацил, DCF – Доцетаксел + Цисплатин + 5-Фторурацил) к финальным исходам показывает одинаковую 58,9% выживаемость независимо от выбранной схемы химиотерапии (n=33 живых, n=23 умерли на момент анализа).

В нашем исследовании (**рисунок 2**) ВАХТ у пациентов с местно-распространенным неоперабельным РГШ к 39 месяцу (средний срок наблюдения) выживаемость сохраняется на уровне 58,9%. Кривая пологая (синяя линия),

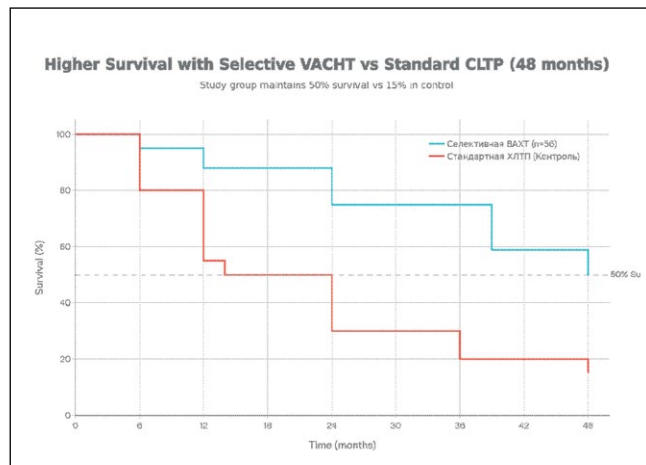


Рисунок 2. График кривых Каплана – Майера у пациентов с выполненным ВАХТ.

Figure 2. Kaplan - Meier curve plot for patients with completed IAC.

Метод лечения	3-летняя ОВ	Медиана ОВ	Объем выборки	Коморбидность
Наше исследование (ВАХТ)	58,9%	39 мес.	56 (100% неоперабельных)	3,1 ± 0,7 (экстремальная)
Стандартная ХЛТП	18–35%	12–16 мес.	переменная	нормальная
Только системная ХТ	10–15%	6–12 мес.	переменная	отобранные (низкий риск)
RADPLAT (D. Yoshida)	78%	60+ мес.	102 (часть операбельных)	нормальная
Aigner et al. (только ДЦ)	65%	NR	97	не указана
Паллиативное лечение	<5%	3–9 мес.	переменная	высокая

Таблица 3. Сравнение полученных результатов с другими исследованиями и вариантами лечения
Table 3. Comparison of the results obtained with other studies and treatment options

без резких падений, что говорит о долгосрочном контроле над заболеванием. Вторая кривая отображает данные литературы (медиана 12–16 мес., 3-летняя выживаемость ~20%). Она демонстрирует быстрое снижение выживаемости, медиана (пересечение 50%) наступает уже на 14-м месяце. Таким образом методика ВАХТ переводит пациентов из группы с медианой жизни 1 год в группу долгожителей.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Bubble-диаграмма (рисунок 3) демонстрирует парадоксальное расхождение между крайне высокой коморбидностью пациентов и достигнутой долгосрочной выживаемостью. По оси X показано количество кумулятивных факторов риска (артериальная гипертензия, сахарный диабет 2 типа, атеросклероз, курение; диапазон 2–4 факторов). По оси Y показан исход (жив vs умер). Размер пузырька соответствует количеству пациентов в каждой категории. Несмотря на то что 92,9% пациентов имели гипертензию, 91,1% – диабет, а 53,6% – атеросклероз (средняя коморбидность 3,1 ± 0,7), 58,9% пациентов достигли долгосрочной выживаемости. Это демонстрирует, что селективная ВАХТ является безопасным и эффективным методом для высокорискованных пациентов, которых отклонили бы от системной химиотерапии.

Сравнение с другими методами

Выживаемость 58,9% в нашем исследовании демонстрирует клиническое преимущество селективной ВАХТ в сравнении с опубликованными результатами альтернативных методов (таблица 3). Согласно данным Cochrane Systematic Review по лечению неоперабельного рака головы и шеи, конкурентная химиолучевая терапия обеспечивает 3-летнюю общую выживаемость в диапазоне 18–35%, тогда как системная паллиативная химиотерапия ограничивается 10–15% (медиана ОВ 6–12 месяцев). В когортах, получавших исключительно паллиативное лечение, 3-летняя выживаемость не превышает 5%. Результаты нашего исследования находятся между эталонным методом суперселективной внутриартериальной химиорadiотерапии (RADPLAT, 78% по данным D. Yoshida, 2023) и другими опубликованными сериями селективной ВАХТ. Так, К.Р. Аigner и соавт. (2019) на основе анализа 97 пациентов сообщили о 65% 3-летней выживаемости при селективной внутриартериальной химиотерапии без облучения, а М.С. Ольшанский и соавт. (2020) в ретроспективном сравнении показали, что селективная ВАХТ

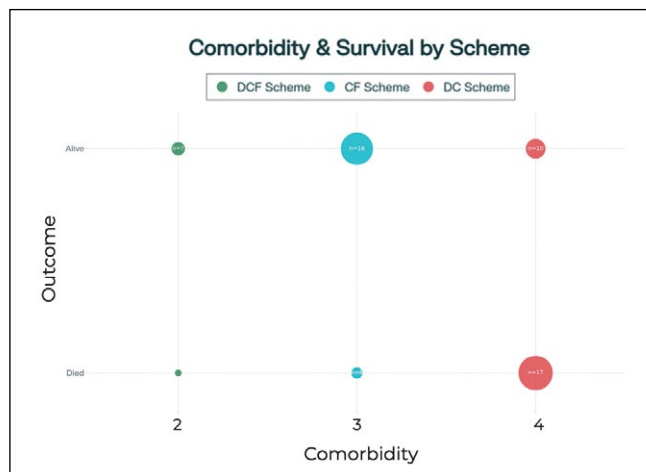


Рисунок 3. Взаимосвязь между кумулятивной кардиоваскулярной коморбидностью и долгосрочной выживаемостью при селективной внутриартериальной химиотерапии.

Figure 3. The relationship between cumulative cardiovascular comorbidity and long-term survival with selective intra-arterial chemotherapy.

на 88% эффективнее системной химиотерапии по критерию медианы ОВ (325 дней vs 173 дня, p<0,01) [12–15].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Селективная ВАХТ является эффективным и безопасным методом лечения неоперабельного РГШ, обеспечивающим значительно лучшие результаты, чем традиционные подходы. Достигнутая 58,9% долгосрочная выживаемость представляет собой существенное улучшение по сравнению с ожидаемой выживаемостью при стандартной терапии. Метод характеризуется исключительно благоприятным профилем безопасности (12,1% минорных осложнений, нулевая процедурная летальность), сохранением функции и применимостью к высокорискованным пациентам. Результаты соответствуют мировым стандартам и указывают на потенциал комбинированных подходов. Селективная ВАХТ должна рассматриваться как стандартный лечебный подход в специализированных учреждениях, располагающих необходимым оборудованием и опытом. Дальнейшие рандомизированные исследования необходимы для оптимизации протоколов комбинированного лечения (ВАХТ + лучевая терапия ± системная ХТ) и выявления факторов прогноза. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Этическая экспертиза. Протокол ЛЭК №8 от 06.06.2020 года.	Ethics approval. Protocol No.8 06.06.2020.
Согласие на публикацию. Все пациенты подписывали добровольное информированное согласие.	Consent for publication. All patients signed a written informed consent form.
Источник финансирования. Исследование выполнено по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Загорулько А.И. – статистическая обработка данных, написание текста и редактирование рукописи. Черняев М.В. – статистическая обработка данных, планирование научной работы, дизайн исследования, написание текста. Авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Zagorulko A.I.: statistical data processing, writing, and editing the manuscript. Chernyaev M.V.: statistical data processing, research planning, study design, and writing. Authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Marur S, Forastiere AA. Head and neck squamous cell carcinoma: update on epidemiology, diagnosis, and treatment. *Nat Rev Cancer*. 2022;22(5):345-362. DOI: [10.1016/j.mayocp.2015.12.017](https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2015.12.017)
- Oishi N, Orozco-Núñez S, Alba-García JR, et al. Survival and Prognostic Factors in Unresectable Head and Neck Cancer Patients. *Journal of clinical medicine*, 2025;14(15):5517. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm14155517>
- Jimenez L, Jayakar SK, Ow TJ, Segall JE. Mechanisms of Invasion in Head and Neck Cancer. *Archives of pathology & laboratory medicine*. 2015;139(11):1334-1348. DOI: <https://doi.org/10.5858/arpa.2014-0498-RA>
- Brockstein B, Haraf DJ, Rademaker AW, et al. Patterns of failure, prognostic factors and survival in locoregionally advanced head and neck cancer treated with concomitant chemoradiotherapy: a 9-year, 337-patient, multi-institutional experience. *Ann Oncol*. 2004;15(8):1179-1186. DOI: [10.1093/annonc/mdh308](https://doi.org/10.1093/annonc/mdh308)
- Taha SA, Saba NF, Samant S, et al. Chemotherapy-free innovations in locally advanced head and neck cancer. *Cancers (Basel)*. 2025;17(8):1047. DOI: [10.3389/fonc.2025.1552337](https://doi.org/10.3389/fonc.2025.1552337)
- Hayashi D, Yamada H, Yoshida D. Retrograde intra-arterial chemotherapy combined with radiotherapy for oral squamous cell carcinoma in elderly patients: outcomes and prognostic factors. *Head Neck*. 2017;39(7):1359-1367. DOI: [10.1186/s13014-017-0847-3](https://doi.org/10.1186/s13014-017-0847-3)
- Hunter M, Haughey BH. Toxicities caused by head and neck cancer treatments and the potential use of molecular therapies to reduce side effects. *Int J Mol Sci*. 2020;21(19):6904. DOI: [10.3390/ejihpe10040066](https://doi.org/10.3390/ejihpe10040066)
- Trotti A. Toxicity in head and neck cancer: a review of trends and impact on quality of life. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2000;47(1):1-12. DOI: [10.1016/s0360-3016\(99\)00558-1](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(99)00558-1)
- Shao A, Wong DK, McIvor NP, et al. Parotid metastatic disease from cutaneous squamous cell carcinoma: prognostic role of facial nerve sacrifice, lateral temporal bone resection, immune status and P-stage. *Head Neck*. 2014;36(4):545-550. DOI: [10.1002/hed.23323](https://doi.org/10.1002/hed.23323)
- Jain S, Gupta S, Singh TP, et al. Short Term Outcomes of Head and Neck Oncology Surgery During Covid-19 Pandemic: Experience from a Tertiary Cancer Care Centre in North India. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2022;74(Suppl 2):2822-2826. DOI: [10.1007/s12070-020-02334-6](https://doi.org/10.1007/s12070-020-02334-6)
- Hunter M, Kellett J, Toohey K, et al. Toxicities Caused by Head and Neck Cancer Treatments and Their Influence on the Development of Malnutrition: Review of the Literature. *Eur J Invest Health Psychol Educ*. 2020;10(4):935-949. DOI: [10.3390/ejihpe10040066](https://doi.org/10.3390/ejihpe10040066)
- Yoshida D. Intra-arterial Chemotherapy for Head and Neck Cancer. *Interv Radiol (Higashimatsuyama)*. 2023;9(3):127-133. DOI: [10.22575/interventionalradiology.2022-0042](https://doi.org/10.22575/interventionalradiology.2022-0042)
- Olshansky MS, Znatkova NA, Shklyarov AYU, et al. Selective Intra-Arterial Chemoinfusion with Palliative Purpose in Patients with Relapses of Squamous Cell Carcinoma of the Head and Neck after Completed Chemoradiotherapy. *Journal of oncology: diagnostic radiology and radiotherapy*. 2020;3(2):51-62. [Ольшанский М.С., Знаткова Н.А., Шкляров А.Ю., и др. Селективная внутриартериальная химиоинфузия с паллиативной целью у пациентов с рецидивами плоскоклеточного рака головы и шеи после завершеного химиолучевого лечения. *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2020;3(2):51-62]. DOI: <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2020-3-2-51-62>
- Aigner KR, Selak E, Aigner K. Short-term intra-arterial infusion chemotherapy for head and neck cancer treatment: clinical results. *J Cancer Res Clin Oncol*. 2019;145(1):261-268. DOI: [10.1007/s00432-018-2784-4](https://doi.org/10.1007/s00432-018-2784-4)
- Parmar A, Macluskey M, McGoldrick N, Conway DI, Glenny AM, Clarkson JE, et al. Interventions for the treatment of oral cavity and oropharyngeal cancer: chemotherapy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021;12(12):CD006386. DOI: [10.1002/14651858.CD006386.pub4](https://doi.org/10.1002/14651858.CD006386.pub4)

Алгоритм хирургического лечения больных метастатическим колоректальным раком, осложненным кишечной непроходимостью

Д.С. Шве́ц^{1, 2}, О.И. Каганов^{1, 2}, А.Е. Орлов¹, А.М. Козлов^{1, 2}, С.А. Фролов^{1, 2},
Н.И. Миколенко², Т.О. Каганова¹

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России
(Самара, Российская Федерация)

²ГБУЗ «Самарский областной клинический онкологический диспансер»
(Самара, Российская Федерация)

Аннотация

Цель: разработать алгоритм, позволяющий выбрать оптимальный объем хирургического вмешательства больным метастатическим колоректальным раком, осложненным обтурационной кишечной непроходимостью.

Материал и методы. Исследование основано на анализе результатов лечения 202 пациентов метастатическим колоректальным раком, осложненным обтурационной кишечной непроходимостью, которые были разделены на две группы. В первую группу вошли 119 пациентов, которым первым этапом выполнено удаление первичного опухолевого очага. Вторую группу составили 83 пациента, которым выполнена только дренирующая симптоматическая операция, направленная на ликвидацию кишечной непроходимости.

Результаты. Показатель одногодичной летальности в первой группе составила 37 человек (31,1%), а во второй группе – 51 (61,4%) пациент.

Многофакторный анализ выявил предикторы, влияющие на показатель одногодичной летальности: количество внутренних органов, пораженных метастазами, альбумин/глобулиновый коэффициент, лейкоцитарный индекс Кребса, индекс MCV, схема предстоящей таргетной терапии.

Заключение. Разработан этапный алгоритм принятия решения, позволяющий определить показания к удалению первичной опухоли, и создана программа ЭВМ для расчета риска одногодичной летальности больных метастатическим колоректальным раком.

Ключевые слова: метастатический колоректальный рак, кишечная непроходимость, нежелательные явления химиотерапии, паллиативная операция, циторедуктивная операция – R2 резекция.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Швец Д.С., Каганов О.И., Орлов А.Е., Козлов А.М., Фролов С.А., Миколенко Н.И., Каганова Т.О. Алгоритм хирургического лечения больных метастатическим колоректальным раком, осложненным кишечной непроходимостью. *Наука и инновации в медицине.* 2026;11(1):45-51. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM629314>

Сведения об авторах

*Швец Денис Сергеевич – врач-онколог абдоминального отделения №2.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2934-9933>

E-mail: shvetsdenis@rambler.ru

Каганов О.И. – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой онкологии; главный врач.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1765-6965>

E-mail: o.i.kaganov@samsmu.ru

Орлов А.Е. – д-р мед. наук, профессор кафедры управления качеством в здравоохранении ИПО.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6145-3343>

E-mail: a.e.orlov@samsmu.ru

Козлов А.М. – канд. мед. наук, заведующий абдоминальным отделением №2.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6492-999X>

E-mail: amihalu4@gmail.com

Фролов С.А. – заведующий абдоминальным отделением №1.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1194-3220>

E-mail: frol_ser@mail.ru

Миколенко Н.И. – врач-онколог абдоминального отделения №2.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7479-155X>

E-mail: Nekit.Mikolenko@yandex.ru

Каганова Т.О. – студентка.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2295-9265>

E-mail: kaganova2018@gmail.com

*Автор для переписки

Список сокращений

КРР – колоректальный рак; МКРР – метастатический колоректальный рак; ХТ – химиотерапия; ТТ – таргетная терапия; КН – кишечная непроходимость.

Получено: 21.03.2024

Одобрено: 17.10.2025

Опубликовано: 04.01.2026

Algorithm for surgical treatment of patients with metastatic colorectal cancer complicated by intestinal obstruction

Denis S. Shvets^{1, 2}, Oleg I. Kaganov^{1, 2}, Andrei E. Orlov¹, Aleksei M. Kozlov^{1, 2},
Sergei A. Frolov^{1, 2}, Nikita I. Mikolenko², Tatyana O. Kaganova¹

¹Samara State Medical University (Samara, Russian Federation)

²Samara Regional Clinical Oncology Dispensary (Samara, Russian Federation)

Abstract

Aim: to develop an algorithm for selecting the optimal surgical intervention for patients with metastatic colorectal cancer complicated by obstructive intestinal obstruction.

Material and methods. The study is based on an analysis of the treatment outcomes of 202 patients with metastatic colorectal cancer complicated by obstructive intestinal obstruction. The patients were divided into two groups. Group 1 included 119 patients who underwent primary tumor removal as the first stage. Group 2 included 83 patients who underwent only symptomatic drainage surgery to relieve intestinal obstruction.

Results. The one-year mortality rate was 37 patients (31.1%) in Group 1 and 51 (61.4%) in Group 2. Multivariate analysis identified predictors influencing the

one-year mortality rate: the number of internal organs affected by metastases, albumin/globulin ratio, Krebs index, MCV index, and the planned targeted therapy regimen.

Conclusion. Based on this analysis, a step-by-step decision-making algorithm was developed to determine the indications for primary tumor removal, and a computer program was created to calculate the one-year mortality risk in patients with metastatic colorectal cancer.

Keywords: metastatic colorectal cancer, intestinal obstruction, adverse events of chemotherapy, palliative surgery, cytoreductive surgery – R2 resection.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Shvets DS, Kaganov OI, Orlov AE, Kozlov AM, Frolov SA, Mikolenko NI, Kaganova TO. **Algorithm for surgical treatment of patients with metastatic colorectal cancer complicated by intestinal obstruction.** *Science and Innovations in Medicine.* 2026;11(1):45-51. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM629314>

Information about authors

***Denis S. Shvets** – MD, oncologist of Abdominal Department No. 2.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2934-9933>

E-mail: shvetsdenis@rambler.ru

Oleg I. Kaganov – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Oncology Department, Chief Physician.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1765-6965>

E-mail: o.i.kaganov@samsmu.ru

Andrei E. Orlov – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Quality Management in Healthcare, Institute of Postgraduate Education.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6145-3343>

E-mail: a.e.orlov@samsmu.ru

Aleksei M. Kozlov – MD, Cand. Sci. (Medicine), Head of Abdominal Department No. 2.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6492-999X>

E-mail: amihalu4@gmail.com

Sergei A. Frolov – MD, Head of Abdominal Department No. 1.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1194-3220>

E-mail: frol_ser@mail.ru

Nikita I. Mikolenko – MD, oncologist of Abdominal Department No. 2.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7479-155X>

E-mail: Nekit.Mikolenko@yandex.ru

Tatyana O. Kaganova – student.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2295-9265>

E-mail: kaganova2018@gmail.com

***Corresponding author**

Received: 21.03.2024

Accepted: 17.10.2025

Published: 04.01.2026

ВВЕДЕНИЕ

Колоректальный рак (КРР) в мире и в Российской Федерации занимает третье место по показателям заболеваемости и смертности [1, 2]. В Самарской области показатели заболеваемости и смертности коррелируют с общими показателями РФ [3]. Высокий процент смертности от данной патологии обусловлен большим количеством запущенных форм заболевания. В мировой статистике процент первичного – метастатического КРР составляет от 17–32%. По данным В.А. Алиева и А.Д. Каприна, несмотря на активное внедрение программ скрининга и постепенное снижение уровня заболеваемости в РФ, первичный метастатический КРР (мКРР) выявляется в 20–30% случаев, что статистически значимо ухудшает прогноз [4, 5].

Согласно клиническим рекомендациям АОР, RUSSCO, NCCN, основным методом лечения мКРР является химиотерапия (ХТ) в сочетании с таргетной терапией (ТТ), а хирургический этап лечения является лишь вспомогательным, направленным на подготовку к проведению системной терапии. Осложнения, развившиеся на различных этапах лечения, приводят к удлинению сроков начала терапии, а также вынуждают редуцировать дозы вводимых препаратов, увеличивать интервалы между циклами или вовсе приводят к отмене терапии, что ухудшает отдаленные результаты. Около 45% больных умирает в течение первого года после постановки диагноза [6].

Наиболее часто встречающимся осложнением является кишечная непроходимость (КН) [7]. Пациентам с КН перед началом проведения ХТ с ТТ на первом этапе требуется хирургический этап лечения для ликвидации имеющихся осложнений. И возникает вопрос: какой объем хирургического вмешательства выбрать – сформировать колостому или выполнить циторедуктивную операцию по удалению первичного опухолевого очага?

ЦЕЛЬ

Проанализировать результаты комплексного лечения больных мКРР и разработать алгоритм выбора объема хирургического вмешательства у данной категории больных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На основании опыта лечения больных мКРР, осложненного КН, в ГБУЗ СОКОД проведено исследование, в которое включены 202 пациента.

Критерии включения в исследования: больные мКРР, осложненным обтурационной КН в стадии компенсации либо субкомпенсации; гистологическая форма опухоли – аденокарцинома; выполненная циторедуктивная операция

по удалению первичного очага или дренирующая операция; последующее проведение ХТ по схемам: FOLFOX/XELOX в сочетании с ТТ; при наличии перитонеального канцероматоза: P1-P2 по японской классификации; общесоматический статус ECOG 2 и ниже.

Критерии не включения: пациенты, отказавшиеся от специального лечения; пациенты мКРР с бессимптомной первичной опухолью; пациенты, у которых диагностирован перитонеальный канцероматоз P-3 по японской классификации; пациенты с раком прямой кишки (нижне- и среднеампулярные отделы) и анальной формой рака прямой кишки; общесоматический статус выше ECOG 2.

Всем пациентам до начала лечения проведено обследование, установлен и верифицирован клинический диагноз, произведено стадирование по системе TNM, определено количество органов, пораженных метастазами. Участники исследования были разделены на две группы: в первую группу вошли 119 пациентов, которым первым этапом выполнена циторедуктивная R2 резекция по удалению первичного опухолевого очага. Вторую группу составили 83 пациента, которым выполнена только дренирующая симптоматическая операция, направленная на ликвидацию КН без удаления первичного очага.

В обеих группах исследования у пациентов имелось как изолированное метастатическое поражение одного органа, так и сочетанное поражение двух и более органов. Пациенты в обеих группах были сопоставимы по полу, возрасту, стадии по системе TNM и локализации первичной опухоли. Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

Статистический анализ. Обработку результатов исследования выполняли с помощью программы Statistica 10.0, SPSS 13. Для оценки риска годичной летальности применялась сначала однофакторная бинарная логистическая регрессия, затем предикторы с уровнем значимости менее 0,1 были включены в многофакторную бинарную логистическую регрессию с применением метода пошагового исключения предикторов по алгоритму Вальда. Оценку качества прогнозирования проводили по статистической значимости предикторов, вошедших в модель, по показателям чувствительности и специфичности. Создание алгоритма выбора оптимального метода хирургического лечения выполнено с помощью метода построения деревьев решений Chi Square Automatic Interaction Detection (CHAID). Метод CHAID основан на проверке гипотезы о независимости двух переменных по критерию χ^2 . Построение выполнялось средствами пакета программ SPSS 13 на основании данных обучающей выборки численностью 202 наблюдения. Уровень значимости α принимался менее 0,05.

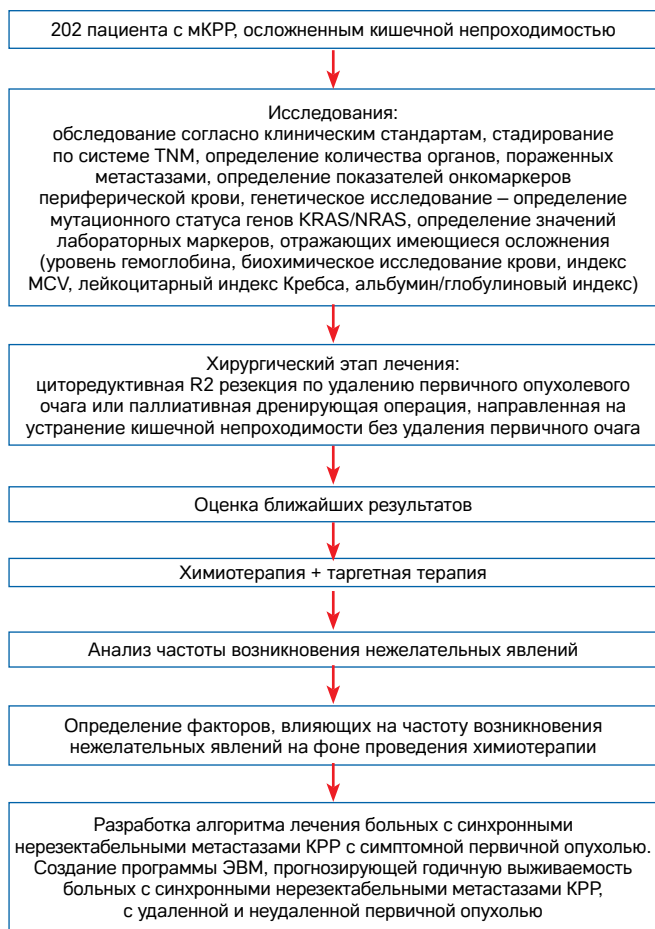


Рисунок 1. Дизайн исследования.
Figure 1. Study design.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценивались параметры интраоперационной кровопотери и проведенного койко-дня. Средняя интраоперационная кровопотеря у больных в первой группе исследования составила 150 ± 20 мл, у больных второй группы исследования – 80 ± 20 мл ($p=0,000$), средний койко-день на стационарной койке в первой группе был равен 20 ± 2 , во второй группе – 12 ± 2 ($p=0,000$). Указанные показатели в группе с выполненной циторедуктивной операцией были значимо выше, что объяснялось объемом выполненной операции.

В последующем анализировались возникавшие послеоперационные осложнения у больных в обеих группах исследования. В первой группе послеоперационные осложнения возникли у 37 пациентов (31,1%), что было значимо выше, чем во второй группе, где послеоперационные осложнения возникли у 15 пациентов (18,1%) ($\chi^2=4,336$; $df=1$; $p=0,037$).

Возникшие послеоперационные осложнения повлияли на сроки начала проведения ХТ: в первой группе у больных с выполненной циторедуктивной операцией по удалению первичного очага средний показатель начала ХТ после хирургического лечения был равен $44,0 \pm 2,0$ суток, во второй группе больных, которым была сформирована колостома, этот показатель был равен $30,0 \pm 1,0$ суток ($Z=2,732$; $p=0,006$).

В дальнейшем на этапе проведения ХТ анализировались возникающие нежелательные явления, требующие приостановки проведения системного лечения, редукции дозы или даже прекращения терапии. В первой группе исследования подобные нежелательные явления

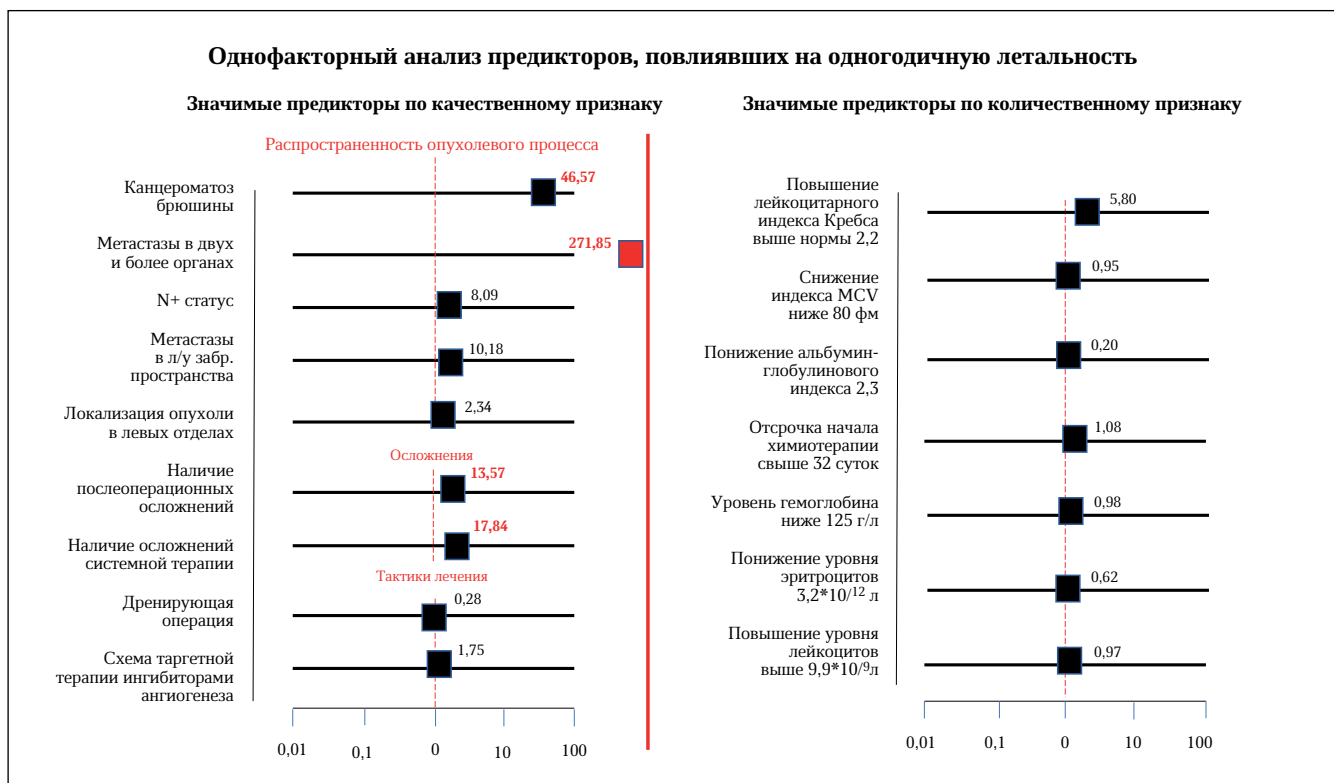


Рисунок 2. Однофакторный анализ значимых предикторов, влияющих на годовичную летальность у пациентов с метастатическим КРР, осложненным кишечной непроходимостью (качественные и количественные признаки).
Figure 2. Univariate analysis of significant predictors influencing 1-year mortality in patients with metastatic colorectal cancer complicated by intestinal obstruction (qualitative and quantitative characteristics).



