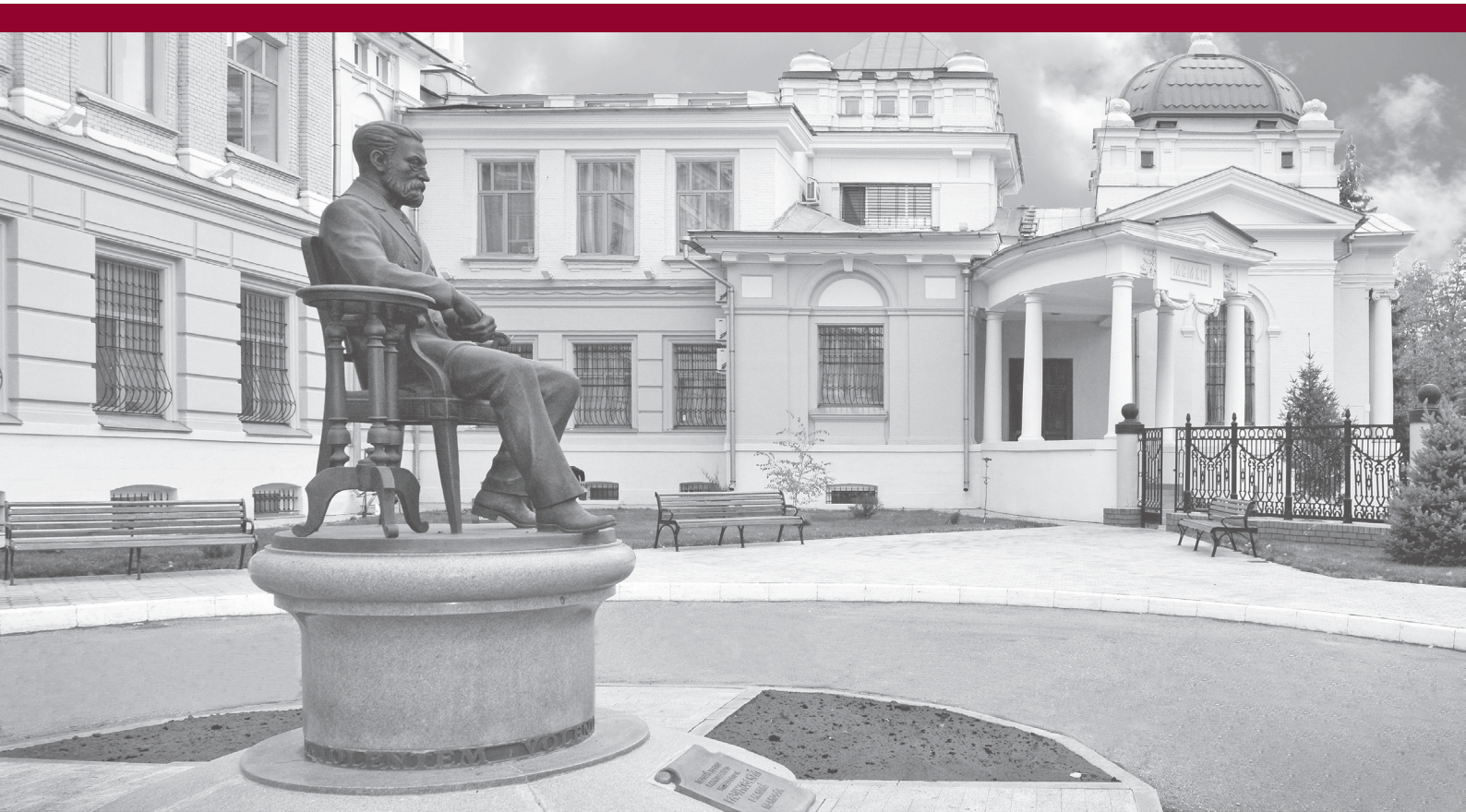
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет
имени В.И. Разумовского»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

САРАТОВСКИЙ НАУЧНО-МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

Том 22, № 3. Июль — сентябрь. 2026

SARATOV JOURNAL OF MEDICAL SCIENTIFIC RESEARCH

Volume 22, № 3. July — September. 2026



СГМУ
имени В. И. Разумовского

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА — ФГБОУ ВО САРАТОВСКИЙ ГМУ им. В.И. РАЗУМОВСКОГО МИНЗДРАВА РОССИИ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЕ ПО НАДЗОРУ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СФЕРЕ МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ОХРАНЕ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ. ПИ № ФС77-19956 от 29 апреля 2005 г. ИЗДАЕТСЯ С 2002 г. ПЕРИОДИЧНОСТЬ — ЕЖЕКВАРТАЛЬНО.

Журнал включен в ПЕРЕЧЕНЬ рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденный Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по группам научных специальностей 3.1 – клиническая медицина, 3.2 – профилактическая медицина, 3.3 – медико-биологические науки (К2).

Журнал представлен в Российском индексе научного цитирования, Ulrich's International Periodical Directory, Directory of Open Access Journals, Chemical Abstracts Service, Index Copernicus, EBSCO, Open J-Gate и др. (подробности см. на сайте www.ssmj.ru).

ISSN 1995-0039 (Print)
ISSN 2076-2518 (Online)

Подписной индекс

в каталоге
«Урал-Пресс» — 41908
www.ural-press.ru

Адрес учредителя, издателя и редакции:

410012, г. Саратов, ул. Б. Казачья, д. 112.
Тел.: (8452) 39-39-78. Факс: (8452) 51-15-34

E-mail: editor@ssmj.ru
Электронная версия журнала — на сайте www.ssmj.ru

Сведения обо всех авторах находятся в редакции.

Свободная цена
16+

Отпечатано в типографии ИП Коваль Ю.В.
410038, г. Саратов, ул. Бакинская, д. 1,
тел. +7-927-223-50-70, 8(845-2) 59-88-82.
Подписано в печать 25.09.2026 г. Дата выхода в свет 30.09.2026 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Arial».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,37. Уч.-изд. л. 19,41.
Тираж 500 экз. Заказ № 1462.

© Саратовский научно-медицинский журнал, 2026

На обложке — фотография IV корпуса Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского.

САРАТОВСКИЙ НАУЧНО-МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

Том 22, № 3
Июль — сентябрь, 2026

SARATOV JOURNAL OF MEDICAL SCIENTIFIC RESEARCH

Volume 22, № 3
July — September, 2026

Главный редактор
А.В. Еремин, доцент

Заместитель главного редактора
А.С. Федонников, доцент

Ответственный секретарь
О.А. Фомкина, доцент

Редакционный совет:
Н.Х. Амиров, академик РАН (Россия, Казань)
В.В. Власов, профессор (Россия, Москва)
Н.Н. Володин, академик РАН (Россия, Москва)
И.В. Гайворонский, профессор (Россия, Санкт-Петербург)
П.В. Глыбочко, академик РАН (Россия, Москва)
Г.П. Котельников, академик РАН (Россия, Самара)
Д.В. Крысько, PhD, MD (Бельгия, Гент)
С.Л. Кузнецов, чл.-кор. РАН (Россия, Москва)
В.А. Куркин, профессор (Россия, Самара)
М.А. Курцер, академик РАН (Россия, Москва)
В.К. Леонтьев, академик РАН (Россия, Москва)
А.Д. Макацария, академик РАН (Россия, Москва)
Е.Л. Насонов, академик РАН (Россия, Москва)
В.А. Парфенов, профессор (Россия, Москва)
А. Тененбаум, профессор (Израиль, Тель-Авив)
И.Н. Тюренков, чл.-кор. РАН (Россия, Волгоград)
Р.У. Хабриев, академик РАН (Россия, Москва)
В.О. Щепин, чл.-кор. РАН (Россия, Москва)

Редакционная коллегия:
В.Г. Абламунц, доцент (Россия, Санкт-Петербург)
Е.А. Андриянова, профессор (Россия, Саратов)
И.В. Бабаченко, профессор (Россия, Санкт-Петербург)
С.П. Бажанов, д-р мед. наук (Россия, Саратов)
А.Л. Бакулев, профессор (Россия, Саратов)
В.А. Балязин, профессор (Россия, Ростов-на-Дону)
Б.П. Безручко, профессор (Россия, Саратов)
Н.В. Болотова, профессор (Россия, Саратов)
С.Е. Борисов, профессор (Россия, Москва)
С.А. Буегрова, д-р мед. наук (Россия, Саратов)
А.В. Горелов, чл.-кор. РАН (Россия, Москва)
В.И. Гриднев, доцент (Россия, Саратов)
М.С. Громов, профессор (Россия, Саратов)
А.В. Губин, профессор (Россия, Курган)
Д.А. Гуляев, профессор (Россия, Санкт-Петербург)
А.Ю. Дробышев, профессор (Россия, Москва)
Д.В. Дупляков, профессор (Россия, Самара)
Ю.Ю. Елисеев, профессор (Россия, Саратов)
А.В. Елькин, профессор (Россия, Санкт-Петербург)
Н.Л. Ерокина, доцент (Россия, Саратов)
Е.Г. Завьялова, д-р хим. наук (Россия, Москва)
А.В. Золотарев, д-р мед. наук (Россия, Самара)
Т.Г. Каменских, доцент (Россия, Саратов)
Н.А. Кароли, профессор (Россия, Саратов)
В.В. Кашталап, д-р мед. наук (Россия, Кемерово)
В.М. Кенис, д-р мед. наук (Россия, Санкт-Петербург)
В.Ф. Киричук, профессор (Россия, Саратов)
А.Р. Киселев, профессор (Россия, Саратов)
И.В. Козлова, профессор (Россия, Саратов)
Д.А. Коновалов, д-р мед. наук (Россия, Пятигорск)
А.В. Концевая, д-р мед. наук (Россия, Москва)
М.М. Кохан, профессор (Россия, Екатеринбург)
В.Н. Красножен, профессор (Россия, Казань)
А.А. Кубанов, чл.-кор. РАН (Россия, Москва)
Л.А. Кузнецова, д-р биол. наук (Россия, Санкт-Петербург)
А.В. Кузьменко, профессор (Россия, Воронеж)
В.В. Кутырев, академик РАН (Россия, Саратов)
В.Р. Кучма, чл.-кор. РАН (Россия, Москва)
О.В. Макиев, профессор (Россия, Саратов)
Г.Н. Маслякова, профессор (Россия, Саратов)
Т.И. Морозова, профессор (Россия, Саратов)
В.В. Моррисон, профессор (Россия, Саратов)
В.Н. Николенко, профессор (Россия, Москва)
И.Г. Новокрещенова, профессор (Россия, Саратов)
В.В. Новочадов, профессор (Россия, Волгоград)
И.А. Норкин, профессор (Россия, Саратов)
А.И. Осколкова, профессор (Россия, Саратов)
О.Л. Фабрикантов, профессор (Россия, Тамбов)
И.М. Петяев, PhD, MD (Великобритания, Кембридж)
И.Е. Поверennова, профессор (Россия, Самара)
В.М. Попков, профессор (Россия, Саратов)
М.Д. Прохоров, д-р физ.-мат. наук (Россия, Саратов)
Т.Е. Пыпаев, канд. биол. наук (Россия, Саратов)
А.В. Решетников, академик РАН (Россия, Москва)
О.В. Решетько, профессор (Россия, Саратов)
О.П. Ротарь, д-р мед. наук (Россия, Санкт-Петербург)
И.А. Салов, профессор (Россия, Саратов)
В.А. Самарцев, профессор (Россия, Пермь)
Н.Н. Седова, профессор (Россия, Волгоград)
О.В. Семячкина-Глушковская, доцент (Россия, Саратов)
В.Н. Серов, академик РАН (Россия, Москва)
Н.П. Сетко, профессор (Россия, Оренбург)
А.Н. Стрижаков, академик РАН (Россия, Москва)
О.Л. Фабрикантов, профессор (Россия, Тамбов)
А.С. Федонников, доцент (Россия, Саратов)
Т.А. Федорина, профессор (Россия, Самара)
О.А. Фомкина, доцент (Россия, Саратов)
С.А. Хотимченко, чл.-кор. РАН (Россия, Москва)
Е.Ф. Чередников, профессор (Россия, Воронеж)
Ю.В. Черненков, профессор (Россия, Саратов)
Ю.Г. Шапкин, профессор (Россия, Саратов)
А.В. Шахов, д-р мед. наук (Россия, Нижний Новгород)
В.А. Шварц, д-р мед. наук (Россия, Москва)
А.А. Шульдяков, профессор (Россия, Саратов)
А.Д. Эрлих, д-р мед. наук (Россия, Москва)
Р.И. Ягудина, профессор (Россия, Москва)
А.И. Яременко, профессор (Россия, Санкт-Петербург)

Заведующий отделом университетских журналов
О.М. Посненкова, д-р мед. наук
Научный редактор
Ю.Н. Бирюкова
Технический редактор
А.В. Коваль

ВСЕ ПРАВА ЗАЩИЩЕНЫ
Ни одна часть этого издания не может быть занесена в память компьютера либо воспроизведена любым другим способом без предварительного письменного разрешения редакции.

СОДЕРЖАНИЕ

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ

Амирян А.Г., Саакян С.В., Гусакова М.Ю., Безнос О.В., Павленко Т.А.
ЭКСПРЕССИЯ МАТРИКСНОЙ МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗЫ-9 В ТКАНИ И СЛЕЗНОЙ ЖИДКОСТИ ПАЦИЕНТОВ С ОПУХОЛЯМИ СЛЕЗНОЙ ЖЕЛЕЗЫ 295

Коняев Д.А., Фабрикантов О.Л.
ВЛИЯНИЕ ПАРСПЛАНАРНОЙ ВИТРЭКТОМИИ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ С ВИТРЕОРЕТИНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ 301

Степаненко А.И., Файзрахманов Р.Р., Коновалова К.И., Бородкина В.Н.
МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕПАРАЦИИ ПОСЛЕ АУТОТРАНСПЛАНТАЦИИ НЕЙРОСЕНСОРНОЙ СЕТЧАТКИ ПРИ ГИГАНТСКИХ ИДИОПАТИЧЕСКИХ МАКУЛЯРНЫХ РАЗРЫВАХ 305

СТОМАТОЛОГИЯ

Аржанцев В.А., Мухамеджанова Л.Р.
ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ КУРАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ПОЧКИ НА ФОНЕ ИММУНОСУПРЕССИВНОЙ ТЕРАПИИ. 312

ХИРУРГИЯ

Капралов С.В., Клименко Г.А., Данилов А.Д., Мареев Г.О., Калюта Т.Ю.
ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ КИШЕЧНОЙ СТОМЫ. 318

НЕЙРОХИРУРГИЯ

Ковалев С.А., Козлов С.Ю., Буланый А.Н., Мореплавцев Д.В., Лютый А.Н., Шишкина В.В., Самойленко Т.В., Буланый З.А.
ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТКАНИ ГРЫЖИ ДИСКА L_{IV}–L_V ПОСЛЕ МИКРОДИСКЭКТОМИИ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ) 323

УРОЛОГИЯ И АНДРОЛОГИЯ

Фомкин Р.Н., Пылаев Т.Е., Попков В.М., Мезиров Г.Г., Фомкина О.А., Бучарская А.Б., Полуконова Н.В.
ТЕСТ-СИСТЕМА SNP-РПЖ: АЛЛЕЛЬ-СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ГЕНОТИПИРОВАНИЯ МАРКЕРОВ РИСКА РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ 327

ВНУТРЕННИЕ БОЛЕЗНИ

Журавлева Ю.А., Акимова Н.С., Коньшина Л.Е., Дементьев И.С., Торбин С.О.
ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ВО ВРЕМЯ НОЧНОГО СНА 337

Канаева Т.В., Попова Е.А., Кароли Н.А., Никитина Н.М.
ГАЛЕКТИН-3 КАК ПРЕДИКТОР НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ИСХОДОВ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД У ПАЦИЕНТОВ БЕЗ КАРДИОВАСКУЛЯРНОЙ ПАТОЛОГИИ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19 344

Сельский А.О., Симонян М.А., Ганилова Ю.А., Князева А.В.
ВЛИЯНИЕ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕРДЕЧНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ 348

Скородумова Е.Г., Скородумова Е.А., Костенко В.А., Сиверина А.В.
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕТАЛЬНОГО ИСХОДА ОТ ТРОМБОЭМБОЛИИ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ У ПАЦИЕНТОВ С ИНФАРКТОМ МИОКАРДА НА ФОНЕ РАКА ЛЕГКИХ 353

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ

Матузкова А.Н., Шевченко Е.А., Суладзе А.Г., Скляная Е.А., Твердохлебова Т.И.
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТРАНСМИССИИ ВИЧ НА ЮГЕ РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ 358

ГИГИЕНА

Гайдина Т.А., Милушкина О.Ю., Скоблина Н.А.
ИНФОРМИРОВАННОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ О ФАКТОРАХ РИСКА И МЕРАХ ПЕРВИЧНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ 365

Лапик И.А., Тармаева Т.Ю., Никитюк Д.Б.
ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ ПРОФИЛАКТИКА МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ОЖИРЕНИЯ: ОСОБЕННОСТИ ЛАБОРАТОРНОГО СКРИНИНГА У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП . . . 372

Савченко О.А., Новикова И.И., Романенко С.П., Потеряева Е.Л.
ПРЕВЕНТИВНЫЕ МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКОВ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО СТАРЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР) 379

ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И СОЦИОЛОГИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Крыжановская А.А., Антоненков Ю.Е.
СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ 385

Мазилов С.И., Осипов Н.О., Комлева Н.Е., Поздняков М.В., Чехонацкий А.А., Пучиньян Д.М.
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР) 391

Роюк В.В., Решетников В.А., Коршевер Н.Г., Сидельников С.А., Доровская А.И.
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БОРЬБЫ С ПАНДЕМИЕЙ COVID-19 (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР) 399

Хохлов П.А., Брител А., Исаева Н.А., Левицкая А.Д., Новокрещенов И.В., Осипова А.В.
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ: ЧАТ-БОТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ОТРАБОТКИ ДИАЛОГА «ВРАЧ – ПАЦИЕНТ» 407

АНАТОМИЯ И АНТРОПОЛОГИЯ

Бахматов Д.Н.
АСИММЕТРИЯ ФОРМЫ ПРОКСИМАЛЬНОГО СЕГМЕНТА ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ У ПРАВШЕЙ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА 412

Соловьев К.В., Гайворонский И.В., Фомкина О.А., Зайченко А.А.
НЕПРЕДНАМЕРЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ МОЗГОВОГО ЧЕРЕПА ЧЕЛОВЕКА, КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕТОДИКА ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ 418

ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ

Бондаренко Е.В., Балясин М.В., Першина-Милютина А.П., Магомедов Х.Х., Дзампаева К.Ш., Калинин Д.В.
КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ИНДЕКСА KI-67 ПРИ МЕДУЛЛЯРНОЙ КАРЦИНОМЕ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ 427

НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ, ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Еремин А.В., Чехонацкая М.Л., Илясова Е.Б., Кондратьева О.А., Грешнова О.Г., Бобылёв Д.А., Крючков И.А., Сероштанов Д.М., Варюхина Д.А.
ВКЛАД В МЕДИЦИНСКУЮ НАУКУ ПИОНЕРА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РЕНТГЕНОЛОГИИ Н.Е. ШТЕРНА 437

Шапкин Ю.Г., Чалык Ю.В., Климашевич В.Ю., Беликов А.В., Стекольников Н.Ю., Селиверстов П.А., Хильгияев Р.Х., Скрипаль Е.А., Еремина В.С., Ашевский В.В.
ПРОФЕССОР ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ КОШЕЛЕВ: К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ 445

ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫМ В «САРАТОВСКИЙ НАУЧНО-МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ» 449

CONTENTS

OPHTHALMOLOGY

Amiryan A.G., Saakyan S.V., Gusakova M.Yu., Beznos O.V., Pavlenko T.A.
EXPRESSION OF MATRIX METALLOPROTEINASE-9 IN TISSUE AND LACRIMAL FLUID OF PATIENTS WITH LACRIMAL GLAND TUMORS 295

Konyaev D.A., Fabrikantov O.L.
THE EFFECT OF *PARS PLANA* VITRECTOMY ON THE QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH VITREORETINAL PATHOLOGY. 301

Stepanenko A.I., Fayzrakhmanov R.R., Konovalova K.I., Borodkina V.N.
MORPHOMETRIC MODEL OF REPARATION FOLLOWING AUTOLOGOUS NEUROSENSORY RETINAL TRANSPLANTATION FOR GIANT IDIOPATHIC MACULAR HOLES 305

DENTISTRY

Arzhantsev V.A., Mukchamedzanova L.R.
PRACTICAL ASPECTS OF DENTAL CARE IN PATIENTS AFTER KIDNEY TRANSPLANTATION UNDER IMMUNOSUPPRESSIVE THERAPY 312

SURGERY

Kapralov S.V., Klimenko G.A., Danilov A.D., Mareev G.O., Kalyuta T.Yu.
INTRAOPERATIVE DETERMINATION OF THE INTESTINAL STOMA VIABILITY 318

NEUROSURGERY

Kovalev S.A., Kozlov S.Yu., Bulany A.N., Moreplavtsev D.V., Lyutyy A.N., Shishkina V.V., Samoylenko T.V., Bulany Z.A.
IMMUNOHISTOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF L_{IV}–L_V DISC HERNIATION TISSUE AFTER MICRODISCECTOMY (CASE REPORT) 323

UROLOGY AND ANDROLOGY

Fomkin R.N., Pylaev T.E., Popkov V.M., Mezirov G.G., Fomkina O.A., Bucharskaya A.B., Polukonova N.V.
SNP-PCA TEST SYSTEM: ALLELE-SPECIFIC REAL-TIME PCR FOR GENOTYPING PROSTATE CANCER RISK MARKERS 327

INTERNAL DISEASES

Zhuravleva Ju.A., Akimova N.S., Konshina L.E., Dementiev I.S., Torbin S.O.
CHANGES IN CARDIORESPIRATORY SYNCHRONIZATION IN PATIENTS WITH RESPIRATORY DYSFUNCTION DURING NOCTURNAL SLEEP 337

Kanaeva T.V., Popova E.A., Karoli N.A., Nikitina N.M.
GALECTIN-3 AS A PREDICTOR OF LONG-TERM ADVERSE CARDIOVASCULAR OUTCOMES IN PATIENTS WITHOUT PRE-EXISTING CARDIOVASCULAR DISEASE WHO HAVE RECOVERED FROM COVID-19 344

Selskii A.O., Simonyan M.A., Ganilova J.A., Knyazeva A.V.
IMPACT OF ARTERIAL HYPERTENSION ON THE CHARACTERISTICS OF HEARTBEAT-EVOKED POTENTIALS 348

Skorodumova E.G., Skorodumova E.A., Kostenko V.A., Siverina A.V.
DIFFERENTIATION OF MORTALITY OUTCOMES OF PULMONARY ARTERY THROMBOEMBOLISM IN PATIENTS WITH MYOCARDIAL INFARCTION AGAINST THE BACKGROUND OF LUNG CANCER 353