Рисунок 3. Многофакторный анализ переменных, ассоциированных с годичной летальностью у пациентов с метастатическим КРР, осложненным кишечной непроходимостью.

Figure 3. Multivariate analysis of variables associated with 1-year mortality in patients with metastatic colorectal cancer complicated by intestinal obstruction.

наблюдались у 47 (39,6%), во второй группе исследования – у 67 (80,9%) пациентов. В обеих группах наблюдались такие осложнения крови, как лейкопения, тромбоцитопения, тромботические и язвенные осложнения. Такие осложнения, как перфорация опухоли и кровотечения из распадающейся опухоли, в группе с удаленным первичным очагом соответственно не наблюдались. Возникшие осложнения во время проводимой ХТ повлияли на количество проведенных циклов. Предварительно запланированные 12 циклов ХТ в группе с удаленным первичным очагом прошли 51,8% пациентов, а в группе с неудаленным первичным очагом – лишь 19,9% пациентов, поскольку большей части пациентов этой группы пришлось прекратить проведение специального лечения из-за возникших нежелательных явлений на фоне проведения системного лечения ($p=0,000$).

Далее были проанализированы показатели бессобытийной и общей выживаемости. Годичная летальность в первой группе составила 37 человек (31,1%), а во второй группе – 51 (61,4%) пациент ($\chi^2=18,323$, $df=1$; $p=0,000$). Для оценки значимости факторов, влияющих на годичную летальность, были построены однофакторные уравнения логистической регрессии и выявлены предикторы, значимо влияющие на годичную летальность (**рисунок 2**).

На основании выявленных значимых предикторов была построена многофакторная модель логистической регрессии с пошаговым исключением по методу Вальда (**рисунок 3**). Предикторами, значимо влияющими на годичную выживаемость, являлись повышение лейкоцитарного индекса Кребса (ЛИИ), снижение альбумин-глобулинового индекса (АГИ) и снижение MCV, поражение метастазами более одного органа и увеличение частоты послеоперационных осложнений. Что касается метода оперативного лечения, то формирование колостомы без удаления первичного очага также увеличивало вероятность смерти в течение одного года.

Для дальнейшей оценки факторов, влияющих на выживаемость пациентов в зависимости от объема оперативного вмешательства, нами были построены деревья решений SHAD (**рисунок 4**). Выявленные факторы, которые значимо влияли на годичную летальность, отражали наличие осложнений, связанных с наличием первичной опухоли и распространенность опухолевого процесса.

Реализация алгоритма

1. При выявлении поражения метастазами двух и более внутренних органов выполнение операции по удалению первичной опухоли не показано из-за отсутствия онкологической целесообразности выполнения данного вмешательства.

2. При отсутствии поражения метастазами двух и более внутренних органов следует второй этап анализа: при снижении показателя альбумин-глобулинового коэффициента ниже 1,5 выполнение операции по удалению первичной опухоли также не показано, поскольку у больного имеются явления печеночной недостаточности, при которой эффективность проведения лекарственной терапии значительно снижается.

3. При отсутствии снижения альбумин-глобулинового коэффициента ниже 1,5 следует третий этап – анализ показателя лейкоцитарного индекса Кребса: при значении выше 2,2 показано удаление первичной опухоли, так как ликвидация существующего воспалительного процесса, связанного с наличием первичной опухоли, позволит избежать в последующем возникновения септических нежелательных явлений на фоне проведения системного лечения.

4. При уровне лейкоцитарного индекса Кребса ниже 2,2 показано проведение четвертого этапа – анализа сочетания индекса MCV и схемы предстоящей ТТ. При уровне индекса MCV ниже 80 в сочетании со схемой ТТ ингибиторами ангиогенеза показано удаление первичной опухоли. Маркер MCV отражает наличие хронического кровотечения, источником которого в случае с КРР в большинстве

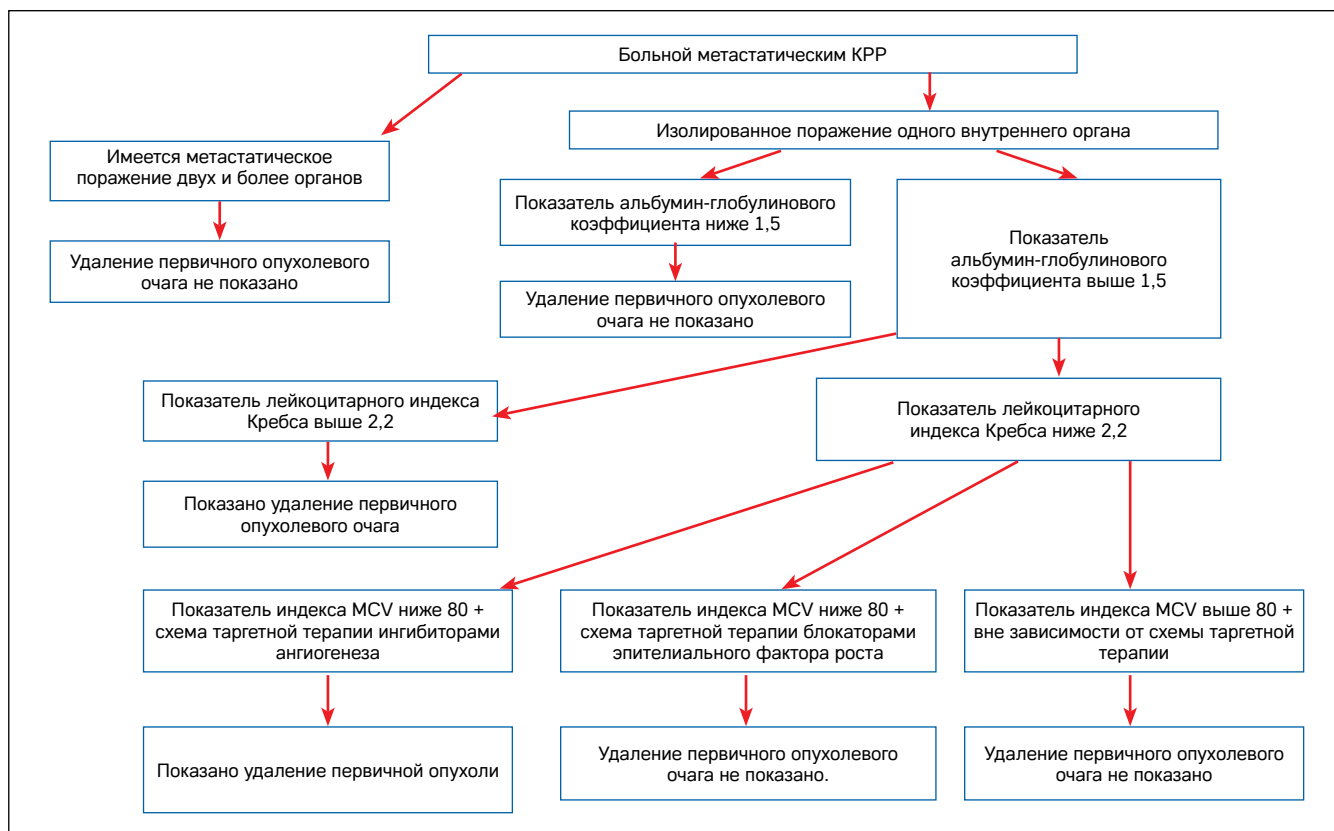


Рисунок 4. Дерево принятия решений.

Figure 4. Decision tree.

случаев является первичная опухоль. При добавлении в схему терапии ингибиторов ангиогенеза вероятность развития такого нежелательного явления, как кровотечение из распадающейся опухоли, значительно увеличивается. При уровне индекса MCV ниже 80 в сочетании со схемой ТТ блокаторами эпителиального фактора роста, а также при уровне индекса MCV выше 80 вне зависимости от планируемого курса ТТ выполнение операции по удалению первичной опухоли на первом этапе лечения не показано, достаточно сформировать колостому. Поскольку риск развития нежелательных явлений на фоне проведения системной терапии у данной группы больных минимальный, достаточно лишь ликвидировать явления КН, в наиболее короткие сроки начать проведение ХТ, а в последующем рассмотреть вопрос о выполнении R0 резекции.

На основе данного алгоритма была разработана программа ЭВМ, которая рассчитывает риск летальности в течение первого жизни года у больных мКРР с симптомной первичной опухолью и определяет целесообразность выполнения циторедуктивной операции с учетом всех вышеперечисленных предикторов.

Для получения прогноза у больного мКРР перед проведением хирургического этапа лечения оценивают следующие показатели. На основании данных компьютерной томографии грудной клетки и брюшной полости определяют количество внутренних органов, пораженных метастазами. На основании биохимического исследования крови вычисляется альбумин-глобулиновый коэффициент. На основании показателей общего анализа крови определяются индекс MCV, а также процентное содержание нейтрофилов и лимфоцитов и высчитывается лейкоцитарный индекс Кребса.

Оценка качества работы программы производилась по показателям чувствительности и специфичности. Тестировались возможные точки разделения вероятности исхода, и частота ошибочного прогноза составила $1,0 \pm 0,7\%$.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Больные мКРР являются одной из самых сложных групп для выработки тактики лечения и имеют неблагоприятный отдаленный прогноз. Согласно практическим рекомендациям RUSSCO, действовавшим до 2018 года, перед началом ХТ рекомендовалось выполнить циторедуктивную операцию по удалению первичного очага. По мнению Ю.А. Барсукова, М.Ф. Черкасова, циторедуктивные операции направлены на уменьшение объема опухолевой ткани и улучшают эффективность проводимой ХТ [4, 8, 9]. Однако по данным ряда исследований, осложнения после выполнения хирургических вмешательств при КРР встречаются в 19,3–26,7%, а летальность после данных операций составляет 2,2–5,4% [10, 11]. Возникновение послеоперационных осложнений значительно увеличивает сроки начала лекарственного лечения, а в ряде случаев делает дальнейшее лечение невозможным. Согласно данным классификации осложнений Clavien – Dindo, в 7,1% случаев после выполнения хирургического вмешательства по поводу КРР возникают фатальные осложнения, которые в последующем лишают пациента возможности продолжать лекарственное лечение [12]. Это объясняется объемом оперативного вмешательства и техническими трудностями при выполнении операции. По нашим данным, в группе с выполненными циторедуктивными операциями по удалению первичного опухолевого очага послеоперационные осложнения возникали чаще, чем в группе с неудаленной первичной опухолью (29,8% против

9,6%), что впоследствии приводило к отсрочке начала ХТ. В первой группе средний показатель начала проведения ХТ после оперативного лечения составил 44,0 дня, тогда как во второй группе этот показатель равнялся 30,0 дня ($Z=2,732$; $p=0,006$), что соответственно влияло на эффективность лечения.

Регулярно возникающие осложнения, ухудшающие прогноз жизни больных, послужили причиной для проведения ряда международных рандомизированных исследований. В 2016, 2019 и 2020 годах окончены исследования Ghina multicenter (Китай), JCOG1007 (Япония) и PTR Trial (Южная Корея). Выводы данных исследований: при бессимптомном течении первичной опухоли циторедуктивные операции по удалению первичной опухоли не улучшают 1-, 2-, 3- и 5-летнюю выживаемость больных мКРР.

В настоящее время в процессе набора пациентов еще четыре европейских исследования: SYNCRONOUS (Германия), CAIRO4 (Нидерланды), CCR-IV (Испания), CLIMAT (Франция). По данным опубликованного промежуточного анализа вышеперечисленных исследований, связь улучшения выживаемости с циторедуктивной операцией по удалению первичного опухолевого очага также не прослеживается [13].

В результате рекомендации были изменены, и с 2018 года действуют рекомендации, согласно которым вопрос об удалении первичного опухолевого очага решается индивидуально с учетом риска развития осложнений.

Однако вышеуказанные исследования касались бессимптомного (неосложненного) течения первичной опухоли. Наличие осложненной (симптомной) первичной опухоли диктует необходимость ликвидации имеющихся осложнений путем удаления первичной опухоли до начала проведения системного лечения.

Также на отдаленные результаты значительно влияют возникающие нежелательные явления на фоне проведения ХТ. Так, по данным Европейской ассоциации онкологов, нежелательные явления на фоне проведения ХТ наблюдаются у более чем 50% пациентов. E. Savu отмечает, что степень их проявления зависит от применяемой схемы терапии, дозировок, распространенности опухолевого процесса и индивидуальных факторов, т.е. наличия или отсутствия уже имеющихся, но клинически не проявляющихся осложнений [14]. По данным С.Н. Федоринова и А.Ю. Добродеева, наблюдаются следующие нежелательные явления ХТ: кровотечение из распадающейся опухоли, перфорации опухоли с последующим развитием септических осложнений [15, 16]. Все эти осложнения связаны с наличием неудаленной первичной опухоли. В наших наблюдениях количество нежелательных явлений в группе с неудаленным первичным очагом превысило европейский показатель в 50% и составило 68,2%, тогда как в группе с удаленным первичным очагом этот показатель равнялся 33,3%. По нашему мнению, это связано с наличием субклинических осложнений первичной опухоли, существовавших до начала системного лечения.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный алгоритм и созданная на его основе программа ЭВМ, учитывающие объем метастатического поражения внутренних органов, такие показатели, как альбумин-глобулиновый коэффициент, лейкоцитарный индекс Кребса, индекс MCV, и схему предстоящей ТТ, позволяют обосновать необходимость удаления первичной опухоли или формирования колостомы и улучшить результаты проведения системного лечения и показатель общей выживаемости больных мКРР. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Этическая экспертиза. Протокол ЛЭК №265 от 21.06.2023 года.	Ethics approval. Protocol No. 265 of June 21, 2023.
Согласие на публикацию. Все пациенты подписывали добровольное информированное согласие.	Consent for publication. All patients signed a written informed consent form.
Источник финансирования. Исследование выполнено при поддержке Самарского областного клинического онкологического диспансера.	Study funding. The study was carried out with the support of the Samara Regional Clinical Oncology Dispensary.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Швец Д.С. – планирование научной работы, дизайн исследования, написание текста. Миколенко Н.И., Козлов А.М., Фролов С.А. – критический пересмотр. Каганова Т.О. – статистическая обработка, разработка концепции. Каганов О.И., Орлов А.Е. – дизайн исследования, редактирование рукописи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Shvets D.S.: planning of the scientific work, study design, writing of the text. Mikolenko N.I., Kozlov A.M., Frolov S.A.: critical revision. Kaganova T.O.: statistical processing, concept development. Kaganov O.I., Orlov A.E.: study design, editing of the manuscript. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. *Malignant neoplasms in Russia in 2020 (incidence and mortality)*. Edited by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, A.O. Shakhzadova. М., 2021. (In Russ.). [Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М., 2021].
2. Siegel RL, Miller KD, Sauer Goding A, et al. Colorectal cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin*. 2020;70(3):145-164. DOI: [10.3322/caac.21601](https://doi.org/10.3322/caac.21601)
3. Egorova AG, Orlov AE, Suslin SA. Justification of regional programs for the control and prevention of malignant neoplasms of the digestive system based on an international comparison of morbidity, mortality and survival rates (research based on materials from CI5 and Concord 3). *Problems in Oncology*. 2021;67(1):51-58. [Егорова А.Г., Орлов А.Е., Суслин С.А. Обоснование региональных программ контроля и профилактики злокачественных новообразований органов пищеварения на основе международного сравнения показателей заболеваемости, смертности и выживаемости (исследование по материалам CI5 и Concord 3). *Вопросы онкологии*. 2021;67(1):51-58]. DOI: <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2021-67-1-51-58>
4. Aliev VA, Mamedli ZZ, Barsukov YuA, et al. Metastatic colorectal cancer. Evolution of treatment strategies: surgeons' point of view. *Pelvic Surgery and Oncology*. 2021;11(1):42-59. [Алиев В.А., Мамедли З.З., Барсуков Ю.А., и др. Метастатический колоректальный рак. Эволюция лечебных подходов: взгляд хирурга-онколога. *Тазовая хирургия и онкология*. 2021;11(1):42-59]. DOI: <https://doi.org/10.17650/2686-9594-2021-11-1-42-59>
5. Seidinovich A, Gordeev SS, Markovich AA, et al. Chemotherapy efficacy in metastatic neuroendocrine colorectal cancer. *Coloproctology*. 2023;22(2):103-111. [Сейдинович А., Гордеев С.С., Маркович А.А., и др. Эффективность химиотерапии при метастатическом нейроэндокринном раке толстой кишки. *Колопроктология*. 2023;22(2):103-111]. DOI: <https://doi.org/10.33878/2073-7556-2023-22-2-103-111>
6. Akhmedov BB, Kononets PV, Fedyanin MYu, et al. Colorectal cancer metastases to the lungs: outcomes of surgical treatment and prognostic factors. *Surgery and Oncology*. 2020;10(2):33-41. [Ахмедов Б.Б., Кононец П.В., Федянин М.Ю., и др. Метастазы колоректального рака в легких: результаты хирургического лечения и факторы прогноза. *Хирургия и онкология*. 2020;10(2):33-41]. DOI: <https://doi.org/10.17650/2686-9594-2020-10-2-33-41>
7. Shchaeva SN, Kazantseva EA, Gordeeva EV. Emergency surgical interventions for rectal cancer complicated by intestinal obstruction: long-term results and prognostic factors. *Pelvic surgery and oncology*. 2020;10(1):11-19. [Щаева С.Н., Казанцева Е.А., Гордеева Е.В. Экстренные хирургические вмешательства при раке прямой кишки, осложненном кишечной непроходимостью: отдаленные результаты и прогностические факторы *Тазовая хирургия и онкология*. 2020;10(1):11-19]. DOI: <https://doi.org/10.17650/2686-9594-2020-10-1-11-19>
8. Poddubnaya IV, Stilidi IS, Kaprin AD, et al. *Malignant neoplasm of the colon and rectosigmoid region: clinical guidelines*. М., 2018. (In Russ.). [Поддубная И.В., Стилиди И.С., Каприн А.Д., и др. *Злокачественное новообразование ободочной кишки и ректосигмоидного отдела: клинические рекомендации*. М., 2018].
9. Fedyanin MYu, Achkasov SI, Bolotina LV, et al. Practical recommendations for drug treatment of colon and rectosigmoid junction cancer. *Malignant tumors: Practical oncology*. 2020;10(3s2, suppl.):350-391. (In Russ.). [Федянин М.Ю., Ачкасов С.И., Болотина Л.В., и др. Практические рекомендации по лекарственному лечению рака ободочной кишки и ректосигмоидного соединения. *Злокачественные опухоли: Практическая онкология*. 2020;10(3s2, прил.):350-391]. DOI: <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2021-11-3s2-22>
10. Antoniou SA, Antoniou GA, Koch OO, et al. Laparoscopic versus open obesity surgery: a meta-analysis of pulmonary complications. *Digestive Surgery*. 2015;32(2):98-105. DOI: [10.1159/000371749](https://doi.org/10.1159/000371749)
11. Dobrodeev AYU, Kostromitsky DN, Afanasyev SG, et al. Variability in surgical treatment of metastatic colorectal cancer (literature review). *Siberian journal of oncology*. 2023;22(2):160-167. [Добродеев А.Ю., Костромичский Д.Н., Афанасьев С.Г., и др. Вариабельность хирургических подходов к лечению больных метастатическим колоректальным раком (литературный обзор). *Сибирский онкологический журнал*. 2023;22(2):160-167]. DOI: <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2023-22-2-160-167>
12. Lindskogen S, Gamage B, et al. Measuring quality in colorectal cancer surgery in low- and middle-income countries: The Clavien-Dindo classification in a Sri Lankan cohort. *Annals of Medicine and Surgery*. 2022;79:104018. DOI: [10.1016/j.amsu.2022.104018](https://doi.org/10.1016/j.amsu.2022.104018)
13. Ikoma N, Raghav K, Chang G. An Update on Randomized Clinical Trials in Metastatic Colorectal Carcinoma. *Surgical Oncology Clinics of North America*. 2017;26(4):667-687. DOI: [10.1016/j.soc.2017.05.007](https://doi.org/10.1016/j.soc.2017.05.007)
14. Savu E, Vasile L, Serbanescu MS, et al. Clinicopathological Analysis of Complicated Colorectal Cancer: A Five-Year Retrospective Study from a Single Surgery Unit. *electronic // Diagnostics (Basel)*. 2023;13(12):2016. DOI: [10.3390/diagnostics13122016](https://doi.org/10.3390/diagnostics13122016)
15. Fedorinov DS, Geidarov RN, Shashkov IA, et al. Pharmacogenetic markers of chemotherapy toxicity in gastrointestinal tumors: a preliminary analysis. *Journal of Modern Oncology*. 2021;23(2):314-318. [Федоринов Д.С., Гейдаров Р.Н., Шашков И.А., и др. Фармакогенетические маркеры токсичности химиотерапии опухолей желудочно-кишечного тракта: предварительный анализ. *Современная онкология*. 2021;23(2):314-318]. DOI: <https://doi.org/10.26442/18151434.2021.2.200890>
16. Dobrodeev AYU, Kostromitsky DN, Tarasova AS, et al. Short-term outcomes of neoadjuvant chemotherapy in colorectal cancer patients with isolated liver metastasis. *Siberian journal of oncology*. 2022;21(6):17-24. [Добродеев А.Ю., Костромичский Д.Н., Тарасова А.С., и др. Непосредственные результаты неoadьювантной химиотерапии у больных метастатическим колоректальным раком с изолированным поражением печени. *Сибирский онкологический журнал*. 2022;21(6):17-24]. DOI: <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2022-21-6-17-24>

Новый способ реконструкции латеральной стенки аттика при раздельной аттикоантромии

И.И. Морозов^{1, 2}, Н.В. Горбунова¹, К.В. Буланов¹, А.Г. Абдуллаев²

¹ФКУЗ «Главный клинический госпиталь МВД России» (Москва, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» (Москва, Российская Федерация)

Аннотация

Предложена оригинальная методика реконструкции латеральной стенки аттика после раздельной аттикоантромии, которая продемонстрирована на клиническом примере. Пациент П. (33 лет), диагноз: хронический левосторонний эпитимпаноантральный гнойный средний отит. Левосторонняя смешанная тугоухость 3 степени (костно-воздушный интервал 50–55 Дб). Под общей анестезией осуществлены ретроаурикулярный доступ в барабанную полость, раздельная аттикоантромия, патологическое содержимое полостей среднего уха удалено, забор аутофасции, аутохряща. Пластинки хряща, согласно оригинальной методике, складывали вместе и прошивали рассасывающейся плетеной нитью из полиглактина 910 размер 4-0 с атравматичной иглой. Сначала прокалывали иглой по центру обе пластинки хряща спереди назад, выводили иглу и снова прокалывали рядом с предыдущим местом входа иглы сзади наперед, при этом сформированную петлю не затягивали, далее повторно прокалывали хрящ спереди назад рядом с предыдущим местом входа иглы с формированием второй петли, в которую продевали конец нити без иглы, после чего затягивали обе петли. Из наружного слухового прохода нить проводили через аттик в антрум и выводили в наружный слуховой проход. Сшитые пластины помещали в аттик так, чтобы своим торцом они прилежали к задней стенке наружного слухового прохода.

Концы нитей затягивали пробным узлом так, чтобы сила натяжения нити прижимала хрящевые пластинки к задней стенке наружного слухового прохода. В месте прилегания узла к наружному краю задней костной стенки наружного слухового прохода делали метку, узел распускали, в области метки делали углубление-паз, концы нити повторно натягивали и завязывали узел в области углубления-паза. Реконструкция цепи слуховых косточек частичным протезом 2,25 мм, тимпанопластика фасцией и хрящом, ушивание раны, тампонада наружного слухового прохода. Через 1 год – костно-воздушный интервал 10 Дб, на компьютерной томографии височных костей рецидива холестеатомы нет, реконструкция латеральной стенки аттика состоятельна.

Заключение. Разработка и внедрение новых способов реконструкции в хирургии хронического гнойного среднего отита расширяет возможности и развивает компетенции врача. Предложенная методика формирования латеральной стенки аттика после раздельной аттикоантромии позволяет эффективно восстановить анатомическое взаимоотношение среднего уха и наружного слухового прохода и имеет практическую значимость.

Ключевые слова: аттик, хрящевая пластинка, хронический гнойный средний отит, реконструкция аттика, аттикоантромия.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Морозов И.И., Горбунова Н.В., Буланов К.В., Абдуллаев А.Г. Новый способ реконструкции латеральной стенки аттика при раздельной аттикоантромии. Наука и инновации в медицине. 2026;11(1):52-56.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM699573>

Сведения об авторах

Морозов Иван Ильич – канд. мед. наук, доцент, начальник оториноларингологического отделения; доцент кафедры оториноларингологии Медицинского института непрерывного образования.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7178-2594>

E-mail: ivmoroz@mail.ru

Горбунова Н.В. – врач-оториноларинголог оториноларингологического отделения.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8947-3220>

E-mail: natalvyach@mail.ru

Буланов К.В. – врач-оториноларинголог оториноларингологического отделения.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5166-0259>

E-mail: bulanovkonst196@mail.ru

Абдуллаев А.Г. – аспирант кафедры оториноларингологии

Медицинского института непрерывного образования.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2188-0584>

E-mail: absaludin.abdullaev@mail.ru

*Автор для переписки

Список сокращений

ХГС – хронический гнойный средний отит; ЛСА – латеральная стенка аттика; НСП – наружный слуховой проход; МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография.

Получено: 26.12.2025

Одобрено: 14.01.2026

Опубликовано: 18.01.2026

A new method for reconstruction of the lateral wall of the attic after atticotomy

Ivan I. Morozov^{1, 2}, Nataliya V. Gorbunova¹, Konstantin V. Bulanov¹, Absalutin G. Abdullaev²

¹Main Clinical Hospital of the Ministry of Internal Affairs of Russia (Moscow, Russian Federation)

²“ROSBIOTECH” (Moscow, Russian Federation)

Abstract

An original way for reconstruction lateral wall of the attic after separate atticotomy is proposed and demonstrated using a clinical case. Patient P. (33 years old) with chronic left-sided epitympanoantral suppurative otitis media. Left-sided mixed hearing loss of grade 3 (air-bone interval 50–55 dB). Under general anesthesia, a retroauricular approach to the tympanic cavity was performed, separate atticotomy was performed, pathological contents of the middle ear cavities were removed, and autofascia and autotympanic cartilage were harvested. According to the original technique, the cartilage plates were placed together and sutured with a 4-0 size absorbable braided polyglactin 910 suture using an atraumatic needle. The needle was first inserted through the center of both cartilage plates from front to back, withdrawn, and re-inserted near the previous needle entry point from back to front. The resulting loop was

not tightened. Next, the cartilage was re-inserted from front to back near the previous needle entry point, forming a second loop through which the end of the suture without the needle was threaded. Both loops were then tightened. The suture was passed from the external auditory canal through the attic into the antrum and out into the external auditory canal. The sutured plates were placed in the attic so that their ends were adjacent to the posterior wall of the external auditory canal. The ends of the sutures were tightened with a trial knot so that the tension of the suture pressed the cartilaginous plates against the posterior wall of the external auditory canal. A mark was made where the knot touched the outer edge of the posterior bony wall of the external auditory canal, the knot was unraveled, a groove was made in the area of the mark, the ends of the suture were retightened, and a knot was tied in the groove. Ossicular

chain reconstruction with a 2.25 mm partial prosthesis, tympanoplasty with fascia and cartilage, wound suturing, and packing of the external auditory canal were performed. After one year, the air-bone interval was 10 dB. Computed tomography of the temporal bones showed no recurrence of cholesteatoma, and reconstruction of the lateral wall of the attic was satisfactory.

Conclusion. The development and implementation of new reconstructive techniques in chronic suppurative otitis media surgery expands the capabilities

and enhances the physician's skills. The proposed technique for forming the lateral attic wall after separate atticotomy effectively restores the anatomical relationship between the middle ear and the external auditory canal and has practical significance.

Keywords: attic, cartilaginous plate, chronic suppurative otitis media, attic reconstruction, atticotomy.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Morozov II, Gorbunova NV, Bulanov KV, Abdullaev AG.

A new method for reconstruction of the lateral wall of the attic after atticotomy.

Science and Innovations in Medicine. 2026;11(1):52-56.

DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM699573>

Information about authors

*Ivan I. Morozov – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor, Head of the Otorhinolaryngology Department; Associate professor of the Otorhinolaryngology Department of the Medical Institute of Continuous Education.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7178-2594>

E-mail: ivmoroz@mail.ru

Nataliya V. Gorbunova – ENT surgeon of the Otorhinolaryngology Department.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8947-3220>

E-mail: natalvyach@mail.ru

Konstantin V. Bulanov – ENT surgeon of the Otorhinolaryngology Department.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5166-0259>

E-mail: bulanovkonst96@mail.ru

Absalutin G. Abdullaev – postgraduate student of the Otorhinolaryngology

Department of the Medical Institute of Continuing Education.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2188-0584>

E-mail: absaludin.abdullaev@mail.ru

*Corresponding author

Received: 26.12.2025

Accepted: 14.01.2026

Published: 18.01.2026

■ АКТУАЛЬНОСТЬ

Раздельная аттикоантромия при хроническом гнойном среднем отите (ХГСО) относится к санирующим операциям «закрытого» типа, которые в отличие от операций «отрытого» типа включают не только этап удаления холестеатомы и патологического содержимого, но и восстановление анатомического взаимоотношения структур среднего уха [1–3]. После проведения санирующего этапа проводятся реконструкция зоны доступа к антруму и реконструкция латеральной стенки аттика (ЛСА), которая является неотъемлемой частью формирования остова и опоры для барабанной перепонки или неотимпанальной мембраны, особенно при отсутствии молоточка [4].

Требования к трансплантату для реконструкции латеральной стенки аттика – это жесткость и возможность моделировать трансплантат под приобретенный дефект латеральной стенки аттика, устойчивость к воспалению в условиях ХГСО, отсутствие резорбции тканей трансплантата с течением времени. Другим важным фактором успешной реконструкции является возможность надежной фиксации трансплантата в нужном положении с целью исключить его смещение в антрум или барабанную полость в раннем или отдаленном послеоперационных периодах, что может потребовать повторного хирургического вмешательства [2–6].

Нами предложена оригинальная методика реконструкции латеральной стенки аттика после раздельной аттикоантромии [7], которая продемонстрирована на конкретном клиническом примере.

■ ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Пациент П. (33 лет). Клинический диагноз: хронический левосторонний эпителимпаноантральный гнойный средний отит. Левосторонняя смешанная тугоухость 3 степени. Поступил в клинику с жалобами на снижение слуха, эпизоды гноетечения до 2 раз в год. ХГСО более 12 лет.

При осмотре: левое ухо – околоушная область не изменена, в слуховом проходе следы слизистого отделяемого, барабанная перепонка утолщена, незначительно гиперемирована, перфорация в ненапрянутой части барабанной перепонки, латеральная стенка аттика частично разрушена

воспалительным процессом. Слух – шепотная речь 0 м (рисунок 1).

Правое ухо: барабанная перепонка серая, подвижная. Слух – шепотная речь 6 м. Вестибулярных нарушений нет.

По данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) височных костей, клетки левого сосцевидного отростка хорошо развиты, пневматизация нарушена, антрум, аттик заполнены патологическим содержимым, ЛСА частично разрушена, головка молоточка и тело наковальни кариозно изменены, длинная ножка наковальни разрушена воспалительным процессом, стремечко сохранено. По данным аудиометрии выявлена левосторонняя смешанная тугоухость 3 степени, костно-воздушный интервал 35–40 Дб.

Хирургическое лечение выполнено под общей комбинированной анестезией. Под контролем операционного микроскопа осуществлен ретроаурикулярный доступ в

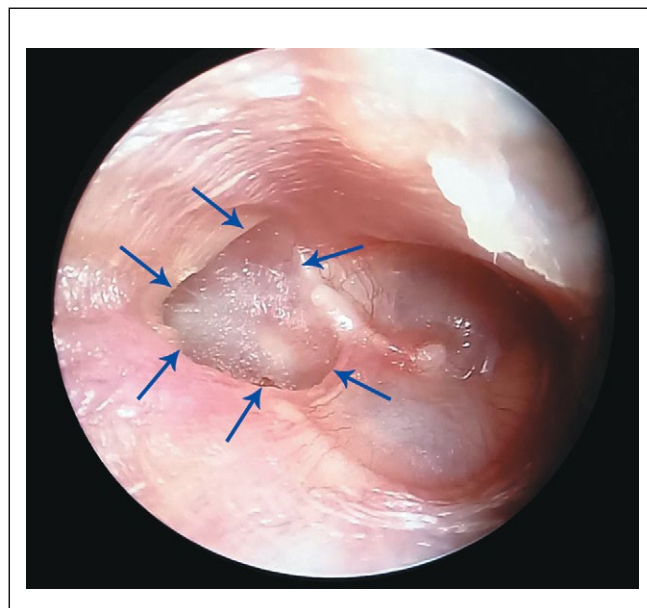


Рисунок 1. Вид барабанной перепонки и костного дефекта в области латеральной стенки аттика (границы дефекта указаны стрелками).

Figure 1. View of the tympanic membrane and bone defect in the area of the lateral wall of the attic (the boundaries of the defect are indicated by arrows).

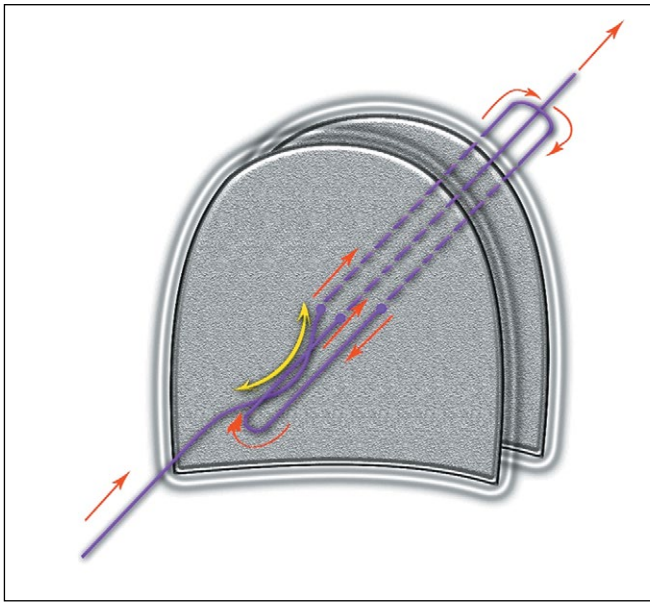


Рисунок 2. Схема наложения шва на две хрящевые пластины. Красные стрелки – направление движения иглы с нитью, желтая стрелка с двумя концами – вправление конца нити без иглы во вторую петлю.
Figure 2. Schematic diagram of suture placement on two cartilaginous plates. Red arrows indicate the direction of needle and thread movement; the yellow arrow with two ends indicates insertion of the end of the thread without the needle into the second loop.

барабанную полость, выявлен разрыв цепи слуховых косточек за счет резорбции длинной ножки наковальни, стремечко сохранено, подвижно. Холестеатома распространяется в аттик и аддитус. При помощи бора проведение вскрытия клеток сосцевидного отростка, антротомия с сохранением задней стенки наружного слухового прохода (НСП). Патологическое содержимое антрума удалено до визуализации со стороны антрума тела наковальни, остатки наковальни удалены. При помощи бора выполнена аттикотомия, удалена головка молоточка, под контролем эндоскопов 30, 45, 70 градусов проведена санация барабанной полости, аттика, антрума. Из левой заушной области осуществлен забор надхрящницы, височной фасции, аутохряща ушной раковины для реконструкции ЛСА и зоны доступа в антрум.

Пластинки хряща, согласно оригинальной методике, складывали вместе и прошивали рассасывающейся плетеной нитью из полиглактина 910 размер 4-0 с атравматичной иглой. Для начала прокалывали иглой по центру обе пластинки хряща спереди назад, выводили иглу и снова прокалывали рядом с предыдущим местом входа иглы сзади наперед, при этом сформированную петлю не затягивали, далее повторно прокалывали хрящ спереди назад рядом с предыдущим местом входа иглы с формированием второй петли, в которую продевали конец нити без иглы, после чего затягивали обе петли (**рисунок 2**).

Из НСП нить проводили через аттик в антрум и выводили в НСП, сшитые пластины помещали в аттик так, чтобы своим торцом они прилежали к задней стенке НСП. Концы нитей затягивали одним пробным узлом таким образом, чтобы сила натяжения нити плотно прижимала хрящевые пластинки к задней стенке НСП. В месте прилегания узла к наружному краю задней костной стенки НСП делали метку, узел распускали, при помощи

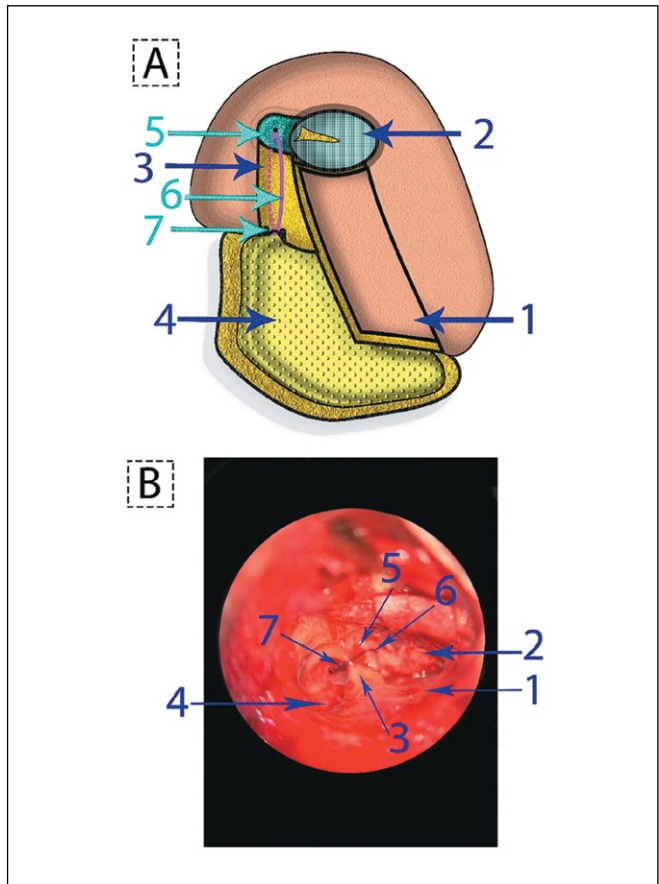


Рисунок 3. А – схема, на которой изображены полости среднего уха и стенки наружного слухового прохода после реконструкции латеральной стенки аттики хрящевым трансплантатом. В – интраоперационная фотография аналогичного этапа операции; 1 – наружный слуховой проход, 2 – проекция неотимпанальной мембраны, 3 – задняя стенка наружного слухового прохода, 4 – антростагмоидальная полость, 5 – хрящевой трансплантат, 6 – нить, 7 – узел в углублении-пазу в торце задней стенки наружного слухового прохода.
Figure 3. A - diagram showing the middle ear cavities and the walls of the external auditory canal after reconstruction of the lateral wall of the attic with a cartilaginous graft. B - intraoperative photograph of a similar stage of the operation; 1 - external auditory canal, 2 - projection of the neotympanic membrane, 3 - posterior wall of the external auditory canal, 4 - antromastoid cavity, 5 - cartilaginous graft, 6 - thread, 7 - knot in the depression-groove at the end of the posterior wall of the external auditory canal.

бора в области метки делали углубление-паз, концы нити повторно натягивали и завязывали в узел в области углубления-паза (**рисунок 3**).

Реконструкция цепи слуховых косточек была выполнена с помощью частичного титанового протеза длиной 2,25 мм. Доступ к антруму закрыт хрящевой пластинкой. Барабанная перепонка восстановлена височной аутофасцией. Меатотимпанальный лоскут возвращен в исходное положение, рана в заушной области послойно ушита, НСП тампонирован гемостатической губкой.

Через 3 недели после удаления тампонов из НСП при осмотре неотимпанальная мембрана состоятельна, область реконструкции без видимых дефектов, слух улучшился, костно-воздушный интервал 15–20 Дб. Через 1 год после операции костно-воздушный интервал 10 Дб, на МСКТ височных костей и магнитно-резонансной томографии данных за рецидив холестеатомы не получено, реконструкция состоятельна (**рисунок 4**).

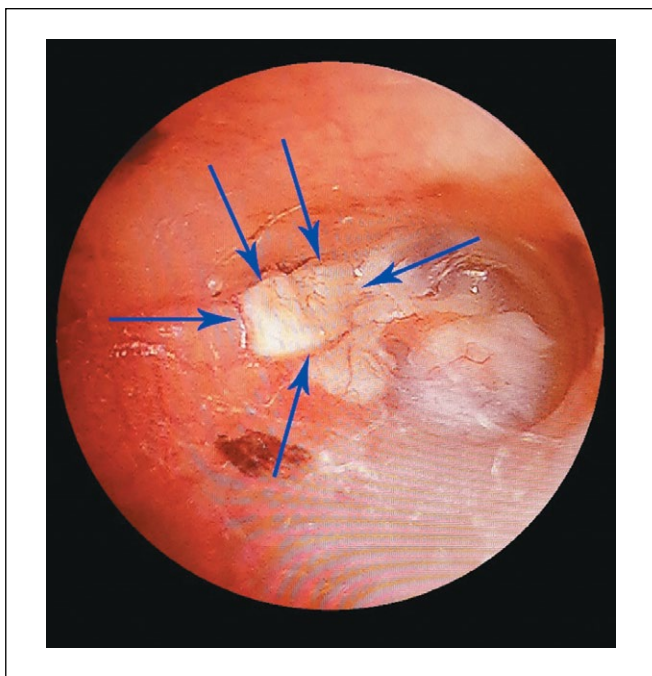


Рисунок 4. Вид барабанной перепонки и реконструкции латеральной стенки аттика через 1 год после операции (границы хрящевого трансплантата указаны стрелками).
Figure 4. View of the tympanic membrane and reconstruction of the lateral wall of the attic 1 year after surgery (the boundaries of the cartilage transplant are indicated by arrows).

ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе представлены различные методики реконструкции ЛСА с применением трансплантатов, которые обладают своими преимуществами и недостатками.

Так, использование свободных костных трансплантатов [8] кортикального слоя височной кости, с одной стороны, позволяет провести анатомическую реконструкцию. С другой стороны, при помощи бора технически сложно сначала высверлить, а потом сформировать под дефект трансплантат точного размера, при отсутствии плотного соприкосновения с костными стенками аттика может нарушаться остеоинтеграция трансплантата, что приведет к формированию секвестра.

Наиболее часто реконструкция ЛСА проводится фрагментом аутохряща козелка или ушной раковины по причине доступности трансплантата для забора в необходимом количестве, легкости обработки хряща и придания ему формы приобретенного дефекта ЛСА, устойчивости к воспалению при ХГСО, отсутствии резорбции трансплантата после операции. При этом укладывание

пластинки хряща поверх дефекта без дополнительной фиксации легко приводит к смещению хряща в процессе заживления [4].

При использовании аллогенных [9] и аутогенных [10] пластинок хряща, фиксация которых осуществляется за счет использования упругих свойств хрящевой пластины, в случае нестабильности сформированной конструкции может произойти изменение ее положения и формы.

Использование методики реконструкции ЛСА, при которой формируют хондроперихондральный трансплантат, у которого размер хряща соответствует дефекту ЛСА, а надхрящница превышает его [11], обладает очевидным преимуществом в виде хорошей «первичной» фиксации трансплантата на стенках НСП, даже при неплотном соприкосновении хряща с костными стенками аттика. Недостатками способа, по нашему мнению, являются возможность смещения трансплантата в процессе заживления за счет рубцевания, натяжения или, наоборот, истончения и частичного лизиса надхрящницы; отсутствие возможности изменить форму и нарастить толщину трансплантата при необходимости реконструкции больших дефектов латеральной стенки аттика, так как трансплантат фиксирован к надхрящнице, а его толщина и форма зависят от хряща донорской зоны. Кроме того, ошибка хирурга в подборе размера и формы трансплантата при таком способе фиксации потребует забор нового трансплантата, источник которого ограничен.

В нашей методике использование двух прошитых пластинок хряща позволяет стабилизировать трансплантат в зоне дефекта ЛСА с опорой на заднюю стенку НСП и исключить формирование ректракционных карманов за счет увеличенной толщины трансплантата. Прошивание рассасывающимся шовным материалом из полиглактина 910 одной нитью через пластинки, с охватом задней костной стенки НСП и фиксацией узла в области углубления-паза не позволяет смещаться нити относительно задней стенки НСП и надежно фиксирует трансплантат в раннем послеоперационном периоде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка и внедрение новых способов реконструкции в хирургии ХГСО расширяет возможности и развивает компетенции врача. Предложенная методика формирования латеральной стенки аттика после отдельной аттикоатротомии позволяет эффективно восстановить анатомическое взаимоотношение среднего уха и наружного слухового прохода и имеет практическую значимость. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Этическая экспертиза. Соответствие принципам этики: проведенное исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации (Declaration Helsinki) в редакции 2024 г., соответствие протокола исследования этическим принципам было подтверждено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» (протокол №7/2 от 25 февраля 2025 г.).	Ethics approval. Compliance with ethical principles: the conducted study complies with the standards of the Declaration of Helsinki as amended in 2024. The compliance of the study protocol with ethical principles was confirmed by the Local Ethics Committee of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "ROSBIOTECH" (Protocol No. 7/2 dated February 25, 2025).
Согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию в журнале медицинских данных и фотографий в обезличенной форме.	Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for the depersonalized publication of relevant medical information and all of accompanying images in the journal.
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.

<p>Участие авторов. Морозов И.И., Горбунова Н.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование рукописи. Буланов К.В., Абдуллаев А.Г. – сбор материала, статистическая обработка данных, написание текста.</p> <p>Авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.</p>	<p>Contribution of individual authors. Morozov I.I., Gorbunova N.V.: study concept and design, manuscript editing, Bulanov K.V., Abdullaev A.G.: material collection, statistical data processing, writing of the text.</p> <p>Authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.</p>
<p>Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).</p>	<p>Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.</p>
<p>Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.</p>	<p>Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.</p>
<p>Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.</p>	<p>Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.</p>
<p>Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.</p>	<p>Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.</p>

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Anikin IA, Bokuchava TA. Functional results of surgical treatment of patients with various types of acquired cholesteatoma. *Russian Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2021;86(5):35-41. [Аникин И.А., Бокучава Т.А. Функциональные результаты хирургического лечения пациентов с различными типами приобретенной холестеатомы. *Вестник оториноларингологии*. 2021;86(5):35-41]. DOI: <https://doi.org/10.17116/otorino20218605135>
2. Fallon K, Chi D, Remenschneider A. Management of Cholesteatoma: Surgical Options for Disease Limited to Middle Ear/Mastoid. *Otolaryngol Clin North Am*. 2025;58(1):75-87. DOI: [10.1016/j.otc.2024.07.024](https://doi.org/10.1016/j.otc.2024.07.024)
3. Pandey AK, Varma A, Bansal C, et al. The Emerging Surgical Concepts and Principles of Attic and Postero-Superior Wall Reconstruction by Auricular Cartilage and Free Fibro-Periosteal Tissue in Middle Ear Surgery. An Exposition on Surgical Experiences, Observations and Mistakes. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2022;74(3):4372-4380. DOI: [10.1007/s12070-021-02989-9](https://doi.org/10.1007/s12070-021-02989-9)
4. Al-Alawneh M, Al-Ashqar R, Al-Omari I, Odat H. Attic reconstruction techniques in cholesteatoma surgery: a comparative analysis of cartilage versus bone pate. *Acta Otolaryngol*. 2023;143(11-12):936-939. DOI: [10.1080/00016489.2023.2293227](https://doi.org/10.1080/00016489.2023.2293227)
5. Møller PR, Pedersen CN, Grosfjeld LR, et al. Recurrence of Cholesteatoma - A Retrospective Study Including 1,006 Patients for More than 33 Years. *International Archives of Otorhinolaryngology*. 2020;24(1):18-23. DOI: [10.1055/s-0039-1697989](https://doi.org/10.1055/s-0039-1697989)
6. Daikhes NA, Diab KhM, Korvyakov VS, et al. Management and surgical outcomes in patients with chronic suppurative otitis media. *Almanac of Clinical Medicine*. 2016;44(7):814-820. [Дайхес Н.А., Диаб Х.М., Корвяков В.С., и др. Тактика ведения и результаты хирургического лечения пациентов с хроническим гнойным средним отитом. *Альманах клинической медицины*. 2016;44(7):814-820]. DOI: <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2016-44-7-814-820>

7. Morozov II. Method for reconstructing the lateral wall of the attic during separate atticotomy Patent No. 2849700 C1 Russian Federation, IPC A61F 11/20, A61B 17/56, published 28.10.2025. (In Russ.). [Морозов И.И. Способ реконструкции латеральной стенки аттика при отдельной аттикоантотомии. Патент №2849700 C1 Российская Федерация, МПК A61F 11/20, A61B 17/56, опублик. 28.10.2025]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002849700_20251028_C1_RU/
8. Anikin IA, Goncharov OI, Komarov MV, Eremin SA. Method for preventing formation of retraction pockets. Patent No. 2753141 C1 Russian Federation, IPC A61F 11/00, A61B 17/00, published 12.08.2021. (In Russ.). [Аникин И.А., Гончаров О.И., Комаров М.В., Еремин С.А. Способ профилактики образования ретракционных карманов. Патент №2753141 C1 Российская Федерация, МПК A61F 11/00, A61B 17/00, опублик. 12.08.2021]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002753141_20210812_C1_RU/
9. Gilifanov EA, Pavlush DG. Method of reconstructing lateral wall of attic. Patent No. 2551630 C1 Russian Federation, IPC A61F 11/00, published 27.05.2015. (In Russ.). [Гилифанов Е.А., Павлуш Д.Г. Способ реконструкции латеральной стенки аттика. Патент №2551630 C1 Российская Федерация, МПК A61F 11/00, опублик. 27.05.2015]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002551630_20150527_C1_RU/
10. Khorov OG, Halavach KN, Rakova SN. The reconstruction of newtympanic cavity's walls. *Otorhinolaryngology. Eastern Europe*. 2012;2(7):39-42. (In Russ.). [Хоров О.Г., Головач Е.Н., Ракова С.Н. Реконструкция стенок неотимпанальной полости. *Оториноларингология. Восточная Европа*. 2012;2(7):39-42].
11. Karneeva OV, Poljakov DP. Method for repairing eardrum and lateral attic wall. Patent No. 2469691 C1 Russian Federation, IPC A61F 11/00, published 20.12.2012. (In Russ.). [Карнеева О.В., Поляков Д.П. Способ восстановления барабанной перепонки и латеральной стенки аттика. Патент №2469691 C1 Российская Федерация, МПК A61F 11/00, опублик. 20.12.2012]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002469691_20121220_C1_RU/

Технический отчет | Technical report
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM697253>

 This work is licensed under
CC BY 4.0 © Authors, 2026

Новое устройство для удаления инородных тел из мягких тканей (экспериментальное исследование)

Д.И. Варфоломеев¹, В.Г. Самодай², В.П. Кузнецова², А.Л. Толстых²

¹ФГКУЗ «Главный военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации» (Балашиха, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России (Воронеж, Российская Федерация)

Аннотация

Цель: провести сравнительную оценку эффективности разработанного устройства для удаления инородных тел из мягких тканей.

Материал и методы. Для упрощения удаления инородных тел из мягких тканей, сокращения продолжительности и травматичности вмешательства была разработана малоинвазивная эндоскопическая система. Выполнено экспериментальное исследование в группах сравнения. Проводили моделирование огнестрельных пулевых слепых ранений на фрагменте свиного бедра (выстрелы из пистолета с дистанции 25 метров). В основной группе (20 шт.) удаление пуль осуществляли с применением разработанного устройства, в группе сравнения (20 шт.) – с применением зажима Граспера под ультразвуковым контролем. Оценивали продолжительность удаления пули с применением секундомера и травматичность манипуляции по количеству дополнительно удаленных мягких тканей.

Результаты. Продолжительность удаления пули в основной группе МЕД [Q1;Q3] 178,5 [148,5; 223,7] с была меньше, чем в группе сравне-

ния – МЕД [Q1;Q3] 322,0 [248,5; 350,0] с (p=0,001). В основной группе вместе с пулями дополнительно было извлечено 9 фрагментов мышц, окружающих пулю, в группе сравнения – 31 фрагмент. Травматичность вмешательства с использованием разработанного устройства в основной группе была ниже, чем в группе сравнения.

Заключение. Разработанное устройство для удаления инородных тел из мягких тканей позволяет снизить травматичность и сократить продолжительность экстракции предметов (в эксперименте). Применение в его составе эндоскопической визуализации совместно с ультразвуковой обеспечивает повышение точности позиционирования инородного тела в мягких тканях, а также способствует его захвату, надежному удержанию и малотравматичному удалению.

Ключевые слова: инородные тела, хирургическая обработка ран, эндоскопическая хирургия.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Варфоломеев Д.И., Самодай В.Г., Кузнецова В.П., Толстых А.Л. Новое устройство для удаления инородных тел из мягких тканей (экспериментальное исследование). *Наука и инновации в медицине*. 2026;11(1):57-62.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM697253>

Сведения об авторах

*Варфоломеев Денис Игоревич – д-р мед. наук, врач травматолог-ортопед.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2133-6510>
E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru
Самодай В.Г. – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1414-0832>
E-mail: v_samoday@mail.ru

Кузнецова В.П. – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры травматологии и ортопедии.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4642-9115>
E-mail: 09ksi@mail.ru

Толстых А.Л. – канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры травматологии и ортопедии.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6114-9620>
E-mail: 89204622878@mail.ru

*Автор для переписки

Получено: 01.12.2025

Одобрено: 19.01.2026

Опубликовано: 24.01.2026

A new device for removing foreign bodies from soft tissues (experimental study)

Denis I. Varfolomeev¹, Valeriy G. Samoday², Valentina P. Kuznetsova², Aleksandr L. Tolstykh²

¹Main military clinical hospital of the national guard of the Russian Federation (Balashikha, Russian Federation)

²Voronezh state medical university named after N.N. Burdenko (Voronezh, Russian Federation)

Abstract

Aim: to perform a comparative evaluation of a newly developed device for removing foreign bodies from soft tissues.

Material and methods. A minimally invasive endoscopic system has been developed to facilitate the removal of foreign bodies from soft tissues while decreasing the procedure duration and intervention-related injury. An experimental study was performed using a comparative group design. Blind gunshot wounds were simulated in porcine thigh specimens (pistol shots from a distance of 25 meters). In the main study group (20 wounds) extraction was performed using the developed device, in the comparison group (20 wounds), using a standard Grasper's clamp under ultrasound guidance. The bullet extraction time was measured with a stopwatch, and the extent of soft tissue damage was quantified by the volume of soft tissue excised.

Results. The duration of bullet extraction in the study group MED [Q1;Q3] 178,5 [148,5; 223,7] s was shorter than in the control group: MED [Q1;Q3] 322,0 [248,5; 350,0] s (p=0.001). The number of muscle fragments extracted along with bullets was higher in the control group (31 fragments) than in the study group (9 fragments). The novel device reduced intervention-related trauma in the study group compared to the control group.

Conclusion. The novel device for extraction of foreign bodies from soft tissues demonstrated a significant reduction in tissue trauma and a shorter procedure time in an experimental model. The combined use of endoscopic and ultrasound guidance enhances targeting precision, facilitates secure grasping and stable retention of the foreign body, and enables its minimally traumatic extraction.