INFECTIOUS DISEASES

Matuzkova A.N., Shevchenko E.A., Suladze A.G., Sklyanaya E.A., Tverdokhlebova T.I.
ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF HIV VERTICAL TRANSMISSION PREVENTION IN SOUTHERN RUSSIA AT THE PRESENT STAGE 358

HYGIENE

Gaydina T.A., Milushkina O.Yu., Skoblina N.A.
AWARENESS OF RISK FACTORS AND PRIMARY PREVENTION MEASURES FOR MALIGNANT SKIN NEOPLASMS IN DIFFERENT POPULATION GROUPS 365

Lapik I.A., Tarmaeva I.Yu., Nikitjuk D.B.
PERSONALIZED PREVENTION OF OBESITY-RELATED METABOLIC COMPLICATIONS: LABORATORY SCREENING CHARACTERISTICS IN MEN AND WOMEN ACROSS AGE GROUPS 372

Savchenko O.A., Novikova I.I., Romanenko S.P., Poteryaeva E.L.
PREVENTIVE MEASURES TO REDUCE THE RISKS OF PREMATURE AGING IN THE ARCTIC ZONE (SYSTEMATIC REVIEW) 379

PUBLIC HEALTH, ORGANIZATION AND SOCIOLOGY OF HEALTH CARE

Kryzhanovskaya A.A., Antonenkov Yu.E.
STATE AND FORECAST OF THE DEVELOPMENT OF THE OPHTHALMOLOGICAL SERVICE IN THE VORONEZH REGION 385

Mazilov S.I., Osipov N.O., Komleva N.E., Pozdnyakov M.V., Chekhonatsky A.A., Puchinyan D.M.
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR MONITORING NON-COMMUNICABLE DISEASES: METHODOLOGICAL APPROACHES (SYSTEMATIC REVIEW) 391

Royuk V.V., Reshetnikov V.A., Korshever N.G., Sidelnikov S.A., Dorovskaja A.I.
ORGANIZATIONAL MECHANISMS FOR IMPROVING THE FIGHT AGAINST THE COVID-19 PANDEMIC (SYSTEMATIC REVIEW) 399

Khokhlov P.A., Britel A., Isaeva N.A., Levitskaya A.D., Novokreshchenov I.V., Osipova A.V.
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICAL EDUCATION: CHATBOTS AS A TOOL FOR PRACTICING THE DOCTOR – PATIENT DIALOGUE 407

ANATOMY ANTHROPOLOGY

Bakhmatov D.N.
SHAPE ASYMMETRY OF THE PROXIMAL UPPER LIMB AND SEGMENT IN RIGHT-HANDED YOUNG ADULTS 412

Solovyev K.V., Gaivoronsky I.V., Fomkina O.A., Zaichenko A.A.
UNINTENTIONAL DEFORMATIONS OF THE HUMAN NEUROCRANIUM, CLASSIFICATION AND METHODS FOR THEIR DETECTION. 418

PATHOLOGICAL ANATOMY

Bondarenko E.V., Balyasin M.V., Pershina-Miliutina A.P., Magomedov Kh.Kh., Dzampaeva K.Sh., Kalinin D.V.
CLINICOPATHOLOGICAL SIGNIFICANCE OF THE KI-67 INDEX IN MEDULLARY THYROID CARCINOMA ASSESSED BY AUTOMATED DIGITAL IMAGE ANALYSIS. 427

SCIENTIFIC SCHOOLS, COMMEMORATIVE DATES

Eremin A.V., Chekhonatskaya M.L., Iljasova E.B., Kondrateva O.A., Greshnova O.G., Bobylev D.A., Kriuchkov I.A., Seroshtanov D.M., Varjuhina D.A.
THE CONTRIBUTION OF NIKOLAY E. STERN, A PIONEER OF RUSSIAN RADIOLOGY, TO MEDICAL SCIENCE. 437

Shapkin Yu.G., Chalyk Yu.V., Klimashevich V.Yu., Belikov A.V., Stekolnikov N.Yu., Seliverstov P.A., Khilgiyaev R.H., Skripal E.A., Eremina V.S., Ashevskiy V.V.
PROFESSOR VLADIMIR N. KOSHELEV: 100 YEARS SINCE BIRTH 445

REQUIREMENTS TO THE MANUSCRIPTS REPRESENTED IN «SARATOV JOURNAL OF MEDICAL SCIENTIFIC RESEARCH» 449

УДК 111.22.3333+444.55:666.77
EDN: BBDMBN
https://doi.org/10.15275/ssmj2203295

Оригинальная статья
Original article

ЭКСПРЕССИЯ МАТРИКСНОЙ МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗЫ-9 В ТКАНИ И СЛЕЗНОЙ ЖИДКОСТИ ПАЦИЕНТОВ С ОПУХОЛЯМИ СЛЕЗНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

А.Г. Амирян[1], С.В. Саакян[1, 2], М.Ю. Гусакова[1], О.В. Безнос[1], Т.А. Павленко[1]

[1]ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия

EXPRESSION OF MATRIX METALLOPROTEINASE-9 IN TISSUE AND LACRIMAL FLUID OF PATIENTS WITH LACRIMAL GLAND TUMORS

A.G. Amiryan[1], S.V. Saakyan[1, 2], M.Yu. Gusakova[1], O.V. Beznos[1], T.A. Pavlenko[1]

[1]Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russia
[2]Russian University of Medicine, Moscow, Russia

Для цитирования: *Амирян А.Г., Саакян С.В., Гусакова М.Ю., Безнос О.В., Павленко Т.А.* Экспрессия матриксной металлопротеиназы-9 в ткани и слезной жидкости пациентов с опухолями слезной железы. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 295-301. EDN: BBDMBN. https://doi.org/10.15275/ssmj2203295

Аннотация. *Цель:* определить диагностическую и патогенетическую значимость матриксной металлопротеиназы-9 (ММП-9) при различных опухолях слезной железы (ОСЖ) на основании анализа ее уровня в слезной жидкости (СЖ) и опухолевой ткани. *Материал и методы.* В исследование включены 35 пациентов с ОСЖ: рак слезной железы (РСЖ; *n*=10), плеоморфная аденома (ПА; *n*=8) и лимфома с поражением слезной железы (ЛСЖ; *n*=17). Контроль составили 18 здоровых добровольцев. Концентрацию ММП-9 определяли методом иммуноферментного анализа в СЖ обоих глаз и гомогенатах опухолевой ткани. *Результаты.* Выявлено повышение уровня ММП-9 в СЖ с обеих сторон у пациентов со злокачественными ОСЖ по сравнению с контрольной группой, более выраженное при РСЖ. При ПА повышение ММП-9 отмечено только на стороне опухоли по сравнению с контролем. В гомогенатах опухолевой ткани наибольшие значения ММП-9 определяли при ЛСЖ, промежуточные — при ПА и наименьшие — при РСЖ. *Заключение.* ММП-9, определяемая в СЖ, характеризует локальную протеолитическую активность при ОСЖ и обладает диагностической значимостью, прежде всего в отношении злокачественных морфологических вариантов. Особенности тканевой экспрессии ММП-9 и ее неполное соответствие изменениям в СЖ могут свидетельствовать о патогенетической роли данного фермента в ремоделировании опухолевого микроокружения.

Ключевые слова: опухоль слезной железы, слезная жидкость, матриксная металлопротеиназа-9, иммуноферментный анализ, биомаркер

For citation: *Amiryan AG, Saakyan SV, Gusakova MYu, Beznos OV, Pavlenko TA.* Expression of matrix metalloproteinase-9 in tissue and lacrimal fluid of patients with lacrimal gland tumors. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 295-301. (In Russ.) EDN: BBDMBN. https://doi.org/10.15275/ssmj2203295

Abstract. *Objective:* to determine the diagnostic and pathogenetic significance of matrix metalloproteinase-9 (MMP-9) in various lacrimal gland tumors (LGT) based on the analysis of its level in the tear fluid (TF) and tumor tissue. *Material and methods.* The study included 35 patients with LGT: lacrimal gland carcinoma (LGC; *n*=10), pleomorphic adenoma (PA; n=8) and lymphoma with lacrimal gland involvement (LGL; *n*=17). The control consisted of 18 healthy volunteers. The concentration of MMP-9 was determined by enzyme-linked immunosorbent assay in the TF of both eyes and in tumor tissue homogenates. *Results.* Increased MMP-9 levels were found in the TF on both sides of patients with malignant LGT compared to the control group, with a more pronounced increase in the LGC group. In PA, an increase in MMP-9 was observed only on the tumor side compared to the control group. In tumor tissue homogenates, maximum values were found in patients with LGL, intermediate values were found in patients with PA, and minimal values were found in patients with LGC. *Conclusion.* MMP-9, detected in TF, characterizes local proteolytic activity in LGT and has diagnostic value, particularly for malignant morphological variants. The specific tissue expression patterns of MMP-9 and its incomplete correspondence with changes in TF may indicate a pathogenetic role for this enzyme in remodeling the tumor microenvironment.

Keywords: lacrimal gland tumors, tear fluid, matrix metalloproteinase-9, enzyme-linked immunosorbent assay, biomarkers

© Амирян А.Г., Саакян С.В., Гусакова М.Ю, Безнос О.В., Павленко Т.А., 2026

Введение. Ремоделирование внеклеточного матрикса является одним из ключевых процессов, определяющих способность опухоли к инвазивному росту и формированию инфильтративного характера поражения окружающих тканей. Соотношение процессов синтеза и деградации компонентов матрикса определяет структурную организацию ткани, условия для клеточной миграции и особенности формирования опухолевого микроокружения, оказывающего существенное влияние на течение неопластического процесса [1].

Центральное место в протеолитическом каскаде занимают матриксные металлопротеиназы (ММП) — цинкзависимые эндопептидазы, обеспечивающие деградацию коллагенов, протеогликанов и компонентов базальной мембраны [1, 2]. Среди них ММП-9 рассматривается как один из наиболее биологически активных ферментов, вовлеченных не только в разрушение внеклеточного матрикса, но и в регуляцию воспалительного ответа, ангиогенеза и межклеточных взаимодействий в опухолевой ткани [3]. Активация ММП-9 ассоциирована с формированием агрессивного фенотипа опухоли и изменением ее микроокружения, что подтверждено при различных злокачественных новообразованиях [4–6].

Опухоли слезной железы (ОСЖ) представляют собой гетерогенную группу новообразований, включающую как доброкачественные, так и злокачественные эпителиальные и неэпителиальные формы, отличающиеся вариабельностью клинического течения и биологического поведения (рис. 1). Злокачественные ОСЖ, в частности рак слезной железы (РСЖ), характеризуются инфильтративным ростом, тенденцией к периневральному распространению и высоким риском рецидивирования, что подчеркивает значимость молекулярных механизмов, определяющих инвазивный потенциал опухолевой ткани [7, 8]. Однако реализация протеолитической активности ММП-9 носит не только тканевой, но и локально-секреторный характер, что делает актуальным изучение биологических жидкостей, находящихся в непосредственном контакте с опухолевым очагом [9].

Слезная жидкость (СЖ) представляет собой сложную многофакторную биосреду, отражающую локальные воспалительные, иммунные и метаболические процессы в структурах глаза и его орбиты. При патологии слезной железы СЖ может служить индикатором изменений опухолевого микроокружения, аккумулируя молекулярные маркеры, связанные с активностью неопластического процесса [10, 11].

Несмотря на растущий интерес к использованию СЖ в качестве источника биомаркеров, данные о взаимосвязи между протеолитической активностью опухолевой ткани слезной железы и молекулярным составом СЖ остаются малоизученными [12, 13]. В частности, отсутствуют систематизированные исследования, сопоставляющие экспрессию ММП-9 в ткани ОСЖ с ее концентрацией в СЖ. В этом контексте комплексное изучение ММП-9 в ткани ОСЖ и слезе представляется перспективным подходом к углубленному пониманию патогенетических механизмов опухолевого роста и поиску новых неинвазивных диагностических маркеров.

Цель — определить диагностическую и патогенетическую значимость ММП-9 при различных ОСЖ на основании анализа ее уровня в СЖ и опухолевой ткани.

Материал и методы. Проведено проспективное исследование, включившее 35 пациентов с ОСЖ, находившихся на обследовании и лечении в офтальмологическом отделении по лечению онкологических заболеваний глаз ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России (далее ФГБУ «НМИЦ ГБ им. Гельмгольца» Минздрава России). Средний возраст пациентов составил 60,6±14,9 года (диапазон — 28–86 лет); распределение по полу: 13 мужчин (37,1%) и 22 женщины (62,9%).

В зависимости от морфологического варианта опухоли выделены 3 группы патологии: РСЖ (n=10), плеоморфная аденома слезной железы (ПА; n=8) и лимфома с поражением слезной железы (ЛСЖ; n=17), из которых двусторонний процесс клинически диагностирован в 17,6% (n=3) случаев. Во всех случаях диагноз подтвержден морфологическим методом исследования. Контрольную группу составили 18 здоровых добровольцев. К критериям исключения относились любые состояния и вмешательства, способные повлиять на состав слезной жидкости и уровень ММП-9, включая воспалительные или инфекционные заболевания глаза и орбиты, недавние травмы и операции, проводимую на момент включения местную или системную противовоспалительную, антибактериальную или иммуносупрессивную терапию, ранее начатое лечение по поводу текущего новообразования, тяжелые декомпенсированные соматические состояния, а также недостаточный объем СЖ для анализа.

На этапе предоперационной подготовки всем пациентам проводили стандартное офтальмологическое обследование с оценкой орбитального статуса, а также компьютерную томографию и ультразвуковое исследование орбит. После завершения клинико-инструментального обследования до начала хирургического лечения осуществляли забор СЖ.

СЖ собирали с помощью полосок фильтровальной бумаги без предварительной стимуляции слезопродукции. Образцы получали из нижнего конъюнктивального свода обоих глаз в утренние часы. Компоненты СЖ элюировали физиологическим раствором в соотношении 1:10 по объему. Концентрацию ММП-9 в элюатах определяли методом иммуноферментного анализа с помощью диагностического набора ELISA kit for MMP-9 (Cloud-Clone Corp., США). Концентрацию ММП-9 в СЖ выражали в нг/мл.

Всем пациентам после завершения клинико-инструментального обследования проводили хирургическое лечение. Из удаленной во время орбитотомии опухоли, под контролем врача-патологоанатома, брали фрагмент ткани для последующего исследования. Полученные фрагменты измельчали и гомогенизировали в холодном физиологическом растворе сначала с использованием ручного гомогенизатора, а затем — ультразвукового гомогенизатора UP50H (Hielscher, Германия). Полученные гомогенаты центрифугировали в течение 10 мин при 5000 об/мин (1846g), после чего отбирали супернатант для анализа. Аликвоты для проведения иммуноферментного анализа сохраняли при температуре -70ºС. Для оценки тканевой экспрессии ММП-9 концентрацию фермента рассчитывали с учетом содержания общего белка в образцах опухолевой ткани и выражали в нг/мг белка.

Ответственный автор — Ануш Гамлетовна Амирян
Corresponding author — Anush G. Amiryan
E-mail: amiryan@yandex.ru

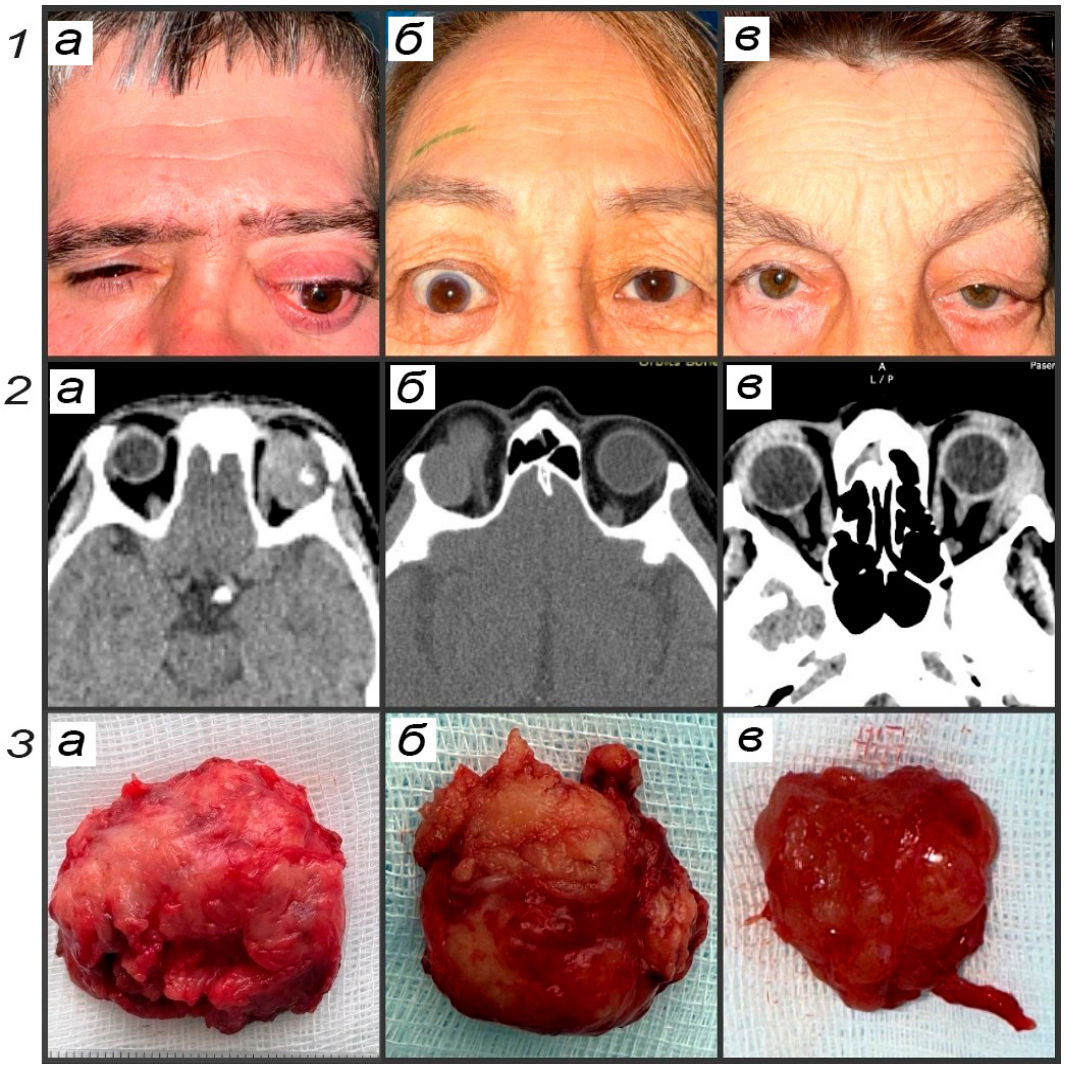


Рис. 1. Внешний вид (*1*), КТ-картина (*2*) и макроскопическое изображение опухоли (*3*) у пациентов с опухолями слезной железы: *а* — раком; *б* — плеоморфной аденомой; *в* — лимфомой

Дополнительно оценивали ассоциации уровня ММП-9 в СЖ и гомогенатах опухолевой ткани с клинико-морфологическими характеристиками опухоли, включая наличие солидного компонента, периневральную инвазию, очаги некроза и костно-деструктивные изменения, а также с клинико-анамнестическими параметрами, включая возраст, длительность анамнеза и объем образования.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программ Microsoft Excel и IBM SPSS Statistics версии 23.0 (IBM, США). При нормальном распределении количественные показатели представляли в виде среднего значения (*M*) и стандартного (среднеквадратичного) отклонения (*SD*), а при распределении, отличном от нормального, — в виде медианы (*Me*) и межквартильного размаха (*IQR* — interquartile range, интервал между 25-м и 75-м процентилями). Для межгруппового сравнения показателей применяли непараметрические критерии Манна – Уитни и Уилкоксона. Анализ взаимосвязей между показателями осуществляли с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r_s). Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Данное исследование одобрено локальным этическим комитетом при ФГБУ «НМИЦ ГБ им. Гельмгольца» Минздрава России (протокол №68/2 от 06.06.2024). Все пациенты дали информированное согласие на проведение исследования.

Результаты. ***Уровень матриксной металлопротеиназы-9 в слезной жидкости.*** При анализе концентрации ММП-9 в СЖ выявлены различия между стороной опухоли, контралатеральной клинически здоровой стороной и показателями контрольной группы, выраженность которых зависела от морфологического варианта ОСЖ (таблица, рис. 2, см. на с. 298).

Наиболее выраженное повышение уровня ММП-9 в СЖ на стороне опухоли отмечено у пациентов с РСЖ: *Me* концентрации фермента составила 387,6 (*IQR* 299,2) нг/мл, что значимо превышало значения этого показателя по сравнению как с контралатеральной здоровой стороной — 158,8 (*IQR* 158,8) нг/мл ($p=0,02$), так и с данными у лиц контрольной группы — 45,6 нг/мл (*IQR* 28,7; $p<0,001$). При этом значения ММП-9 на контралатеральной здоровой стороне при РСЖ также оказались значимо выше по сравнению с показателями контрольной группы ($p<0,001$). Кроме того, у больных РСЖ выявлена сильная прямая корреляционная связь между уровнем ММП-9 в СЖ на стороне опухоли и на контралатеральной здоровой стороне ($r_s=0,9$; $p=0,001$).