Keywords: foreign bodies, wound debridement, endoscopic surgery.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Varfolomeev DI, Samoday VG, Kuznetsova VP, Tolstykh AL. **A new device for removing foreign bodies from soft tissues (experimental study).** *Science and Innovations in Medicine.* 2026;11(1):57-62.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM697253>

Information about authors

***Denis I. Varfolomeev** – MD, Dr. Sci. (Medicine), orthopedic traumatologist.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2133-6510>
E-mail: d.i.burdenko@yandex.ru
Valeriy G. Samoday – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of traumatology and orthopedics.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1414-0832>
E-mail: v_samoday@mail.ru

Valentina P. Kuznetsova – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of traumatology and orthopedics.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4642-9115>
E-mail: 09ksi@mail.ru
Aleksandr L. Tolstykh – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of traumatology and orthopedics.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6114-9620>
E-mail: 89204622878@mail.ru
***Corresponding author**

Received: 01.12.2025

Accepted: 19.01.2026

Published: 24.01.2026

ВВЕДЕНИЕ

Травматические повреждения, связанные с попаданием в ткани инородных тел, достаточно сложны для диагностики и лечения. В структуре травм мирного времени они составляют порядка 50% и обычно являются бытовыми [1]. В качестве инородных тел, как правило, выступают фрагменты дерева, стекла, металлическая стружка, пластик, части элементов высокоскоростных бытовых инструментов.

Наиболее часто попадание различных предметов в организм пациентов происходит во время боевых действий. Во время Второй мировой войны преобладали огнестрельные осколочные (56,8%) и пулевые (43,2%) ранения. В военных конфликтах последних десятилетий преобладают огнестрельные травмы, значительную часть которых составляют минно-взрывные ранения и взрывные травмы [2, 3]. По данным В.В. Соловина и соавт., в период проведения СВО доля осколочных ранений достигает 79%, пулевых – 10% [4]. По локализации ведущих повреждений преобладают ранения конечностей – 81,4% всех поступающих раненых [5]. Такие ранения сопровождаются поражением различных анатомических областей инородными телами, способными глубоко проникать в мягкие ткани, вызывая различные осложнения. Неудаленное инородное тело является источником инфекционных осложнений, может вызывать боль, а при миграции приводит к повреждению различных структур, аррозии стенок сосудов с образованием гематом и развитием кровотечений. В случае их перемещения в сосудистом русле возможно развитие urgentных состояний [6]. В случае попадания химически активных предметов происходит интоксикация окружающих мягких тканей [7, 8]. Нельзя не отметить и определенный психологический дискомфорт у пациентов, у которых имеются неудаленные инородные тела.

Анализ литературы показывает, что в настоящее время нет четких показаний для удаления инородных тел. Данный вопрос решается индивидуально в каждом конкретном случае и зависит от разных факторов, таких как расположение раневого канала и инородного тела, его размеры, форма, наличие рядом с ним сосудисто-нервных стволов. Перед хирургом всегда стоит вопрос: от чего будет больше вреда – от удаления предмета или от его оставления в организме? Стандартные операции по экстракции инородных тел являются достаточно сложными и сопровождаются большим количеством неудачных вмешательств – от 50 до 80% [9].

В соответствии с Указаниями по военно-полевой хирургии удаление инородных тел (ранящих снарядов, их элементов, вторичных осколков, обрывков одежды) является одним из этапов первичной хирургической обработки огнестрельной раны. В ходе оказания квалифицированной хирургической помощи удаляют только те инородные тела, которые расположены по ходу раневого канала. Не

подлежат удалению на данном этапе медицинской эвакуации инородные тела, расположенные возле крупных магистральных сосудов, в глубине жизненно важных органов, а также инородные тела, для удаления которых требуется сложный дополнительный доступ [10].

На сегодняшний день разработаны различные методики определения расположения инородных тел. Обычно для этого применяются способы, связанные с рентгеновским облучением пациента, например, использование электронно-оптического преобразователя. Необходимо отметить, что данный метод позволяет определить местоположение инородного тела и хирургического инструмента, однако сопровождается значительной лучевой нагрузкой на больного и медицинский персонал. Применение электронно-оптического преобразователя позволяет визуализировать извлекаемый предмет только в одной плоскости, что не дает хирургу полноценного представления о его расположении в трехмерном пространстве во время операции. Данный метод не может быть использован при экстракции рентген-негативных предметов [11].

Удаление инородных тел под ультразвуковым контролем через раневой канал облегчает работу хирургов. Однако для выполнения подобных манипуляций необходимо наличие соответствующих высокоточных мануальных навыков у специалистов по ультразвуковой диагностике [12].

В настоящее время предложено большое количество хирургических инструментов и операций для экстракции различных предметов, но все они имеют определенные недостатки, ограничения в использовании и не являются универсальными. Традиционные хирургические доступы не всегда могут быть использованы для удаления инородных тел, особенно в случаях их глубокого расположения в местах прохождения сосудисто-нервных пучков. При наличии большого количества предметов, например, при минно-взрывных ранениях, их экстракция с применением традиционных хирургических вмешательств также не представляется возможной.

Таким образом, в настоящее время требуется разработка малоинвазивных хирургических инструментов, имеющих в своем составе навигационные компоненты для малотравматичного удаления инородных тел из мягких тканей.

ЦЕЛЬ

Провести сравнительную оценку эффективности разработанного устройства для удаления инородных тел из мягких тканей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для упрощения удаления инородных тел из мягких тканей, сокращения продолжительности и травматичности

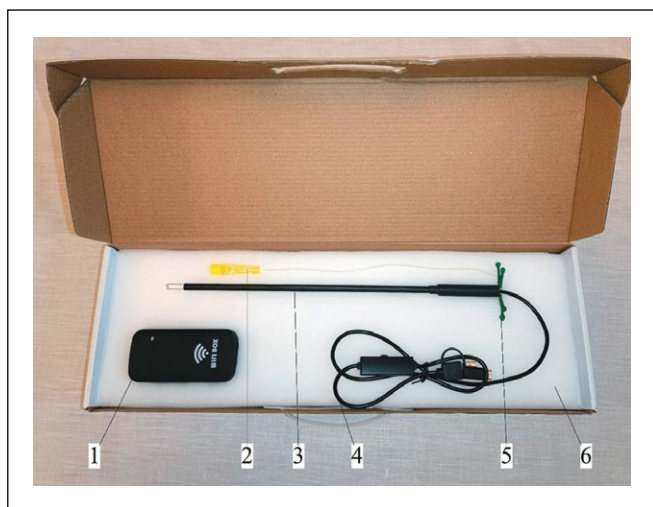


Рисунок 1. Действующий образец устройства: 1 – wi-fi передатчик, 2 – водяная помпа, 3 – корпус устройства, 4 – гибкий эндоскоп, 5 – органы управления внутренними фиксаторами, 6 – кейс.

Figure 1. Functional prototype of the device: 1 – Wi-Fi transmitter, 2 – irrigation pump, 3 – main body of the device, 4 – flexible endoscope, 5 – fixation mechanism controls, 6 – storage case.

вмешательства было разработано «Устройство для удаления инородных тел из мягких тканей» (патент РФ на изобретение №2844631 от 17.12.2024 г.). Внешний вид действующего образца устройства в кейсе представлен на рисунке 1.

Разработанное устройство представляет собой эндоскопическую систему, которую вводят в раневой канал до контакта с инородным телом. Этот процесс осуществляется под визуальным (на экране монитора) и ультразвуковым контролем. В стенке корпуса устройства имеются каналы, в которых располагаются трубка водяной помпы, трубка для удаления промывной жидкости, фиксаторы для захвата инородного тела. Для промывания раны применяют водяную помпу, по которой подают раствор антисептика или физиологический раствор. Удаление инородного тела осуществляют под эндоскопическим контролем, предварительно захватив его фиксаторами (рисунок 2).

Г-образно изогнутые фиксаторы располагаются в каналах корпуса устройства и в углублениях на его передней поверхности, что обеспечивает атравматичное введение хирургического инструмента в раневой канал до контакта

с инородным телом. Далее под визуальным контролем осуществляется последовательное выдвигание фиксаторов вдоль инородного тела и за него. Затем проводится их поворот на 90 градусов и захват предмета позади предмета (рисунок 2). После захвата инородного тела всеми фиксаторами выполняется извлечение устройства с инородным телом через раневой канал. На протяжении всей процедуры экстракции предмета рана промывается физиологическим раствором или раствором антисептика. Промывные воды удаляются через канал, расположенный в стенке устройства.

После извлечения инородного тела при необходимости рана может быть дренирована с использованием разработанного устройства. Для этого его вводят в раневой канал до места расположения удаленного предмета под эндоскопическим контролем. Далее извлекают эндоскоп, и в канал устройства вводят полихлорвиниловую перфорированную трубку на всю длину раневого канала. После этого хирургический инструмент удаляют из раневого канала.

Для апробирования предложенного устройства на базе кафедры травматологии и ортопедии ВГМУ им. Н.Н. Бурденко были выполнены экспериментальные исследования на фрагменте свиного бедра. Предварительно проводили моделирование огнестрельных пулевых ранений на базе стрелкового тира «Бункер-М» (г. Воронеж). Во фрагмент свиного бедра с расстояния 25 метров выполняли выстрелы из огнестрельного оружия с нарезным стволом – пистолет Chiappa 1911, патроны калибра .22LR (5,6 мм) и пистолет Макарова, патроны калибра 9x19 Luger. В результате получили фрагмент бедра, содержащий 20 слепых пулевых ран с инородными телами – пулями (рисунок 3).

Было сформировано две группы сравнения (по 20 манипуляций в каждой). В основной группе удаление инородных тел из фрагмента свиного бедра осуществляли с применением разработанного устройства. В группе сравнения – с применением зажима Граспера под ультразвуковым контролем (аппарат Mindray DC-4, Китай). Группы сравнения были сопоставимы между собой, так как пули удаляли из одного фрагмента свиного бедра. Поскольку большинство ранений были сквозными, пули имплантировались в раневые каналы, моделируя слепые ранения.

В исследовании проводили оценку продолжительности удаления инородного тела. Для этого использовали секундомер типа СОПр-2а-3-000. Также оценивали

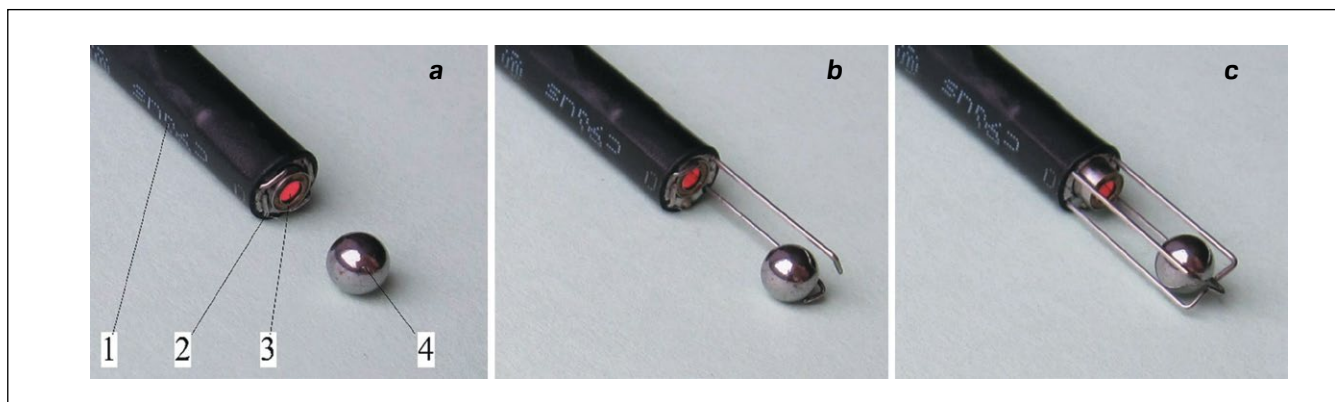


Рисунок 2. Схема захвата инородного тела: а – начальное положение, б – выдвигание фиксаторов, с – поворот фиксаторов и захват инородного тела; 1 – корпус устройства, 2 – фиксаторы, 3 – эндоскоп, 4 – инородное тело (дробь).

Figure 2. Foreign body grasping sequence: a – initial position, b – extension of clamps, c – rotation and grasping; 1 – main body of the device, 2 – clamps, 3 – endoscope, 4 – foreign body (pellet).

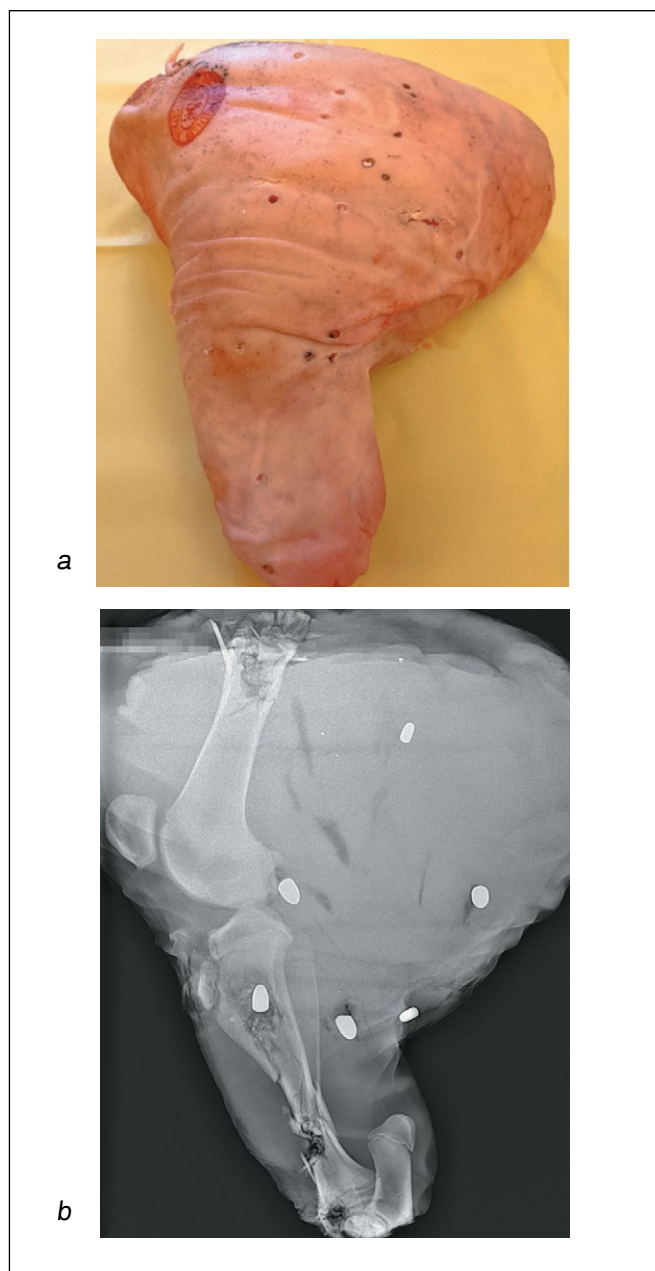


Рисунок 3. Внешний вид фрагмента свиного бедра (а) и соответствующая ему рентгенограмма (b) во время эксперимента.

Figure 3. The appearance of the porcine thigh specimen (a) and its corresponding radiograph (b) during the experimental procedure.

травматичность вмешательства по наличию дополнительно удаленных фрагментов мягких тканей, которые были извлечены вместе с инородным телом или отдельно.

Для расчета статистических параметров была использована программа SPSS Statistics v.26. Распределение в обеих группах не соответствовало нормальному. Для проверки нормальности распределения использовали критерий Шапиро – Уилка. Сравнение значений в группах осуществляли с использованием непараметрического критерия U – Манна – Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Продолжительность удаления инородного тела (пули) в основной группе была меньше, чем в группе сравнения ($p=0,001$). Данные представлены в **таблице 1**.

Критерии	Основная группа	Группа сравнения
МЕД [Q1;Q3], с	178,5 [148,5; 223,7],	322,0 [248,5; 350,0]
Min; Max, с	92; 280	125; 403
СРЕД±СО, с	183,7±55,7	294,3±88,1

Таблица 1. Результаты удаления инородных тел в группах сравнения

Table 1. Results of foreign body removal in the comparison groups

В группе сравнения продолжительность извлечения инородного тела была больше, поскольку удаление сопровождалось техническими трудностями на этапе захвата пули, а также за счет ее выскальзывания в процессе перемещения по раневому каналу. Это приводило к необходимости повторного захвата инородного тела, что увеличивало продолжительность манипуляции. В основной группе во всех случаях пули были удалены после первоначального захвата фиксаторами разработанного устройства (**рисунок 4**).

Одной из причин повышенной продолжительности удаления пули в группе сравнения явилась необходимость ультразвуковой визуализации инородного тела и зажима Граспера. В ряде случаев это осложнялось наличием воздуха в раневом канале и затрудняло процесс экстракции инородного тела. В основной группе ультразвуковая визуализация пули и раневого канала выполняла второстепенную роль – использовалась для определения хода раневого канала и расположения инородного тела. Все основные манипуляции по захвату предмета осуществлялись под эндоскопическим контролем.

В основной группе вместе с пулями дополнительно было извлечено 9 фрагментов мышц, окружающих пулю, в группе сравнения – 31 фрагмент. Таким образом, травматичность вмешательства с использованием разработанного устройства в основной группе была ниже, чем в группе сравнения.

В проведенном исследовании при захвате инородного тела браншами зажима Граспера между ними попадали мышцы, окружающие инородное тело, что приводило к дополнительной их травматизации. В группе сравнения в тех случаях, когда при перемещении по раневому каналу пули происходило ее выскальзывание из зажима, проводили ее повторный захват. При этом между браншами зажима Граспера также регулярно попадали мягкие ткани, которые дополнительно удаляли вместе с пулей.

ОБСУЖДЕНИЕ

Попадание инородных тел в организм пациентов возможно в результате производственных, бытовых травм, при разрыве мин, других боеприпасов, а также ятрогенных воздействий. Их удаление включает в себя два основных этапа: точное определение расположения инородного тела и непосредственно его извлечение.

В настоящее время предложены различные способы и устройства для экстракции предметов из организма пациентов. Традиционные технологии в виде выполнения оперативного вмешательства являются относительно травматичными, сопровождаются кровопотерей, в ряде случаев – большими разрезами.

Одним из вариантов удаления инородных тел является их извлечение под контролем ультразвука. Для этого используются различные зажимы типа «москит», «крокодил», зажимы Граспера. Ультразвуковая навигация позволяет

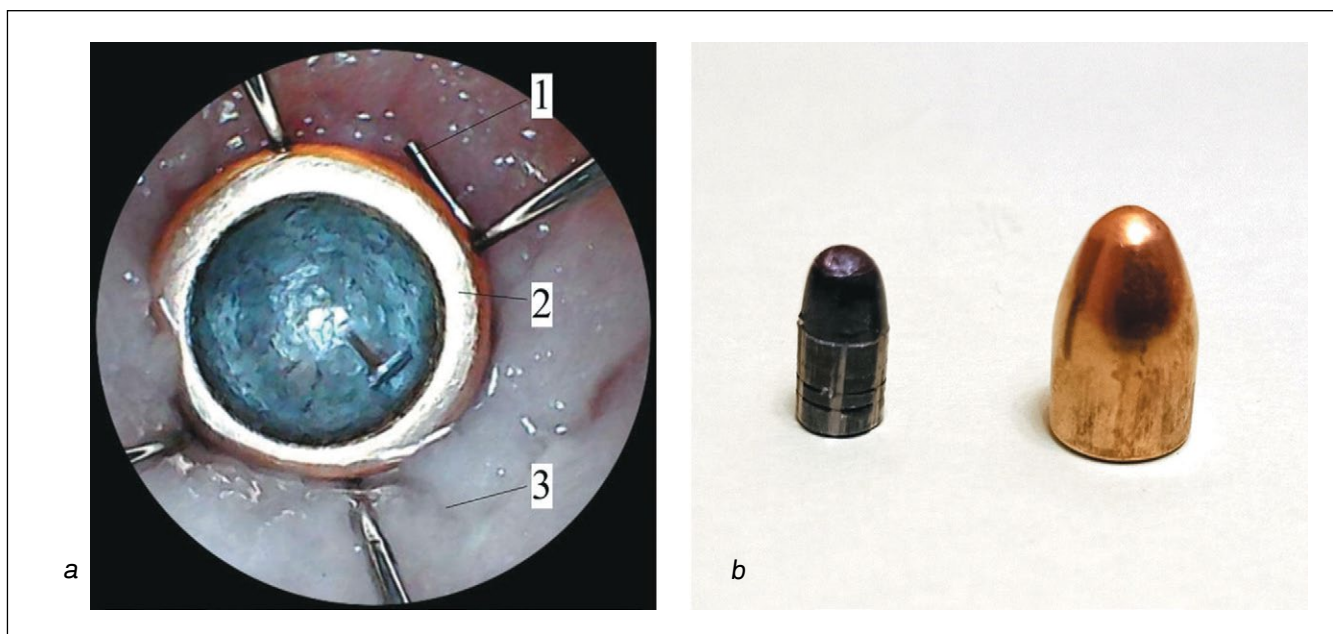


Рисунок 4. Эндоскопическая картина удаления пули из раневого канала (а) и удаленные пули (b): 1 – фиксатор, 2 – пуля, 3 – мышечная ткань.

Figure 4. Endoscopic view of bullet extraction from the wound channel (a) and extracted bullets (b): 1 – retainer, 2 – bullet, 3 – muscle tissue.

достаточно точно визуализировать инородные тела, а также выполнять их экстракцию. Однако для этого нужны хорошие мануальные навыки специалиста по ультразвуковой диагностике. При использовании вышеперечисленных зажимов возможна дополнительная травматизация мягких тканей, окружающих инородное тело, поскольку они могут попасть между браншами зажима. В случае расположения предмета в кости или в костно-мозговом канале данный способ не может быть использован в связи с ограниченными возможностями ультразвука. Еще одним недостатком применяемых зажимов является недостаточная фиксация инородного тела между браншами инструмента. При экстракции инородных тел возможно выскальзывание предмета, что требует его повторного захвата [13, 14].

Н.В. Момот и соавт. предлагают использовать во время операции ангиографическую аппаратуру для ускорения хирургического вмешательства и увеличения результативности и безопасности выполняемых процедур [15]. Безусловно, данная интраоперационная рентгенологическая навигация позволяет упростить и оптимизировать технику удаления осколков из мягких тканей, однако требует наличия соответствующего дорогостоящего рентген-оборудования.

Существуют способы экстракции инородных тел с применением магнитов, которые вводятся в раневой канал. Их использование позволяет эффективно удалять ферромагнитные инородные тела [16], но применение магнитов невозможно для удаления парамагнитных предметов.

Одним из вариантов экстракции инородных тел является использование эндоскопических технологий. У. Nagamoto и соавт. предлагают использовать эндоскоп для промывания раневого канала и удаления из него инородных тел [17]. В.И. Егоров и соавт. рекомендуют к применению видеоскопическую технику в сочетании с навигационной системой [18].

Разработанное нами устройство для удаления инородных тел сочетает в себе два вида навигации:

ультразвуковую и визуальную. В предложенном устройстве имеется система захвата инородного тела, которая обеспечивает надежную фиксацию предмета и исключает его миграцию в процессе извлечения. При удалении фрагментов боеприпасов, имеющих острые края, данная система обеспечивает защиту мягких тканей при их извлечении через раневой канал. Необходимо отметить, что разработанное устройство обеспечивает фиксацию инородных тел любой геометрической формы. Наличие в составе устройства эндоскопической системы позволяет выполнять все манипуляции под визуальным контролем, что способствует снижению травматичности вмешательства.

Устройство размещается в небольшом кейсе, что позволяет свободно транспортировать его и использовать в любой операционной или перевязочной. В качестве ультразвуковых приборов могут быть использованы портативные ультразвуковые аппараты. Их применение обеспечивает определение местоположения инородного тела, окружающих сосудисто-нервных пучков, а также позволяет выполнять контроль введения устройства в раневой канал.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ


Разработанное устройство позволяет снизить травматичность и сократить продолжительность удаления инородных тел (в эксперименте). Применение в его составе эндоскопической визуализации совместно с ультразвуковой обеспечивает повышение точности позиционирования инородного тела в мягких тканях, а также способствует его захвату, надежному удержанию и малотравматичному удалению. Предложенное устройство может быть использовано для удаления всех видов предметов, попавших в органы и ткани, как магнитных, так и немагнитных, рентгенопозитивных и негативных. Разработанный хирургический инструмент может стать дополнительным инструментом в руках травматологов-ортопедов в лечении пациентов с инородными телами мягких тканей. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Благодарность. Авторы выражают благодарность сотрудникам стрелкового комплекса «Бункер-М» (г. Воронеж) за предоставленную возможность выполнить экспериментальное исследование.	Acknowledgments. The authors express their gratitude to the staff of the Bunker-M rifle range (Voronezh) for the opportunity to conduct this experimental study.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Варфоломеев Д.И. – концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, написание статьи. Самодай В.Г. – редактирование статьи. Кузнецова В.П. – концепция и дизайн исследования. Толстых А.Л. – анализ и интерпретация данных. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Varfolomeev D.I.: study concept and design, data analysis and interpretation, writing of the article. Samoday V.G.: editing of the article. Kuznetsova V.P.: study concept and design. Tolstykh A.L.: data analysis and interpretation. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Yadevich IV, Kanchak VV, Cherchenko NN. Revision of traumatic wounds and extraction of foreign bodies from them using author's instruments. *Medical Journal*. 2022;4:108-113. [Ядевич И.В., Кончак В.В., Черченко Н.Н. Ревизия травматических ран с извлечением из них инородных тел с помощью авторских инструментов. *Медицинский журнал*. 2022;4:108-113]. DOI: <https://doi.org/10.51922/1818-426X.2022.4.108>
- Smirnov EI. *Experience of Soviet medicine in the Great Patriotic War of 1941-1945*. М., 1951. (In Russ.). [Смирнов Е.И. *Опыт советской медицины в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.* М., 1951].
- Trishkin DV, Kryukov EV, Chuprina AP, et al. *Methodical recommendations on treatment of combat surgical trauma*. М., 2022. (In Russ.). [Тришкин Д.В., Крюков Е.В., Чуприна А.П., и др. *Методические рекомендации по лечению боевой хирургической травмы*. М., 2022].
- Solosin VV, Kuzmin SA, Vyaltsin SV, et al. Organization of first aid to wounded servicemen in the zone of armed conflict. *Disaster Medicine*. 2023;3:53-56. [Солосин В.В., Кузьмин С.А., Вяльцин С.В., и др. Организация оказания первой помощи раненым военнослужащим в зоне вооруженного конфликта. *Медицина катастроф*. 2023;3:53-56]. DOI: <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2023-3-53-56>
- Kasimov RR, Prosvetov VA, Samokhvalov IM, et al. The structure of combat surgical trauma and the specifics of providing surgical care in advanced medical groups during the active phase of combat operations. *Military Medical Journal*. 2024;345(7):4-11. [Касимов Р.Р., Просветов В.А., Самохвалов И.М., и др. Структура боевой хирургической травмы и особенности оказания хирургической помощи в передовых медицинских группах в активную фазу боевых действий. *Военно-медицинский журнал*. 2024;345(7): 4-11]. DOI: [10.52424/00269050_2024_345_7_12](https://doi.org/10.52424/00269050_2024_345_7_12)
- Dadayan AR, Belik VM, Tenchurin RSh, et al. Ultrasound-guided removal of deep-lying foreign bodies of the soft neck tissue in a patient with a shrapnel wound. *Journal of experimental and clinical surgery*. 2024;17:2:66-71. [Дадаян А.Р., Белик В.М., Тенчури Р.Ш., и др. Опыт удаления глубокорасположенного инородного тела мягких тканей шеи под ультразвуковым контролем у пациента после осколочного ранения. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии*. 2024;17:2:66-71]. DOI: <https://doi.org/10.18499/2070-478X-2024-17-2-66-71>
- Zubov AD, Shatalov AD, Vegner DV, et al. Ultrasound diagnosis of foreign objects in injured patients with combined thorax/abdomen traumas. *Bulletin of urgent and recovery surgery*. 2021;6(3):64-74. [Зубов А.Д., Шаталов А.Д., Вегнер Д.В., и др. Ультразвуковая диагностика инородных тел у пострадавших с сочетанной травмой груди и живота. *Вестник неотложной и восстановительной хирургии*. 2021;6(3):64-74]. EDN: OZAQIO
- Bulyshchenko GG, Gaivoronsky AI, Liev PS, et al. Percutaneous transforaminal endoscopic removal of a foreign body of the lumbar spine. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2022;24(2):72-77. [Булыщенко Г.Г., Гайворонский А.И., Лиев П.С., и др. Чрескожное трансфораминальное эндоскопическое удаление инородного тела в поясничном отделе позвоночника. *Нейрохирургия*. 2022;24(2):72-77]. DOI: <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2022-24-2-72-77>
- Momot NV, Kuznetsov AS, Plakhotnikov IA, et al. The modern approaches to the surgical treatment of the patients presenting with the foreign bodies in the soft tissues under the intraoperative multiplane x-ray control. *Annals of Plastic, Reconstructive, and Aesthetic Surgery*. 2017;1:42-49. [Момот Н.В., Кузнецов А.С., Плахотников И.А., и др. Современные подходы к оперативному лечению пациентов с инородными телами в мягких тканях путем использования интраоперационного мультиплоскостного рентгенологического контроля. *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии*. 2017;1:42-49].
- Kotiv BN, Samokhvalov IM, Chuprina AP, et al. *Guidelines for military field surgery*. М., 2020. (In Russ.). [Котив Б.Н., Самохвалов И.М., Чуприна А.П., и др. *Указания по военно-полевой хирургии*. М., 2020].
- Guang-Fu Xing, Chang-Wen Shi, He-Xiang Qian, et al. Novel methods of removing metallic foreign body from human soft tissue: a report of 7390 cases. *Journal of surgical research*. 2013;183:337-340. DOI: [10.1016/j.jss.2012.12.018](https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.12.018)
- Rooks VJ, Shiels WE, Murakami JW. Soft tissue foreign bodies: a training manual for sonographic diagnosis and guided removal. *Journal of Clinical Ultrasound*. 2020;48(6):330-336. DOI: [10.1002/jcu.22856](https://doi.org/10.1002/jcu.22856)
- Yao Y, Pan Y, Liu S. Power ultrasound and its applications: A state of the art review. *Ultrasonics sonochemistry*. 2020;62:104722. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104722>
- Del Cura JL, Aza I, Zabala RM, et al. US-guided localization and removal of soft-tissue foreign bodies. *RadioGraphics*. 2020;40(4):1-9. DOI: [10.1148/rq.2020200001](https://doi.org/10.1148/rq.2020200001)
- Momot NV, Plakhotnikov IA, Malinin YuYu, et al. Progressive surgical techniques for treating patients with gunshot-fission soft tissue injuries. *University Clinic*. 2017;3:24(2):137-142. [Момот Н.В., Плахотников И.А., Малинин Ю.Ю., и др. Прогрессивные хирургические методики лечения пациентов с огнестрельно-осколочными ранениями мягких тканей. *Университетская Клиника*. 2017;3:24(2):137-142].
- Elin NE, Shvedjuk VV. Experimental substantiation of tools based on a neodymium magnet for the extraction of foreign bodies from wounds. *Materials of the final conference of the Military Scientific Society of cadets, students and trainees of the Military Medical Academy n.a. S.M. Kirov*. SPb., 2023:183-189. (In Russ.). [Елин Н.Е., Шведюк В.В. Экспериментальное обоснование инструментов на основе неодимового магнита для извлечения инородных тел из ран. *Материалы итоговой конференции военно-научного общества курсантов, студентов и слушателей Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова*. СПб., 2023:183-189]. EDN: NBTCTUI
- Haramoto U, Kobayashi S, Okazaki M, et al. Endoscopic management of subcutaneous gunshot wound with irrigation technique. *Ann Plast Surg*. 1998;40(6):646-649. DOI: [10.1097/0000637-199806000-00013](https://doi.org/10.1097/0000637-199806000-00013)
- Egorov VI, Karibova SO, Pustovit OM, et al. Case report of bullet wound of pharynx with fixation of foreign body in soft tissues at level of skull base. *Russian Otorhinolaryngology*. 2023;22(2):84-87. [Егоров В.И., Карибова С.О., Пустовит О.М., и др. Пулевое ранение глотки с фиксацией инородного тела в мягких тканях на уровне основания черепа. *Российская оториноларингология*. 2023;22(2):84-87]. DOI: <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2023-2-84-87>

Оригинальное исследование | Original study article
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM699336>

 This work is licensed under CC BY 4.0
© Authors, 2026

Применение ботулинического токсина типа А в предоперационной подготовке пациентов с вентральными грыжами: влияние на течение послеоперационного периода

Л.Р. Ахмадеева, О.В. Галимов, Р.Р. Гизатуллин, Н.Д. Аллаяров, М.Р. Бакеев, Э.В. Валитова
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России
(Уфа, Российская Федерация)

Аннотация

Цель: оценить влияние предоперационного введения ботулинического токсина типа А (БТА) на течение раннего послеоперационного периода у пациентов с большими послеоперационными вентральными грыжами (ПОВГ) в сравнении с контрольной группой.

Материал и методы. Проведен ретроспективный анализ 19 пациентов с ПОВГ класса W3 по классификации EHS. Основную группу (n=9) составили пациенты, получившие предоперационные инъекции БТА (Диспорт 900-1000 ЕД или Ксеомин 200 ЕД) в боковые мышцы живота под УЗ-контролем с последующей герниопластикой TAR. Контрольную группу (n=10) составили пациенты, оперированные без подготовки БТА (методы: TAR, Rives – Stoppa, TAR+bridge). Оценивались время операции, интенсивность болевого синдрома по ВАШ (визуально-аналоговая шкала) на первые, третьи и пятые сутки, продолжительность применения опиоидных анальгетиков, частота и структура осложнений, длительность госпитализации.

Результаты. В группе БТА интенсивность боли была достоверно ниже на первые сутки (медиана ВАШ 18,0 [11,5; 26,0] мм против 43,5 [40,0;

52,8] мм в контроле, $p < 0,001$), на третьи сутки (11,0 [8,5; 13,0] мм против 41,5 [38,0; 42,8] мм, $p < 0,001$) и на пятые сутки (2,0 [1,0; 3,5] мм против 31,5 [29,0; 33,0] мм, $p < 0,001$). Общая частота осложнений в группе БТА составила 11,1% (гематома послеоперационной раны у одного пациента) против 70,0% в контроле ($p = 0,027$), при этом инфекционные осложнения в группе БТА зафиксированы не были (0% против 40,0% в контроле, $p = 0,087$). Медиана длительности госпитализации в группе БТА составила 8,0 [7,0; 8,0] дня против 9,0 [8,0; 15,8] дня в контроле ($p = 0,095$).

Заключение. Предоперационная ботулинотерапия является безопасным и эффективным методом, достоверно снижающим интенсивность послеоперационной боли и частоту осложнений у пациентов с большими вентральными грыжами.

Ключевые слова: ботулинический токсин типа А, вентральная грыжа, предоперационная подготовка, послеоперационный период, химическая компонентная сепарация, боль.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Ахмадеева Л.Р., Галимов О.В., Гизатуллин Р.Р., Аллаяров Н.Д., Бакеев М.Р., Валитова Э.В. Применение ботулинического токсина типа А в предоперационной подготовке пациентов с вентральными грыжами: влияние на течение послеоперационного периода. *Наука и инновации в медицине*. 2026;11(1):63-68.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM699336>

Сведения об авторах

*Ахмадеева Лейла Ринатовна – д-р мед. наук, профессор кафедры неврологии.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-6424>
E-mail: leila_ufa@mail.ru

Галимов О.В. – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой хирургических болезней лечебного факультета.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4832-1682>
E-mail: galiimovov@mail.ru

Гизатуллин Р.Р. – ассистент кафедры неврологии, исполняющий обязанности заведующего отделением неврологии Клиники БГМУ.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4910-5383>
E-mail: gizatullinrr@neuroufa.ru

Аллаяров Н.Д. – ассистент кафедры хирургических болезней лечебного факультета; заведующий приемным отделением, врач-хирург Клиники БГМУ.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3391-4735>

E-mail: allayarovnd@gmail.com
Бакеев М.Р. – клинический ординатор кафедры хирургических болезней лечебного факультета.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4160-2820>
E-mail: m.r.bakeev@bk.ru

Валитова Э.В. – клинический ординатор кафедры неврологии.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3685-422X>
E-mail: elviravltva@mail.ru

*Автор для переписки

Список сокращений
БТА – ботулинический токсин типа А; ПОВГ – послеоперационная вентральная грыжа; TAR – transversus abdominis release; EHS – European Hernia Society; ВАШ – визуально-аналоговая шкала; УЗ – ультразвуковой.

Получено: 26.12.2025

Одобрено: 22.01.2026

Опубликовано: 26.01.2026

Use of botulinum toxin type A in the preoperative preparation of patients with ventral hernias: effect on the postoperative period

Leila R. Akhmadeeva, Oleg V. Galimov, Rinat R. Gizatullin, Nail D. Allayarov, Marat R. Bakeev, Elvira V. Valitova

Bashkir State Medical University (Ufa, Russian Federation)

Abstract

Aim: to evaluate the effect of preoperative botulinum toxin type A (BoNT-A) administration on the early postoperative period in patients with large incisional ventral hernias (IVH) compared with a control group.

Material and methods. A retrospective analysis of 19 patients with IVH class W3 (EHS classification) was performed. The main group (n=9) included patients who received preoperative BoNT-A injections (Dysport 900-1000 U or Xeomin 200 U) into the lateral abdominal muscles under US guidance

followed by TAR repair. The control group (n=10) included patients operated without BoNT-A preparation (methods: TAR, Rives-Stoppa, TAR+bridge). The operative time, intensity of pain syndrome according to VAS on days 1, 3 and 5, the duration of opioid analgesic use, the frequency and structure of complications, and the length of hospital stay were evaluated.

Results. In the BoNT-A group, pain intensity was significantly lower on day 1 (VAS median 18.0 [11.5; 26.0] mm vs. 43.5 [40.0; 52.8] mm in control,

$p < 0.001$), day 3 (11.0 [8.5; 13.0] mm vs. 41.5 [38.0; 42.8] mm, $p < 0.001$) and day 5 (2.0 [1.0; 3.5] mm vs. 31.5 [29.0; 33.0] mm, $p < 0.001$). The overall complication rate in the BoNT-A group was 11.1% (surgical site hematoma in 1 patient) vs. 70.0% in the control group ($p = 0.027$), with no infectious complications recorded in the BoNT-A group (0% vs. 40.0% in control, $p = 0.087$). The median length of hospital stay in the BoNT-A group was 8.0 [7.0; 8.0] days vs. 9.0 [8.0; 15.8] days in the control group ($p = 0.095$).

Citation

Akhmadeeva LR, Galimov OV, Gizatullin RR, Allayarov ND, Bakeev MR, Valitova EV. Use of botulinum toxin type A in the preoperative preparation of patients with ventral hernias: effect on the postoperative period. *Science and Innovations in Medicine*. 2026;11(1):63-68. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM699336>

Information about authors

*Leila R. Akhmadeeva – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Neurology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-6424>

E-mail: leila_ufa@mail.ru

Oleg V. Galimov – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Surgical Diseases, Medical Faculty.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4832-1682>

E-mail: galimovov@mail.ru

Rinat R. Gizatullin – assistant of the Department of Neurology; Acting Head of the Neurology Department of the BSMU Clinic.

Conclusion. Preoperative botulinum therapy is a safe and effective method that significantly reduces the intensity of postoperative pain and the frequency of complications in patients with large ventral hernias.

Keywords: botulinum toxin type A, ventral hernia, preoperative preparation, postoperative period, chemical component separation, pain.

Conflict of interest: nothing to disclose.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4910-5383>

E-mail: gizatullinrr@neuroufa.ru

Nail D. Allayarov – assistant of the Department of Surgical Diseases; Head of the Admission Department, Surgeon of the BSMU Clinic.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3391-4735>

E-mail: allayarovnd@gmail.com

Marat R. Bakeev – resident of the Department of Surgical Diseases.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4160-2820>

E-mail: m.r.bakeev@bk.ru

Elvira V. Valitova – resident of the Department of Neurology.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3685-422X>

E-mail: elviravlitva@mail.ru

*Corresponding author

Received: 26.12.2025

Accepted: 22.01.2025

Published: 26.01.2026

■ ВВЕДЕНИЕ

Послеоперационные вентральные грыжи (ПОВГ) являются серьезной проблемой современной медицины. Несмотря на развитие малоинвазивных хирургических вмешательств, количество выполняемых лапаротомий остается на достаточно высоком уровне. Развитие ПОВГ обусловлено нарушениями процессов репарации тканей передней брюшной стенки, инфекционно-воспалительными изменениями в области послеоперационной раны, а также техническими погрешностями при ушивании апоневроза [1]. Частота возникновения ПОВГ составляет порядка 5% среди всего взрослого населения [2].

Современная классификация ПОВГ, согласно European Hernia Society, базируется на стратификации дефектов передней брюшной стенки по локализации, ширине грыжевых ворот и числу рецидивов [3]. Герниопластика больших ПОВГ с шириной грыжевого дефекта более 10 см является технически трудной задачей. Стремление к полноценной реконструкции передней брюшной стенки может требовать широкой мобилизации апоневроза, сепарации компонентов передней брюшной стенки. Высокое натяжение тканей является ключевым фактором, обуславливающим частоту рецидивов, которая, по данным литературы, может достигать 54%. Каждый последующий рецидив усложняет хирургическое лечение и повышает риски для пациента [4].

Прогрессивными методиками восстановления нормальной анатомии передней брюшной стенки при выполнении герниопластики является задняя сепарация TAR (transversus abdominis release) по Y. Novitsky (2015) [5]. Данная хирургическая манипуляция подразумевает выполнение мобилизации ретромускулярного пространства прямых мышц живота, вскрытия их влагалищ, диссекции пространства между поперечной фасцией и поперечной мышцей. Благодаря разделению компонентов увеличивается мобильность передних и задних листков апоневроза, в связи с чем облегчается процесс аппроксимации краев грыжевого дефекта. Применение задней сепарации TAR при пластиках больших ПОВГ обеспечивает полноценную реконструкцию живота, однако данная оперативная техника трудна в исполнении и значительно травматична [6].

Неспособность к первичному закрытию фасциального дефекта часто является следствием выраженной ретракции и напряжения мышц передней брюшной стенки. В 2009 году группой исследователей под руководством Tomas R. Ibarra-Hurtado впервые был применен препарат ботулотоксина типа А (БТА – нейротоксин, который вызывает временную хемоденервацию мышц за счет блокады выделения ацетилхолина в нервно-мышечном синапсе) с целью релаксации боковых мышц живота и облегчения аппроксимации краев грыжевого дефекта. Авторы заявили об успешных результатах использования данной методики для облегчения первичного фасциального закрытия грыжевого дефекта при вентральных грыжах [7]. Также предоперационная химическая сепарация боковых мышц живота может уменьшать травматичность герниопластики и облегчать аппроксимацию краев грыжевого дефекта [4, 8]. Метод изучается в контексте улучшения условий как для открытой, так и для лапароскопической хирургии, позволяя добиться релаксации и удлинения боковых мышц живота [8, 9].

Данные о безопасности метода, особенно у пациентов с сопутствующей патологией, продолжают накапливаться. Крупные исследования демонстрируют хороший профиль переносимости БТА и его применимость у коморбидных больных [10, 11].

Несмотря на имеющиеся данные о влиянии БТА на интраоперационные параметры, комплексный анализ его влияния на ранний послеоперационный период представлен в литературе недостаточно.

■ ЦЕЛЬ

Оценить влияние предоперационной химической денервации мышц передней брюшной стенки БТА на характер течения раннего послеоперационного периода у пациентов с большими и гигантскими послеоперационными вентральными грыжами в сравнении с группой пациентов, не получавших подобной подготовки.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования и пациенты. Проведен ретроспективный анализ собственного клинического опыта. Проанализированы данные 19 пациентов (9 мужчин, 10 женщин),

EHS			
Incisional Hernia Classification			
Midline	subxiphoidal	M1	
	epigastric	M2	
	umbilical	M3	
	infraumbilical	M4	
	suprapubic	M5	
Lateral	subcostal	L1	
	flank	L2	
	iliac	L3	
	lumbar	L4	
Recurrent incisional hernia?		Yes <input type="radio"/>	No <input type="radio"/>
length:	cm	width:	cm
Width cm	W1	W2	W3
	<4cm	≥4-10cm	≥10cm
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Рисунок 1. Классификация послеоперационных вентральных грыж EHS.

Figure 1. EHS classification of incisional ventral hernia.

средний возраст которых $59,5 \pm 12,5$ года (95% ДИ 53,4–65,5), разделенных на 2 группы. Основную группу (группа БТА) составили 9 пациентов, которым была выполнена предоперационная подготовка БТА и последующая пластика ПОВГ. Контрольную группу (n=10) составили пациенты, прооперированные без предварительной химической денервации. Все грыжи относились к классу W3 по классификации EHS (Европейского герниологического общества) (**рисунок 1**). К данному классу относят грыжи, ширина грыжевых ворот которых составляет 10 см и более.

Формирование групп и критерии отбора. Пациенты для исследования были отобраны ретроспективно из базы данных хирургического отделения Клиники БГМУ (Уфа, Россия). Решение о применении предоперационной ботулинотерапии принималось консилиумом, включающим врача-хирурга и врача-невролога – специалиста по ботулинотерапии.

Основным критерием включения в исследование было наличие послеоперационной вентральной грыжи класса W3 по EHS (**рисунок 2**).

Критерии не включения: наличие острых инфекционных процессов или декомпенсация хронических заболеваний на момент планирования вмешательства и отказ пациента от участия в исследовании.

Показания и алгоритм принятия решения. Применение БТА проводилось в рамках химической компонентной сепарации в режиме off-label (вне зарегистрированных показаний) по утвержденному внутриклиническому алгоритму. Показаниями к его применению являлись подтвержденная с помощью клинического осмотра дистония (повышенный тонус) мышц передней брюшной стенки и потеря домена брюшной полости, то есть потеря объема брюшной полости из-за постоянного нахождения органов и тканей брюшной полости в грыжевом мешке. Решение инициировалось

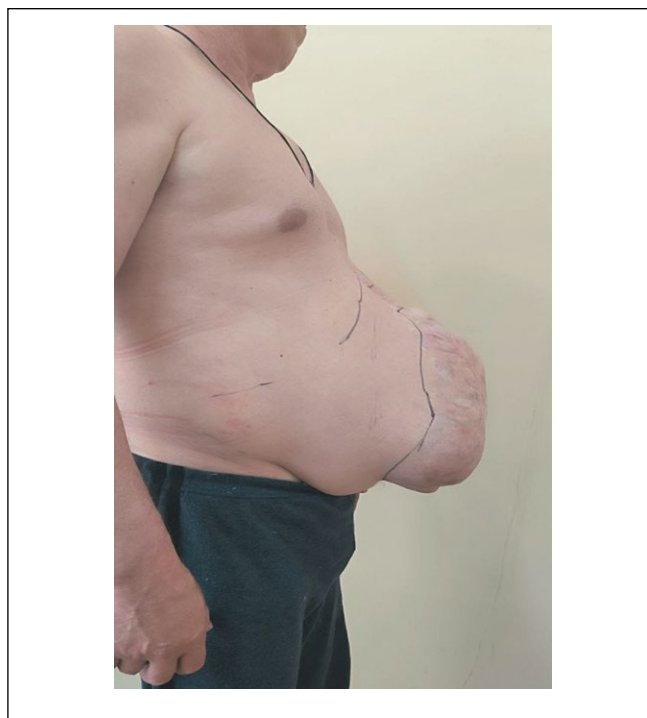


Рисунок 2. Внешний вид пациента с вентральной грыжей передней брюшной стенки до инъекции ботулинического токсина типа А.

Figure 2. Preoperative appearance of a patient with a ventral hernia of the anterior abdominal wall before botulinum toxin type A injection.

хирургом при выявлении вышеуказанных показаний. Затем пациент направлялся на консультацию к неврологу для детальной оценки мышечного тонуса и неврологического статуса. Окончательное коллегиальное решение о применении БТА, выборе препарата, дозы и точек инъекции утверждалось врачебной комиссией с участием врача-хирурга и врача-невролога. Процедура выполнялась после получения информированного добровольного согласия пациента.

Техника выполнения. Инъекция проводилась под ультразвуковым контролем за 3–10 недель до плановой операции. Использовались препараты Диспорт (IPSEN PHARMA, Франция) 900-1000 ЕД или Ксеомин («Мерц Фарма ГмбХ и Ко. КГаА», Германия) 200 ЕД. Мышцами-мишенями были боковые мышцы живота: наружная косая, внутренняя косая и поперечная мышцы. С каждой стороны выполнялось по 3 инъекции (всего 6 точек). После введения БТА в течение 3-4 недель осуществлялось динамическое наблюдение мультидисциплинарной командой для оценки наступления мышечной релаксации перед хирургическим вмешательством.

Выбор метода герниопластики. Всем пациентам выполнялась ретромускулярная герниопластика, методика которой – TAR, Rives – Stoppa, TAR+bridge – определялась интраоперационно оперирующим хирургом в зависимости от размеров дефекта, состояния тканей и натяжения апоневроза. При аппроксимации краев грыжевых ворот врачом-хирургом субъективно определяется натяжение тканей. С целью снижения натяжения выполняют одно- или двустороннюю заднюю сепарацию. В случае сохранения натяжения тканей после сепарации выполняют корригирующую bridge-пластику.

Оценка болевого синдрома. Интенсивность послеоперационной боли оценивалась ежедневно с использованием

Показатель	Контрольная группа (n=10)	Группа БТА (n=9)	Величина эффекта (95% ДИ)	p-value
Возраст, лет (M ± SD)	56,50 ± 14,16	62,78 ± 10,24	MD = 6,28 (-5,73 до 18,29)	0,289
Пол, n (%)				
Мужской	6 (60,0)	3 (33,3)	OR = 0,33 (0,05 до 2,06) RD = -0,27 (-0,67 до 0,17)	0,370
Женский	4 (40,0)	6 (66,7)	OR = 3,00 (0,49 до 19,60) RD = 0,27 (-0,17 до 0,67)	0,370
Ширина дефекта, мм (M ± SD)	115,00 ± 18,41	158,00 ± 32,86	MD = 43,00 (14,71 до 71,29)	0,002*
Метод пластики, n (%)				
TAR	3 (30,0)	9 (100,0)	RD = 0,70 (0,35 до 1,00)	0,001*
Rives – Stoppa	5 (50,0)	0 (0,0)	OR = 0,04 (0,00 до 0,77) RD = -0,50 (-0,86 до -0,03)	0,026*
TAR + bridge	2 (20,0)	0 (0,0)	OR = 0,16 (0,01 до 3,61) RD = -0,20 (-0,58 до 0,26)	0,478

Примечания: MD – разность средних (Mean Difference); OR – отношение шансов (Odds Ratio); RD – разность рисков (Risk Difference).

Для количественных показателей с нормальным распределением данные представлены как M ± SD; для категориальных показателей – как n (%). * – статистически значимые различия (p < 0,05).

Таблица 1. Сравнительная характеристика пациентов и методов лечения в исследуемых группах

Table 1. Comparative characteristics of patients and treatment methods in the study groups

русскоязычной версии визуально-аналоговой шкалы (ВАШ). Шкала представляла собой неградуированную горизонтальную линию длиной 10 см с крайними точками «нет боли» и «самая сильная боль». Пациенту предлагалось отметить на линии точку, соответствующую интенсивности его боли. Полученная отметка измерялась в миллиметрах от нулевой точки и фиксировалась медицинской сестрой хирургического отделения каждый день в 7:30 утра. Для анализа использовались значения, зафиксированные на 1, 3 и 5-е послеоперационные сутки. Во всех случаях в первые сутки после операции применялся промедол.

Критерии выписки пациентов после проведенного оперативного вмешательства: отсутствие отделяемого по дренажу, самостоятельный регулярный стул и мочеиспускание, отсутствие осложнений, отсутствие признаков воспалительного процесса. Минимальный срок госпитализации – 4 дня.

Таблица 1 демонстрирует, что группы были сопоставимы по возрасту (разность средних (MD) = 6,28 года, 95% ДИ: -5,73 до 18,29; p=0,289) и распределению пола (отношение шансов (OR) = 0,33, 95% ДИ: 0,05 до 2,06; p=0,370). Однако в группе БТА пациенты имели достоверно большие грыжевые дефекты (MD = 43,00 мм, 95% ДИ: 14,71 до 71,29; p=0,002), и всем им (100%) была выполнена пластика по методике TAR. В контрольной группе использовались различные методы: TAR (30,0%), Rives – Stoppa (50,0%) и TAR + bridge (20,0%).

Оцениваемые параметры. Оценивались время операции, интенсивность болевого синдрома по ВАШ на первые, третьи и пятые послеоперационные сутки, длительность применения опиоидных анальгетиков, частота и структура осложнений (гематома послеоперационной раны, раневая инфекция) и длительность госпитализации (койко-дни).

Статистический анализ. Анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.10.4 (разработчик – ООО «Статтех», Россия). Нормальность распределения количественных переменных проверялась критерием Шапиро – Уилка. Данные с нормальным распределением представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения (M ± SD) с 95% ДИ для среднего. Для их сравнения между группами использовался t-критерий Стьюдента с расчетом MD и ее 95% ДИ. Данные, распределение которых отличалось от нормального, представлены в виде медианы и межквартильного размаха (Me [Q1; Q3]). Для их сравнения применялся U-критерий Манна – Уитни с расчетом сдвига Ходжеса – Лемана и его 95% ДИ. Категориальные данные описаны как абсолютные числа и проценты (n, %). Для их сравнения использовался точный критерий Фишера с расчетом отношения шансов (OR) и разности рисков (RD) с 95% ДИ. Уровень статистической значимости был установлен на p < 0,05. Статистический анализ и представление результатов проводились в соответствии с рекомендациями по отчетности (SAMPL guidelines) [12].

Показатель	Контрольная группа (n=10)	Группа БТА (n=9)	Величина эффекта (95% ДИ)	p-value
Время операции, мин (M ± SD)	118,00 ± 46,32	202,78 ± 70,36	MD = 84,78 (25,98 до 143,58)	0,006*
Дни до прекращения опиоидов, Me [IQR]	2,00 [1,00; 2,00]	2,00 [1,00; 2,00]	H-L shift = 0,0 (-0,5 до 0,5)	0,785
ВАШ 1-е сутки, мм, Me [IQR]	43,5 [40,0; 52,8]	18,0 [11,5; 26,0]	H-L shift = -25,5 (-30,0 до -20,0)	<0,001*
ВАШ 3-и сутки, мм, Me [IQR]	41,5 [38,0; 42,8]	11,0 [8,5; 13,0]	H-L shift = -30,0 (-34,0 до -26,0)	<0,001*
ВАШ 5-е сутки, мм, Me [IQR]	31,5 [29,0; 33,0]	2,0 [1,0; 3,5]	H-L shift = -29,0 (-32,0 до -26,0)	<0,001*
Койко-дни, дни, Me [IQR]	9,00 [8,00; 15,75]	8,00 [7,00; 8,00]	H-L shift = -1,0 (-3,0 до 0,0)	0,095
Любое осложнение, n (%)	7 (70,0)	1 (11,1)	OR = 0,05 (0,00 до 0,64) RD = -0,59 (-0,89 до -0,09)	0,027*
Инфекционные осложнения, n (%)	4 (40,0)	0 (0,0)	OR = 0,10 (0,00 до 2,08) RD = -0,40 (-0,75 до 0,05)	0,087
Гематома послеоперационной раны, n (%)	3 (30,0)	1 (11,1)	OR = 0,30 (0,02 до 3,39) RD = -0,19 (-0,58 до 0,26)	0,582

Примечания: MD – разность средних; H-L shift – сдвиг Ходжеса – Лемана; OR – отношение шансов; RD – разность рисков. Данные представлены как M ± SD (нормальное распределение) или Me [IQR] (медиана и межквартильный размах). * – статистически значимые различия (p < 0,05).

Таблица 2. Сравнение интра- и послеоперационных показателей

Table 2. Comparison of intra- and postoperative parameters



Рисунок 3. Интраоперационный вид после химической компонентной сепарации с применением ботулинического токсина типа А: состояние мышц передней брюшной стенки после инфильтрации.

Figure 3. Intraoperative view after chemical component separation with botulinum toxin type A: condition of the anterior abdominal wall muscles after infiltration.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Хирургические параметры и послеоперационное течение. Сравнение интра- и послеоперационных показателей между группами выявило ряд значимых различий.

Как видно из таблицы 2, среднее время операции в группе БТА было достоверно больше, чем в контрольной группе (MD = 84,78 мин, 95% ДИ: 25,98 до 143,58; $p=0,006$). Интенсивность болевого синдрома в группе БТА была статистически значима и клинически существенно ниже на всех этапах наблюдения: на первые сутки (сдвиг Ходжеса – Лемана (H-L shift) = -25,5 мм, 95% ДИ: -30,0 до -20,0; $p < 0,001$), на третьи сутки (H-L shift = -30,0 мм, 95% ДИ: -34,0 до -26,0; $p < 0,001$) и на пятые сутки (H-L shift = -29,0 мм, 95% ДИ: -32,0 до -26,0; $p < 0,001$). Медиана времени до прекращения опиоидных анальгетиков в обеих группах составила 2,0 суток, и статистически значимых различий выявлено не было (H-L shift = 0,0 дня, 95% ДИ: -0,5 до 0,5; $p=0,785$).