Концентрация матриксной металлопротеиназы-9 в слезной жидкости и гомогенатах опухолевой ткани при различных морфологических вариантах опухолей слезной железы и в контрольной группе, *Me* (*IQR*)

Исследуемый материал			РСЖ	ЛСЖ	ПА	Контрольная группа
Слезная жидкость, нг/мл	Сторона исследования	опухоли	387,6 (299,2)	257,1 (215,9)	195,8 (325,8)	45,6 (28,7)
		здоровая	158,8 (158,8)	203,9 (181,1)	152,6 (381,5)	
Опухолевая ткань, нг/мг белка			39,7 (39,9)	89,3 (39,0)	60,8 (72,5)	–

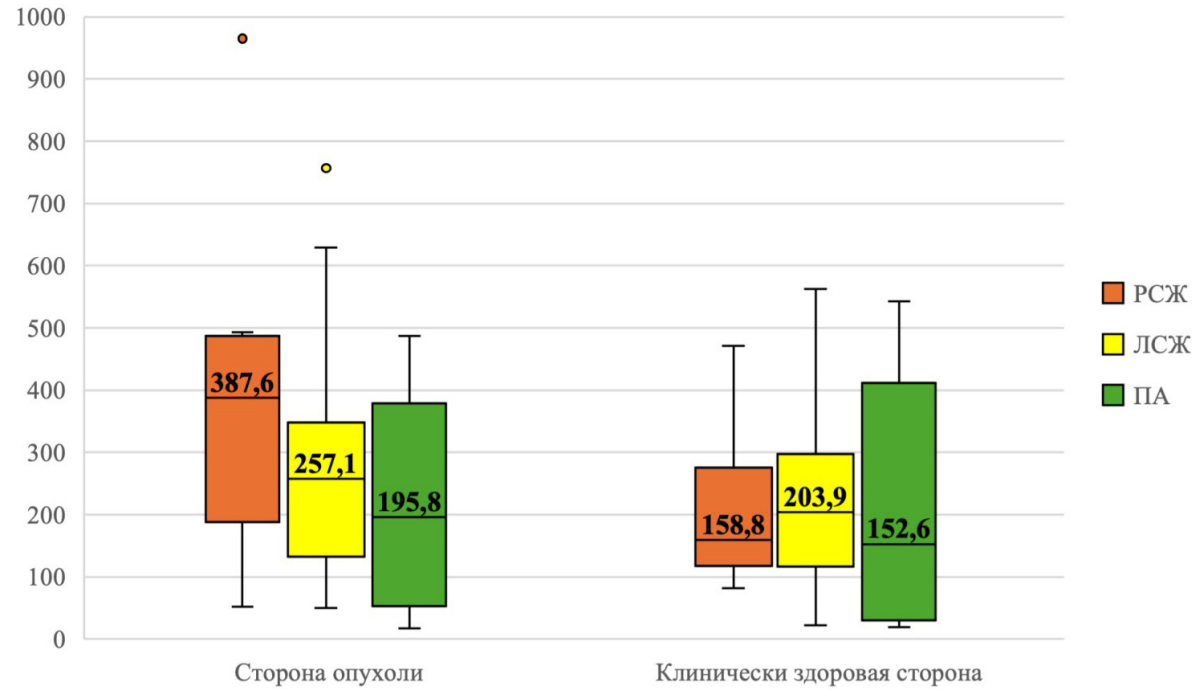


Рис. 2. Box-plot уровней матриксной металлопротеиназы-9 в слезной жидкости при раке слезной железы, лимфоме с поражением слезной железы и плеоморфной аденоме:сторона опухоли и клинически здоровая сторона

У пациентов с ЛСЖ *Me* концентрации ММП-9 в СЖ на стороне опухоли составила 257,1 (*IQR* 215,9) нг/мл, тогда как на контралатеральной здоровой стороне — 203,9 (*IQR* 181,1) нг/мл (p=0,04). При этом оба показателя значимо превышали таковые в контрольной группе (для обоих сравнений p<0,001).

В группе пациентов с ПА слезной железы *Me* уровня ММП-9 в СЖ на стороне опухоли была наименьшей по сравнению с РСЖ и ЛСЖ и составила 195,8 (*IQR* 325,8) нг/мл, однако превышала показатели контрольной группы (p=0,02). На контралатеральной стороне *Me* концентрации ММП-9 в СЖ составила 152,6 нг/мл (*IQR* 381,5) и также превышала значения контрольной группы, однако статистически значимых различий не получено ни при сравнении со стороной опухоли, ни при сопоставлении с контролем (во всех случаях p>0,05).

Экспрессия матриксной металлопротеиназы-9 в гомогенатах опухолевой ткани слезной железы. При оценке уровня ММП-9 в гомогенатах опухолевой ткани с учетом содержания общего белка наибольшие значения отмечены при ЛСЖ, где *Me* составила 89,3 (*IQR* 39,0) нг/мг белка. В группе пациентов с ПА *Me* уровня ММП-9 в опухолевой ткани составила 60,79 (*IQR* 72,5) нг/мг белка. Наименьшие значения тканевой экспрессии ММП-9 зафиксированы при РСЖ — *Me* 39,7 (*IQR* 39,9) нг/мг белка (рис. 3).

При оценке ассоциаций уровня ММП-9 в СЖ и опухолевой ткани с клинико-морфологическими признаками и клинико-анамнестическими параметрами статистически значимых различий и корреляционных связей не выявлено: во всех выполненных сравнениях и корреляционных анализах p превышал показатель 0,05.

Обсуждение. ММП-9 рассматривается как один из ключевых медиаторов канцерогенеза, вовлеченный в процессы опухолевой инвазии, ангиогенеза и формирования метастатического потенциала. Значимость ММП-9 в канцерогенезе подтверждена в ряде клинических и метааналитических исследованиях. Так, в метаанализе более чем 2500 пациентов с раком яичников повышенная экспрессия ММП-9 ассоциировалась с агрессивным течением заболевания, более поздними стадиями, лимфогенными метастазами и неблагоприятным прогнозом выживаемости [4]. В исследовании H. Zhang и соавт. [5] отмечено повышение ММП-9 в сыворотке крови у пациентов с раком легкого по сравнению с контролем, уровень которого коррелировал с рядом характеристик (стадией TNM — tumor, nodus, metastasis, степенью дифференцировки опухолевых клеток, поражением лимфатических узлов, курением). Y. Zeng и соавт. [6], анализируя экспрессию ММП-9 в тканях широкого спектра злокачественных новообразований, показали, что во многих видах опухолей она

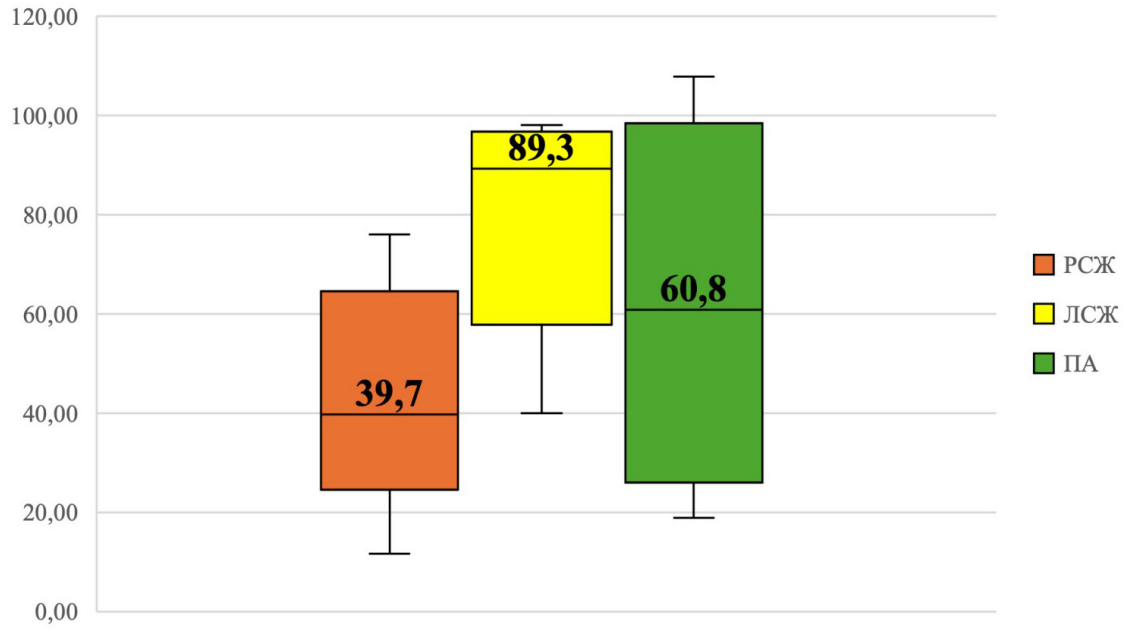


Рис. 3. Box-plot уровней матриксной металлопротеиназы-9 в гомогенатах опухолевой ткани при раке слезной железы, лимфоме с поражением слезной железы и плеоморфной аденоме

повышена по сравнению с нормальными тканями. При этом выраженность экспрессии варьировала в зависимости от стадии заболевания и в некоторых случаях, например при раке надпочечников и светлоклеточном почечно-клеточном раке, ассоциировалась с неблагоприятным витальным прогнозом.

В офтальмоонкологии ММП-9 также привлекала внимание как потенциальный диагностический и прогностический маркер. T. Wang и соавт. [14] при анализе открытых геномных баз показали, что у пациентов с увеальной меланомой именно ММП-9 обладает высокой прогностической значимостью. Они продемонстрировали, что его экспрессия в тканях увеальной меланомы ассоциирована с показателями выживаемости больных, что позволяет рассматривать данный фермент как потенциальный прогностический биомаркер и перспективную мишень для дальнейших исследований. Эти результаты согласуются с данными коллег из Новосибирска, которые показали, что при увеальной меланоме уровень ММП-9 в СЖ на стороне опухоли коррелирует с его уровнем на контралатеральной стороне, а также связан с концентрацией ММП-9 во внутриглазной жидкости [15]. При конъюнктивальной меланоме сверхэкспрессия ММП-9 отмечалась в опухолях толщиной более 1,5 мм, что авторы рассматривают как возможное отражение участия данного фермента в прогрессировании опухолевого процесса на более поздних стадиях [16]. В работах по ретинобластоме повышение экспрессии ММП-9 в ткани опухоли ассоциировалось с инвазией зрительного нерва и клинической стадией заболевания [17]. При внутриглазных лимфомах также описана экспрессия ММП-9 в опухолевой ткани, что связывают с механизмами инфильтративного роста [18]. Что касается ОСЖ, имеется ограниченное число исследований, посвященных оценке экспрессии ММП-9. В частности, при аденокистозной карциноме слезной железы иммуногистохимически определяемая экспрессия ММП-9 в опухолевой ткани ассоциировалась с гистологическим подтипом, включая решетчато-трубчатый и солидный варианты, а также с клиническими признаками агрессивного течения [19].

Нами впервые проведено исследование уровня ММП-9 в СЖ пациентов с ОСЖ и показано, что выраженность экспрессии фермента варьирует в зависимости от морфологического типа опухоли. Более выраженная экспрессия ММП-9 при злокачественных процессах отмечалась на стороне опухоли, при этом при РСЖ регистрировались как максимальные концентрации показателя на стороне опухоли, так и наиболее выраженная межсторонняя асимметрия по сравнению с контралатеральной стороной, что согласуется с ролью ММП-9 в ремоделировании внеклеточного матрикса и снижении барьерной функции базальной мембраны. Это создает условия для клеточной миграции и поддерживает инвазивно-инфильтративный рост опухоли. Менее выраженная межсторонняя асимметрия при ЛСЖ по сравнению с РСЖ может отражать особенности лимфопролиферативного поражения, для которого характерны более распространенный инфильтративный характер и значимый вклад клеток иммунного микроокружения в формирование протеолитической активности. Незначимое повышение ММП-9 в СЖ пациентов с ПА на стороне опухоли и отсутствие достоверной асимметрии между сторонами может быть связано с доброкачественным характером процесса и меньшей потребностью в интенсивной матриксной перестройке.

Результаты исследования ММП-9 в опухолевой ткани дополняют данные, полученные при анализе СЖ, и демонстрируют то, что тканевой профиль данного фермента может не воспроизводить профиль в СЖ. Обусловлено это тем, что уровень ММП-9 определяется вкладом нескольких клеточных популяций, концентрация ММП-9 при этом может существенно различаться в отдельных структурных зонах опухоли. Как отмечают F. Briest и соавт., на протяжении опухолеобразования и прогрессирования опухолевые клетки находятся в постоянном функциональном взаимодействии с окружающей соединительной тканью

и внеклеточным матриксом. При этом ММП нередко продуцируются не только опухолевыми клетками, но и клетками микроокружения, включая фибробласты и макрофаги, а протеолиз способствует прогрессированию опухоли как через ремоделирование матрикса, так и через высвобождение депонированных в нем факторов роста [20]. В связи с этим при ЛСЖ тканевые значения ММП-9 могут быть выше вследствие выраженного иммуноклеточного компонента и реактивного инфильтрата, тогда как при РСЖ экспрессия ММП-9 может носить очаговый характер и быть максимальной в зонах инвазии и опухолестромального взаимодействия, которые сглаживаются при анализе гомогената.

Мы предполагаем, что концентрация ММП-9 в СЖ, вероятно, отражает общую активность протеолитического каскада в опухолевом микроокружении, формируемую совокупным вкладом опухолевых и стромально-воспалительных клеток. Это предположение подтверждается отсутствием статистически значимых ассоциаций уровня ММП-9 с отдельными клинико-морфологическими признаками и анамнестическими данными. Следует также учитывать, что состав и функциональные характеристики микроокружения вариабельны и могут существенно различаться в зависимости от морфологического типа опухоли, степени дифференцировки и особенностей клеточных взаимодействий, что способно модифицировать уровень ММП-9.

Заключение. Полученные данные подтверждают диагностическую значимость определения ММП-9 в СЖ как неинвазивного маркера опухолеассоциированной протеолитической активности при ОСЖ, прежде всего при ее злокачественных морфологических вариантах. Тканевая экспрессия ММП-9 различалась в зависимости от морфологического типа опухоли и не полностью воспроизводила изменения, выявленные в СЖ. Таким образом, СЖ может рассматриваться как более чувствительный биологический субстрат для отражения локальной протеолитической активности при ОСЖ, тогда как исследование опухолевой ткани дополняет представления о патогенетических механизмах ремоделирования опухолевого микроокружения.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

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

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Egeblad M, Werb Z. New functions for the matrix metalloproteinases in cancer progression. Nat Rev Cancer. 2002;2(3):161-74. DOI:10.1038/nrc745

2. Kessenbrock K, Plaks V, Werb Z. Matrix metalloproteinases: regulators of the tumor microenvironment. Cell. 2010;141(1):52-67. DOI:10.1016/j.cell.2010.03.015

3. Augoff K, Hryniewicz-Jankowska A, Tabola R, et al. MMP9: A tough target for targeted therapy for cancer. Cancers (Basel). 2022;14(7):1847. DOI:10.3390/cancers14071847

4. Li LN, Zhou X, Gu Y, et al. Prognostic value of MMP-9 in ovarian cancer: A meta-analysis. Asian Pac J Cancer Prev. 2013;14(7):4107-13. DOI:10.7314/apjcp.2013.14.7.4107

5. Zhang H, Zhao B, Zhai ZG, et al. Expression and clinical significance of MMP-9 and P53 in lung cancer. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2021;25(3):1358-65. DOI:10.26355/eurrev_202102_24844

6. Zeng Y, Gao M, Lin D, et al. Prognostic and immunological roles of MMP-9 in pan-cancer. Biomed Res Int. 2022;2022:2592962. DOI:10.1155/2022/2592962

7. von Holstein SL. Tumours of the lacrimal gland. Epidemiological, clinical and genetic characteristics. Acta Ophthalmol. 2013;91 Thesis 6:1-28. DOI:10.1111/aos.12271

8. Andreasen S, Esmaeli B, Holstein SL, et al. An update on tumors of the lacrimal gland. Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2017;6(2):159-72. DOI:10.22608/APO.201707

9. Roy R, Yang J, Moses MA. Matrix metalloproteinases as novel biomarkers and potential therapeutic targets in human cancer. J Clin Oncol. 2009;27(31):5287-97. DOI:10.1200/JCO.2009.23.5556

10. Neroev VV, Saakyan SV, Katargina LA, et al. Features of the composition of cytokines of various biological effects in patients with uveal melanoma: Local changes in the lacrimal fluid. Part 1. Ophthalmology in Russia. 2022;19(1):156-66. (In Russ.) Нероев В.В., Саакян С.В., Катаргина Л.А. и др. Особенности состава цитокинов различного биологического действия у пациентов с увеальной меланомой: локальные изменения в слезной жидкости. Часть 1. Офтальмология. 2022;19(1):156-66. DOI:10.18008/1816-5095-2022-1-156-166

11. Ang T, Tong JY, Quigley C, Selva D. Tear inflammatory cytokine profiles in orbital inflammatory disease. Exp Eye Res. 2025;251:110205. DOI:10.1016/j.exer.2024.110205

12. Yue H, Meng FX, Zhang R, Qian J. Preliminary proteomic analysis of human tears in lacrimal adenoid cystic carcinoma and pleomorphic adenoma. Int J Ophthalmol. 2023;16(6):841-8. DOI:10.18240/ijo.2023.06.02

13. Zhou L, Seah LL, Chee E, et al. Integrating transcriptomics and proteomics of human lacrimal gland and tear fluid. ARVO Annual Meeting. 2008;49:5297. Abstract.

14. Wang T, Zhang Y, Bai J, Xue Y, Peng Q. MMP1 and MMP9 are potential prognostic biomarkers and targets for uveal melanoma. BMC Cancer. 2021;21(1):1068. DOI:10.1186/s12885-021-08788-3

15. Chernyavskaya MA, Efremov AV, Chernykh VV, et al. Matrix metalloproteinase-9 levels in tear and intraocular fluid in choroidal melanoma. Siberian Scientific Medical Journal. 2015;35(3):16-20. (In Russ.) Чернявская М.А., Ефремов А.В., Черных В.В. и др. Содержание матриксной металлопротеиназы-9 в слезной и внутриглазной жидкости при меланоме хориоидеи. Сибирский научный медицинский журнал. 2015;35(3):16-20.

16. Kim HK, Chae SW, Woo KI, Kim YD. Expression of matrix metalloproteinase (MMP)-2, MMP-9, and tissue inhibitor of MMP (TIMP)-1 in conjunctival melanomas and clinical implications. Jpn J Ophthalmol. 2010;54(3):221-6. DOI:10.1007/s10384-009-0793-1

17. Long H, Zhou B, Jiang FG. Expression of MMP-2 and MMP-9 in retinoblastoma and their significance. Int J Ophthalmol. 2011;4(5):489-91. DOI:10.3980/j.issn.2222-3959.2011.05.06

18. Fukutsu K, Kase S, Iwata D, et al. The expression of matrix metalloproteinases in eyes with intraocular lymphoma. Ocul Immunol Inflamm. 2022;30(7-8):1798-802. DOI:10.1080/09273948.2021.1957122

19. Zhang L, Zhang H, Song GX, et al. The expression of MMP-2 and MMP-9 in adenoid cystic carcinoma of lacrimal gland. Zhonghua Yan Ke Za Zhi. 2013;49(1):5863. (In Chinese). PMID:23601468

20. Briest F, Berndt A, Clement J, et al. Tumor-stroma interactions in tumorigenesis: Lessons from stem cell biology. Front Biosci (Elite Ed). 2012;4(5):1871-87. DOI:10.2741/509

Статья поступила в редакцию 17.03.2026; одобрена после рецензирования 13.05.2026; принята к публикации 19.06.2026.
The article was submitted 17.03.2026; approved after reviewing 13.05.2026; accepted for publication 19.06.2026.

Информация об авторах:

Ануш Гамлетовна Амирян *— главный научный сотрудник отдела офтальмоонкологии и радиологии, доцент кафедры непрерывного медицинского образования, доцент, доктор медицинских наук, amiryan@yandex.ru, ORCID 0000-0002-9284-4838;* ***Светлана Владимировна Саакян*** *— начальник отдела офтальмоонкологии и радиологии, заведующая учебной частью кафедры глазных болезней, член-корреспондент РАН, профессор, доктор медицинских наук, svsaakyan@yandex.ru, ORCID 0000-0001-8591-428X;* ***Мария Юрьевна Гусакова*** *— аспирант отдела офтальмоонкологии и радиологии, mashaguillem@mail.ru, ORCID 0009-0004-2585-7518;* ***Ольга Валерьевна Безнос*** *— научный сотрудник отдела патофизиологии и биохимии, olval211@mail.ru, ORCID 0000-0001-7557-4955;* ***Татьяна Аркадьевна Павленко*** *— руководитель отдела патофизиологии и биохимии, кандидат медицинских наук, patbio@inbox.ru, ORCID 0000-0001-8032-4248.*

Information about the authors:

Anush H. Amiryan *— Chief Researcher of the Ophthalmooncology and Radiology Division, Assistant Professor of the Department of Continuing Medical Education, Associate Professor, DSc, amiryan@yandex.ru, ORCID 0000-0002-9284-4838;* ***Svetlana V. Saakyan*** *— Head of the Ophthalmooncology and Radiology Division, Head of the Educational Department of Eye Diseases, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, DSc, svsaakyan@yandex.ru, ORCID 0000-0001-8591-428X;* ***Maria Yu. Gusakova*** *— Post-Graduate Student of the Ophthalmooncology and Radiology Division, mashaguillem@mail.ru, ORCID 0009-0004-2585-7518;* ***Olga V. Beznos*** *— Researcher of the Pathophysiology and Biochemistry Division, olval211@mail.ru, ORCID 0000-0001-7557-4955;* ***Tatiana A. Pavlenko*** *— Head of the Pathophysiology and Biochemistry Division, PhD, patbio@inbox.ru, ORCID 0000-0001-8032-4248.*

УДК 617.73
EDN: CXEAWZ
https://doi.org/10.15275/ssmj2203301

Оригинальная статья
Original article

ВЛИЯНИЕ ПАРСПЛАНАРНОЙ ВИТРЭКТОМИИ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ПАЦИЕНТОВ С ВИТРЕОРЕТИНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

Д.А. Коняев[1], О.Л. Фабрикантов[1, 2]

[1]Тамбовский филиал ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр "Межотраслевой научно-технический комплекс 'Микрохирургия глаза' им. акад. С.Н. Фёдорова"» Минздрава России, Тамбов, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина», Тамбов, Россия

THE EFFECT OF *PARS PLANA* VITRECTOMY ON THE QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH VITREORETINAL PATHOLOGY

D.A. Konyaev[1], O.L. Fabrikantov[1, 2]

[1]S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Tambov branch, Tambov, Russia
[2]Tambov State University n. a. G.R. Derzhavin, Tambov, Russia

Для цитирования: ***Коняев Д.А., Фабрикантов О.Л.*** **Влияние парспланарной витрэктомии на качество жизни пациентов с витреоретинальной патологией. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 301-305. EDN: CXEAWZ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203301**

Аннотация. *Цель:* оценка качества жизни (КЖ), связанного со зрением, у пациентов, перенесших парспланарную витрэктомию. *Материал и методы*. В исследование включено 35 глаз 35 пациентов с эпиретинальной мембраной, которым выполнена парспланарная витрэктомия в течение 2024–2025 гг. Изучение КЖ проводили до выполнения операции и через 3 мес после парспланарной витрэктомии по опроснику National Eye Institute Visual Functioning Questionnaire-25. *Результаты*. Наиболее существенно через 3 мес после выполнения парспланарной витрэктомии КЖ повысилось по таким показателям как общие показатели зрения на 15,1% (p=0,027), зрение вблизи — на 14,4% (p=0,012), зрение вдаль — на 13,2% (p=0,008). При выполнении корреляционного анализа установлено наличие умеренной прямой связи между максимально корригированной остротой зрения и показателями КЖ как зрение вблизи (r=0,49; p=0,013) и зрение вдаль (r=0,38; p=0,046). *Заключение.* Парспланарная витрэктомия и удаление эпиретинальной мембраны у пациентов с витреоретинальной патологией статистически значимо через 3 мес после операции улучшает КЖ по таким показателям, как зрение вблизи, зрение вдаль и общее зрение.

Ключевые слова: качество жизни, парспланарная витрэктомия, витреоретинальная патология, эпиретинальная мембрана

For citation: ***Konyaev DA, Fabrikantov OL.*** **The effect of *pars plana* vitrectomy on the quality of life of patients with vitreoretinal pathology. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 301-305. (In Russ.) EDN: CXEAWZ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203301**

Abstract. *Objective:* to assessment of vision-related quality of life in patients undergoing *pars plana* vitrectomy. *Material and methods*. The study included 35 eyes of 35 patients with epiretinal membrane who underwent *pars plana* vitrectomy during 2024–2025. The quality of life was studied before the operation and 3 months after the *pars plana* vitrectomy using the National Eye Institute Visual Functioning Questionnaire-25. *Results.* Most significantly, 3 months after *pars plana* vitrectomy, the quality of life increased by such indicators as overall vision by 15.1% (p=0.027), near vision by 14.4% (p=0.012), distant vision by 13.2% (p=0.008). Correlation analysis revealed a moderate direct relationship between maximally corrected visual acuity and quality of life indicators such as near vision (r=0,49; p=0,013) and distant vision (r=0,38; p=0,046). *Conclusion. Pars plana* vitrectomy and removal of the epiretinal membrane in patients with vitreoretinal pathology statistically significantly improves the quality of life 3 months after surgery in terms of such indicators as near vision, distant vision and general vision.

Keywords: quality of life, *pars plana* vitrectomy, vitreoretinal pathology, epiretinal membrane

© Коняев Д.А., Фабрикантов О.Л., 2026

Введение. Витреоретинальная хирургия в настоящее время широко используется для лечения заболеваний стекловидного тела и сетчатки глаза с целью восстановления анатомической целостности и функциональности заднего отдела глаза и самое главное — для сохранения зрительной функции [1].

Витрэктомия, по мнению некоторых исследователей [1, 2], может способствовать улучшению качества жизни (КЖ). Всемирная организация здравоохранения определяет КЖ как восприятие человеком своей культуры, ценностей, в которых он живет, своих ожиданий, норм и забот. Оно включает в себя как объективные компоненты, так и материальные обстоятельства жизни, например болезнь, боль, инвалидность и другие факторы, а также субъективные компоненты, которые в основном представляют собой степень удовлетворенности и восприятие условий жизни [3].

В настоящее время недостаточно оценивать только остроту и поле зрения как показатели успеха операции, но и необходимо учитывать КЖ, воспринимаемое после операции на глазах.

В офтальмологии традиционные объективные клинические показатели, такие как острота зрения, все чаще дополняются оценкой восприятия пациентами своей зрительной функции и КЖ. Опросник зрительных функций 25 Национального института глаз (NEI, США) — National Eye Institute Visual Functioning Questionnaire-25 (NEI-VFQ-25), состоящий из 25 пунктов, представляет собой инструмент оценки КЖ, связанный со зрением (VR-QOL), предназначенный для оценки восприятия пациентами своей зрительной функции и КЖ [4, 5]. NEI VFQ-25 используется для отслеживания результатов лечения многих глазных заболеваний, таких как катаракта, глаукома, возрастная макулярная дегенерация, диабетическая ретинопатия, регматогенная отслойка сетчатки и кератоконус [6, 7].

Несмотря на обилие опубликованных материалов, касающихся визуальных результатов удаления эпиретинальной мембраны, ее влияние на КЖ пациентов в специальной литературе не описано. Традиционные методы оценки остроты зрения могут быть недостаточны для получения необходимой информации об аспектах зрительной функции, которые могут иметь решающее значение для повседневной деятельности пациентов. Функциональная оценка и опросники КЖ, связанного со зрением, приобретают популярность как эффективные инструменты для измерения влияния офтальмологических заболеваний или методов лечения на способность пациентов выполнять зрительные задачи.

Цель — оценка КЖ, связанного со зрением, у пациентов, перенесших парспланарную витрэктомию.

Материал и методы. В исследование включено 35 глаз 35 пациентов с эпиретинальной мембраной, которым в условиях высокотехнологичного специализированного офтальмологического центра микрохирургии глаза выполнена парспланарная витрэктомия в течение 2024–2025 гг. Среди пациентов, участвовавших в исследовании, были 21 женщина и 14 мужчин. Средний возраст включенных в исследование составил 68,1±4,7 года.

Парспланарная витрэктомия выполнялась пациентам одним офтальмологом-хирургом под местной анестезией. Хрусталик удалялся методом факоэмульсификации, при необходимости — имплантацией внутриглазной линзы, после чего проводилась витрэктомия. Применялась стандартная трехпортовая витрэктомия 20-го калибра. При использовании обычных контактных линз выполнялась задняя гиалоидная сепарация и удаление задней стекловидной мембраны. Эпиретинальная мембрана отделялась от макулы с помощью крючка и внутриглазных щипцов. Проводилось периферическое обследование сетчатки с помощью склеральной депрессии для выявления разрыва сетчатки или диализа. При обнаружении ятрогенного разрыва сетчатки и/или ее отслойки проводился воздушно-жидкостный обмен.

Перед включением в исследование всем пациентам была разъяснена его суть, и было получено их письменное информированное согласие.

Эпиретинальная мембрана определялась как полупрозрачная мембрана с утолщением макулы, затрагивающая центр макулы, с деформацией и сморщиванием внутренней поверхности сетчатки или без них, что было подтверждено биомикроскопией и оптической когерентной томографией. Критерии исключения включали пациентов с предшествующей историей витреоретинальной хирургии и офтальмологическими заболеваниями, за исключением легких рефракционных нарушений и катаракты. Из исследования также были исключены глаза со вторичной эпиретинальной мембраной, обусловленной сосудистыми заболеваниями сетчатки, увеитом, травмой и разрывами сетчатки.

Изучение КЖ проводили до выполнения парспланарной витрэктомии и через 3 мес после операции по опроснику NEI-VFQ-25 [4, 5], соответственно, пациенты заполняли данный опросник дважды. Предоперационное заполнение опросника NEI VFQ-25 проводили за 1–2 дня до хирургического вмешательства. Сотрудники исследовательского центра разъясняли пациентам содержание опросника, давали устные инструкции и оказывали необходимую помощь. Сотрудники исследовательского центра заполненные анкеты проверяли на наличие пропущенных данных. Перед операцией все пропущенные пункты заполнялись самими пациентами.

Опросник NEI VFQ-25 состоит из 25 пунктов, в которых пациенты должны оценить уровень сложности конкретных зрительных симптомов или повседневной деятельности. Каждый пункт относится к одной из 12 подшкал, а именно: общее состояние здоровья, общее зрение, боль в глазах, зрению вблизи, зрению вдаль, социальное функционирование, психическое здоровье, трудности в выполнении ролевых функций, зависимость от окружающих, вождение автомобиля, цветовое восприятие зрения и периферическое зрение. Подшкалы оцениваются по 0–100-балльной шкале, где результат «100» означает максимально возможный уровень функционирования или минимальное субъективное нарушение.

Статистический анализ был выполнен в программе Statistica 17.0 (StatSoft, США) и включал определение среднего балла по каждой субшкале и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$), так как распределение данных было нормальным по критерию Шапиро – Уилка. Для оценки связи показателей КЖ с максимально корригированной остротой зрения (МКОЗ) использовали корреляционный метод с расчетом коэффициента Спирмена. Величина коэффициента корреляции оценивалась в соответствии с общепринятыми требованиями: при r=0,0–0,3 связь

Ответственный автор — Дмитрий Александрович Коняев
Corresponding author — Dmitry A. Konyaev
E-mail: naukatmb@mail.ru

считалась слабой, при r=0,31–0,7 – умеренной, при r>0,71 – сильной [8]. При статистическом анализе по критерию Шапиро – Уилка установлено нормальное распределение показателей. Различие между показателями оценивалось по критерию Манна – Уитни и принималось значимым при p<0,05.

Результаты. Полученные результаты по опроснику NEI-VFQ-25 до парспланарной витрэктомии и через 3 мес после ее проведения представлены в таблице. Наиболее существенно через 3 мес после выполнения парспланарной витрэктомии повысились такие показатели КЖ, как общие показатели зрения на 15,1% (p=0,027), зрение вблизи — на 14,4% (p=0,012), зрение вдаль — на 13,2% (p=0,008) со статистически достоверным различием к средним величинам данных показателей, зарегистрированных в дооперационный период. В меньшей степени относительно названных показателей КЖ улучшились со статистически значимым различием к дооперационному периоду показатели психологического здоровья, способности вождения автомобиля. Среди анализированных элементов КЖ анкеты NEI-VFQ-25 не изменились только 2 показателя — боль в глазах и общее состояние здоровья.

Следовательно, выполненная парспланарная витрэктомия существенно улучшает показатели КЖ, ассоциированные со зрительными функциями. Это подтверждается и суммарным баллом КЖ пациентов, которым проведена парспланарная витрэктомия. Суммарный балл КЖ через 3 мес после выполнения парспланарной витрэктомии достоверно увеличился с исходного 64,8±3,5 до 75,3±4,1 балла (p=0,018).

Парспланарная витрэктомия значительно улучшила не только КЖ пациентов, но и привела к достоверному повышению МКОЗ с 0,2±0,011 до 0,4±0,013 балла (p=0,012). Снижение МКОЗ не отмечено ни у одного пациента. Не выявлено также различий в показателях КЖ в зависимости от пола до операции и через 3 мес после парспланарной витрэктомии.

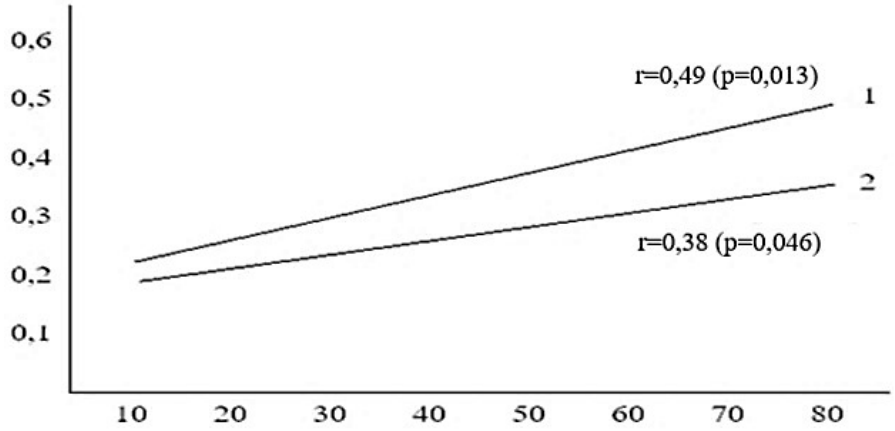
При выполнении корреляционного анализа установлено наличие умеренной прямой связи между МКОЗ и показателями КЖ как зрение вблизи и зрение вдаль (рисунок).

Более тесная прямая ассоциация выявлена между МКОЗ и зрением вблизи, чем между МКОЗ и зрением вдаль.

Обсуждение. Проведенное исследование показало, что парспланарная витрэктомия значительно повышает не только суммарный балл КЖ пациентов, но и влияет на показатели КЖ, связанные со зрением: зрение вблизи, зрение вдаль, общие показатели зрения. В других единичных исследованиях установлено

Оценка по подшкалам опросника National Eye Institute Visual Functioning Questionnaire-25 у пациентов с эпиретинальной мембраной до операции и после нее, *M*±*SD*, балл

Показатель	Перед операцией	Через 3 мес	*p*
Общее состояние здоровья	55,4±1,4	53,5±1,5	0,786
Общие показатели зрения	53,1±1,8	68,2±1,1	0,027
Боль в глазах	74,6±1,7	87,3±1,2	0,013
Зрение вблизи	53,7±1,7	68,1±1,9	0,012
Зрение вдаль	58,2±1,5	71,4±1,6	0,008
Социальное функционирование	68,3±1,9	80,5±1,8	0,011
Психическое здоровье	65,6±1,6	77,1±1,3	0,014
Ролевые трудности	64,5±1,8	74,4±2,0	0,008
Зависимость от окружающих	75,2±1,9	87,6±1,1	0,022
Вождение	62,8±2,0	75,5±1,7	0,016
Цветовое восприятие зрения	77,8±1,4	87,4±1,2	0,009
Периферическое зрение	68,1±1,6	72,5±1,7	0,624



Корреляция между максимально корригированной остротой зрения и показателями качества жизни.
По оси абсцисс — максимально корригированная острота зрения, по оси ординат — показатели качества жизни;
1 – зрение вблизи, 2 – зрение вдаль

улучшение КЖ на 16 баллов по аналогичной шкале NEI-VFQ-25 через 3 мес после витрэктомии у пациентов с запущенной диабетической ретинопатией на 9 баллов у пациентов с регматогенной отслойкой сетчатки и на 6 баллов у пациентов, перенесших операцию по другим причинам. Тип воздушно-газовой тампонады показал лучшие показатели КЖ по сравнению с тампонадой силиконом, что может быть связано с тем, что его использование, как правило, ограничено наиболее сложными случаями заболеваний сетчатки, у которых отмечается более низкое КЖ, связанное со зрением. Кроме того, выявлена корреляция между пожилым возрастом и улучшением показателей КЖ после операции, особенно у пациентов с диабетической ретинопатией [9].

Общий балл КЖ при регматогенной отслойке сетчатки составил 80 баллов у женщин и 74,7 у мужчин при наблюдении в течение 6 мес, по данным E. Smretschnig и соавт., наибольшие различия по сравнению с контрольной группой наблюдались в отношении общего зрения, психического здоровья, социальной функциональности, вождения и цветового зрения [10], с одной стороны. С другой стороны, сообщалось о различии через 3 мес у прооперированных пациентов по сравнению с контрольной группой в отношении зрения вблизи, периферического зрения, зависимости и психического здоровья, что совпадает с результатами Y. Du и соавт. [11], хотя в данном исследовании анкетирование проводилось за день до операции.

При эпиретинальных мембранах витрэктомия значительно улучшила компоненты КЖ, являясь наиболее важным послеоперационным улучшением среди изученных патологий. Результаты, по-видимому, напрямую связаны с наличием и тяжестью предоперационной метаморфопсии, но не с остротой зрения, контрастной чувствительностью или центральной толщиной макулы [12]. Напротив, сообщается об улучшении восприятия метаморфопсии после операции и считается, что исходная острота зрения коррелирует с исходным баллом VFQ-25, однако в этом исследовании острота зрения значительно не улучшилась после операции, и улучшение наблюдалось только в отношении зрения вдаль, общего зрения и общего балла КЖ [13]. В другом исследовании сообщается, что наибольшее улучшение через 3 мес после операции наблюдалось в отношении зрительной функции, общего зрения, выполнения действий вблизи, трудностей в выполнении ролевых функций и суммарного балла, тогда как через 12 мес улучшение отмечалось в отношении восприятия метаморфопсии, общего зрения, выполнения действий вблизи и вдаль, психического здоровья, трудностей в выполнении ролевых функций и суммарного балла [14]. В данном исследовании не обнаружено различий в КЖ до операции и после таковой при данной патологии, которая была включена в число других причин витрэктомии. Единственным статистически значимым показателем было уменьшение боли в глазу после операции в течение 1-го месяца. Однако для оценки КЖ и его корреляции с результатами теста зрительной функции необходим дальнейший анализ.

Важно учитывать КЖ как один из факторов успеха хирургического лечения, который, как наблюдается, улучшается после операций по поводу витреоретинальной патологии сетчатки, что более заметно у пациентов старшего возраста (43% изменений через 1 мес) и в 47% случаев через 3 мес после вмешательства, что составляет 30-процентное изменение КЖ по сравнению с периодом до витрэктомии.

Заключение. Парспланарная витрэктомия и удаление эпиретинальной мембраны у пациентов с витреоретинальной патологией статистически значимо повышают суммарный балл КЖ и многие составляющие КЖ через 3 мес после операции, среди которых наиболее существенно улучшается КЖ по таким показателям, как зрение вблизи, зрение вдаль и общее зрение. Выполненная парспланарная витрэктомия значительно улучшила МКОЗ у всех пациентов. С улучшением МКОЗ установлена умеренная прямая достоверная связь с такими показателями КЖ, как зрение вблизи и зрение вдаль.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

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

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (список источников)

1. Stebnev SD, Stebnev VS, Malov IV, et al. Options for vitreoretinal surgery in patients with epiretinal membrane and foveoschisis. Point of view. East — West. 2024;11(4):62-7. (In Russ.) Стебнев С.Д., Стебнев В.С., Малов И.В. и др. Варианты витреоретинальной хирургии у пациентов с эпиретинальной мембраной и фовеошизисом. Точка зрения. Восток — Запад. 2024;11(4):62-7. DOI:10.25276/2410-1257-2024-4-62-67

2. Yusef YuN, Petrachkov DV, Korobov EN. The development of laser technologies in vitreoretinal surgery (publications review). Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine. 2023;31(2):210-4. (In Russ.) Юсеф Ю.Н., Петрачков Д.В., Коробов Е.Н. Развитие лазерных технологий в витреоретинальной хирургии (обзор литературы). Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2023;31(2):210-4. DOI:10.32687/0869-866X-2023-31-2-210-214

3. Haraldstad K, Wahl A, Andenæs R, et al. A systematic review of quality of life research in medicine and health sciences. Qual Life Res. 2019;28(10):2641-50. DOI:10.1007/s11136-019-02214-9

4. Popova NV, Aksenov VV, Konyaev DA. The quality of life of elderly patients after cataract ultrasound phacoemulsification. Current Problems of Health Care and Medical Statistics. 2020;3:415-27. (In Russ.) Попова Н.В., Аксёнов В.В., Коняев Д.А. Качество жизни пожилых больных катарактой после ультразвуковой факоэмульсификации. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2020;3:415-27. DOI:10.24411/2312-2935-2020-00083

5. Illarionova AR. Study of the quality of life in patients with glaucoma. Russian Annals of Ophthalmology. 2003;119(3):11-5. (In Russ.) Илларионова А.Р. Исследование качества жизни у больных глаукомой. Вестник офтальмологии. 2003;119(3):11-5. EDN:TUDHUZ

6. Agarkov NM, Chukhraev AM, Fabrikantov OL, Yablokova NV. Reduced quality of life in elderly patients with glaucoma. Ophthalmology in Russia. 2021;18(3):527-31. (In Russ.) Агарков Н.М., Чухраёв А.М., Фабрикантов О.Л., Яблокова Н.В. Снижение качества жизни у пожилых пациентов с глаукомой. Офтальмология. 2021;18(3):527-31. DOI:10.18008/1816-5095-2021-3-527-531

7. Agarkov NM, Yablokov MM, Konyaev DA, Popova EV. Effect of ultrasonic phacoemulsification on the quality of life of patients with nuclear-cortical cataract. Ophthalmology in Russia. 2021;18(2):325-30. (In Russ.) Агарков Н.М., Яблоков М.М.,

Коняев Д.А., Попова Е.В. Влияние ультразвуковой факоэмульсификации на качество жизни пожилых пациентов с ядерно-кортикальной катарактой. Офтальмология. 2021;18(2):325-30. DOI:10.18008/1816-5095-2021-2-325-330

8. Kutsenko GI, Vyalkov AI, Agarkov NM, et al. Public health and healthcare: A course of lectures. Moscow, 2002; 542 p. (In Russ.) Куценко Г.И., Вялков А.И., Агарков Н.М. и др. Общественное здоровье и здравоохранение: курс лекций. М., 2002; 542 с.

9. Márquez-Vergara IS, Ríos-Nequis GJ, Pita-Ortíz IY, et al. Vision-related quality of life after surgery for vitreoretinal disorders in a Mexican population: An observational study. Sci Rep. 2023;13(1):4885. DOI:10.1038/s41598-023-32152-z

10. Smretschnig E, Falkner-Radler CI, Binder S, et al. Vision-related quality of life and visual function after retinal detachment surgery. Retina. 2016;36(5):967-73. DOI:10.1097/iae.0000000000000817

11. Du Y, Mo XH, Li XL, et al. Vision-related quality of life and depression in rhegmatogenous retinal detachment patients. Medicine (Baltimore). 2019;98(4):e14225. DOI:10.1097/md.0000000000014225

12. Okamoto F, Okamoto Y, Hiraoka T, et al. Effect of vitrectomy for epiretinal membrane on visual function and vision-related quality of life. Am J Ophthalmol. 2009;147(5):869-74. DOI:10.1016/j.ajo.2008.11.018

13. Ghazi-Nouri SM, Tranos PG, Rubin GS, et al. Visual function and quality of life following vitrectomy and epiretinal membrane peel surgery. Br J Ophthalmol. 2006;90(5):559-62. DOI:10.1136/bjo.2005.085142

14. Matsuoka Y, Tanito M, Takai Y, et al. Visual function and vision-related quality of life after vitrectomy for epiretinal membranes: A 12-month follow-up study. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2012;53(6):3054-8. DOI:10.1167/iovs.11-9153

Статья поступила в редакцию 01.04.2026; одобрена после рецензирования 09.06.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 01.04.2026; approved after reviewing 09.06.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Дмитрий Александрович Коняев *— заведующий операционным блоком, кандидат медицинских наук, naukatmb@mail.ru, ORCID 0000-0003-1251-8977;* ***Олег Львович Фабрикантов*** *— директор, заведующий кафедрой офтальмологии Института медицины и здоровьесбережения, профессор, доктор медицинских наук, fabr-mntk@yandex.ru, ORCID 0000-0003-0097-991X.*

Information about the authors:

Dmitry A. Konyaev *— Head of the Operating Unit, PhD, naukatmb@mail.ru, ORCID 0000-0003-1251-8977;* ***Oleg L. Fabrikantov*** *— Director, Head of the Ophthalmological Department of the Institute of Medicine and Health Preservation, Professor, DSc, fabr-mntk@yandex.ru, ORCID 0000-0003-0097-991X.*

УДК 617.735-007.281-089
EDN: EGGTQZ
https://doi.org/10.15275/ssmj2203305

Оригинальная статья
Original article

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕПАРАЦИИ ПОСЛЕ АУТОТРАНСПЛАНТАЦИИ НЕЙРОСЕНСОРНОЙ СЕТЧАТКИ ПРИ ГИГАНТСКИХ ИДИОПАТИЧЕСКИХ МАКУЛЯРНЫХ РАЗРЫВАХ

А.И. Степаненко, Р.Р. Файзрахманов, К.И. Коновалова, В.Н. Бородкина

ФГБУ «Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

MORPHOMETRIC MODEL OF REPARATION FOLLOWING AUTOLOGOUS NEUROSENSORY RETINAL TRANSPLANTATION FOR GIANT IDIOPATHIC MACULAR HOLES

A.I. Stepanenko, R.R. Fayzrakhmanov, K.I. Konovalova, V.N. Borodkina

Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia

Для цитирования: ***Степаненко А.И., Файзрахманов Р.Р., Коновалова К.И., Бородкина В.Н.*** **Морфометрическая модель репарации после аутотрансплантации нейросенсорной сетчатки при гигантских идиопатических макулярных разрывах. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 305-311. EDN: EGGTQZ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203305**

Аннотация. *Цель:* разработать морфометрическую модель структурной интеграции аутотрансплантата нейросенсорной сетчатки при гигантских идиопатических макулярных разрывах на основе данных оптической когерентной томографии. *Материал и методы.* В проспективное сравнительное исследование включены 127 пациентов (127 глаз). Сформированы 3 группы: аутотрансплантация «край в край» (*n*=33), «нахлест» (*n*=31) и пластика свободным лоскутом внутренней пограничной мембраны (*n*=63). Оптическую когерентную томографию выполняли до операции и через 1, 3, 6 и 12 мес после нее. Оценивали индекс возвышения краев макулярного разрыва (HEI), толщину сетчатки вне зоны отека (MRTOE), индекс компрессии аутотрансплантата (FCI), индекс компрессии донорской зоны (FSCI). *Результаты.* Выделены этапы ранней адаптации, структурной интеграции и морфологического ремоделирования. Через 12 мес HEI височного края снизился с 378,10±15,47 до 230,03±5,82 мкм в 1-й группе, с 373,13±15,69 до 343,29±12,02 мкм — во 2-й и с 373,96±15,08 до 296,5±14,6 мкм — в 3-й группе. Для показателя MRTOE височного отдела выявлено взаимодействие факторов «время×группа» (*p*<0,001). FCI к 12 мес составил 1463,55±183,52 и 1524,45±132,91 мкм в 1-й и 2-й группах; FSCI — 1144,64±202,96 и 1196,45±138,22 мкм соответственно. *Заключение.* Разработанная морфометрическая модель позволяет количественно характеризовать последовательные этапы послеоперационной репарации и структурной интеграции аутотрансплантата.