Частота осложнений и длительность госпитализации. Общая частота послеоперационных осложнений в группе БТА была достоверно ниже: 11,1% (1 пациент) против 70,0% (7 пациентов) в контроле. Абсолютное снижение риска (RD) составило -0,59 (95% ДИ: -0,89 до -0,09), а OR – 0,05 (95% ДИ: 0,00 до 0,64; $p=0,027$). В группе БТА не было зафиксировано инфекционных осложнений (0% против 40% в контроле, RD = -0,40, 95% ДИ: -0,75 до 0,05; $p=0,087$). Частота гематом послеоперационной раны значимо не различалась (11,1% против 30,0%, RD = -0,19, 95% ДИ: -0,58 до 0,26; $p=0,582$). Медиана длительности госпитализации в группе БТА была на 1 день короче, однако эта разница не достигла статистической значимости (H-L shift = -1,0 дня, 95% ДИ: -3,0 до 0,0; $p=0,095$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее значимыми результатами проведенного исследования являются достоверное и клинически существенное снижение интенсивности послеоперационной боли в группе БТА на 25–30 мм по ВАШ, а также снижение абсолютного риска послеоперационных осложнений на 59 процентных пунктов в основной группе пациентов в сравнении с группой контроля. Этот результат согласуется с

данными В. Zendejas и соавт. (2013) [13]. Мы полагаем, что ключевым механизмом, лежащим в основе наблюдаемого нами снижения болевого синдрома и частоты осложнений, является достигнутая релаксация и увеличение длины мышц передней брюшной стенки, что снижает натяжение тканей (рисунок 3). Этот патогенетический эффект ботулинотерапии, ведущий к сокращению грыжевого дефекта, подтверждается выводами опубликованного нами ранее систематического обзора [14].

Зарегистрированная частота осложнений в группе БТА (11,1%) была достоверно ниже, чем в контрольной группе (70,0%), при этом в группе БТА полностью отсутствовали инфекционные осложнения. Снижение абсолютного риска инфекции на 40 процентных пунктов, хотя и не достигло формальной значимости ($p=0,087$), представляет собой важную клиническую тенденцию. Полученные данные соответствуют благоприятному профилю безопасности метода, описанному в литературе [10, 11], и подчеркивают его потенциальную роль в снижении риска инфекционных процессов, возможно, за счет уменьшения напряжения тканей и улучшения их перфузии.

Среднее время операции в группе предоперационной ботулинотерапии было достоверно больше, чем в контрольной группе (MD = 84,8 мин, 95% ДИ: 26,0 до 143,6; $p=0,006$). Данное различие закономерно и объясняется двумя факторами: тем, что методика TAR, которая была выполнена всем пациентам основной группы, является более сложной, и тем, что пациенты в группе БТА имели исходно более широкие дефекты (MD = 43,0 мм, 95% ДИ: 14,7 до 71,3; $p=0,002$).

Несмотря на большую сложность и длительность оперативного вмешательства у пациентов с исходно более широкими дефектами, в группе ботулинотерапии наблюдалась тенденция к сокращению медианы длительности госпитализации на 1 день. Отсутствие статистической значимости ($p=0,095$), вероятно, связано с ограниченным объемом выборки.

Ограничения исследования включают его ретроспективный характер, небольшой размер выборки и исходные



Рисунок 4. Послеоперационный вид после реконструкции передней брюшной стенки и пластики вентральной грыжи.
Figure 4. Postoperative view after reconstruction of the anterior abdominal wall and repair of the ventral hernia.

различия между группами по ширине дефекта и применяемым хирургическим методикам, что могло повлиять на результаты. Однако такая несбалансированность, отражающая клиническую практику применения БТА в наиболее сложных случаях, делает продемонстрированное значимое улучшение послеоперационного периода в группе БТА еще более убедительным.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные нами результаты демонстрируют, что предоперационная ботулинотерапия достоверно снижает интенсивность послеоперационной боли на 25–30 мм по ВАШ и уменьшает абсолютный риск осложнений на 59 процентных пунктов. Эти данные дополняют совокупность

доказательств, представленных в современном систематическом обзоре, согласно которым метод является безопасным, значимо увеличивает длину боковых мышц живота и повышает вероятность закрытия фасции при пластике сложных вентральных грыж [15]. Таким образом, применение БТА является эффективным и клинически оправданным адьювантным компонентом комплексного ведения пациентов со сложными вентральными грыжами, позволяя существенно улучшить непосредственные послеоперационные исходы (**рисунок 4**).

Основными преимуществами метода являются значимое снижение интенсивности послеоперационного болевого синдрома и уменьшение частоты ранних послеоперационных осложнений. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Этическая экспертиза. Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации и одобрено ЛЭК ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» (протокол № 8 от 24.12.2025).	Ethical approval. The study was conducted in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration and approved by the Local Ethics Committee of BSMU (Protocol No. 8 dated 24.12.2025).
Согласие на публикацию. Все участники исследования подписывали добровольное информированное согласие.	Consent for publication. All study participants signed a written informed consent form.
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Ахмадеева Л.Р., Галимов О.В. – идея, концепция. Гизатуллин Р.Р., Бакеев М.Р., Валитова Э.В. – сбор материала, написание статьи. Алляров Н.Д. – сбор материала, дизайн исследования, написание статьи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Akhmadeeva L.R., Galimov O.V.: idea, concept. Gizatullin R.R., Bakeev M.R., Valitova E.V.: collecting material, writing of the article. Allayarov N.D.: collection of material, research design, writing of the article. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- 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
- Ortega-Deballon P, Renard Y, de Launay J, et al. Incidence, risk factors, and burden of incisional hernia repair after abdominal surgery in France: a nationwide study. *Hernia*. 2023;27(4):861-871. DOI: 10.1007/s10029-023-02825-9
- Muysoms FE, Miserez M, Berrevoet F, et al. Classification of primary and incisional abdominal wall hernias. *Hernia*. 2009;13(4):407-414. DOI: 10.1007/s10029-009-0518-x
- Weissler JM, Lanni MA, Tecce MG, et al. Chemical component separation: a systematic review and meta-analysis of botulinum toxin for management of ventral hernia. *J Plast Surg Hand Surg*. 2017;51(5):366-374. DOI: 10.1080/2000656X.2017.1285783
- Pauli EM, Wang J, Petro CC, et al. Posterior component separation with transversus abdominis release successfully addresses recurrent ventral hernias following anterior component separation. *Hernia*. 2015;19(2):285-91. DOI: 10.1007/s10029-014-1331-8
- Love MW, Warren JA, Davis S, et al. Computed tomography imaging in ventral hernia repair: can we predict the need for myofascial release? *Hernia*. 2021;25(2):471-477. DOI: 10.1007/s10029-020-02181-y
- Ibarra-Hurtado TR, Nuño-Guzmán CM, Echeagaray-Herrera JE, Robles-Vélez E, de Jesús González-Jaime J. Use of botulinum toxin type A before abdominal wall hernia reconstruction. *World J Surg*. 2009;33(12):2553-2556. DOI: 10.1007/s00268-009-0203-3
- Farooque F, Jacombs AS, Roussos E, et al. Preoperative abdominal muscle elongation with botulinum toxin A for complex incisional ventral hernia repair. *ANZ J Surg*. 2016;86(1-2):79-83. DOI: 10.1111/ans.13258
- Rodriguez-Acevedo O, Elstner KE, Jacombs ASW, et al. Preoperative Botulinum toxin A enabling defect closure and laparoscopic repair

- of complex ventral hernia. *Surg Endosc*. 2018;32(2):831-839. DOI: 10.1007/s00464-017-5750-3
- Nielsen MØ, Bjerg J, Dorfelt A, et al. Short-term safety of preoperative administration of botulinum toxin A for the treatment of large ventral hernia with loss of domain. *Hernia*. 2020;24(2):295-299. DOI: 10.1007/s10029-019-01957-1
- Elstner KE, Jacombs ASW, Read JW, et al. Laparoscopic repair of complex ventral hernia facilitated by pre-operative chemical component relaxation using Botulinum Toxin A. *Hernia*. 2016;20(2):209-219. DOI: 10.1007/s10029-016-1478-6
- Lang TA, Altman DG. Basic statistical reporting for articles published in biomedical journals: The "Statistical Analyses and Methods in the Published Literature" or the SAMPL Guidelines. *Int J Nurs Stud*. 2015;52(1):5-9. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2014.09.006
- Zendejas B, Khasawneh MA, Srwantstyan B, et al. Outcomes of chemical component paralysis using botulinum toxin for incisional hernia repairs. *World J Surg*. 2013;37(12):2830-2837. DOI: 10.1007/s00268-013-2211-6
- Akhmadeeva LR, Rakhimova ASH, Allayarov ND, et al. Botulinum toxin type A in the surgical treatment of anterior abdominal wall muscle dystonia in ventral hernias: a systematic review and our experience. *Effektivnaya Farmakoterapiya*. 2025;21(21):30-39. [Ахмадеева Л.Р., Рахимова А.Ш., Алляров Н.Д., и др. Применение ботулинического токсина типа А в хирургическом лечении дистонии мышц передней брюшной стенки при вентральных грыжах: систематический обзор и собственный опыт. *Эффективная фармакотерапия*. 2025;21(21):30-39]. DOI: <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2025-21-21-30-39>
- Timmer AS, Claessen JJM, Atema JJ, et al. A systematic review and meta-analysis of technical aspects and clinical outcomes of botulinum toxin prior to abdominal wall reconstruction. *Hernia*. 2021;25(6):1413-1425. DOI: 10.1007/s10029-021-02499-1

Молекулярные и клеточные аспекты патогенеза послеоперационных вентральных грыж

О.В. Галимов, В.О. Ханов, М.Р. Бакеев

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России
(Уфа, Российская Федерация)

Аннотация

Послеоперационные вентральные грыжи являются одними из самых распространенных хирургических патологий во всем мире. Достижения медицинской науки за последние десятилетия позволили значительно улучшить результаты лечения данного заболевания вследствие обособления и внедрения различных способов герниопластик с имплантацией синтетических эндопротезов. В то же время частота возникновения послеоперационных вентральных грыж остается на достаточно высоком уровне. На протяжении нескольких лет проводятся исследования, направленные на изучение молекулярных и клеточных механизмов формирования послеоперационных грыж. Ключевым вопросом в проблеме нарушения репарации тканей после лапаротомий является понимание процессов организации внеклеточного матрикса и активизации фибробластов. Внеклеточный матрикс предстает той уникальной средой, способствующей правильной структуризации коллагеновых волокон, приобретению прочности послеоперационного рубца и своевременной контракции раневой полости. Регуляция гомеостаза внеклеточного матрикса находится в зависимости от многих факторов, влияющих на сроки и полноценность репарации тканей после операционной травмы.

Основной регенераторный потенциал составляют популяции фибробластов, ответственных за синтез и деградацию коллагена. Внеклеточный матрикс и фибробласты оказывают многофакторное влияние на репарацию раны, и нарушения баланса их взаимодействия может способствовать формированию послеоперационных вентральных грыж. Синтезируемые фибробластами молекулярные соединения, к которым относятся матричные металлопротеиназы, тканевые ингибиторы металлопротеиназ, а также актиновые и коллагеновые белки, играют важную роль как в заживлении операционной раны, так и в формировании грыж. Определение критических точек патогенеза послеоперационных вентральных грыж на молекулярном и клеточном уровнях позволит прогнозировать и профилактировать их образование. При этом открываются новые возможности для прецизионной стратификации пациентов перед оперативным лечением грыж и выбора персонализированной хирургической тактики.

Ключевые слова: послеоперационные вентральные грыжи, внеклеточный матрикс, фибробласты, коллаген, молекулярные механизмы репарации.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Галимов О.В., Ханов В.О., Бакеев М.Р. Молекулярные и клеточные аспекты патогенеза послеоперационных вентральных грыж. *Наука и инновации в медицине*. 2026;11(1):69-76. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM695779>

Сведения об авторах

Галимов О.В. – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой хирургических болезней лечебного факультета.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4832-1682>

E-mail: galimovov@mail.ru

Ханов В.О. – д-р мед. наук, профессор кафедры хирургических болезней лечебного факультета.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1880-0968>

E-mail: khanovv@mail.ru

***Бакеев Марат Радикович** – клинический ординатор кафедры хирургических болезней лечебного факультета.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4160-2820>

E-mail: m.r.bakeev@bk.ru

***Автор для переписки**

Список сокращений

ПОВГ – послеоперационная вентральная грыжа; ВКМ – внеклеточный матрикс; ММП – матричная металлопротеиназа; ТИМП – тканевый ингибитор металлопротеиназы.

Получено: 03.11.2025

Одобрено: 30.11.2025

Опубликовано: 02.01.2026

Molecular and cellular aspects of the pathogenesis of incisional hernias

Oleg V. Galimov, Vladislav O. Khanov, Marat R. Bakeev

Bashkir State Medical University (Ufa, Russian Federation)

Abstract

The incisional hernias are one of the most common surgical pathologies worldwide. The achievements of medical science in recent decades have significantly improved the results of treatment of this disease, due to the justification and implementation of various methods of hernioplasty with implantation of synthetic endoprostheses. At the same time, the incidence rate of incisional hernias remains fairly high. For several years, research has been conducted to study the molecular and cellular mechanisms of incisional hernias formation. The key issue in the problem of tissue repair disorders after laparotomy is to understand the processes of extracellular matrix organization and fibroblast activation. The extracellular matrix appears to be a unique environment that promotes the proper structuring of collagen fibers, the acquisition of postoperative scar strength and timely wound cavity contraction. The regulation of extracellular matrix homeostasis depends on many factors that affect the timing and usefulness of tissue repair after surgical trauma. The main regenerative potential

consists of populations of fibroblasts responsible for the synthesis and degradation of collagen. Extracellular matrix and fibroblasts have a multifactorial effect on wound repair and imbalance of their interaction can contribute to the formation of incisional hernias. Molecular compounds synthesized by fibroblasts, which include matrix metalloproteinases, matrix metalloproteinase inhibitors, as well as actin and collagen proteins, play an important role both in the healing of surgical wounds and in the formation of hernias. Identification of critical points in the pathogenesis of incisional hernias at the molecular and cellular levels will make it possible to predict and prevent their formation. This opens up new opportunities for precision stratification of patients before abdominal wall hernia repair and the choice of personalized surgical tactics.

Keywords: incisional hernias, extracellular matrix, fibroblasts, collagen, molecular mechanisms of repair.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Galimov OV, Khanov VO, Bakeev MR. **Molecular and cellular aspects of the pathogenesis of incisional hernias.** *Science and Innovations in Medicine.* 2026;11(1):69-76. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM695779>

Information about authors

Oleg V. Galimov – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Surgical Diseases, Medical Faculty.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4832-1682>

E-mail: galimovov@mail.ru

Vladislav O. Khanov – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Surgical Diseases, Medical Faculty.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1880-0968>

E-mail: khanovv@mail.ru

Marat R. Bakeev – Resident of the Department of Surgical Diseases, Medical Faculty.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4160-2820>

E-mail: m.r.bakeev@bk.ru

*Corresponding author

Received: 03.11.2025

Accepted: 30.11.2025

Published: 02.01.2026

ВВЕДЕНИЕ

Грыжи передней брюшной стенки составляют одну из самых давних и нерешенных проблем хирургии. История данного вопроса насчитывает не один десяток лет и берет свое начало с момента формирования хирургии как медицинской науки [1]. Наиболее трудными и социально значимыми являются грыжи, связанные с ранее перенесенными оперативными вмешательствами на брюшной полости [2–5]. Согласно последним данным, послеоперационные вентральные грыжи (ПОВГ) возникают после 10–20% лапаротомий, а в некоторых случаях, преимущественно у пациентов групп высокого риска, частота их образования может достигать 70% [6]. На протяжении всего XX века происходило накопление опыта и знаний в области оперативного лечения ПОВГ, что сопровождалось созданием оригинальных и прогрессивных методик, позволяющих восстанавливать нормальную анатомию живота после грыжесечения. С момента появления и активного внедрения сетчатых эндопротезов для укрепления передней брюшной стенки при реконструктивных вмешательствах по поводу грыж заметно улучшились результаты лечения больных с ПОВГ. Однако, несмотря на развитие и совершенствование хирургических техник, значительно уменьшить частоту формирования ПОВГ, а также их рецидивов до сих пор не удается.

Вопрос выполнения оперативного доступа при различных вмешательствах на органах брюшной полости всегда решался в пользу удобства визуализации области хирургического воздействия и без учета закономерностей тканевой регуляции заживления раны и формирования послеоперационного рубца. Для понимания проблемы возникновения ПОВГ очень важно знать особенности не только макроскопического, но и клеточного строения структур передней брюшной стенки. Особую роль приобретает взаимодействие между клетками и молекулами, участвующими в процессах репарации и регенерации тканей после хирургической травмы. Переосмысление процесса формирования послеоперационного рубца, а также открытие новых закономерностей формирования и структуризации соединительной ткани могут позволить значительно улучшить как результаты хирургического лечения ПОВГ, так и снизить частоту их образования и рецидивирования [7, 8]. В последние десятилетия наблюдается активное изучение патогенеза ПОВГ на различных уровнях биологической организации. В научных работах отечественных и зарубежных авторов прослеживается четкая тенденция к переходу от анатомического уровня исследований к гистологическому и молекулярному. Данное явление вполне объяснимо и обусловлено необходимостью поиска патогенетических звеньев образования грыж на начальном уровне клеточной и субклеточной организации [9,

10]. Изучение молекулярных механизмов формирования ПОВГ открывает новые горизонты для прогнозирования, профилактики и лечения данной патологии [11, 12].

Целью данного обзора литературы является актуализация последних достижений в области изучения молекулярных и клеточных механизмов образования ПОВГ, а также критический взгляд на роль конкретных патогенетических процессов при репарации тканей послеоперационных ран, поиск новых диагностических и лечебных мишеней для грыж передней брюшной стенки.

Методология поиска источников. Поиск литературы осуществлялся в базах данных РИНЦ и PubMed по следующим ключевым словам: послеоперационные вентральные грыжи, молекулярные механизмы образования грыж, клеточные механизмы патогенеза грыж, внеклеточный матрикс, значение фибробластов при формировании послеоперационных вентральных грыж (incisional hernias, molecular mechanisms of hernia formation, cellular mechanisms of hernia pathogenesis, extracellular matrix, the importance of fibroblasts in the formation of incisional hernias). Были отобраны научные исследования, опубликованные не более 20 лет назад. Для анализа отбирались систематические обзоры и метаанализы, рандомизированные контролируемые исследования, международные рекомендации и литературные обзоры. Также отдельно рассматривались первоисточники в указываемых работах. В последующем отбирались статьи на основании анализа полнотекстового варианта, резюме, уровня достоверности и статистической значимости представленных результатов. В результате отбора источников в настоящий обзор было включено 65 статей.

ГОМЕОСТАЗ ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА ПРИ РЕПАРАЦИИ ЛАПАРОТОМНОЙ РАНЫ

Разрез передней брюшной стенки для оперативного доступа представляет собой серьезную травму, сопровождающуюся классической воспалительной реакцией, протекающей в асептических условиях. Репаративные процессы после лапаротомий направлены не только на закрытие раневого дефекта и изоляцию брюшной полости, но и на укрепление травмированной области избыточным синтезом соединительной ткани. В раннем послеоперационном периоде прочность линии разреза обеспечивается наложенными швами на слои передней брюшной стенки, благодаря чему создаются условия для благоприятного течения раневого процесса. Полноценная репарация тканей после лапаротомии наблюдается через 100 дней с момента операции, при этом уровень прочности рубца в процентном соотношении достигает 90% от показателей физиологически здоровых тканей передней брюшной

стенки [13]. Важнейшее значение в процессах заживления тканей передней брюшной стенки, прежде всего апоневроза, имеют структура и состав внеклеточного матрикса (ВКМ). В ответ на альтерацию и воспаление из системного кровотока в раневую область мигрируют тромбоциты, нейтрофилы, макрофаги и лимфоциты. Данные клетки формируют пространственную структуру без четкой организации – временный ВКМ [14]. При этом выделяется множество провоспалительных цитокинов, ответственных за клеточную адгезию, среди которых интерлейкин-1 бета (IL-1 β), фактор некроза опухоли альфа (TNF- α) и интерферон гамма (IFN- γ) [15, 16]. Механическая прочность временного ВКМ невелика и обеспечивается тромбоцитами и фибрином. На данном, начальном, этапе репарации тканей большое значение имеет сохранение целостности временного ВКМ до формирования коллагеновой матрицы. Недостаточный интраоперационный гемостаз приводит к образованию гематомы, при этом происходит дезорганизация временного ВКМ и увеличиваются сроки заживления раны [17, 18]. Данное явление способствует формированию ПОВГ, а также рецидиву грыж после герниопластик.

Изучение свойств межклеточных взаимодействий в пространственной модели привело к созданию понятия матрисомы – полного набора всех белков, а также кодирующих их генов, образующих ВКМ. Рассмотрение ВКМ как динамически изменяющейся цитологической платформы позволяет по-новому оценивать процессы репарации соединительной ткани и формирования грыж. Изменения матрисомы и потеря механической прочности ВКМ ассоциированы с пролиферацией аномальной популяции фибробластов. Ряд исследований продемонстрировал увеличение атипичных фибробластов, ответственных за нарушения нормального синтеза коллагена, при ранней несостоятельности лапаротомной раны [19, 20]. Анализ матрисомы дает возможность выявить ведущие каскады молекулярных реакций и клеточных взаимодействий, ответственных за механотрансдукцию тканей [21–23]. Изучение матрисомы может позволить определить генетические детерминанты и предикторы образования грыж передней брюшной стенки.

Таким образом, разные компоненты ВКМ могут влиять на процессы репарации лапаротомной раны и участвовать в формировании ПОВГ. Комплексный анализ состава ВКМ при формировании ПОВГ определит патогенетические мишени с целью превентивной коррекции нарушений тканевого гомеостаза.

■ РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛИЗМА КОЛЛАГЕНА И ЕГО РОЛЬ В ПАТОГЕНЕЗЕ ПОВГ

Первичная грануляционная ткань раневой поверхности после лапаротомии преимущественно состоит из эластина и коллагена III типа. По мере заживления и смены фаз регенерации происходит существенная реорганизация ВКМ и его элементов. Формирование прочного рубца обусловлено заменой клеточных и молекулярных компонентов в месте операционной травмы. Перестройка ВКМ связана с утратой грануляционной тканью коллагена III типа, заменой его на коллаген I типа, контракцией раны вследствие

фиброплазии и механотрансдукции миофибробластов [24, 25]. Приобретение механической прочности и уменьшение размеров раны обусловлено именно этими ключевыми процессами, нарушение которых имеет огромное значение для формирования ПОВГ. В то же время активно изучается значение других типов коллагена. Интерес представляет коллаген IV типа, который участвует в образовании базальной мембраны клеток, и коллаген V типа, регулирующий процессы фибрилlogenеза. В работе N. Henriksen и соавт. (2015) продемонстрированы изменения содержания коллагена IV типа у пациентов с ПОВГ и без грыж. Так, в группе ПОВГ наблюдалась большая активность процессов денатурации и ресинтеза данного белка [26]. В исследовании L. Lorentzen и соавт. (2018) также показана большая метаболическая активность в отношении коллагена V типа у пациентов с ПОВГ [27].

Процессы физиологического ремоделирования ВКМ регулируются активностью матричных металлопротеиназ (ММП). Семейство ММП включает в себя 23 белка с большим разнообразием биологических субстратов и выполняемых функций. Главенствующую роль для всех белков данного семейства приобретает участие в гомеостазе ВКМ при заживлении ран. В ряде исследований продемонстрирована их активация за счет многочисленных провоспалительных цитокинов, гормональных веществ и факторов роста, наибольшее значение среди которых имеют IL-1 β , TNF- α и тканевые ингибиторы металлопротеиназ (ТИМП) [28–31]. ТИМП представляют собой цинк-зависимые эндопептидазы, способные разрушать все типы белков ВКМ. Существуют 4 типа данных ферментов: ТИМП-1, ТИМП-2, ТИМП-3, ТИМП-4 [32]. В физиологических условиях соотношение между ММП и ТИМП составляет 1:1, благодаря чему обеспечивается постоянство белкового состава тканей и ВКМ. Изменение соотношения между ММП и ТИМП может влиять на метаболизм коллагена, что обнаружено у пациентов с ПОВГ. В работе J. Guillen-Marti и соавт. (2009) продемонстрирована связь между ММП и ТИМП в тканях у пациентов с ПОВГ. Авторы отметили снижение транскриптов РНК ТИМП-3 в апоневрозе и ТИМП-4 в скелетных мышцах, а также ТИМП-3 тканей грыжевого дефекта у пациентов с ПОВГ [33].

Коллаген III типа под действием ферментов ММП денатурирует, фибробласты получают сигнал для синтеза коллагена I типа и происходит постепенное замещение данных белков в ткани [34]. Представленный процесс происходит в динамическом равновесии, за счет чего достигается баланс между синтезом коллагена и его деструкцией, а ВКМ и формирующийся рубец приобретают необходимую механическую прочность. Интересен тот факт, что регуляция гомеостаза ВКМ имеет значительную вариабельность и зависит не только от синтеза форм коллагена, но и от его деградации, что напрямую может влиять на формирование ПОВГ. Ряд исследований продемонстрировал корреляцию между дезорганизацией ВКМ и повышенной активностью ММП-1, ММП-2, ММП-9 и ММП-13, а также взаимосвязь с образованием грыж передней брюшной стенки [35, 36]. Доказанная роль изменений в соотношении коллагена I типа / коллагена III типа, а также метаболизма коллагена IV и V типов в регуляции гомеостаза ВКМ позволила детально изучить молекулярный механизм формирования

ПОВГ. Однако регуляция процессов деградации коллагена может иметь не меньшее значение, чем его синтеза. В работе R. Rosch и соавт. (2006) изучалось влияние ММП на формирование ПОВГ. Авторами продемонстрирована повышенная экспрессия ММП-2 в рубцовой соединительной ткани у пациентов с ПОВГ [37]. В то же время в исследовании J. Salameh и соавт. (2007) также получена высокая экспрессия ММП-2 при ПОВГ, однако анализ проводился в тканях, отдаленных от грыжевого дефекта [38]. Данное явление указывает на системную патологию метаболизма соединительной ткани с участием ММП, а не на местные нарушения регуляции.

Продукты деградации коллагена при ремоделировании ВКМ или при его аномальном синтезе поступают в системный кровоток и могут быть обнаружены в виде сывороточных биомаркеров. Уровень циркулирующих в сосудистом русле маркеров деградации коллагена характеризует его гомеостаз на организменном уровне, поскольку данный белок и его формы встречаются в различных органах и системах [39]. Был проведен ряд исследований, демонстрирующих корреляцию между показателями метаболизма коллагена и наличием ПОВГ [40]. В работе H. Kayashima и соавт. (2015) изучались сывороточные показатели фрагментов коллагена IV типа у пациентов с ПОВГ. Авторы обнаружили, что уровень сывороточного N-концевого пропептида домена коллагена IV типа 7S (P4NP-7S) повышен у пациентов с ПОВГ и связан с развитием вентральных грыж [41]. Не исключено, что существуют и другие сывороточные маркеры деградации коллагена, способные влиять на его метаболизм и функцию фибробластов. Данные циркулирующие олигопептиды могут служить ценным инструментом прогнозирования ПОВГ.

Анализ коллаген-зависимых молекулярных реакций в процессе репарации раны имеет центральное значение для понимания патогенеза ПОВГ. Увеличение синтеза коллагена I типа на тканевом уровне может устранить формирование ПОВГ после любых видов лапаротомий, поскольку данный белок является основным компонентом ВКМ, определяющим прочность рубца и его целостность. С другой стороны, угнетение деградации коллагена I типа также положительно повлияет на его метаболизм и функциональную активность. За последние несколько лет произошел значительный прорыв в определении точек воздействия на регуляцию обмена коллагена с целью профилактики и планирования лечения ПОВГ.

■ ПОПУЛЯЦИИ ФИБРОБЛАСТОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ФОРМИРОВАНИИ ПОВГ

Выполнение лапаротомии ассоциировано с возникновением фибропролиферативного взрыва в ответ на секрецию эндогенных медиаторов воспаления. Фибробласты являются основными участниками регенераторных процессов в ране, которые синтезируют коллаген и формируют структуру ВКМ. В физиологических условиях репарации фибробласты мигрируют в травмированный очаг со вторых суток и участвуют в создании грануляционной ткани на протяжении четырех дней. Межклеточные взаимодействия в ответ на медиаторы воспаления стимулируют фибробласты к синтезу коллагена, который является главным «строительным» белком [42]. Накопление коллагена

обеспечивает прочность ВКМ, за счет чего происходит его нормальное функционирование и поддерживается гомеостаз [43]. Нарушения метаболизма коллагена при образовании ВКМ являются известным фактором развития ПОВГ. Преобладание коллагена III типа над I типом снижает механическую прочность ВКМ и изменяет его архитектуру [44]. При этом особый интерес представляют причины аномального синтеза коллагенов при репарации тканей, которые связаны с функциональной активностью и фенотипом фибробластов, формирующих основной регенераторный пул клеток ВКМ [45].

Миграция, пролиферация и активация синтеза коллагена фибробластами регулируются цитокинами, тромбоцитарными (PDGF) и сосудистыми факторами роста (VEGF) [46]. Молекулярные механизмы репарации ткани напрямую зависят от синтетической активности фибробластов. Ключевой особенностью фибробластов как участников патогенеза ПОВГ являются изменение их функциональной активности и синтез коллагена III типа вместо I типа. Так, при других процессах репарации биологических тканей наблюдается снижение либо прекращение синтетической активности фибробластов, например, при заживлении трофических и язвенных дефектов различных тканей [47]. Анализ морфологических характеристик сухожильно-фасциальных элементов передней брюшной стенки при ПОВГ продемонстрировал существенные особенности их клеточного состава и структуры. При гистологическом анализе срезов тканей ПОВГ были обнаружены недостаточность ВКМ, снижение количества фибробластов и иммунных клеток. Цитологический анализ фибробластов из тканей ПОВГ показал их существенную дефективность, что проявляется наличием веретенообразной морфологии, вакуоляризированной цитоплазмы, набухания митохондрий и повышенной экспрессии виментина. Другой важной характеристикой фибробластов из ПОВГ являются их повышенная апоптотическая активность и предрасположенность к аутофагии [48]. Дифференцировка фибробластов имеет важное значение в процессах репарации тканей после лапаротомий. Селекция клеточных популяций происходит вследствие неблагоприятных условий заживления раны (гнояное воспаление, эвентрация, гематома), что способствует деградации ВКМ, синтезу коллагена III типа и опосредует образование ПОВГ.

В структуре клеток ВКМ существует популяция фибробластов, входящая в состав соединительной ткани до получения операционной травмы. Данный клеточный пул получил название резидентных фибробластов, которые без эндогенной стимуляции остаются в состоянии покоя. Резидентные фибробласты по сравнению с дермальными фибробластами обладают большим пластическим потенциалом в отношении коллагена. Наибольшее количество резидентных фибробластов обнаружено в фасциальных структурах передней брюшной стенки. Лапаротомия стимулирует пролиферацию и миграцию фасциальных фибробластов, что способствует правильной организации ВКМ. Согласно последним данным, функциональная активность фасциальных фибробластов и дермальных фибробластов различна [49]. Особенностью резидентных фибробластов является синтез различных компонентов матрисомы, среди которых протеогликаны, фибронектин и гиалуроновая кислота [50]. В

то же время резидентные фибробласты являются не только источниками коллагена, но и ферментов, ответственных за его деградацию. Так, данные клетки синтезируют ММП-1, ММП-2, ММП-9, ММП-19, а также ТИМП-1, ТИМП-2, ТИМП-3 [51]. Данный факт позволяет совершенно по-новому рассматривать фибробласты в процессах репарации тканей после лапаротомий, в том числе и при формировании ПОВГ. Регуляция синтетической активности фибробластов позволяет изменять прочность соединительнотканного рубца на различных уровнях его организации. При этом закономерно предположить, что данная регуляция обусловлена как экзогенными стимулами, так и эндогенными, в том числе генетически детерминированными.

Другой важной функцией фибробластов является их дифференцировка в миофибробласты – сократительный фенотип, синтезирующий белок альфа-актин гладких мышц (α -SMA). Миофибробласты являются уникальными клетками соединительной ткани, обладающими способностью механотрансдукции. Вследствие контракции актиновых белков происходит сокращение ВКМ и сопоставление краев раневой полости [52]. Напряжение в межклеточном взаимодействии фибробластов ВКМ запускает каскад специфических реакций, приводящих к активации механочувствительных генов матрисомы. Механотрансдукция ВКМ также инициирует дифференцировку фибробластов в миофибробласты. Миофибробласты в процессе репарации раны выступают в качестве дополнительных маркеров рубцевания и фиброза [53, 54]. Миофибробласты также участвуют в ремоделировании ВКМ на более поздних стадиях репарации и обеспечивают контракцию раны за счет стрессовых волокон и образования α -SMA. По мере завершения регенераторных процессов происходит уменьшение количества миофибробластов вследствие их апоптоза [55]. Основным источником миофибробластов находится в соединительной ткани и представлен резидентным пулом фибробластов [56]. Однако при повреждении тканей передней брюшной стенки вследствие выполнения лапаротомии происходит пополнение резервов миофибробластов из популяций дермальных и фасциальных фибробластов [57]. Другим важным источником миофибробластов выступают фиброциты. Данные клетки циркулируют в сосудистом русле и могут мигрировать в любые ткани организма, выполняя различные функции. Особое значение фиброциты получают при репарации тканей после лапаротомий и могут влиять на формирование ПОВГ, участвуя в регуляции ремоделирования ВКМ и контракции раны. Фиброциты способны синтезировать различные подтипы коллагена, виментин и фибронектин, которые являются субстратом ВКМ и влияют на активность фибробластов [58]. В то же время вследствие воспалительной эндогенной стимуляции фиброциты способны к дифференцировке в миофибробласты, за счет чего увеличивается контракция ВКМ и его прочность. Также фиброциты активируют воспалительные реакции в операционной ране и увеличивают синтез структурных компонентов ВКМ с участием сигнального пути трансформирующего фактора роста бета-1 (TGF- β 1) [59]. Миофибробласты являются уникальными участниками репаративного процесса, принимающими большое участие в устранении дефекта передней брюшной стенки вследствие операционной травмы. Регуляция дифференцировки

и апоптоза миофибробластов осуществляется посредством механотрансдукции ВКМ и сигнального пути TGF- β 1 [60]. TGF- β 1 – это регуляторный цитокиновый пептид, участвующий во множестве физиологических клеточных процессов. Синтез и активация сигнального пути данного пептида обеспечивает прежде всего дифференцировку, пролиферацию, миграцию, адгезию и апоптоз различных клеток в организме. Во ВКМ TGF- β 1 находится в связанном состоянии со своим продоменом – пептидом, связанным с латентностью (Latency-Associated Peptide – LAP). Комплекс TGF- β 1-LAP распадается в процессе репарации тканей, в том числе под действием миофибробластов и синтезируемых ими интегринов α V [61]. Таким образом, наблюдается положительная обратная связь между процессами пролиферации, дифференцировки миофибробластов и контракции, репарации раны после лапаротомии.

Фибробласты являются важными участниками репаративных процессов после лапаротомий, имея центральное значение для формирования прочного послеоперационного рубца. Данные клетки регулируют синтез коллагена, его деградацию, обеспечивают гомеостаз ВКМ, активируют миофибробласты и дифференцируются в них, способствуя контракции раны. Детальное изучение популяций фибробластов, их генетической и эпигенетической характеристики, а также способов регуляции их синтетической функции позволит управлять и программировать регенерацию соединительной ткани на месте операционной раны. В то же время функциональная и морфологическая особенности отдельных популяций фибробластов влияют на формирование ПОВГ через метаболизм коллагена и деградацию ВКМ. Изучение особенностей фибробластов передней брюшной стенки у пациентов с ПОВГ позволит модифицировать процессы заживления раны после герниопластик, выбирать метод установки синтетического эндопротеза, а также прогнозировать рецидивы.

РОЛЬ ВОСПАЛЕНИЯ И ГИПОКСИИ В ПАТОГЕНЕЗЕ ПОВГ

Операционная травма передней брюшной стенки, вызванная лапаротомией, представляет собой альтерацию тканей и составляет первую фазу регенераторного процесса. Особенностью хирургической травмы является ее полная стерильность, в связи с чем воспалительные реакции протекают в асептических условиях. Асептический воспалительный процесс отличается от инфекционного прежде всего отсутствием экзогенных медиаторов воспаления (инфекционных агентов). Активация асептического воспаления происходит в результате действия молекулярного фрагмента, ассоциированного с повреждением (Damage-associated molecular pattern – DAMP). DAMP представляет собой различные белковые молекулы, находящиеся в клеточном ядре и внутриклеточной жидкости тканей организма, запускающие иммунные процессы вследствие стерильной альтерации и воспалительной реакции [31]. Одним из основных компонентов DAMP является белок из группы ядерных негистоновых белков (high-mobility group protein B1 – HMGB-1). Данная молекула наиболее рано реагирует на повреждение и стимулирует иммунную систему к запуску воспалительного каскада [62]. HMGB-1 обеспечивает миграцию клеток в асептический воспалительный очаг,

хемотаксис, а также активирует иммуноопосредованные клеточные реакции и выработку цитокинов [63]. После лапаротомии HMGB-1 участвует в сверхэкспрессии ММП посредством активации TNF- α , IL-1 β , IL-1 α , IL-2, IL-8, IL-18 и IFN I типа, что приводит к деградации коллагена I типа и его замене на III тип [31].

Другой стороной операционной травмы выступает гипоксический стресс тканей в области повреждения. Дефицит кислорода ингибирует процессы ангиогенеза и репарации в области лапаротомии [21]. Также гипоксия препятствует дифференцировке фибробластов в миофибробласты, снижает экспрессию коллагена I типа и α -SMA [64]. Одним из основных молекулярных ответов на гипоксию выступает увеличение экспрессии фактора, индуцируемого гипоксией 1-альфа (HIF-1 α). Активация данного белка запускает процессы неоангиогенеза в области операционной травмы, за счет чего происходит ревазуляризация тканей и их более быстрая репарация. Улучшение трофики напрямую влияет на активность фибробластов и их синтетическую способность, при этом увеличивается синтез коллагена I типа и повышается прочность ВКМ [65].

Изучение экспрессии DAMP и HIF-1 α может позволить прогнозировать возникновение ПОВГ после первичных лапаротомий. Также изучение активности данных соединений поможет оптимизировать хирургическую тактику при оперативном лечении ПОВГ и рецидивных грыж за счет

профилактирования воздействия воспаления и гипоксии в интра- и послеоперационном периодах.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Регенераторные процессы тканей активно изучаются на протяжении нескольких последних десятилетий. Данное направление приобрело особое значение при изучении механизмов формирования ПОВГ. Анализ молекулярных и клеточных процессов заживления операционной раны может позволить более детально понять причины образования вторичных грыж живота. Механизмы репарации соединительной ткани после лапаротомий существенно отличаются от других видов травм и повреждений передней брюшной стенки. Особенности образования и структуры ВКМ, коллагена, фибробластов, миофибробластов, а также ответа тканей на асептическое воспаление и гипоксию позволяют совершенно по-новому рассматривать процесс формирования ПОВГ. Биохимические реакции и межклеточные взаимодействия имеют не меньшее значение в заживлении тканей, чем правильная техника зашивания лапаротомной раны. В настоящий момент становится очевидно, что понимание критических нарушений в физиологических процессах репарации открывает возможности для улучшения ранней диагностики, совершенствования хирургической коррекции и создания способов профилактики рецидивов. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Галимов О.В. – вклад в анализ данных литературы, внесение в рукопись существенно важной правки с целью повышения научной ценности статьи. Ханов В.О. – вклад в получение, анализ данных литературы, редактирование текста статьи. Бакеев М.Р. – разработка концепции статьи, анализ данных, написание текста статьи. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Galimov O.V.: contribution to analyzing literature data and making significant important edits to the manuscript in order to increase the scientific value of the article. Khanov V.O.: contribution to obtaining, analyzing literature data, editing of the text of the article. Bakeev M.R.: development of the article concept, data analysis, writing of the text of the article. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 3 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 3 external reviewers.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Kislakov VA, Artemyev AA. A modern approach to the treatment of late complications after hernioplasty. *Moscow Surgical Journal*. 2022;(3):81-85. [Кисляков В.А., Артемьев А.А. Современный подход к лечению поздних осложнений после герниопластики. *Московский хирургический журнал*. 2022;(3):81-85]. DOI: <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2022-3-81-85>
- Belokonev VI, Zakharov VP, Grachev DB, et al. Optimization of surgical treatment of abdominal hernias in patients with obesity. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2021;180(1):73-80. [Белоконев В.И., Захаров В.П., Грачев Д.Б., и др. Оптимизация хирургического лечения абдоминальных грыж у пациентов с ожирением.


Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2021;180(1):73-80]. DOI: <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2021-180-1-73-80>

- Fedoseev AV, Inyutin AS, Kharlamova TM, et al. Comparative characteristics of separation plastics of the anterior abdominal wall in the prevention of compartment syndrome in herniology. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2024;(7):75-81. [Федосеев А.В., Инютин А.С., Харламова Т.М., и др. Сравнительная характеристика сепарационных пластик передней брюшной стенки в профилактике компартмент синдрома в герниологии. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2024;(7):75-81]. DOI: <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-227-7-75-81>

4. Podolskiy MYu, Navid MN, Kuliev SA, et al. Botulinum toxin type A prevents abdominal compartment syndrome after giant ventral hernia repair (case series). *Russian Journal of Evidence-Based Gastroenterology*. 2022;11(1):45-53. [Подольский М.Ю., Навид М.Н., Кулиев С.А., и др. Использование ботулинического токсина типа А для профилактики компартмент-синдрома при хирургическом лечении гигантских послеоперационных вентральных грыж (серия клинических случаев). *Доказательная гастроэнтерология*. 2022;11(1):45-53]. DOI: <https://doi.org/10.17116/dokgastro20221101145>
5. Gogia BSh, Chertova AD, Aljautdinov RR, et al. Modern classification of anterior abdominal wall incisional hernias: evolution and clinical importance. *Russian Journal of Evidence-Based Gastroenterology*. 2023;12(2):66-74. [Гогия Б.Ш., Чертова А.Д., Аляутдинов Р.Р., и др. Развитие и клиническое значение современной классификации послеоперационных грыж передней брюшной стенки. *Доказательная гастроэнтерология*. 2023;12(2):66-74]. DOI: <https://doi.org/10.17116/dokgastro20231202166>
6. Sevinç B, Oku ş A, Ay S, et al. Randomized prospective comparison of long-term results of onlay and sublay mesh repair techniques for incisional hernia. *Turk J Surg*. 2018;34(1):17-20. DOI: [10.5152/turkjsurg.2017.3712](https://doi.org/10.5152/turkjsurg.2017.3712)
7. Pascual G, Sotomayor S, Rodríguez M, et al. Tissue integration and inflammatory reaction in full-thickness abdominal wall repair using an innovative composite mesh. *Hernia*. 2016;20(4):607-22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10029-015-1383-4>
8. Fikatas P, Schoening W, Lee JE, et al. Incidence, risk factors and management of incisional hernia in a high volume liver transplant center. *Ann Transplant*. 2013;18:223-30. DOI: <https://doi.org/10.12659/AOT.883914>
9. Levy AS, Bernstein JL, Celie KB, et al. Quantifying fascial tension in ventral hernia repair and component separation. *Hernia*. 2021;25(1):107-114. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10029-020-02268-6>
10. Katsumi A, Naoe T, Matsushita T, et al. Integrin activation and matrix binding mediate cellular responses to mechanical stretch. *J Biol Chem*. 2005;280(17):16546-9. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.C400455200>
11. Thankam FG, Larsen NK, Varghese A, et al. Biomarkers and heterogeneous fibroblast phenotype associated with incisional hernia. *Mol Cell Biochem*. 2021;476(9):3353-3363. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11010-021-04166-6>
12. Xing L, Culbertson EJ, Wen Y, et al. Early laparotomy wound failure as the mechanism for incisional hernia formation. *J Surg Res*. 2013;182(1):e35-42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.09.009>
13. Dubay DA, Wang X, Kuhn MA, et al. The prevention of incisional hernia formation using a delayed-release polymer of basic fibroblast growth factor. *Ann Surg*. 2004;240(1):179-186. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000131576.12153.ab>
14. Robson MC, Steed DL, Franz MG. Wound healing: Biologic features and approaches to maximize healing trajectories. *Curr Probl Surg*. 2001;38(2):A1-140. DOI: <https://doi.org/10.1067/msg.2001.111167>
15. Willenborg S, Eming SA. Macrophages - sensors and effectors coordinating skin damage and repair. *J Dtsch Dermatol Ges*. 2014;12(3):214-21, 214-23. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddg.12290>
16. Eming SA, Krieg T, Davidson JM. Inflammation in wound repair: molecular and cellular mechanisms. *J Invest Dermatol*. 2007;127(3):514-25. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.jid.5700701>
17. Kallstrom G. Are quantitative bacterial wound cultures useful? *J Clin Microbiol*. 2014;52(8):2753-6. DOI: <https://doi.org/10.1128/JCM.00522-14>
18. Lindsay S, Oates A, Bourdillon K. The detrimental impact of extracellular bacterial proteases on wound healing. *Int Wound J*. 2017;14(6):1237-1247. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.12790>
19. Langevin HM, Cornbrooks CJ, Taatjes DJ. Fibroblasts form a body-wide cellular network. *Histochem Cell Biol*. 2004;122(1):7-15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00418-004-0667-z>
20. Skutek M, van Griensven M, Zeichen J, et al. Cyclic mechanical stretching modulates secretion pattern of growth factors in human tendon fibroblasts. *Eur J Appl Physiol*. 2001;86(1):48-52. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004210100502>
21. Thankam FG, Palanikumar G, Fitzgibbons RJ, et al. Molecular Mechanisms and Potential Therapeutic Targets in Incisional Hernia. *J Surg Res*. 2019;236:134-143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.11.037>
22. Iida H, Tani M, Hirokawa F, et al. Risk factors for incisional hernia according to different wound sites after open hepatectomy using combinations of vertical and horizontal incisions: A multicenter cohort study. *Ann Gastroenterol Surg*. 2021;5(5):701-710. DOI: <https://doi.org/10.1002/ags3.12467>
23. Omar I, Zaimis T, Townsend A, et al. Incisional Hernia: A Surgical Complication or Medical Disease? *Cureus*. 2023;15(12):e50568. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.50568>
24. Gonzalez AC, Costa TF, Andrade ZA, et al. Wound healing - A literature review. *An Bras Dermatol*. 2016;91(5):614-620. DOI: <https://doi.org/10.1590/abd1806-4841.20164741>
25. Medrado A, Costa T, Prado T, et al. Phenotype characterization of pericytes during tissue repair following low-level laser therapy. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2010;26(4):192-7. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0781.2010.00521.x>
26. Henriksen NA, Mortensen JH, Sorensen LT, et al. The collagen turnover profile is altered in patients with inguinal and incisional hernia. *Surgery*. 2015;157(2):312-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2014.09.006>
27. Lorentzen L, Henriksen NA, Juhl P, et al. Type V Collagen is Persistently Altered After Inguinal Hernia Repair. *Scand J Surg*. 2018;107(3):212-217. DOI: <https://doi.org/10.1177/1457496918766694>
28. Antoniou SA, Antoniou GA, Grandrath FA, et al. The role of matrix metalloproteinases in the pathogenesis of abdominal wall hernias. *Eur J Clin Invest*. 2009;39(11):953-9. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.2009.02199.x>
29. Elkington PT, Green JA, Friedland JS. Analysis of matrix metalloproteinase secretion by macrophages. *Methods Mol Biol*. 2009;531:253-65. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-59745-396-7_16
30. Kanangat S, Postlethwaite A, Hasty K, et al. Induction of multiple matrix metalloproteinases in human dermal and synovial fibroblasts by *Staphylococcus aureus*: implications in the pathogenesis of septic arthritis and other soft tissue infections. *Arthritis Res Ther*. 2006;8(6):R176. DOI: <https://doi.org/10.1186/ar2086>
31. Larsen NK, Reilly MJ, Thankam FG, et al. Novel understanding of high mobility group box-1 in the immunopathogenesis of incisional hernias. *Expert Rev Clin Immunol*. 2019;15(7):791-800. DOI: <https://doi.org/10.1080/1744666X.2019.1608822>
32. Brew K, Nagase H. The tissue inhibitors of metalloproteinases (TIMPs): an ancient family with structural and functional diversity. *Biochim Biophys Acta*. 2010;1803(1):55-71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2010.01.003>
33. Guillen-Marti J, Diaz R, Quiles MT, et al. MMPs/TIMPs and inflammatory signalling de-regulation in human incisional hernia tissues. *J Cell Mol Med*. 2009;13(11-12):4432-43. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2008.00637.x>
34. Trapani V, Bagni G, Piccoli M, et al. Analysis of resorbable mesh implants in short-term human muscular fascia cultures: a pilot study. *Hernia*. 2020;24(6):1283-1291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10029-020-02271-x>
35. Jansen PL, Mertens Pr Pr, Klinge U, et al. The biology of hernia formation. *Surgery*. 2004;136(1):1-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2004.01.004>
36. Bellón JM, Bajo A, Ga-Honduvilla N, et al. Fibroblasts from the transversalis fascia of young patients with direct inguinal hernias show constitutive MMP-2 overexpression. *Ann Surg*. 2001;233(2):287-91. DOI: <https://doi.org/10.1097/0000658-200102000-00020>
37. Rosch R, Lynen-Jansen P, Junge K, et al. Biomaterial-dependent MMP-2 expression in fibroblasts from patients with recurrent incisional hernias. *Hernia*. 2006;10(2):125-30. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10029-005-0060-4>
38. Salameh JR, Talbott LM, May W, et al. Role of biomarkers in incisional hernias. *Am Surg*. 2007;73(6):561-7; discussion 567-8.
39. Henriksen NA, Mortensen JH, Lorentzen L, et al. Abdominal wall hernias-A local manifestation of systemically impaired quality of the extracellular matrix. *Surgery*. 2016;160(1):220-227. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2016.02.011>
40. Henriksen NA, Yadete DH, Sorensen LT, et al. Connective tissue alteration in abdominal wall hernia. *Br J Surg*. 2011;98(2):210-219. DOI: <https://doi.org/10.1002/bjs.7339>

41. Kayashima H, Maeda T, Harada N, et al. Risk factors for incisional hernia after hepatic resection for hepatocellular carcinoma in patients with liver cirrhosis. *Surgery*. 2015;158(6):1669-75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2015.06.001>
42. Culbertson EJ, Xing L, Wen Y, et al. Reversibility of abdominal wall atrophy and fibrosis after primary or mesh herniorrhaphy. *Ann Surg*. 2013;257(1):142-9. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e31825ffd02>
43. Junge K, Klinge U, Klosterhalfen B, et al. Review of wound healing with reference to an unrepairable abdominal hernia. *Eur J Surg*. 2002;168(2):67-73. DOI: <https://doi.org/10.1080/11024150252884269>
44. Junge K, Klinge U, Rosch R, et al. Decreased collagen type I/III ratio in patients with recurring hernia after implantation of alloplastic prostheses. *Langenbecks Arch Surg*. 2004;389(1):17-22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00423-003-0429-8>
45. Koruth S, Narayanaswamy Chetty YV. Hernias - Is it a primary defect or a systemic disorder? Role of collagen III in all hernias - A case control study. *Ann Med Surg (Lond)*. 2017;19:37-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2017.05.012>
46. Rodero MP, Khosrotehrani K. Skin wound healing modulation by macrophages. *Int J Clin Exp Pathol*. 2010;3(7):643-53. PMID: [PMC2933384](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2933384/)
47. Wilkinson HN, Hardman MJ. Cellular Senescence in Acute and Chronic Wound Repair. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2022;14(11):a041221. DOI: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a041221>
48. Diaz R, Quiles MT, Guillem-Marti J, et al. Apoptosis-like cell death induction and aberrant fibroblast properties in human incisional hernia fascia. *Am J Pathol*. 2011;178(6):2641-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajpath.2011.02.044>
49. DuBay DA, Wang X, Adamson B, et al. Progressive fascial wound failure impairs subsequent abdominal wall repairs: a new animal model of incisional hernia formation. *Surgery*. 2005;137(4):463-71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surg.2004.12.016>
50. Clark RA, Ghosh K, Tonnesen MG. Tissue engineering for cutaneous wounds. *J Invest Dermatol*. 2007;127(5):1018-29. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.jid.5700715>
51. Toriseva M, Kähäri VM. Proteinases in cutaneous wound healing. *Cell Mol Life Sci*. 2009;66(2):203-24. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00018-008-8388-4>
52. Rolin GL, Binda D, Tissot M, et al. *In vitro* study of the impact of mechanical tension on the dermal fibroblast phenotype in the context of skin wound healing. *J Biomech*. 2014;47(14):3555-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.07.015>
53. Desmoulière A, Darby IA, Gabbiani G. Normal and pathologic soft tissue remodeling: role of the myofibroblast, with special emphasis on liver and kidney fibrosis. *Lab Invest*. 2003;83(12):1689-707. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.lab.0000101911.53973.90>
54. Hinz B, Phan SH, Thannickal VJ, et al. The myofibroblast: one function, multiple origins. *Am J Pathol*. 2007;170(6):1807-16. DOI: <https://doi.org/10.2353/ajpath.2007.070112>
55. Bochaton-Piallat ML, Gabbiani G, Hinz B. The myofibroblast in wound healing and fibrosis: answered and unanswered questions. *F1000Res*. 2016;5:F1000 Faculty Rev-752. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.8190.1>
56. Higashiyama R, Nakao S, Shibusawa Y, et al. Differential contribution of dermal resident and bone marrow-derived cells to collagen production during wound healing and fibrogenesis in mice. *J Invest Dermatol*. 2011;131(2):529-36. DOI: <https://doi.org/10.1038/jid.2010.314>
57. Mine S, Fortunel NO, Pigeon H, et al. Aging alters functionally human dermal papillary fibroblasts but not reticular fibroblasts: a new view of skin morphogenesis and aging. *PLoS One*. 2008;3(12):e4066. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004066>
58. Blakaj A, Bucala R. Fibrocytes in health and disease. *Fibrogenesis Tissue Repair*. 2012;5(Suppl 1):S6. DOI: <https://doi.org/10.1186/1755-1536-5-S1-S6>
59. Kamel RA, Ong JF, Eriksson E, et al. Tissue engineering of skin. *J Am Coll Surg*. 2013;217(3):533-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2013.03.027>
60. Goffin JM, Pittet P, Csucs G, et al. Focal adhesion size controls tension-dependent recruitment of alpha-smooth muscle actin to stress fibers. *J Cell Biol*. 2006;172(2):259-268. DOI: <https://doi.org/10.1083/jcb.200506179>
61. Buscemi L, Ramonet D, Klingberg F, et al. The single-molecule mechanics of the latent TGF- β 1 complex. *Curr Biol CB*. 2011;21(24):2046-2054. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.11.037>
62. Magna M, Pisetsky DS. The role of HMGB1 in the pathogenesis of inflammatory and autoimmune diseases. *Mol Med*. 2014;20(1):138-46. DOI: <https://doi.org/10.2119/molmed.2013.00164>
63. Thankam FG, Dilisio MF, Dietz NE, et al. TREM-1, HMGB1 and RAGE in the Shoulder Tendon: Dual Mechanisms for Inflammation Based on the Coincidence of Glenohumeral Arthritis. *PLoS One*. 2016;11(10):e0165492. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165492>
64. Darby IA, Laverdet B, Bonté F, et al. Fibroblasts and myofibroblasts in wound healing. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2014;7:301-11. DOI: <https://doi.org/10.2147/CCID.S50046>
65. Lisiecki J, Rinkinen J, Eboda O, et al. Adipose-derived mesenchymal stem cells from ventral hernia repair patients demonstrate decreased vasculogenesis. *Biomed Res Int*. 2014;2014:983715. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/983715>

Клинический случай | Case Report
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM680158>

 This work is licensed under CC BY 4.0
© Authors, 2025

Хирургическое лечение пациента с остеомиелитом бедренной кости с использованием предоперационного 3D-моделирования и аппаратно-программного комплекса «Автоплан»

И.В. Макаров, С.В. Ладонин, Д.А. Бондарева

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России
(Самара, Российская Федерация)

Аннотация

Представлен клинический случай лечения пациента с хроническим посттравматическим остеомиелитом бедренной кости. Принципиально важным моментом стал анализ результатов КТ-исследования в системе аппаратно-программного комплекса (АПК) «Автоплан» по разработанному способу и построение 3D-модели нижних конечностей. В результате был визуализирован очаг остеомиелита. На основе 3D-модели и интра-

операционной навигации АПК «Автоплан» пациенту была выполнена секвестрнекрэктомия бедренной кости. Произведена оценка ближайших и отдаленных результатов лечения.