Ключевые слова: макулярный разрыв, витреоретинальная хирургия, аутотрансплантация сетчатки, оптическая когерентная томография

© Степаненко А.И., Файзрахманов Р.Р., Коновалова К.И., Бородкина В.Н., 2026

For citation: *Stepanenko AI, Fayzrakhmanov RR, Konovalova KI, Borodkina VN.* Morphometric model of reparation following autologous neurosensory retinal transplantation for giant idiopathic macular holes. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 305-311. (In Russ.) EDN: EGGTQZ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203305

Abstract. *Objective:* to develop an optical coherence tomography-based morphometric model of structural integration of an autologous neurosensory retinal graft in giant idiopathic macular holes. *Material and methods.* This prospective comparative study included 127 patients (127 eyes). Three groups were formed: edge-to-edge autologous retinal transplantation (*n*=33), overlap transplantation (*n*=31), and free internal limiting membrane flap repair (*n*=63). Optical coherence tomography was performed preoperatively and at 1, 3, 6, and 12 months. HEI (height elevation index), MRTOE (mean reference thickness over edema), FCI (flap compression index), and FSCI (flap site compression index) were assessed. *Results.* Three stages were identified: early adaptation, structural integration, and morphological remodeling. At 12 months, HEI-t decreased from 378.10±15.47 to 230.03±5.82 μm in group 1, from 373.13±15.69 to 343.29±12.02 μm in group 2, and from 373.96±15.08 to 296.5±14.6 μm in group 3. A significant time × group interaction was found for MRTOE-t (p<0.001). At 12 months, FCI was 1463.55±183.52 and 1524.45±132.91 μm in groups 1 and 2, respectively; FSCI was 1144.64±202.96 and 1196.45±138.22 μm, respectively. *Conclusion.* The developed morphometric model enables quantitative characterization of sequential stages of postoperative repair and structural graft integration.

Keywords: macular hole, vitreoretinal surgery, autologous retinal transplantation, optical coherence tomography

Введение. Несмотря на значительный прогресс витреоретинальной хирургии, лечение гигантских идиопатических макулярных разрывов (МР) продолжает оставаться одной из наиболее сложных задач современной офтальмологии. По мере увеличения размеров МР снижается вероятность достижения оптимальных анатомических и функциональных результатов, что ограничивает эффективность традиционных хирургических методик [1, 2]. В связи с этим в последние годы все более широкое применение получает аутотрансплантация нейросенсорной сетчатки, позволяющая добиться успешного закрытия макулярного дефекта даже при гигантских размерах МР [3, 4].

Большинство опубликованных исследований посвящено оценке частоты анатомического закрытия МР и динамики максимально корригированной остроты зрения (МКОЗ) [5]. Однако процессы структурной адаптации и интеграции аутотрансплантата, а также закономерности ремоделирования сетчатки в послеоперационный период остаются недостаточно изученными [6]. Это ограничивает возможности объективной оценки эффективности различных хирургических методик и прогнозирования результатов лечения [7].

Современная оптическая когерентная томография (ОКТ) позволяет детально визуализировать микроструктуру сетчатки и количественно оценивать послеоперационные изменения. Однако существующие морфометрические параметры характеризуют преимущественно отдельные анатомические особенности макулярной области и не отражают комплексный процесс репарации после аутотрансплантации нейросенсорной сетчатки [8, 9].

В связи с этим представляется актуальным разработать морфометрическую модель репарации, основанную на комплексной оценке структурных изменений области трансплантации и донорской зоны. Такой подход позволит объективизировать процессы послеоперационного ремоделирования тканей и оценить закономерности структурной интеграции аутотрансплантата.

Цель — разработать морфометрическую модель структурной интеграции аутотрансплантата нейросенсорной сетчатки при гигантских идиопатических МР на основе ОКТ-данных.

Материал и методы. В проспективное сравнительное исследование были включены 127 пациентов (127 глаз) с гигантскими идиопатическими МР, проходивших хирургическое лечение в период с 2025 по 2026 г. В зависимости от примененной хирургической методики пациенты разделены на 3 группы. В 1-ю группу вошли 33 пациента, которым выполняли аутотрансплантацию нейросенсорной сетчатки по методике «край в край»; во 2-ю группу — 31 пациент после аутотрансплантации нейросенсорной сетчатки по методике «нахлест»; в 3-ю группу — 63 пациента, которым выполняли пластику МР свободным лоскутом внутренней пограничной мембраны (free ILM flap) (табл. 1).

Всем пациентам проводили стандартное офтальмологическое обследование, включавшее определение МКОЗ, биомикро-, офтальмоскопию, тонометрию, ОКТ макулярной области. Обследование выполняли до хирургического лечения, а также через 1, 3, 6 и 12 мес после операции (см. рис. 1 на с. 308).

Для оценки процессов послеоперационной репарации выполняли последовательный анализ морфометрических показателей макулярной области по данным ОКТ. Изучали HEI, MRTOE, REA, а также разработанные количественные показатели: индекс компрессии аутотрансплантата (flap compression index — FCI), индекс компрессии донорской зоны (flap site compression index — FSCI).

На основании комплексной оценки динамики морфометрических параметров разработана морфометрическая модель репарации после аутотрансплантации нейросенсорной сетчатки, отражающая последовательные этапы структурной адаптации, интеграции трансплантата и ремоделирования донорской зоны.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием IBM SPSS Statistics 27 (IBM Corp., США). Количественные данные представляли с использованием показателей параметрической и непараметрической описательной статистики: среднего значения и стандартного отклонения (*M*±*SD*), а также медианы и межквартильного размаха *Me* [Q_1; Q_3], что позволяло представить как средние значения и вариабельность показателей, так и их положение и разброс без зависимости от крайних значений. Для оценки различий между 3 исследуемыми группами применяли дисперсионный анализ (analysis of variance — ANOVA). При выявлении статистически значимых межгрупповых различий выполняли апостериорные попарные сравнения с использованием критерия Шеффе. Динамику исследуемых показателей в послеоперационный период оценивали с использованием дисперсионного анализа с повторными измерениями (repeated measures ANOVA, общая линейная модель) с оценкой факторов «время», «группа»и взаимодействия «время×группа». Различия считали статистически значимыми при p<0,05.

Ответственный автор — Анастасия Ильинична Степаненко
Corresponding author — Anastasia I. Stepanenko
E-mail: anasatasiae@yandex.ru

Таблица 1

Дооперационные показатели исследуемых групп

Показатель	Группа	До лечения	*p*
NMHW	1-я	976,85±103,22; 962 [918; 998]	0,883
	2-я	998,42±109,22; 955 [921; 1024]	
	3-я	984,87±85,7; 946 [912; 1047]	
LMHS	1-я	1694,85±167,78; 1682 [1638; 1739]	0,605
	2-я	1669,45±120,85; 1672 [1593; 1750]	
	3-я	1661,14±166,21; 1628 [1572; 1715]	
VND-t	1-я	193,82±10,63; 196 [187; 202]	p<0,001 p_{12}=0,001 p_{13}=0,0 p_{23}=0,943
	2-я	181,39±11,9; 183 [173; 191]	
	3-я	180,44±13,71; 181 [167; 194]	
VND-n	1-я	164,06±17,81; 160 [152; 172]	p<0,001 p_{12}=0,001 p_{13}=0,61 p_{23}=0,003
	2-я	176,87±10,14; 177 [169; 181]	
	3-я	166,87±11,47; 166 [159; 171]	
RND-t	1-я	184,27±8,87; 188 [176; 192]	p<0,001 p_{12}=0,005 p_{13}=0,0 p_{23}=0,668
	2-я	191,74±9,93; 190 [184; 200]	
	3-я	193,51±8,48; 193 [186; 201]	
RND-n	1-я	217,37±12,24; 218 [212; 228]	0,286
	2-я	212,59±13,07; 210 [204; 223]	
	3-я	213,4±14,07; 215 [201; 224]	
HEI-t	1-я	378,1±15,47; 381 [372; 390]	0,356
	2-я	373,13±15,69; 373 [363; 381]	
	3-я	373,96±15,08; 374 [362; 384]	
HEI-n	1-я	381,42±17,6; 379 [369; 389]	0,164
	2-я	387,29±12,26; 385 [380; 399]	
	3-я	380,27±18,54; 380 [366; 392]	
REA	1-я	3538,85±789,18; 3447 [2746; 4276]	0,446
	2-я	3770,55±811,63; 3814 [3036; 4405]	
	3-я	3609,27±695,85; 3604 [3012; 4273]	
MRTOE-t	1-я	261±7,54; 261 [255; 266]	p=0,002 p_{12}=0,25 p_{13}=0,002 p_{23}=0,258
	2-я	264,13±7,2; 263 [258; 270]	
	3-я	266,85±7,57; 268 [260; 273]	
MRTOE-n	1-я	262,31±7,52; 262 [257; 269]	0,721
	2-я	260,88±7,34; 260 [255; 267]	
	3-я	261,26±7,54; 260 [255; 269]	
МКОЗ	1-я	0,07±0,04; 0,05 [0,05; 0,1]	0,379
	2-я	0,07±0,04; 0,05 [0,05; 0,1]	
	3-я	0,08±0,05; 0,05 [0,05; 0,1]	

Примечание. LMHS — largest macular hole span (наибольшая ширина макулярного разрыва); NMHW — narrowest macular hole width (наименьшая ширина макулярного разрыва); REA — retinal edema area (площадь зоны ретинального отека); HEI — hole elevation index (индекс возвышения краев макулярного разрыва); MRTOE — macular retinal thickness outside edema (толщина сетчатки в макуле вне зоны отека); RND — RPE-NMHW distance (расстояние от пигментного эпителия до NMHW); VND — vitreous-NMHW distance (расстояние от витреальной полости до NMHW). Постфиксы -t и -n означают височный и назальный края (отделы) соответственно. Здесь и далее в табл. 2–4: количественные данные представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения (*M*±*SD*), а также медианы и межквартильного размаха *Me* [Q_1; Q_3] для комплексной характеристики центральной тенденции и вариабельности показателей, включая устойчивые к крайним значениям характеристики распределения.

Результаты. При анализе динамики показателя HEI выявлены различия в характере изменения толщины краев МР между исследуемыми группами. Исходные значения HEI-t составляли 378,10±15,47 мкм в 1-й группе, 373,13±15,69 мкм во 2-й и 373,96±15,08 мкм в 3-й группе. Через 1 мес после хирургического лечения в 1-й группе показатель снизился до 259,61±12,96 мкм. Во 2-й группе, напротив, отмечалось его увеличение до 391,94±16,14 мкм, тогда как в 3-й группе значение HEI-t составило 358,53±15,00 мкм.

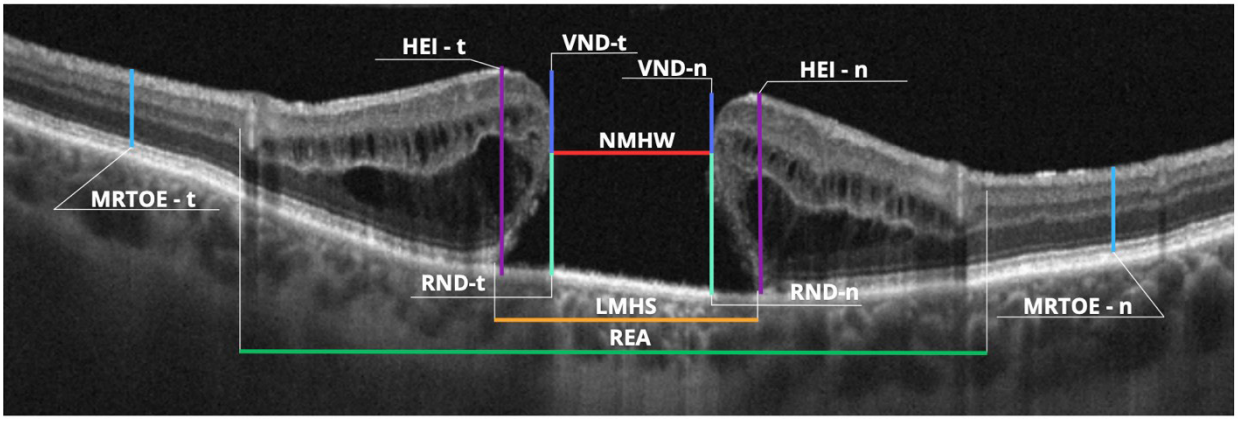


Рис. 1. Дооперационные показатели

В дальнейшем показатель снижался во всех группах и через 12 мес составлял 230,03±5,82, 343,29±12,02 и 296,5±14,6 мкм соответственно. Наиболее выраженное снижение HEI-t отмечено у пациентов 1-й группы.

Сходная динамика наблюдалась для показателя HEI-n. До хирургического лечения его значения составляли 381,42±17,60 мкм в 1-й группе, 387,29±12,26 мкм — во 2-й и 380,27±18,54 мкм — в 3-й группе. Через 12 мес показатели снизились до 237,30±6,28, 353,29±9,75 и 283,00±18,8 мкм соответственно. Таким образом, в 1-й группе уменьшение показателей HEI-t и HEI-n было более выраженным по сравнению с остальными группами (табл. 2).

При анализе показателя MRTOE-t исходные значения составляли 261,00±7,54 мкм в 1-й группе, 264,13±7,20 мкм — во 2-й и 266,85±7,57 мкм — в 3-й группе. Через 1 мес после хирургического лечения отмечено увеличение показателя до 280,19±8,49, 280,81±8,28 и 281,15±7,64 мкм соответственно. В дальнейшем значения MRTOE-t постепенно снижались и к 6-му месяцу составили 274,12±7,99 мкм в 1-й группе, 275,13±8,07 мкм — во 2-й и 276,89±7,92 мкм — в 3-й группе. Абсолютные значения показателя между группами оставались близкими, однако при анализе динамики выявлено статистически значимое взаимодействие факторов «время×группа» (p<0,001), что указывает на различия характера изменения MRTOE-t в послеоперационный период (табл. 3).

В послеоперационный период отмечалось последовательное изменение разработанных морфометрических индексов — FCI и FSCI, характеризующих степень компрессии аутотрансплантата (рис. 2, *а*, *б*) и ремоделирование донорской зоны (рис. 2, *в*, *г*) соответственно.

В отличие от традиционных морфометрических показателей, характеризующих отдельные анатомические структуры, данные индексы позволяют количественно оценивать процессы структурной интеграции аутотрансплантата. Последовательное уменьшение значений FCI свидетельствовало о формировании более плотного контакта между аутотрансплантатом и окружающей сетчаткой, тогда как уменьшение FSCI отражало завершение процессов репарации донорской зоны и стабилизацию ее микроархитектоники (табл. 4).

На основании анализа динамики морфометрических параметров выделены 3 последовательных этапа репарации: этап ранней адаптации, этап структурной интеграции и этап морфологического ремоделирования. Каждый этап характеризовался специфическими изменениями морфометрических

Таблица 2

Динамика показателей индекса возвышения височного и назального краев макулярного разрыва в исследуемых группах

Показатель	Группа	Период лечения				
		до вмешательства	после операции, мес			
			1	3	6	12
HEI-t	1-я	378,1±15,47; 381 [372; 390]	259,61±12,96; 261 [248; 267]	247,39±11,06; 249 [236; 256]	236,55±9,81; 239 [227; 244]	230,03±5,82; 232 [223; 234]
	2-я	373,13±15,69; 373 [363; 381]	391,94±16,14; 392 [382; 401]	375,19±14,45; 377 [370; 385]	356,45±14,84; 355 [350; 364]	343,29±12,02; 345 [335; 353]
	3-я	373,96±15,08; 374 [362; 384]	358,53±15,00; 359 [347; 370]	339,33±15,51; 339 [327; 353]	298,95±15,96; 300 [287; 310]	296,5±14, 6; 300 [287; 310]
HEI-n	1-я	381,42±17,60; 379 [369; 389]	269,70±15,57; 263 [259; 281]	256,36±12,37; 253 [247; 269]	245,06±9,71; 244 [239; 252]	237,30±6,28; 240 [231; 241]
	2-я	387,29±12,26; 385 [380; 399]	401,46±11,79; 403 [393; 412]	387,77±10,00; 390 [383; 394]	372,94±10,81; 373 [368; 382]	353,29±9,75; 353 [347; 360]
	3-я	380,27±18,54; 380 [366; 392]	364,89±18,33; 363 [351; 377]	345,59±19,43; 346 [332; 357]	293,00±19,36; 293 [282; 302]	283,00±18,8; 293 [282; 302]

Таблица 3

Динамика показателей толщины сетчатки вне зоны отека в височном и назальном отделах макулярной области в исследуемых группах

Показатель	Группа	Период лечения				
		до вмешательства	после операции, мес			
			1	3	6	12
MRTOE-t	1-я	261,00±7,54; 261 [255; 266]	280,19±8,49; 280 [272; 288]	277,58±8,62; 276 [271; 285]	274,12±7,99; 274 [267; 281]	272,2±7,81; 274 [267; 281]
	2-я	264,13±7,20; 263 [258; 270]	280,81±8,28; 281 [275; 288]	278,13±8,23; 279 [272; 285]	275,13±8,07; 275 [270; 281]	273,1±8,07; 275 [270; 280]
	3-я	266,85±7,57; 268 [260; 273]	281,15±7,64; 282 [275; 287]	277,02±7,55; 277 [271; 284]	276,89±7,92; 278 [271; 284]	275,9±7,89; 278 [269; 283]
MRTOE-n	1-я	262,31±7,52; 262 [257; 269]	282,06±7,62; 280 [276; 288]	279,45±7,70; 278 [274; 284]	276,39±7,50; 274 [270; 283]	274,3±7,41; 274 [270; 279]
	2-я	260,88±7,34; 260 [255; 267]	283,26±7,01; 284 [278; 289]	280,68±7,16; 282 [276; 287]	277,74±7,19; 278 [271; 283]	276,3±7,19; 278 [270; 281]
	3-я	261,26±7,54; 260 [255; 269]	282,54±7,45; 281 [277; 289]	278,56±7,58; 278 [274; 284]	277,63±8,16; 278 [271; 282]	275,3±8,2; 278 [271; 282]

Таблица 4

Динамика показателя индексов компрессии аутотрансплантата и донорской зоны в исследуемых группах

Группа	После операции, мес			
	1	3	6	12
FCI				
1-я	1672,76±179,01; 1653 [1537; 1739]	1550,73±180,81; 1521 [1411; 1641]	1463,55±183,52; 1435 [1331; 1536]	1463,55±183,52; 1435 [1331; 1536]
2-я	1734,87±127,03; 1730 [1622; 1806]	1612,74±127,63; 1610 [1492; 1691]	1524,45±132,91; 1516 [1431; 1594]	1524,45±132,91; 1516 [1431; 1594]
FSCI				
1-я	1495,21±200,71; 1472 [1333; 1589]	1495,21±200,71; 1472 [1333; 1589]	1368±202,2; 1354 [1217; 1438]	1144,64±202,96; 1133 [1004; 1223]
2-я	1548,1±133,56; 1535 [1448; 1634]	1548,1±133,56; 1535 [1448; 1634]	1414,26±126,96; 1401 [1311; 1520]	1196,45±138,22; 1187 [1094; 1278]

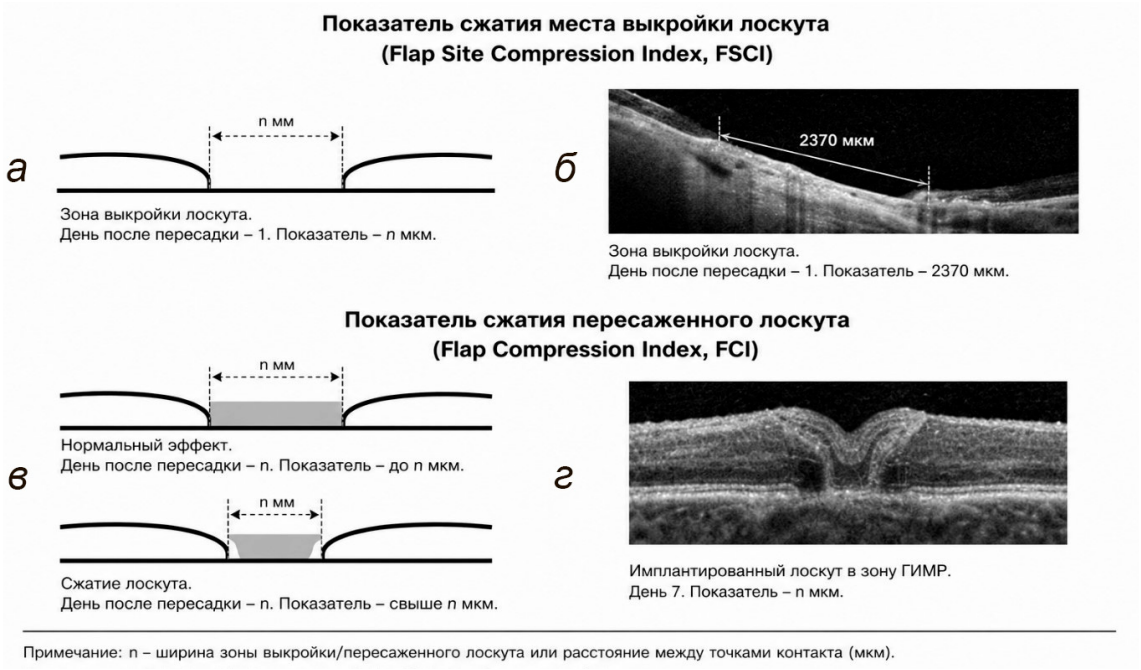


Рис. 2. Показатели индексов компрессии аутотрансплантата и донорской зоны

показателей, отражающих состояние аутотрансплантата, окружающей сетчатки и донорской зоны (рис. 3).

На основании динамики морфометрических показателей выделены 3 этапа послеоперационной репарации: ранняя адаптация, структурная интеграция и морфологическое ремоделирование.