Ключевые слова: остеомиелит, 3D-моделирование, секвестрнекрэктомия, интраоперационная навигация.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Макаров И.В., Ладонин С.В., Бондарева Д.А. Хирургическое лечение пациента с остеомиелитом бедренной кости с использованием предоперационного 3D-моделирования и аппаратно-программного комплекса «Автоплан». Наука и инновации в медицине. 2026;11(1):77-82.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM680158>

Сведения об авторах

*Макаров Игорь Валерьевич – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой общей хирургии и хирургических болезней. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1068-3330>
E-mail: i.v.makarov@samsmu.ru
Ладонин С.В. – канд. мед. наук, доцент кафедры общей хирургии и хирургических болезней, заведующий хирургическим отделением №2 Клиники пропедевтической хирургии.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-503X>

E-mail: s.v.ladonin@samsmu.ru

Бондарева Д.А. – ассистент кафедры общей хирургии и хирургических болезней, врач-хирург хирургического отделения №2 Клиники пропедевтической хирургии.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4003-0765>

E-mail: d.a.holodkova@samsmu.ru

*Автор для переписки

Получено: 22.05.2025

Одобрено: 08.07.2025

Опубликовано: 17.10.2025

Surgical treatment of patient with osteomyelitis of the hip using preoperative 3D modeling and “Autoplan” software suite

Igor V. Makarov, Sergei V. Ladonin, Darya A. Bondareva

Samara State Medical University (Samara, Russian Federation)

Abstract

The article presents a clinical case of treatment of a patient with chronic post-traumatic osteomyelitis of the femur. A fundamentally important point was the analysis of the CT scan results in the Autoplan hardware and software complex (APC) system according to the developed method and the construction of a 3D model of the lower extremities. As a result, the osteomyelitis focus was visualized. Based on the 3D model and using the intraoperative navigation

of the “Autoplan” software suite, the patient underwent a femoral sequester-necrectomy. The assessment of the immediate and long-term treatment results was carried out.

Keywords: osteomyelitis, 3D modeling, sequester-necrectomy, intraoperative navigation.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Makarov IV, Ladonin SV, Bondareva DA. Surgical treatment of patient with osteomyelitis of the hip using preoperative 3D modeling and “Autoplan” software suite. Science and Innovations in Medicine. 2026;11(1):77-82.
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM680158>

Information about authors

*Igor V. Makarov – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of General Surgery and Surgical Diseases. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1068-3330>
E-mail: i.v.makarov@samsmu.ru

Sergei V. Ladonin – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of General Surgery and Surgical Diseases, Head of the Surgical Department No. 2 of the Clinic of Propaedeutic Surgery.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-503X>

E-mail: s.v.ladonin@samsmu.ru

Darya A. Bondareva – MD, assistant of the Department of General Surgery and Surgical Diseases, surgeon of the Surgical Department No. 2 of the Clinic of Propaedeutic Surgery. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4003-0765>

E-mail: d.a.holodkova@samsmu.ru

*Corresponding Author

Received: 22.05.2025

Accepted: 08.07.2025

Published: 17.10.2025

■ АКТУАЛЬНОСТЬ

Остеомиелит – гнойно-воспалительное заболевание с поражением всех элементов кости, подлежащих мягкотканых структур, приводящее к деформации и функциональным нарушениям в органах и системах организма [1–5]. Среди всех гнойно-септических заболеваний на остеомиелит приходится 6,8–12%, при этом данное заболевание является причиной поражения опорно-двигательного аппарата в 3–5% [6].

Хронический остеомиелит считается неизлечимой болезнью в связи с тяжелым и длительным течением, сложностью лечения и развитием осложнений. Несмотря на значительный технологический прогресс, внедрение новых патогенетических подходов в лечении данного заболевания с учетом этиологических факторов, результаты лечения продолжают желать лучшего. Частота рецидивов в течение года составляет не менее 30% из всех прооперированных пациентов, в отдаленном периоде – от 42,1% до 74,3%. Пациенты вынуждены проходить через неоднократные оперативные вмешательства [5, 7]. Успех лечения во многом зависит от радикальности выполненной операции и адекватной санации очага инфекции. Использование предоперационного 3D-моделирования и интраоперационной навигации во многом предопределяет эффективность выполненного хирургического лечения.

Мы представляем клиническое наблюдение, позволяющее оценить хирургическую тактику и отдаленные результаты лечения пациента с остеомиелитом бедренной кости с использованием предоперационного 3D-моделирования и АПК «Автоплан».

■ ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Пациент М., 71 года, поступил в хирургическое отделение 25.03.2024 года. Считает себя больным с 2004 года, когда в результате ДТП получил закрытый перелом средней трети левой бедренной кости со смещением. По этому поводу был выполнен интрамедуллярный остеосинтез штифтом. Через месяц после операции, несмотря на выраженную тенденцию к сращению перелома, появилось свищевое отверстие в области левого бедра. Через три

месяца с момента операции выполнена контрольная рентгенография, перелом консолидировался, штифт был удален. В 2010 году пациент оперирован по поводу остеомиелита левой бедренной кости, выполнена секвестрнекрэктомия, после которой отмечалось клиническое выздоровление и отсутствие инфекционного процесса в области повреждения. Однако в 2024 году свищ рецидивировал. Пациент самостоятельно выполнял перевязки с использованием влажно-высыхающих повязок с водными растворами антисептиков («Местамидин», «Хлоргексидин») и мазевыми повязками («Левомеколь», «Офломелид») без положительной динамики. Консультирован хирургом амбулаторно, рекомендовано оперативное лечение в плановом порядке.

При поступлении пациент проходил стандартное обследование, включающее общий анализ крови, общий анализ мочи, гемостазиограмму, биохимический анализ крови, микробиологическое исследование раневого отделяемого на чувствительность к антибиотикам, рентгенографию правого бедра.

При осмотре у пациента выявлены множественные послеоперационные рубцы на бедре, а на передне-медиальной и по латеральной поверхности – два свищевых отверстия диаметром до 1,0 см каждое с умеренным гнойным отделяемым (до 5 мл в сутки). При ревизии свищей пуговчатым зондом определялся упор конца инструмента в бедренную кость. Активные и пассивные движения в коленном и тазобедренном суставах были сохранены. Пульсация на магистральных артериях удовлетворительная. Чувствительность сохранена.

При микробиологическом исследовании раневого отделяемого выделен *Pseudomonas aeruginosa* 10⁵. По данным антибиотикограммы пациенту назначена соответствующая этиотропная антимикробная терапия.

На этапе предоперационной подготовки выполнено КТ-исследование нижних конечностей (рисунок 1). На серии компьютерных томограмм в мультипланарной и трехмерной проекциях отмечались периостальные наслоения нижней трети бедренной кости с локальным нарушением кортикального слоя. В верхней и средней трети определялось

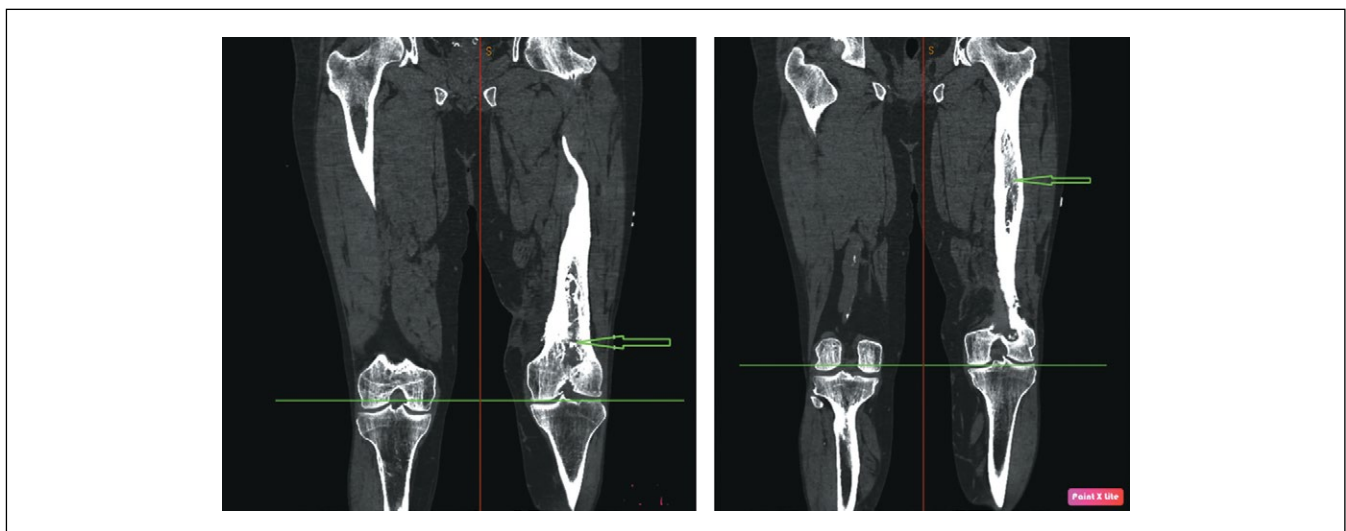


Рисунок 1. КТ нижних конечностей, фронтальная проекция. Стрелками указан очаг остеомиелита.

Figure 1. CT scan of the lower extremities, frontal projection. Arrows indicate the osteomyelitis focus.

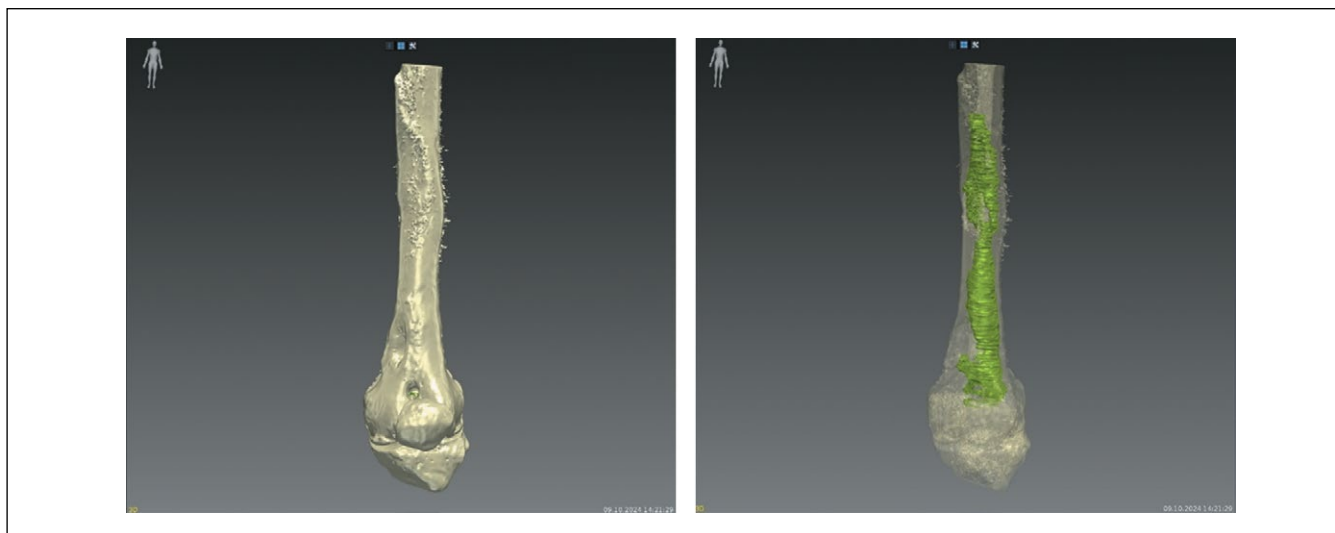


Рисунок 2. 3D-модель бедренной кости на основе КТ-исследования. Зеленым цветом обозначен очаг остеомиелита.
Figure 2. 3D model of the femur based on the CT scan. The osteomyelitis lesion is shown in green.

вздутие кости, кортикальные пластинки были склерозированы, деформированы, отмечались участки периостальной реакции по латеральной поверхности бедренной кости. Свищевой ход определялся на уровне средней трети бедра с распространением на наружную поверхность до 20 мм длиной, отмечалось формирование свищевого хода на уровне нижней трети с распространением на внутреннюю поверхность бедра.

На основе КТ-исследования выполнено построение 3D-модели бедренной кости с визуализацией очага остеомиелита¹. Данные в формате DICOM загружали в программное обеспечение АПК «Автоплан» с выполнением

следующих преобразований: 1) приведение отдельных серий КТ-исследований к единой системе координат; 2) сегментация (выделение) на изображении границ анатомических структур; 3) построение трехмерных полигональных моделей на основе выделенных границ анатомических структур (**рисунок 2**).

Для реконструкции формы анатомических объектов между видимыми срезами использовались алгоритмы двухмерной и трехмерной интерполяции. Трехмерные полигональные модели самых мелких анатомических структур построены без сглаживания, для более крупных анатомических структур использовано сглаживание поверхности модели. Для каждой модели выбран цвет и степень прозрачности, обеспечивающие информативность трехмерной сцены в целом.

На операционном поле до разреза кожи избирали анатомические ориентиры (в данном случае были выбраны верхний и нижний, медиальный и латеральный края надколенника, мышечки бедренной кости), на них отмечали ключевые точки, которые фиксировали на виртуальной

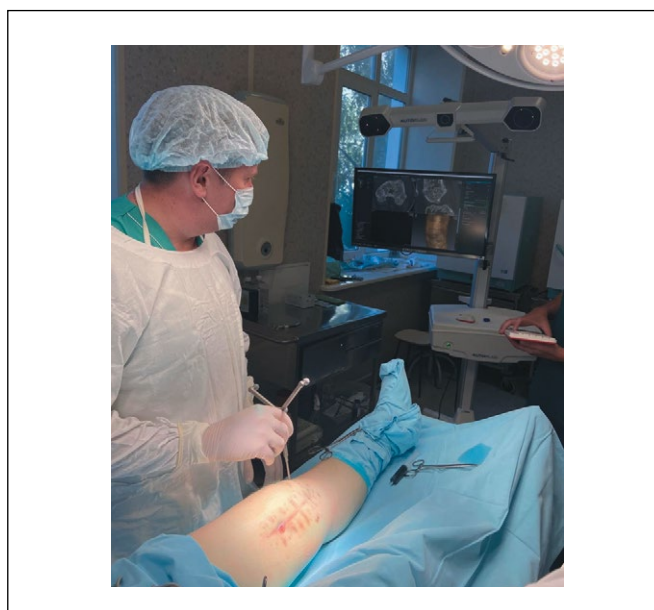


Рисунок 3. Совмещение положения виртуальной модели очага остеомиелита с его реальным расположением в единую систему координат с использованием АПК «Автоплан» и указки со светоотражающими маркерами.

Figure 3. Combining the position of a virtual model of the osteomyelitis focus with its real location into a single coordinate system using the Autoplan APCS and a pointer with reflective markers.

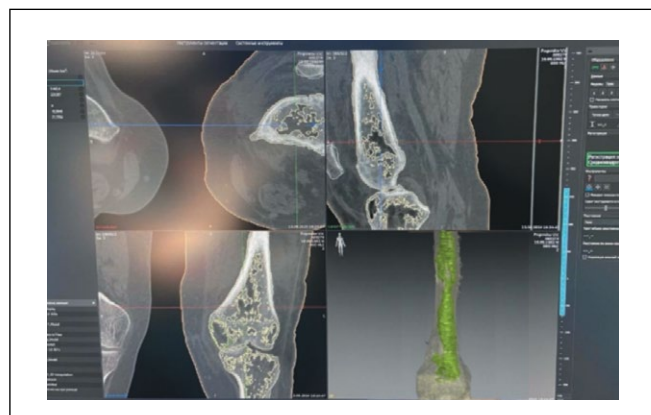


Рисунок 4. Компьютерная томография бедренной кости с очагом остеомиелита и 3D-модель.

Figure 4. Computed tomography of the femur with the focus of osteomyelitis and the 3D model.

¹ Приоритетная справка №2025107993 на изобретение «Способ топической диагностики и визуализации очага деструкции костной ткани при хроническом остеомиелите длинных трубчатых костей» от 21.02.2025 г.

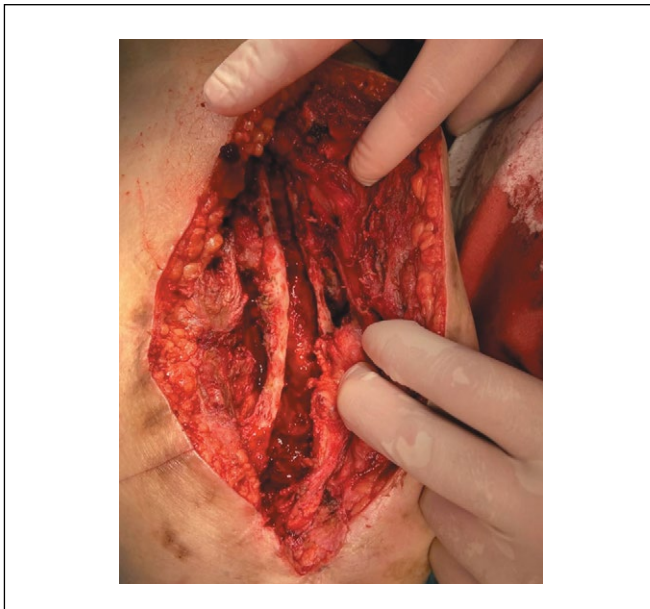


Рисунок 5. Костная полость после санации очага остеомиелита.

Figure 5. Bone cavity after sanitation of the osteomyelitis focus.

модели с использованием специальной указки со светоотражающими маркерами. При этом происходило совмещение виртуальной модели очага остеомиелита с его реальным расположением у данного пациента в единую систему координат. После этого становилось возможным наблюдать виртуальную модель бедренной кости с очагом остеомиелита и указку на экране монитора в режиме реального времени. Перемещая указку в точках топического расположения очага остеомиелита и соотнося его местоположение с неповрежденными участками кости, был выбран доступ к патологическому очагу, а затем найдена его реальная локализация во время операции с учетом индивидуальной анатомии пациента (рисунки 3, 4).

После определения границ очага остеомиелита выполнена секвестрнекрэктомия бедренной кости. Произведено иссечение свищевого отверстия по передне-медиальной поверхности левого бедра. Иссечены инфицированные ткани, патологические грануляции. На рану наложены швы. Сходящимися разрезами длиной до 15 см с иссечением свищевого отверстия латеральной поверхности левого бедра рассечены мягкие ткани до кости. Обнажена узурированная бедренная кость. Распатором сдвинута надкостница. Долотом и молотком выполнена трепанация бедренной кости на всем протяжении очага с учетом 3D-модели. Образовалась полость протяженностью 15 см (рисунки 5). Выполнен кюретаж ложкой Фолькмана до «кровяной росы». Проведены санация антисептиком «Местамидин» и пластика костной полости порцией четырехглавой мышцы бедра на дистальной питающей ножке (рисунки 6). Рана ушита послойно.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Рана заживала первичным натяжением. Швы сняты на 8-е сутки с момента операции (рисунки 7). Больной выписан под наблюдение хирурга по месту жительства в удовлетворительном состоянии.

Контрольные осмотры были проведены через 1, 3, 6 месяцев с момента операции. Раневых дефектов, свищевых



Рисунок 6. Пластика костной полости мышцей на питающей ножке.

Figure 6. Bone cavity closure with a pedicled muscle flap.

отверстий, боли в покое и при движении, ограничений при физических нагрузках не отмечалось.

Проанализировано качество жизни при помощи анкеты-опросника, специально разработанного для пациентов, оперированных по поводу хронического остеомиелита. Он представляет собой дополненную международную анкету по изучению качества жизни SF-36 (HEALTH STATUS SURVEY). Изменения произошли в значении интенсивности боли: до операции данный показатель был равен 38%, после операции – 100%. Это указывает на то, что болевые ощущения практически полностью были купированы и не



Рисунок 7. Фото нижней конечности пациента М., 71 года, на 8 сутки после оперативного вмешательства.

Figure 7. Photo of the lower limb of patient M., 71 years old, 8 days after surgery.

ограничивали активность пациента. Показатель жизненной активности вырос ровно в 2 раза. Значение показателя шкалы «социальное функционирование» увеличилось с 62,5% до 95,5 – на 33%, следовательно, физическое и эмоциональное состояние пациента стало меньше ограничивать его возможность и желание общаться. Шкала «психическое здоровье» увеличилась на 56%, что свидетельствовало о значительном улучшении психологического статуса пациента.

Также были рассчитаны физический и психический компоненты здоровья. До операции физический компонент здоровья составил 36,1%, после 55,6% – увеличился на 19,5%. Психический компонент здоровья до операции составил 29,3%, а после операции 73,1% – увеличился на 43,8%.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Лечение больных остеомиелитом длинных трубчатых костей является наиболее сложной задачей гнойной хирургии. Проблема хронического остеомиелита остается актуальной не только в связи со сложностью его диагностики, лечения и профилактики, но и весомыми затратами ресурсов на лечение пациента, длительной нетрудоспособностью, большим процентом инвалидизации, который, согласно данным отечественных авторов, составляет 55–65%, а в соответствии с данными зарубежных авторов может достигать до 90% [8–10].

Наибольшее значение среди радикальных оперативных вмешательств при лечении остеомиелита получила некрэктомия [11].

На данный момент в клинической практике весомое значение имеет использование персонифицированного

подхода, инновационных способов визуализации и предоперационного планирования хирургического лечения. Одним из перспективных направлений при этом является предоперационное 3D-моделирование на основе КТ-исследования и интраоперационная навигация с использованием АПК «Автоплан»¹ [12]. Разработанный способ при хирургическом лечении остеомиелита позволяет точно визуализировать патологический очаг, определить его границы до и во время операции исходя из индивидуальных антропометрических данных каждого конкретного пациента [13, 14]. Использование персонифицированного подхода помогает снизить затраченное время на оперативное вмешательство, сохранить наибольшее количество здоровой костной ткани и обеспечить лучший эстетический эффект [15].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение предоперационного 3D-моделирования и интраоперационной навигации АПК «Автоплан» при выполнении секвестрнекрэктомии позволяет добиться радикального удаления очага инфекции, сохранить наибольший объем здоровых мягких тканей и костной ткани, а также добиться ремиссии остеомиелита.

Индивидуальный подход к пациенту с учетом его анатомических особенностей и верно выбранная тактика позволили добиться хороших ближайших и отдаленных результатов и сохранить качество жизни. При анализе лечения нашего пациента через 6 месяцев после хирургического лечения следует отметить улучшение качества жизни и отсутствие рецидива заболевания, что доказывает высокую эффективность метода. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Макаров И.В. – концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, редактирование статьи. Ладонин С.В. – написание текста и его редактирование. Бондарева Д.А. – написание текста. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Makarov I.V.: concept and design of the study, analysis and interpretation of data, editing of the article. Ladonin S.V.: writing of the text and its editing. Bondareva D.A.: writing of the text. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию в журнале медицинских данных и фотографий в обезличенной форме.	Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for the depersonalized publication of relevant medical information and all of accompanying images in the journal.
Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	Statement of originality. No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.	Generative AI. No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	Provenance and peer review. This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

¹ Патент РФ на изобретение № 2683743. Макаров И.В., Колсанов А.В., Жиров В.В., и др. «Способ топоческой диагностики и визуализации аденом околощитовидных желёз при вторичном и третичном гиперпаратиреозе». URL: <https://patents.google.com/patent/RU2683743C1/ru>

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Kotelnikov GP, Mironov SP. *Traumatology: National Guidelines*. М., 2011. (In Russ.). [Котельников Г.П., Миронов С.П. *Травматология: национальное руководство*. М., 2011].
2. Calhoun JH, Manring MM, Shirliff M. Osteomyelitis of the long bones. *Semin Plast Surg*. 2009;23(2):59-72. DOI: [10.1055/s-0029-1214158](https://doi.org/10.1055/s-0029-1214158)
3. Conterno LO, da Silva Filho CR. Antibiotics for treating chronic osteomyelitis in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009;3:CD004439. DOI: [10.1002/14651858.CD004439.pub3](https://doi.org/10.1002/14651858.CD004439.pub3)
4. Hotchen AJ, McNally MA, Sendi P. The Classification of Long Bone Osteomyelitis: A Systemic Review of the Literature. *Journal of Bone and Joint Infection*. 2017;2(4):167-174. DOI: [10.7150/jbji.21050](https://doi.org/10.7150/jbji.21050)
5. Kolinsky DC, Liang SY. Musculoskeletal Infections in the Emergency Department. *Emergency Medicine Clinics of North America*. 2018;36(4):751-766. DOI: [10.1016/j.emc.2018.06.006](https://doi.org/10.1016/j.emc.2018.06.006)
6. Rimashevskiy DV, Akhtyamov IF, Fedulichev PN. Interdisciplinary approach to diagnostics and treatment osteomyelitis. *Practical medicine*. 2021;19(1):54-61. [Римашевский Д.В., Ахтямов И.Ф., Федуличев П.Н. Междисциплинарный подход к диагностике и лечению остеомиелита. *Практическая медицина*. 2021;19(1):54-61]. URL: <https://pmarchive.ru/mezhdisciplinarnyj-podhod-k-diagnostike-i-lecheniyu-osteomielita/>
7. Mikulich EV. Current principles of treatment of chronic osteomyelitis. *Journal of New Medical Technologies*. 2012;19(2):180-184. [Микулич Е.В. Современные принципы лечения хронического остеомиелита. *Вестник новых медицинских технологий*. 2012;19(2):180-184]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-printsipy-lecheniya-hronicheskogo-osteomielita>
8. Mironov SP, Tsiskarashvili AV, Gorbatiuk DS. Chronic post-traumatic osteomyelitis as a problem of contemporary traumatology and orthopedics (literature review). *Genij Ortopedii*. 2019;25(4):610-621. [Миронов С.П., Цискарашвили А.В., Горбатиук Д.С. Хронический посттравматический остеомиелит как проблема современной травматологии и ортопедии (обзор литературы). *Гений ортопедии*. 2019;25(4):610-621]. DOI: [10.18019/1028-4427-2019-25-4-610-621](https://doi.org/10.18019/1028-4427-2019-25-4-610-621)
9. Campana V, Milano G, Pagano E, et al. Bone substitutes in orthopaedic surgery: from basic science to clinical practice. *J Mater Sci Mater Med*. 2014;25(10):2445-2461. DOI: [10.1007/s10856-014-5240-2](https://doi.org/10.1007/s10856-014-5240-2)
10. Humm G, Noor S, Bridgeman P, et al. Adjuvant treatment of chronic osteomyelitis of the tibia following exogenous trauma using OSTEOSSET-T: a review of 21 patients in a regional trauma 177 centre. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2014;9(3):157-161. DOI: [10.1007/s11751-014-0206-y](https://doi.org/10.1007/s11751-014-0206-y)
11. Chaklin VD. *Fundamentals of operative orthopedics and traumatology*. М., 1964. (In Russ.). [Чаклин В.Д. *Основы оперативной ортопедии и травматологии*. М., 1964].
12. Ivashkov VYu, Denisenko AS, Kolsanov AV, et al. Maxillary reconstruction using the "Autoplan" software suite. *Plastic Surgery and Aesthetic Medicine*. 2024;(4-2):58-65. [Ивашков В.Ю., Денисенко А.С., Колсанов А.В., и др. Устранение дефектов нижней челюсти с применением программного комплекса «Автоплан». *Пластическая хирургия и эстетическая медицина*. 2024;(4-2):58-65. DOI: [10.17116/plast.hirurgia202404258](https://doi.org/10.17116/plast.hirurgia202404258)
13. Zhao J, Wang Z, Long C, et al. Using 3-D printing-assisted shaping titanium cages and Masquelet techniques to reconstruct calcaneal osteomyelitis complicated by extensive 301 soft tissue and uncontrolled defects. *Injury*. 2023;54(10):110977. DOI: [10.1016/j.injury.2023.110977](https://doi.org/10.1016/j.injury.2023.110977)
14. Ren W, Gao L, Li S, et al. Virtual Planning and 3-D printing modeling for mandibular reconstruction with fibula free flap. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2018;23(3):e359-e366. DOI: [10.4317/medoral.22295](https://doi.org/10.4317/medoral.22295)
15. Makarov IV, Karpova DO. Optimization of the tactics of surgical treatment of patients with hyperparathyroidism and chronic kidney disease. *Tavrisheskiy medico-biologicheskiy vestnik*. 2024;27(3):33-38. [Макаров И.В., Карпова Д.О. Оптимизация тактики хирургического лечения пациентов с гиперпаратиреозом и хронической болезнью почек. *Таврический медико-биологический вестник*. 2024;27(3):33-38]. URL: <https://ma.cfuv.ru/wp-content/uploads/2024/11/%D0%A2%D0%9C%D0%91%D0%92-%E2%84%963-2024.pdf>