Этап ранней адаптации соответствовал 1-му месяцу после хирургического лечения. В этот период отмечалось уменьшение показателя HEI, характеризующего высоту краев МР, а также изменения параметров, связанных с положением и компрессией трансплантата.

Этап структурной интеграции соответствовал периоду до 3 мес после операции и характеризовался дальнейшим снижением HEI и изменением FCI, отражающим структурную перестройку трансплантата в области макулярного дефекта. Одновременно отмечалась тенденция к стабилизации показателя MRTOE.

В период 6–12 мес преобладали изменения, соответствующие этапу морфологического ремоделирования. В эти сроки отмечалась стабилизация ряда морфометрических показателей и дальнейшая динамика FSCI, характеризующего изменения донорской зоны.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что процессы репарации после аутотрансплантации нейросенсорной сетчатки при гигантских идиопатических МР характеризуются закономерной последовательностью морфологических изменений, отражающих структурную адаптацию трансплантата, его интеграцию с окружающими тканями и последующее ремоделирование донорской зоны [6, 10]. В отличие от значительной части опубликованных исследований, в которых основное внимание уделено оценке частоты анатомического закрытия МР и динамике МКОЗ, в настоящем исследовании выполнена комплексная количественная оценка послеоперационных изменений на основании совокупности морфометрических показателей ОКТ [5].

Результаты настоящего исследования согласуются с данными D.S. Grewal и соавт., которые в многоцентровом исследовании продемонстрировали высокую эффективность аутотрансплантации нейросенсорной сетчатки при лечении рефрактерных и крупных МР, отметив восстановление наружной пограничной мембраны и эллипсоидной зоны по данным ОКТ наряду с улучшением зрительных функций [3]. Вместе с тем основной акцент указанной работы был сделан на оценке анатомических и функциональных исходов, тогда как последовательный анализ процессов структурной репарации с использованием комплекса морфометрических параметров не проводился.

Полученные нами данные согласуются с результатами исследования H. Tabandeh, в котором с использованием мультимодальной визуализации, включавшей ОКТ, ОКТ-ангиографию и флуоресцентную ангиографию, были продемонстрированы процессы васкуляризации, реперфузии и ранней структурной интеграции аутотрансплантата в послеоперационный период. Автор связывает функциональное восстановление с постепенной адаптацией трансплантата и его взаимодействием с окружающей сетчаткой. Вместе с тем в указанной работе не проводилась комплексная количественная оценка последовательных этапов репарации с использованием системы морфометрических показателей [11].

Принципиальным отличием настоящего исследования является разработка морфометрической модели репарации, основанной на комплексной оценке динамики показателей HEI, MRTOE, FCI и FSCI. Совокупный анализ указанных параметров позволил выделить последовательные этапы послеоперационной репарации: раннюю адаптацию, структурную интеграцию и морфологическое ремоделирование, а также охарактеризовать особенности их течения при различных вариантах хирургического лечения. Такой подход позволяет перейти от анализа отдельных морфологических признаков к комплексной оценке процессов структурного восстановления макулярной области.

Следует отметить, что наиболее благоприятная динамика морфометрических параметров отмечена у пациентов, которым аутотрансплантация нейросенсорной сетчатки выполнялась по методике «край в край». Применение данной техники сопровождалось наиболее выраженным снижением значения HEI,

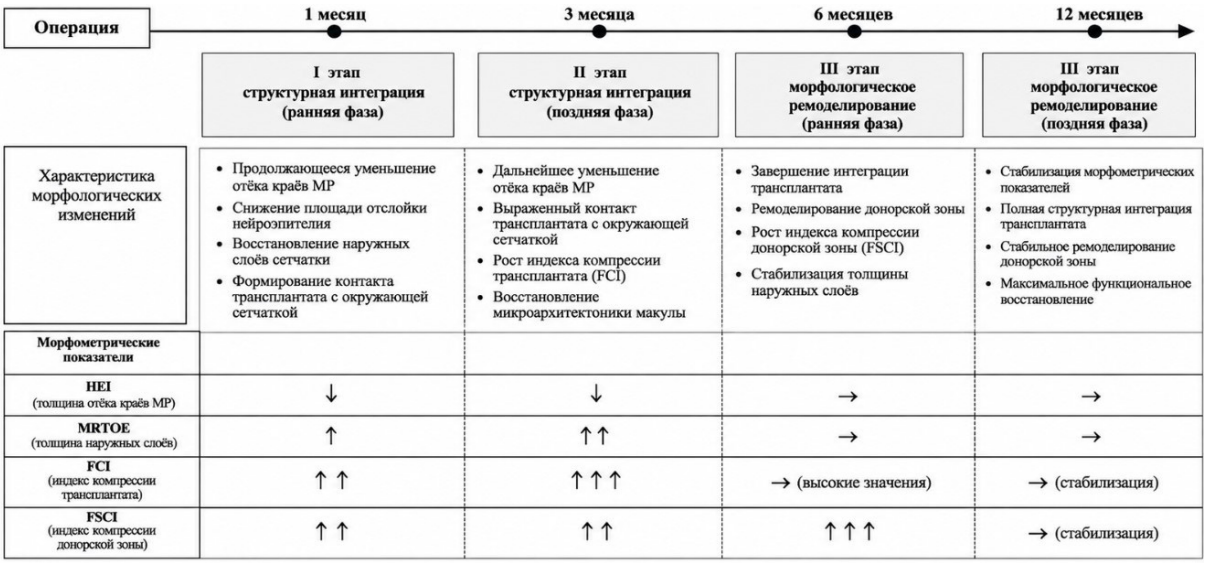


Рис. 3. Морфометрическая модель репарации после аутотрансплантации нейросенсорной сетчатки при гигантских идиопатических макулярных разрывах

меньшей вариабельностью MRTOE и более ранним достижением стабильных значений индексов FCI и FSCI. Совокупность выявленных изменений может свидетельствовать о более физиологичном течении процессов структурной интеграции аутотрансплантата и ремоделирования донорской зоны.

Предложенная морфометрическая модель репаративных изменений может быть использована в качестве дополнительного инструмента объективной оценки послеоперационной динамики у пациентов, перенесших аутотрансплантацию нейросенсорной сетчатки.

Заключение. Репаративные процессы после аутотрансплантации нейросенсорной сетчатки при гигантских идиопатических МР характеризуются последовательной динамикой морфометрических параметров по данным ОКТ. Комплексная оценка показателей HEI, MRTOE, FCI и FSCI позволяет объективно оценивать структурную адаптацию и интеграцию трансплантата, а также процессы ремоделирования донорской зоны. Предложенная морфометрическая модель систематизирует основные этапы структурного восстановления сетчатки после аутотрансплантации и расширяет возможности объективной интерпретации ОКТ-данных. Использование комплекса морфометрических параметров может служить дополнительным инструментом оценки послеоперационной динамики и сопоставления эффективности различных методик аутотрансплантации нейросенсорной сетчатки при гигантских идиопатических МР.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

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

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Arda H, Maier M, Schultheiß M, Haritoglou C. Advances in management strategies for large and persistent macular hole: An update. Surv Ophthalmol. 2024;69(4):539-46. DOI:10.1016/j.survophthal.2024.03.010
2. Zhang R, Fang YC, Shi X, et al. Meta-regression of idiopathic full-thickness macular holes diameter and anatomical closure rate: Implications to intraoperative technique. Heliyon. 2024;10(17):e36588. DOI:10.1016/j.heliyon.2024.e36588
3. Grewal DS, Charles S, Parolini B, et al. Autologous retinal transplant for refractory macular holes: Multicenter International Collaborative Study Group. Ophthalmology. 2019;126(10):1399-408. DOI:10.1016/j.ophtha.2019.01.027
4. Moysidis SN, Koulisis N, Adrean SD, et al. Autologous retinal transplantation for primary and refractory macular holes and macular hole retinal detachments: The Global Consortium. Ophthalmology. 2021;128(5):672-85. DOI:10.1016/j.ophtha.2020.10.007
5. Hanai M, Amaral DC, Jacometti R, et al. Large macular hole and autologous retinal transplantation: A systematic review and meta-analysis. Int J Retina Vitreous. 2024;10(1):56. DOI:10.1186/s40942-024-00573-1
6. Rojas-Juárez S, Cisneros-Cortés J, Ramirez-Estudillo A, Velez-Montoya R. Autologous full-thickness retinal transplant for refractory large macular holes. Int J Retina Vitreous. 2020;6(1):60. DOI:10.1186/s40942-020-00266-5
7. Hernández-Da Mota SE, Morales-Cantón V, Rojas-Juárez S, et al. Autologous retinal transplant for macular hole. Open Ophthalmol J. 2021;15:292-306. DOI:10.2174/1874364102115010292
8. Yu Y, Liang X, Wang Z, et al. Clinical and morphological comparisons of idiopathic macular holes between stage 3 and stage 4. Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol. 2018;256(12):2327-33. DOI:10.1007/s00417-018-4158-7
9. Kitahata S, Inoue T, Nagura K, et al. Retinal morphologic features in patients with large macular holes treated by autologous neurosensory retinal transplantation. Ophthalmol Retina. 2023;7(5):406-12. DOI:10.1016/j.oret.2022.12.004
10. Lumi X, Petrovic Pajic S, Sustar M, et al. Autologous neurosensory free-flap retinal transplantation for refractory chronic macular hole — Outcomes evaluated by OCT, microperimetry, and multifocal electroretinography. Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol. 2021;259(6):1443-53. DOI:10.1007/s00417-020-04981-5
11. Tabandeh H. Vascularization and reperfusion of autologous retinal transplant for giant macular holes. JAMA Ophthalmology. 2020;138(3):305-9. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2019.5733

Статья поступила в редакцию 13.07.2026; одобрена после рецензирования 02.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 13.07.2026; approved after reviewing 02.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Анастасия Ильинична Степаненко *— аспирант кафедры глазных болезней Института усовершенствования врачей, anasatasiae@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7979-3490;* ***Ринат Рустамович Файзрахманов*** *— заведующий кафедрой глазных болезней Института усовершенствования врачей, заведующий Центром офтальмологии, профессор, доктор медицинских наук, rinatrf@gmail.com, ORCID 0000-0002-4341-3572;* ***Карина Игоревна Коновалова*** *— доцент кафедры глазных болезней Института усовершенствования врачей, врач-офтальмолог первой категории Центра офтальмологии, кандидат медицинских наук, kaleria1992@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5517-9111;* ***Вера Николаевна Бородкина*** *— ординатор кафедры глазных болезней Института усовершенствования врачей, doc.saintveraxx@yandex.ru.*

Information about the authors:

Anastasia I. Stepanenko *— Post-Graduate Student of the Department of Ophthalmology of the Institute for Advanced Medical Training, anasatasiae@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7979-3490;* ***Rinat R. Fayzrakhmanov*** *— Head of the Department of Ophthalmology of the Institute for Advanced Medical Training; Head of the Ophthalmology Center, Professor, DSc, rinatrf@gmail.com, ORCID 0000-0002-4341-3572;* ***Karina I. Konovalova*** *— Assistant Professor of the Department of Ophthalmology of the Institute for Advanced Medical Training, Ophthalmologist of the First Qualification Category of the Ophthalmology Center, PhD, kaleria1992@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5517-9111;* ***Vera N. Borodkina*** *— Resident Physician of the Department of Ophthalmology of the Institute for Advanced Medical Training, doc.saintveraxx@yandex.ru.*

УДК 616.314.17-008
EDN: EZSSZS
https://doi.org/10.15275/ssmj2203312

Оригинальная статья
Original article

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ КУРАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ПОЧКИ НА ФОНЕ ИММУНОСУПРЕССИВНОЙ ТЕРАПИИ

***В.А. Аржанцев*[1, 2], *Л.Р. Мухамеджанова*[1, 3]**

[1]*Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Казань, Россия*
[2]*ГАУЗ «Республиканская стоматологическая поликлиника» министерства здравоохранения Республики Татарстан, Казань, Россия*
[3]*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия*

PRACTICAL ASPECTS OF DENTAL CARE IN PATIENTS AFTER KIDNEY TRANSPLANTATION UNDER IMMUNOSUPPRESSIVE THERAPY

***V.A. Arzhantsev*[1, 2], *L.R. Mukchamedzanova*[1, 3]**

[1]*Kazan State Medical Academy — branch of the Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Kazan, Russia*
[2]*Republican Dental Polyclinic, Kazan, Russia*
[3]*Chuvash State University n. a. I.N. Ulyanov, Cheboksary, Russia*

Для цитирования: *Аржанцев В.А., Мухамеджанова Л.Р.* Практические аспекты стоматологической курации пациентов после трансплантации почки на фоне иммуносупрессивной терапии. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 312-317. EDN: EZSSZS. https://doi.org/10.15275/ssmj2203312/

Аннотация. *Цель:* оценка структуры и клинических особенностей поражений полости рта у пациентов после трансплантации почки на фоне иммуносупрессивной терапии. *Материал и методы*. В исследование включены 140 человек: 70 пациентов после трансплантации почки и 70 условно здоровых лиц. Проведено стоматологическое обследование с оценкой состояния слизистой оболочки полости рта, тканей пародонта, уровня гигиены и твердых тканей зубов. *Результаты.* У пациентов после трансплантации почки наиболее часто выявлялись ксеростомия, эрозивно-язвенные поражения слизистой оболочки полости рта, воспалительные заболевания пародонта и повышенное образование зубного налета. Эрозивно-язвенные поражения слизистой оболочки полости рта у пациентов, получающих такролимус, наблюдались в 92,6% случаев, а при применении микофеноловой кислоты — в 100% случаев. Выявлены статистически значимые ассоциации между применением такролимуса и микофеноловой кислоты и развитием хронического пародонтита, кровоточивости десен и кандидозной инфекции. *Заключение.* У пациентов после трансплантации почки на фоне иммуносупрессивной терапии отмечается высокая частота фармакоиндуцированных поражений полости рта, что обосновывает необходимость регулярного стоматологического мониторирования и своевременной санации полости рта.

Ключевые слова: трансплантация почки, иммуносупрессивная терапия, слизистая оболочка полости рта, эрозивно-язвенное поражение, стоматологический мониторинг

For citation: *Arzhantsev VA, Mukchamedzanova LR.* Practical aspects of dental care in patients after kidney transplantation under immunosuppressive therapy. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 312-317. (In Russ.) EDN: EZSSZS. https://doi.org/10.15275/ssmj2203312

Abstract. *Objective:* evaluate the structure and clinical features of oral cavity lesions in patients after kidney transplantation on the background of immunosuppressive therapy. *Material and methods.* The study included 140 patients: 70 patients after kidney transplantation and 70 conditionally healthy individuals. A dental examination was performed to assess the condition of the oral mucosa, periodontal tissues, hygiene level and dental hard tissues. *Results.* In patients after kidney transplantation, xerostomia, erosive and ulcerative lesions of the oral mucosa, inflammatory periodontal diseases and increased plaque formation were most often detected. Erosive and ulcerative lesions of the oral mucosa in patients receiving tacrolimus were observed in 92.6% of cases, and in 100% of cases when mycophenolic acid was used. Statistically significant associations were found between the use of tacrolimus and mycophenolic acid and the development of chronic periodontitis, bleeding gums and candidal infection. *Conclusion.* In patients after kidney transplantation on the background of immunosuppressive therapy, there is a high frequency of pharmacoinduced lesions of the oral cavity, which justifies the need for regular dental monitoring and timely oral sanitation.

Keywords: kidney transplantation, immunosuppressive therapy, oral mucosa, erosive and ulcerative lesion, dental monitoring

© Аржанцев В.А., Мухамеджанова Л.Р., 2026

Введение. Трансплантация почки в настоящее время рассматривается как наиболее эффективный метод лечения пациентов с терминальной стадией хронической почечной недостаточности, позволяющий значительно увеличить продолжительность жизни и улучшить ее качество. Современные достижения трансплантологии, совершенствование хирургических технологий и внедрение эффективных схем иммуносупрессивной терапии привели к существенному снижению частоты острого отторжения трансплантата и увеличению выживаемости пациентов [1, 2]. Вместе с тем длительное применение иммуносупрессивных препаратов сопровождается развитием многочисленных системных осложнений, в том числе поражений органов и тканей полости рта [3]. Стоматологические осложнения у пациентов после трансплантации почки имеют многофакторный характер и обусловлены как непосредственным действием лекарственных препаратов, так и изменением иммунного статуса, нарушением процессов регенерации, микроциркуляции и микробного равновесия рта [4]. Наиболее часто у данной категории пациентов выявляются ксеростомия, эрозивно-язвенные поражения слизистой оболочки полости рта (СОПР), кандидоз, воспалительные заболевания пародонта в стадии обострения, гиперплазия десны, повышенное образование зубного налета и нарушения минерализации твердых тканей зубов [5].

Особую роль в формировании стоматологических осложнений играют ингибиторы кальциневрина (такролимус, циклоспорин), антиметаболиты (микофеноловая кислота) и глюкокортикостероиды, являющиеся базовыми компонентами современной иммуносупрессивной терапии [6]. Такролимус обладает выраженным иммунодепрессивным действием и широко применяется для профилактики отторжения трансплантата, однако его использование сопровождается повышением риска инфекционных осложнений и нарушением репаративных процессов СОПР [7]. Назначение микофеноловой кислоты влечет за собой нежелательные проявления в виде эрозивно-язвенных изменений СОПР и повышение ее восприимчивости к грибковой инфекции [8].

По данным литературы, стоматологический статус пациентов после трансплантации почки остается недостаточно изученным, а имеющиеся данные носят фрагментарный характер [9]. Отсутствуют единые подходы к стоматологическому мониторированию данной категории пациентов, не определены оптимальные сроки проведения санации рта до трансплантации и после нее, недостаточно разработаны профилактические мероприятия и алгоритмы междисциплинарного ведéния пациентов [10].

В последние годы особое внимание уделяется проблеме эрозивно-язвенных поражений СОПР, которые характеризуются хроническим рецидивирующим течением, выраженным болевым синдромом и высокой частотой микробной контаминации [11]. На фоне иммуносупрессии данные поражения становятся потенциальным очагом хронической инфекции и могут оказывать негативное влияние как на общее состояние пациента, так и на функционирование трансплантата [12–17].

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных вопросам трансплантации почки, проблема фармакоиндуцированных стоматологических осложнений остается актуальной и требует дальнейшего изучения. Особую значимость приобретает разработка практико-ориентированных алгоритмов диагностики, профилактики и лечения поражений рта у пациентов после трансплантации почки с учетом особенностей проводимой иммуносупрессивной терапии.

Цель — оценка структуры и клинических особенностей поражений полости рта у пациентов после трансплантации почки на фоне иммуносупрессивной терапии.

Материал и методы. Исследование проводили на следующих базах: отделении трансплантации почки ГАУЗ «Республиканская клиническая больница» министерства здравоохранения республики Татарстан; ГАУЗ «Республиканская стоматологическая поликлиника» министерства здравоохранения республики Татарстан; ООО «Эксклюзив Дент Плюс» (г. Казани). Объектом исследования были 140 пациентов, разделенных на 2 группы: 70 пациентов, находящихся на иммуносупрессивной терапии после трансплантации почки, и 70 условно-здоровых лиц, сопоставимых по полу и возрасту.

Критериями включения пациентов в основную группу явились возраст от 18 до 70 лет; наличие функционирующего почечного трансплантата; постоянный прием иммуносупрессивной терапии; добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии невключения: отказ пациента от участия в исследовании; наличие онкологических заболеваний челюстно-лицевой области; декомпенсированные психические расстройства; острые инфекционные заболевания на момент обследования; беременность; невозможность проведения полного комплекса клинико-лабораторных исследований.

В исследовании оценивали уровень гигиены рта, состояние СОПР, пародонта и твердых тканей зубов. Анализировали частоту ксеростомии, эрозивных поражений, гиперчувствительности зубов, кровоточивости десен, хронического периодонтита и образования зубного налета.

Для объективизации состояния рта использовали гигиенический индекс Грина – Вермиллиона (OHI-S, Oral Hygiene Index-Simplified), индекс РМА (*папиллярно-маргинально-альвеолярный*) и пародонтальный индекс (ПИ) по Расселу, кровоточивость — по индексу Мюллемана — Коуэлла. Проводили анализ микробной контаминации эрозивно-язвенных поражений СОПР с определением культуральных особенностей стафилококковой, стрептококковой и кандидозной флоры.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы StatTech (ООО «Статтех», Россия). Для анализа качественных признаков рассчитывали абсолютные значения и относительные показатели (%). Сравнение частоты выявления стоматологических осложнений между группами осуществляли с использованием критерия χ^2 Пирсона. При ожидаемом числе наблюдений менее 5 применяли точный критерий Фишера. Данные критерии использовали для оценки статистической значимости различий клинических проявлений и микробиологических изменений между исследуемыми группами.

Поскольку в исследовании анализировали преимущественно качественные (категориальные)

Ответственный автор — Виталий Андреевич Аржанцев
Corresponding author — Vitaly A. Arzhantsev
E-mail: vit4937@yandex.ru

показатели, проверку нормальности распределения количественных данных не проводили. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты. Полученные результаты показали высокую частоту фармакоиндуцированных поражений полости рта у пациентов после трансплантации почки (рис. 1). Наиболее частыми клиническими проявлениями являлись ксеростомия, поражения слизистой оболочки языка, эрозивно-язвенные поражения, гиперчувствительность зубов и воспалительные заболевания пародонта.

Сухость полости рта достоверно чаще наблюдалась у пациентов, получающих глюкокортикостероиды, и выявлялась в 100% случаев.

Выраженные изменения слизистой оболочки языка в виде участков десквамации и пятен значительно чаще обнаруживались у больных, принимающих такролимус и микофеноловую кислоту.

Эрозивно-язвенные поражения СОПР чаще отмечены у пациентов, получающих такролимус и микофеноловую кислоту. У больных, принимающих такролимус, эрозивно-язвенные поражения СОПР наблюдались в 92,6% случаев, а при применении микофеноловой кислоты — в 100% случаев (рис. 2).

В ходе исследования выявлена высокая частота воспалительных заболеваний пародонта. Кровоточивость десен и хронический пародонтит достоверно чаще встречались у пациентов, принимающих такролимус и микофеноловую кислоту.

Результаты микробиологического исследования показали высокую степень микробной контаминации эрозивно-язвенных поражений СОПР. Наиболее выраженная связь установлена между применением такролимуса и кандидозной колонизацией СОПР.

Обсуждение. Полученные результаты свидетельствуют о высокой частоте фармакоиндуцированных поражений рта у пациентов после трансплантации почки на фоне длительной иммуносупрессивной терапии [6]. Выявленная высокая частота ксеростомии согласуется с результатами исследований, указывающих на выраженное снижение слюноотделения у пациентов после трансплантации органов на фоне применения иммуносупрессивных препаратов [17].

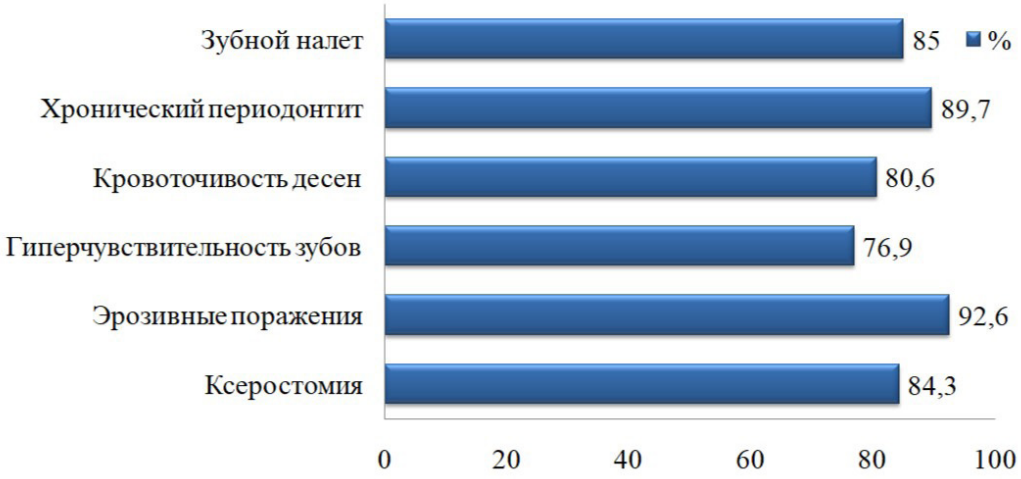


Рис. 1. Частота выявляемости фармакоиндуцированных поражений полости рта у пациентов после трансплантации почки

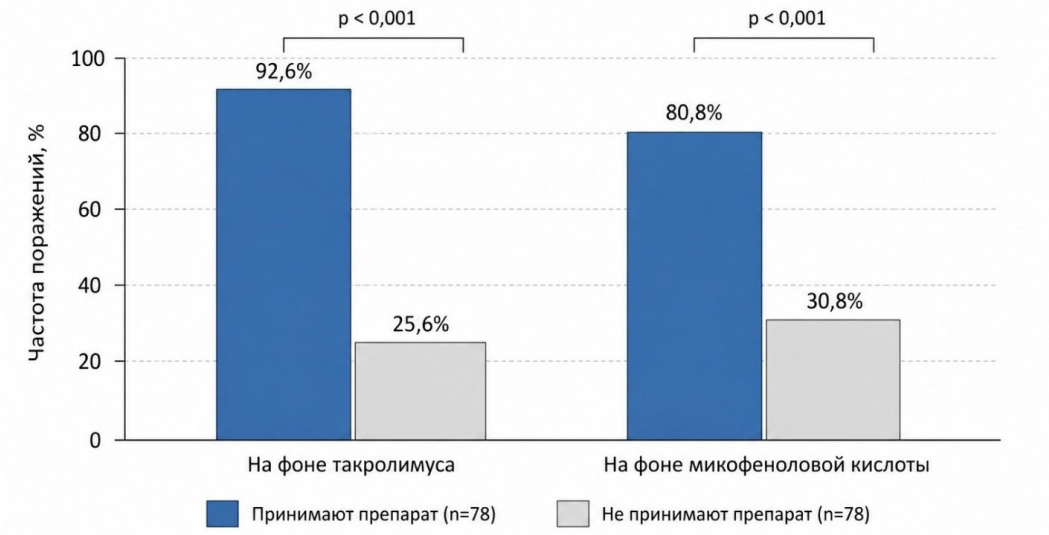


Рис. 2. Частота эрозивно-язвенных поражений слизистой оболочки полости рта у пациентов после трансплантации почки в зависимости от приема такролимуса и микофеноловой кислоты

Частое выявление поражений СОПР у пациентов, получающих такролимус и микофеноловую кислоту, подтверждает данные E. de la Rosa-García и соавт. о повышенной частоте поражений СОПР у пациентов, принимающих ингибиторы кальциневрина [4].

Высокая частота эрозивно-язвенных поражений СОПР у пациентов, получающих такролимус и микофеноловую кислоту, может быть связана с нарушением процессов регенерации тканей и изменением местного иммунитета на фоне длительной иммуносупрессии. Полученные данные соответствуют результатам исследований, также указывающих на высокую частоту язвенных поражений СОПР у реципиентов трансплантатов [15].

Высокая частота воспалительных поражений пародонта согласуется с данными исследования, в котором отмечена аналогичная клиническая ситуация у пациентов на фоне длительной иммуносупрессивной терапии [16].

Установленная связь между применением такролимуса и кандидозной колонизацией СОПР подтверждает исследование M.I. Cengiz и соавт., свидетельствующее о повышенном риске кандидозной инфекции у пациентов с иммунодефицитными состояниями [17].

Полученные результаты подтверждают необходимость обязательного стоматологического сопровождения пациентов после трансплантации почки на всех этапах лечения. Особое значение имеет проведение полной санации рта на догоспитальном этапе, поскольку наличие одонто-и пародонтогенных очагов инфекции у пациентов, ожидающих донорский орган, может способствовать развитию инфекционно-воспалительных осложнений в послеоперационный период на фоне иммуносупрессивной терапии. Следует учитывать, что экстренный характер госпитализации при появлении подходящего донорского органа не всегда позволяет выполнить необходимую стоматологическую (санационную) подготовку непосредственно перед операцией, что определяет важность санации рта еще на догоспитальном этапе наблюдения пациента.

На основании проведенного исследования разработан алгоритм мониторирования состояния рта, включающий регулярную оценку уровня гигиены, состояния СОПР, пародонта и твердых тканей зубов с использованием индексных методов. Своевременное выявление и коррекция стоматологических проявлений фармакоиндуцированных поражений позволяют снизить их выраженность и повысить эффективность комплексной реабилитации пациентов после трансплантации почки.

Практические аспекты стоматологической курации. Полученные результаты позволили разработать рекомендации по стоматологической курации пациентов после трансплантации почки. Установлено, что наиболее безопасным этапом для проведения полной санации рта является догоспитальный период. Однако в случаях отсутствия полноценной предоперационной санации плановые стоматологические вмешательства рекомендуется проводить после стабилизации общего состояния пациента и функции трансплантата, как правило, не ранее чем через 3–6 мес после операции при обязательном согласовании с врачом-трансплантологом.

В ранний послеоперационный период стоматологическая помощь должна быть ограничена преимущественно неотложными вмешательствами и мероприятиями, направленными на профилактику вторичной инфекции и уменьшение выраженности воспалительных поражений СОПР.

Пациенты после операции трансплантации почки должны быть отнесены к группе высокого стоматологического риска, что обусловлено длительным применением иммуносупрессивной терапии, снижением местной и общей иммунологической резистентности, повышенной восприимчивостью к инфекционным поражениям СОПР, нарушением процессов регенерации тканей и высокой частотой обострения воспалительных заболеваний пародонта. Кроме того, наличие хронических одонто-/пародонтогенных очагов инфекции у данной категории больных может представлять потенциальную угрозу не только для стоматологического здоровья, но и для общего состояния пациента, способствуя развитию инфекционных осложнений на фоне иммуносупрессии (см. рис. 3 на с. 316).

В связи с этим пациенты после трансплантации почки нуждаются в диспансерном наблюдении стоматолога с регулярной оценкой состояния СОПР, пародонта, уровня гигиены и своевременной санацией выявленных очагов инфекции. Плановые профилактические осмотры рекомендуется проводить не реже раза в 3 мес, а при обострении инфекционно-воспалительных процессов — по индивидуальному графику.

С учетом высокой частоты ксеростомии особое значение имеет применение средств местной терапии, направленных на увлажнение СОПР и стимуляцию слюноотделения. Рекомендуется использование слюнозаменителей, увлажняющих гелей и средств на основе гиалуроновой кислоты, карбоксиметилцеллюлозы и бетаина. Могут использоваться гели и спреи, которые наносят на СОПР 3–4 раза в сутки после приема пищи и проведения гигиенических мероприятий. Продолжительность курса составляет 2–4 нед с последующей оценкой клинического эффекта. Дополнительно рекомендуется регулярное использование зубных паст и ополаскивателей для пациентов со сниженным слюноотделением.

При эрозивно-язвенных поражениях СОПР показано применение местных противовоспалительных и регенерирующих средств. Для стимуляции процессов репарации могут использоваться препараты гиалуроновой кислоты, декспантенола и солкосерила в форме гелей или адгезивных паст, которые наносят на пораженные участки 2–3 раза в сутки после еды в течение 10–14 дней. Для профилактики вторичного микробного инфицирования целесообразно применение раствора хлоргексидина биглюконата 0,05–0,12% в виде полосканий 2 раза в сутки курсом 7–10 дней. При выраженном болевом синдроме возможно использование препаратов бензидамина или лидокаина в форме раствора для полоскания или спрея 2–4 раза в сутки до уменьшения клинических проявлений.

При наличии признаков грибковой контаминации целесообразно назначение местной антимикотической терапии. В качестве препарата выбора может быть использован клотримазол в форме раствора 3–5 раз в сутки (туширование очагов поражения). Средняя продолжительность курса лечения составляет 10–14 дней с обязательным контролем клинической динамики и при необходимости — результатов микробиологического исследования.

Пациентам с гиперчувствительностью зубов рекомендуется проведение реминерализующей терапии с использованием препаратов солей кальция,

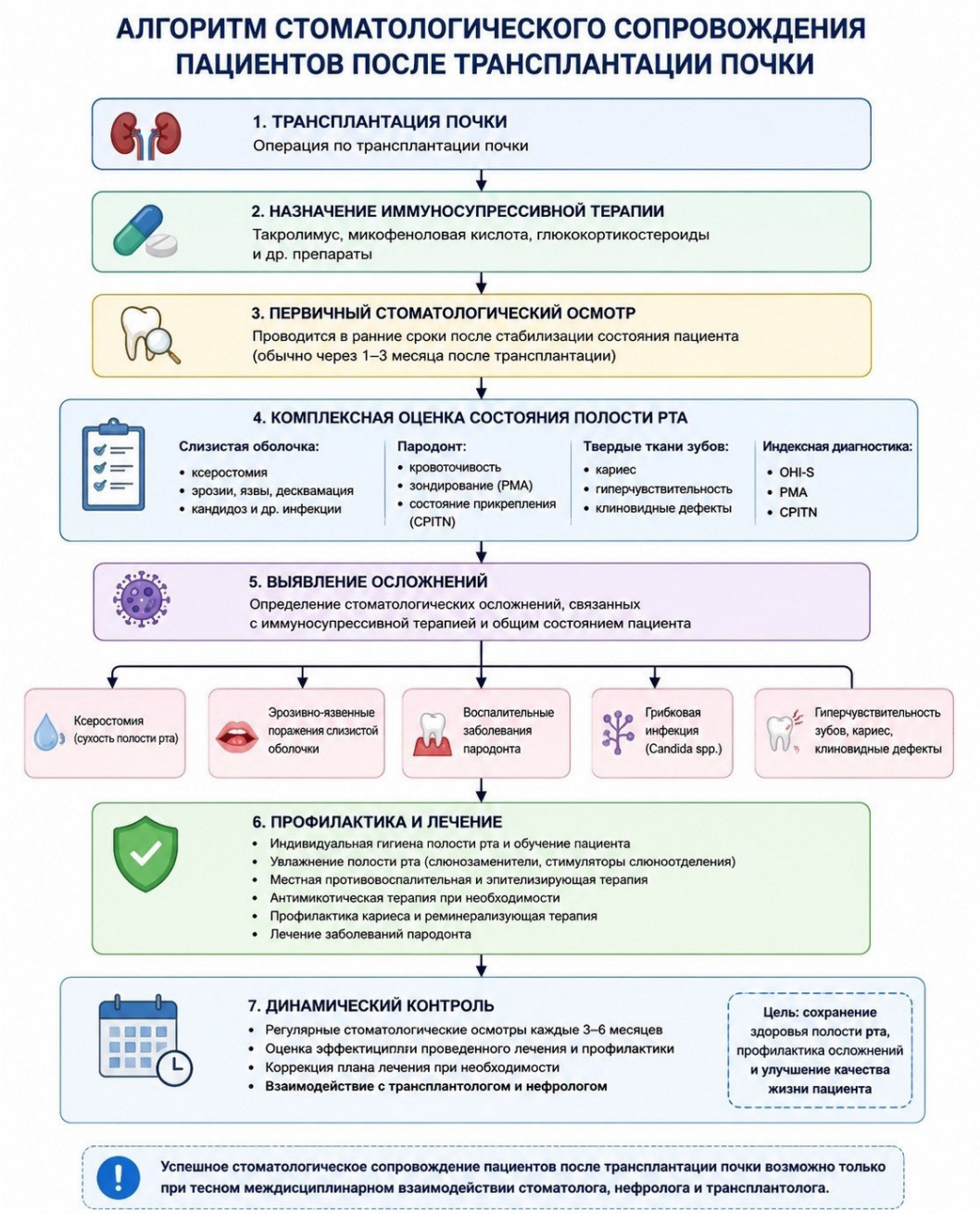


Рис. 3. Алгоритм стоматологической курации пациентов после трансплантации почки

аргинина, фосфатов и фторидов, а также применение десенситайзерных средств на основе нитрата калия или гидроксиапатита кальция. Реминерализующие гели рекомендуется наносить на поверхность зубов ежедневно в течение 2–4 нед, а зубные пасты десенситайзерного действия использовать не реже 2 раз в сутки курсом от 1 до 3 мес.

Высокая частота воспалительных заболеваний пародонта и риск повышенного образования зубного налета обосновывают необходимость регулярного проведения профессиональной гигиены рта с частотой не реже раза в 3 мес. С учетом выявленной структуры стоматологических заболеваний особое значение приобретает разработка практических подходов к местной терапии данных состояний. Такая терапия должна быть направлена на коррекцию наиболее распространенных стоматологических осложнений, ассоциированных с длительной иммуносупрессивной терапией, включая ксеростомию, эрозивно-язвенные поражения СОПР, воспалительные заболевания пародонта, кандидозную инфекцию и гиперчувствительность твердых тканей зубов.

Представленные рекомендации основаны на анализе результатов настоящего исследования, современных данных литературы и существующих клинических подходах к ведéнию пациентов после трансплантации почки. Их применение позволяет осуществлять комплексную профилактику и коррекцию наиболее распространенных стоматологических осложнений на фоне длительной иммуносупрессивной терапии.

Заключение. Фармакоиндуцированные поражения полости рта у пациентов после трансплантации почки характеризуются высокой частотой

и полиморфизмом клинических проявлений. Наиболее выраженные изменения ассоциированы с применением такролимуса и микофеноловой кислоты. Разработка комплексного алгоритма мониторирования и профилактики стоматологических осложнений позволяет повысить эффективность междисциплинарного ведéния пациентов и улучшить качество их жизни.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

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

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Hariharan S, Johnson CP, Bresnahan BA et al. Improved graft survival after renal transplantation in the United States, 1988 to 1996. N Engl J Med. 2000;342(9):605-12. DOI:10.1056/NEJM200003023420901

2. Meier-Kriesche HU, Schold JD, Kaplan B. Long-term renal allograft survival. Am J Transplant. 2004;4(8):1290-5. DOI:10.1111/j.1600-6143.2004.00515.x

3. Guggenheimer J, Eghtesad B, Stock DJ et al. Oral manifestations in liver transplant recipients. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003;95:301-7. DOI:10.1067/moe.2003.95

4. de la Rosa-García E, Mondragón-Padilla A, Irigoyen-Camacho ME, , Bustamante-Ramírez MA. Oral lesions in a group of kidney transplant patients. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2005;10(3):196-204. PMID:15876960

5. Seymour R.A., Thomason J.M., Nolan A. Oral lesions in organ transplant patients. J Oral Pathol Med. 1997;26(7):297-304. DOI:10.1111/j.1600-0714.1997.tb00231.x

6. Halloran P.F. Immunosuppressive drugs for kidney transplantation. N Engl J Med. 2004;351(26):2715-29. DOI:10.1056/NEJMra033540

7. Staatz CE, Tett SE. Clinical pharmacokinetics of tacrolimus. Clin Pharmacokinet. 2004;43(10):623-53. DOI:10.2165/00003088-200443100-00001

8. Allison AC, Eugui EM. Mycophenolate mofetil and its mechanisms of action. Immunopharmacology. 2000;47(2-3):85-118. DOI:10.1016/S0162-3109(00)00188-0

9. Klassen JT, Krasko BM. The dental health status of renal transplant patients. J Can Dent Assoc. 2002;68(1):687-91. PMID:11844416

10. Bots CP, Brand HS, Veerman EC, et al. Oral and salivary changes in patients with end stage renal disease. Spec Care Dentist. 2007;27:113-9. DOI:10.1111/j.1754-4505.2007.tb00341.x

11. Mortazavi H, Baharvand M, Mehdipour M. Oral potentially malignant disorders. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2014;19:e335-40. DOI:10.4317/medoral.19608

12. Samaranayake LP, Keung Leung W, Jin L. Oral mucosal fungal infections. Periodontol 2000. 2009;49:39-59. DOI:10.1111/j.1600-0757.2008.00289.x

13. Hernández G, Arriba L, Lucas M et al. Oral health in kidney transplant patients. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2011;16:e821-5. DOI:10.4317/medoral.17056

14. Spolidorio LC, Spolidorio DMP, Massucato EMS, et al. Oral health in renal transplant recipients administered cyclosporin A or tacrolimus. Oral Dis. 2006;12(3):309-14. DOI:10.1111/j.1601-0825.2005.01198.x

15. Proctor R, Kumar N, Stein A, et al. Oral and dental aspects of chronic renal failure. J Dent Res. 2005;84(3):199-208. DOI:10.1177/154405910508400301

16. Kaushik A, Reddy SS, Umesh L, et al. Oral manifestations and salivary flow rate in kidney transplant recipients. Indian J Nephrol. 2013;23(2):125-9. DOI:10.4103/0971-4065.109421

17. Cengiz MI, Sümer P, Cengiz S. The effect of immunosuppressive therapy on oral health and saliva flow rate in renal transplant patients. Niger J Clin Pract. 2019;22:1074-80. DOI:10.4103/njcp.njcp_82_19

Статья поступила в редакцию 11.05.2026; одобрена после рецензирования 15.06.2026; принята к публикации 19.06.2026.
The article was submitted 11.05.2026; approved after reviewing 15.06.2026; accepted for publication 19.06.2026.

Информация об авторах:

Виталий Андреевич Аржанцев *— ассистент кафедры терапевтической, детской стоматологии и ортодонтии, vit4937@yandex.ru, ORCID 0009-0005-9523-8154;* ***Любовь Рустемовна Мухамеджанова*** *— заведующая кафедрой терапевтической, детской стоматологии и ортодонтии, профессор, доктор медицинских наук, lr71@bk.ru, ORCID 0000-0003-0752-6497.*

Information about the authors:

Vitaly A. Arzhantsev *— Instructor of the Department of Therapeutic, Pediatric Dentistry and Orthodontics, vit4937@yandex.ru, ORCID 0009-0005-9523-8154;* ***Lyubov R. Mukchamedzanova*** *— Head of the Department of Therapeutic, Pediatric Dentistry and Orthodontics, Professor, DSc, lr71@bk.ru, ORCID 0000-0003-0752-6497.*

УДК 616-08-06
EDN: WFNACZ
https://doi.org/10.15275/ssmj220310.15275/ssmj2203318

Оригинальная статья
Original article

ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ КИШЕЧНОЙ СТОМЫ

С.В. Капралов, Г.А. Клименко, А.Д. Данилов, Г.О. Мареев, Т.Ю. Калюта

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

INTRAOPERATIVE DETERMINATION OF THE INTESTINAL STOMA VIABILITY

S.V. Kapralov, G.A. Klimenko, A.D. Danilov, G.O. Mareev, T.Yu. Kalyuta

V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: *Капралов С.В., Клименко Г.А., Данилов А.Д., Мареев Г.О., Калюта Т.Ю.* Интраоперационное определение жизнеспособности кишечной стомы. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 318-322. EDN: WFNACZ. https://doi.org/10.15275/ssmj220310.15275/ssmj2203318

Аннотация. *Цель:* улучшение непосредственных результатов хирургического лечения больных с кишечной стомой с применением бесконтактного контроля перфузии тканей. *Материал и методы.* В исследование включены 148 пациентов. У пациентов основной группы (*n*=42) для определения жизнеспособности кишечной стомы проводили интраоперационное изучение уровня перфузии тканей. Пациентам группы сравнения (*n*=106) выполняли стандартное хирургическое вмешательство, сопровождающееся выведением кишечной стомы без интраоперационного контроля ее жизнеспособности. *Результаты.* При использовании методик интраоперационного определения перфузии тканей длительность операции выше, чем при стандартном способе хирургического вмешательства ($p<0,01$). В структуре ранних послеоперационных осложнений стоит отметить, что в группе сравнения, где хирургическое вмешательство выполнялось без интраоперационного контроля перфузии тканей значимые осложнения возникли у 8 (3,92%) пациентов, в основной группе у 3 (1,5%) пациентов, оцененные согласно общепринятой классификации осложнений в хирургии Clavien – Dindo. *Заключение.* Интраоперационное использование методик исследования уровня перфузии тканей улучшает непосредственные результаты лечения пациентов с кишечной стомой.

Ключевые слова: ободочная кишка, колостома, илеостома, ICG-флуоресцентная навигация, лазерная допплеровская флоуметрия, оксид азота

For citation: *Kapralov SV, Klimenko GA, Danilov AD, Mareev GO, Kalyuta TYu.* Intraoperative determination of the intestinal stoma viability. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 318-322. (In Russ.) EDN:WFNACZ. https://doi.org/10.15275/ssmj220310.15275/ssmj2203318

Abstract. *Objective:* to improve the immediate results of surgical treatment of patients with intestinal stoma with using non-contact monitoring of tissue perfusion. *Material and methods.* The study included 148 patients. In patients of the main group (*n*=42), an intraoperative study of the tissue perfusion level was performed to determine the viability of the intestinal stoma. Patients in the comparison group (*n*=106) underwent standard surgical intervention, which included the creation of an intestinal stoma without intraoperative monitoring of its viability. *Results.* The study results indicate that when using intraoperative tissue perfusion monitoring techniques, the duration of the operation is longer than with the standard surgical approach ($p<0.01$). In terms of early postoperative complications, it is worth noting that in the comparison group, where the surgical intervention was performed without intraoperative tissue perfusion monitoring, significant complications occurred in 8 (3.92%) patients, while in the main group, they occurred in 3 (1.5%) patients, according to the generally accepted Clavien – Dindo classification of complications. *Conclusion.* Intraoperative use of techniques for assessing tissue perfusion levels improves the immediate outcomes of treatment for patients with an intestinal stoma.

Keywords: colon, colostomy, ileostomy, ICG-fluorescent navigation, laser Doppler flowmetry, nitric oxide

© Капралов С.В., Клименко Г.А., Данилов А.Д., Мареев Г.О., Калюта Т.Ю., 2026

Введение. По статистическим данным, за последние годы отмечается постоянный прирост численности стомированных пациентов [1]. В Российской Федерации число пациентов со стомой достигает 140 тыс. человек, примерно ½ из них — трудоспособны, что, безусловно, является важным социально значимым аспектом данной проблемы [2].

При процессе формирования кишечной стомы, как и при любом хирургическом вмешательстве, существует риск развития парастомальных осложнений как его неотъемлемая часть [3].

Перспективными методиками для определения перфузии тканей и профилактики ранних парастомальных осложнений признаны бесконтактные методики с использованием индоцианина зеленого (indocyanine green — ICG) – ICG-флуоресцентной навигации и лазерной допплеровской флоуметрии (ЛДФ).

Цель — улучшение непосредственных результатов хирургического лечения больных с кишечной стомой с применением бесконтактного контроля перфузии тканей.

Материал и методы. В период с 2023 по 2026 г. проведено исследование, в которое включены 148 пациентов. Всем исследуемым выполнялось хирургическое вмешательство по поводу заболевания ободочной и прямой кишок, в результате которого на переднюю брюшную стенку выводили кишечную стому.

Дизайн исследования. В исследование включали следующих пациентов:

старше 18 лет;

пациенты, которым в результате хирургического вмешательства производили формирование кишечной стомы;

пациенты, давшие информированное добровольное согласие на проведение данного исследования.

Критериями исключения являлись:

нерезектабельные формы колоректального рака;

отказ от участия в исследовании;

летальный исход в течение 30 сут после проведенного хирургического вмешательства.

В обеих группах пациентам выполняли хирургические вмешательства с формированием кишечной стомы. В основной группе пациентам интраоперационно после выведения участка кишки на переднюю брюшную стенку выполняли контроль перфузии тканей. Определяли перфузию выведенного участка ободочной кишки.

Во 2-й группе всем больным вмешательство выполняли рутинно без контроля уровня перфузии ткани кишки, несущей стому. Был проведен ретроспективный анализ непосредственных результатов хирургического лечения данных пациентов. Информацию получали из историй болезни, операционных журналов, протоколов анестезиологического ведéния операций. В табл. 1 представлена структура пациентов обеих групп.

Для исследования перфузии кишечной стенки использовали методику, разработанную на базе кафедры факультетской хирургии и онкологии ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России (патент на изобретение №2854187 [4]). Суть данной методики основана на применении комбинированного измерения перфузии тканей кишки с применением ICG-флуоресцентной навигации, ЛДФ, обработки ткани кишки оксидом азота.

ICG-визуализация — методика, основанная на введении ICG и измерении перфузии тканей по

Таблица 1

Структура сравниваемых групп пациентов

Характеристика	Группа		*p*
	основная (*n*=42)	сравнения (*n*=106)	
Мужчины, абс. (%)	25 (59,5)	66 (62,2)	0,818
Женщины, абс. (%)	17 (40,5)	40 (37,7)	
Возраст, лет, *Me* (Q_1–Q_3)	65,1 (43–72)	65,3 (44–72)	0,938
Возрастные группы, лет, абс. (%)			
<50	3 (7,1)	10 (9,4)	
50–70	27 (64,2)	70 (66,0)	
>70	12 (28,7)	26 (24,6)	
Категории индекса массы тела, абс. (%)			0,441
нормальный вес	12 (28,5)	27 (25,4)	
избыточный вес	18 (42,8)	49 (46,2)	
ожирение	12 (28,5)	30 (28,4)	
Класс по шкале ASA (American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification), абс. (%)			0,543
I	0 (0)	1 (0,9)	
II	26 (61,9)	68 (64,1)	
III	12 (28,5)	30 (28,3)	
IV	4 (9,6)	7 (6,6)	

Ответственный автор — Григорий Алексеевич Клименко
Corresponding author — Grigoriy A. Klimenko
E-mail: klimenko.greg@yandex.ru

уровню интенсивности флуоресценции. Данная методика широко применяется в различных областях хирургии [5]. Для проведения исследования использовали аппарат для ICG-флуоресцентной навигации Vision:plus (производства ООО «Атланта Медикал», Россия; рис. 1). Интраоперационно, за 3–5 мин до предполагаемой оценки уровня перфузии анастомозируемых участков, внутривенно вводили препарат ICG производства компании «Мирфарм» в концентрации 5 мг/мл. По данным источников литературы, такая концентрация оптимальна для проведения этого исследования в колоректальной хирургии [6].

Помимо ICG-флуоресцентной навигации, применяли методику ЛДФ. Последняя является диагностической методикой, позволяющей оценить состояние кровотока на капиллярном уровне, оказывающего непосредственное влияние на метаболические процессы в органах и тканях, течение различных воспалительных и репаративных процессов [7].

Обработку участка кишки, несущей кишечную стому, осуществляли посредством применения аппарата «Плазон» (ООО «Центр высоких технологий в машиностроении при МГТУ им. Н.Э. Баумана»; рис. 2).

Статистический анализ. Статистическую обработку данных проводили при помощи прикладной программы Statistica 10.0. Проверку на нормальность распределения осуществляли посредством критериев Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. В ходе проверки выявлено, что выборка не соответствует распределению Гаусса. Описательная статистика количественных данных представлена медианой (*Me*) с указанием верхнего и нижнего квартилей (Q_1–Q_3). Категориальные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей.



а *б*

Рис. 1. Аппарат Vision:plus: *а* — передняя сторона; *б* — задняя (дисплей)



Рис. 2. Аппарат «Плазон»

Достоверность различия количественных данных 2 групп определяли с использованием *U*-теста Манна–Уитни, а сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности проводили с помощью критерия χ^2 Пирсона с определением уровня значимости и степеней свободы. Статистически достоверным уровень значимости считали $p<0,05$.

Результаты. В табл. 2 представлен сравнительный анализ непосредственных результатов лечения 2 групп пациентов. По данным проведенного нами исследования можно отметить, что в группе пациентов с интраоперационным контролем перфузии тканей длительность операции была несколько выше, чем у пациентов в группе без проведения такого исследования. Отдельно хотелось бы отметить, что интраоперационный контроль жизнеспособности тканей позволил избежать излишней травматизации, дополнительной мобилизации участка кишки, несущего стому. В 2 случаях контроль уровня перфузии позволил выявить тотальный некроз петли кишки, несущей стому, в результате чего выполняли дополнительную резекцию участка кишки, несущей кишечную стому.

В табл. 3 представлены непосредственные осложнения, возникшие после оперативного вмешательства в ранний послеоперационный период.

Все осложнения, возникшие у пациентов, оценивали в соответствии с классификацией Clavien – Dindo. Прежде всего хотелось бы остановиться на том, что количество выявленных осложнений было ниже у пациентов основной группы, в группе сравнения число так называемых значимых осложнений составило 4 (10,8% от общего числа осложнений в этой группе). У 1 пациента в ранний послеоперационный период возникло такое значимое осложнение, как сегментарный тромбоз мезентериальных сосудов, в связи с чем данный клинический случай потребовал повторного хирургического вмешательства. У 3 больных возникли осложнения, связанные с некрозом колостомы, что потребовало выполнения релапаротомии, реколостомии.

Несмотря на отсутствия достоверных различий среди полученных результатов, стоит отметить меньшее количество осложнений у пациентов основной группы, а также отсутствие значимых осложнений по классификации Clavien–Dindo 4–5-й степеней. В данном исследовании число пациентов, включенных в исследование, не позволило достичь статистически значимых различий, однако дальнейшее проведение данного исследования, на наш взгляд, приведет к появлению статистически значимых различий.

Таблица 2

Непосредственные результаты хирургического лечения пациентов сравниваемых групп

Показатель	Группа		*p*
	основная (*n*=42)	сравнения (*n*=106)	
Средняя длительность операции, мин	210 (197,5–220,0)	180 (175–195)	<0,001
Тип выведенной стомы, абс. (%)			
одноствольная колостома	22 (52,3)	50 (56,6)	0,576
двуствольная колостома	18 (42,8)	51 (48,1)	
двуствольная илеостома	2 (4,9)	4 (3,7)	
технически сложное выведение кишечной стомы	10 (23,8)	27 (25,4)	0,792
Срочность операции, абс. (%)			
плановое хирургическое вмешательство	30 (71,4)	82 (77,3)	0,342
экстренное хирургическое вмешательство	12 (28,5)	24 (22,7)	
Плохая подготовка кишки, абс. (%)	5 (11,9)	9 (8,4)	0,652
Послеоперационный койко-день, абс.	7,8	9,4	0,004
Всего дней в стационаре, среднее, койко-день	12,2	11,8	0,841

Таблица 3

Непосредственные послеоперационные осложнения, абс. (%)

Осложнения	Группа		*p*
	основная, *n*=42	сравнения, *n*=106	
Общее количество	12 (28,5)	37 (34,9)	0,594
Степень по Clavien — Dindo			
1-я: малые	7 (58,4)	24 (64,9)	
2-я: малые	2 (16,6)	5 (13,5)	
3-я: значимые	3 (25)	4 (10,8)	
4-я: значимые	0	4 (10,8)	
5-я: значимые	0	0	

Основные методики определения уровня перфузии тканей кишечной стенки, описанные в источниках литературы, преимущественно направлены на профилактику несостоятельности межкишечных анастомозов [8, 9]. В связи с этим вопрос об определении перфузии тканей кишечной стенки, несущей стому, остается малоизученным и требует проведения дальнейших исследований [10].

Заключение. Интраоперационное использование методик исследования перфузии ткани кишки, несущей стому, улучшает непосредственные результаты лечения больных с данным патологическим состоянием.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

Источник финансирования. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минздрава России «Аппаратно-программный комплекс для бесконтактного определения микроциркуляторного кровотока в тканях», 2025–2027 гг., регистрационный номер в домене «Наука и инновации» 125030703342-4.

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Bracey E, Chave H, Agombar A, et al. Ileostomy closure in an enhanced recovery setting. Colorectal Dis. 2015;17(10):917-21. DOI:10.1111/codi.12989

2. Aliyev FSh, Aliyev VF, Aliyev RF. Surgical rehabilitation of colostomized patients: Problems and solutions (literature review). Medical Science and Education of the Urals. 2022;23:3(111):168-72. (In Russ.) Алиев Ф.Ш., Алиев В.Ф., Алиев Р.Ф. Хирургическая реабилитация колостомированных пациентов: проблемы и пути решения (обзор литературы). Медицинская наука и образование Урала. 2022;23:3(111):168-72. DOI:10.36361/18148999_2022_23_3_168

3. Grosshilin VS, Cherkasov MF, Moskovchenko AN, Dmitriev AV. Analysis of the causes of paracolostomy complications and justification of measures for their prevention. Koloproktologiya. 2015;1(51):114. (In Russ.) Грошилин В.С., Черкасов М.Ф., Московченко А.Н., Дмитриев А.В. Анализ причин параколостомических осложнений и обоснование мер по их профилактике. Колопроктология. 2015;1(51):114. EDN:TVXYKH

4. Klimenko GA, Kapralov SV, Konopatskova OM, et al. Method for intraoperative determination of colostomy viability. Russian Federation Patent RU 2854187 C1. Application: No. 2025108142, 02.04.2025. Published: 29.12.2025. Bull. No. 1; p. 1–9. (In Russ.) Клименко Г.А., Капралов С.В., Конопацкова О.М. и др. Способ интраоперационного определения жизнеспособности колостомы. Патент РФ RU 2854187 C1. Заяв.: 2025108142, 02.04.2025. Опубл.: 29.12.2025. Бюл. №1; с. 1–9.

5. Cassinotti E, Al-Taher M, Antoniou SA, et al. European Association for Endoscopic Surgery (EAES) consensus on Indocyanine Green (ICG) fluorescence-guided surgery. Surg Endosc. 2023;37(3):1629-48. DOI:10.1007/s00464-023-09928-5

6. Raffone A, Raimondo D, Oliviero A, et al. The use of near infra-red radiation imaging after injection of indocyanine green (NIR-ICG) during laparoscopic treatment of benign gynecologic conditions: Towards minimalized surgery. A systematic review of literature. Medicina (Kaunas). 2022;58(6):792. DOI:10.3390/medicina58060792

7. Vignali A, Gianotti L, Braga M, et al. Altered microperfusion at the rectal stump is predictive for rectal anastomotic leak. Dis Colon Rectum. 2000;43(1):76-82. DOI:10.1007/BF02237248

8. Mareev GO, Mareev OV, Kapralov SV, et al. Experience of calibration of a non-contact laser Doppler flowmeter. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2025;21(3):249-53. (In Russ.) Мареев Г.О., Мареев О.В., Капралов С.В. и др. Опыт калибровки бесконтактного лазерного допплеровского флоуметра. Саратовский научно-медицинский журнал. 2025;21(3):249-53. DOI:10.15275/ssmj2103249

9. Trushin AA. Personalized approach to intraoperative assessment of intestinal viability based on tissue compartments: Microcirculation and oxidative metabolism. PhD abstract. Saint Petersburg, 2026; 24 p. (In Russ.) Трушин А.А. Персонализированный подход в интраоперационном определении жизнеспособности кишечника на основе компартментов ткани: микроциркуляции и окислительного метаболизма: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2026; 24 с.

10. Verhaar N, Geburek F. Real-time ancillary diagnostics for intraoperative assessment of intestinal viability in horses. Vet Surg. 2025;54(4):648-64. DOI:10.1111/vsu.14248

Статья поступила в редакцию 01.07.2026; одобрена после рецензирования 10.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 01.07.2026; approved after reviewing 10.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

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

Information about the authors:

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

УДК 616.8-089:616.721.1-007.43
EDN: GKBYYN
https://doi.org/10.15275/ssmj2203323

Клинический случай
Case report

ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТКАНИ ГРЫЖИ ДИСКА L_{IV}–L_V ПОСЛЕ МИКРОДИСКЭКТОМИИ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)

С.А. Ковалев[1, 2], С.Ю. Козлов[1, 2], А.Н. Буланый[1], Д.В. Мореплавцев[1], А.Н. Лютый[1], В.В. Шишкина[2], Т.В. Самойленко[2], З.А. Буланый[2]

[1]БУЗ ВО «Воронежская областная клиническая больница №1», Воронеж, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Воронеж, Россия

IMMUNOHISTOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF L_{IV}–L_V DISC HERNIATION TISSUE AFTER MICRODISCECTOMY (CASE REPORT)

S.A. Kovalev[1, 2], S.Yu. Kozlov[1, 2], A.N. Bulany[1], D.V. Moreplavtsev[1], A.N. Lyutyy[1], V.V. Shishkina[2], T.V. Samoylenko[2], Z.A. Bulany[2]

[1]Voronezh Regional Clinical Hospital No.1, Voronezh, Russia
[2]N.N. Burdenko Voronezh State Medical University, Voronezh, Russia

Для цитирования: *Ковалев С.А., Козлов С.Ю., Буланый А.Н., Мореплавцев Д.В., Лютый А.Н., Шишкина В.В., Самойленко Т.В., Буланый З.А.* Иммуногистохимическая характеристика ткани грыжи диска L_{IV}–L_V после микродискэктомии (клинический случай). Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 323-326. EDN: GKBYYN. https://doi.org/10.15275/ssmj2203323

Аннотация. Представлен клинический случай пациента Н. 44 лет с заднелатеральной грыжей межпозвоночного диска L_{IV}–L_V размером до 8 мм и клинически значимой радикулярной компрессией L_V справа. По поводу правосторонней дискогенной поясничной радикулопатии выполнена микродискэктомия L_{IV}–L_V справа. В операционном материале проведено иммуногистохимическое исследование с количественной оценкой макрофагальной инфильтрации: плотность $CD68^+$-клеток составила 83 кл/мм², $CD163^+$-клеток — 38 кл/мм². В ранний послеоперационный период отмечены регресс болевого синдрома и восстановление привычной активности. Наблюдение демонстрирует возможность клинико-радиологического и морфологического сопоставлений при грыже поясничного межпозвоночного диска.

Ключевые слова: грыжа межпозвоночного диска, микродискэктомия, иммуногистохимическое исследование, макрофаг

For citation: *Kovalev SA, Kozlov SYu, Bulany AN, Moreplavtsev DV, Lyutyy AN, Shishkina VV, Samoylenko TV, Bulany ZA.* Immunohistochemical characterization of L_{IV}–L_V disc herniation tissue after microdiscectomy (case report). Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 323-326 . (In Russ.) EDN: GKBYYN. https://doi.org/10.15275/ssmj2203323

Abstract. We present the case report of patient N., aged 44 years, with a right-sided posterolateral L_{IV}–L_V intervertebral disc herniation measuring up to 8 mm and clinically significant compression of the right L_V nerve root. Right-sided L_{IV}–L_V microdiscectomy was performed for discogenic lumbar radiculopathy. Immunohistochemical analysis of the surgical specimen included quantitative assessment of macrophage infiltration: the density of $CD68^+$ cells was 83 cells/mm² and that of $CD163^+$ cells was 38 cells/mm². The early postoperative period was characterized by pain relief and return to usual activity. This case report demonstrates the feasibility of clinicoradiological and morphological correlation in lumbar disc herniation.

Keywords: intervertebral disc herniation, microdiscectomy, immunohistochemical analysis, macrophages

© Ковалев С.А., Козлов С.Ю., Буланый А.Н., Мореплавцев Д.В., Лютый А.Н., Шишкина В.В., Самойленко Т.В., Буланый З.А., 2026

Введение. Грыжа поясничного межпозвоночного диска является одной из частых причин пояснично-крестцовой радикулопатии и оперативных вмешательств на поясничном отделе позвоночника [1, 2]. Патогенез корешкового болевого синдрома включает механическую компрессию нервных структур и локальный иммуновоспалительный ответ, возникающий при контакте компонентов пульпозного ядра с тканями эпидурального пространства [1, 2]. Макрофаги участвуют в фагоцитозе и резорбции грыжевого материала, ремоделировании ткани, неоваскуляризации и продукции медиаторов воспаления [2–4]. Кластер дифференцировки (cluster of differentiation — CD) 68 применяют для оценки макрофагальной инфильтрации, однако этот маркер не характеризует однозначно функциональное состояние клеток. CD163 является одним из маркеров M2-подобной дифференцировки макрофагов, связанной с фагоцитозом и репаративными процессами [4, 5]. Ввиду гетерогенности макрофагальных фенотипов абсолютные значения и соотношения иммуногистохимических маркеров следует интерпретировать в контексте клинических и лучевых данных.

Цель — представить клинический случай пациента с правосторонней грыжей диска L_{IV}–L_V, сопоставив данные предоперационной магнитно-резонансной томографии (МРТ), количественную иммуногистохимическую оценку $CD68^+$-и $CD163^+$-клеток в удаленном грыжевом материале и раннюю послеоперационную динамику.

Описание клинического случая. ***Информация о пациенте.*** Пациент Н. 44 лет обратился по поводу клинических проявлений правосторонней поясничной радикулопатии. По данным клинико-радиологического сопоставления симптомы были обусловлены радикулярной компрессией L_V правосторонней заднелатеральной грыжей межпозвоночного диска L_{IV}–L_V. Длительность симптомов составляла примерно 2 мес, интенсивность боли по визуальной аналоговой шкале достигала 8 баллов. Сведения о сопутствующих заболеваниях, семейном анамнезе, аллергологическом анамнезе и иных значимых факторах, способных существенно повлиять на трактовку данного наблюдения, в исходном материале не акцентировались.

Результаты физикального осмотра. На момент госпитализации состояние пациента определялось выраженным вертеброгенным и радикулярным болевым синдромом. В клинической картине доминировали боли в пояснично-крестцовом отделе позвоночника с иррадиацией в ягодичную область справа, усиливающуюся при движениях, затруднение выпрямления, ходьбы, периодическое онемение в ногах. Совокупность жалоб и неврологических проявлений соответствовала радикулярному компрессионному поражению справа на уровне L_{IV}–L_V.

Предварительный диагноз. На основании клинических и МРТ-данных установлен предварительный диагноз: «Деформирующая дорсопатия, остеохондроз, спондилоартроз пояснично-крестцового отдела позвоночника, грыжа диска L_{IV}–L_V, стеноз позвоночного канала на уровне L_{III}–L_V на фоне врожденной узости позвоночного канала с нарушением статико-кинетической функции позвоночника, выраженной стойкой правосторонней люмбоишиалгией».

Диагностическая оценка. По данным МРТ определялась заднелатеральная грыжа диска L_{IV}–L_V справа до 8 мм с клинически значимой радикулярной компрессией L_V. После удаления грыжевого материала проведена количественная иммуногистохимическая оценка: плотность $CD68^+$-клеток составила 83/мм², плотность $CD163^+$-клеток — 38/мм². Описательное соотношение $CD68^+/CD163^+$ составило 2,18; данный показатель не является валидированным самостоятельным прогностическим индексом.

Клинический диагноз: «Деформирующая дорсопатия. Пояснично-крестцовый остеохондроз. Спондилоартроз пояснично-крестцового отдела позвоночника, грыжа диска L_{IV}–L_V, стеноз позвоночного канала на уровне L_{III}–L_V на фоне врожденной узости позвоночного канала с нарушением статико-кинетической функции позвоночника, выраженной стойкой правосторонней люмбоишиалгией. Код по Международной классификации болезней 10-го пересмотра M51.1».

Дифференциальная диагностика. Дифференциальный поиск включал неспецифическую люмбалгию, фасеточный болевой синдром, дегенеративный или фораминальный стенозы иной этиологии, а также объемные эпидуральные процессы. В пользу дискогенной компрессии свидетельствовали односторонняя заднелатеральная грыжа L_{IV}–L_V и клинически значимая радикулярная компрессия справа на уровне L_V по данным МРТ.

Медицинские вмешательства. Пациенту выполнена микродискэктомия на уровне L_{IV}–L_V справа с удалением грыжевого материала и радикулярной декомпрессией L_V справа. Операционный материал направлен для морфологического и иммуногистохимического исследования. В удаленном грыжевом материале выполнено иммуногистохимическое исследование с количественной оценкой клеток, экспрессирующих CD68 и CD163. Плотность $CD68^+$-клеток составила 83 кл/мм², плотность $CD163^+$-клеток — 38 кл/мм². Описательное отношение $CD68^+/CD163^+$ составило 2,18.

Указанное соотношение не является валидированным самостоятельным прогностическим показателем и приводится исключительно для характеристики макрофагального профиля исследованного операционного материала.

Динамика и исходы. В ранний послеоперационный период отмечены быстрый регресс болевого синдрома и восстановление привычной активности. На основании доступных данных ранний клинический исход расценен как благоприятный.

Обсуждение. Радикулярная боль при грыже межпозвоночного диска имеет смешанный патогенез. Наряду с механической деформацией и возможной радикулярной ишемией существенную роль играет химическое воспаление, возникающее после контакта тканей эпидурального пространства и ганглия с компонентами пульпозного ядра. Макрофаги, мигрирующие в зону грыжи, участвуют в продукции медиаторов воспаления, включая фактор некроза опухоли α, интерлейкины 1β и 6, и могут способствовать периферической ноцицептивной сенситизации [2–4]. Одновременно эти клетки участвуют в фагоцитозе, неоваскуляризации и ремоделировании ткани, способствуя клиренсу и резорбции грыжевого материала.

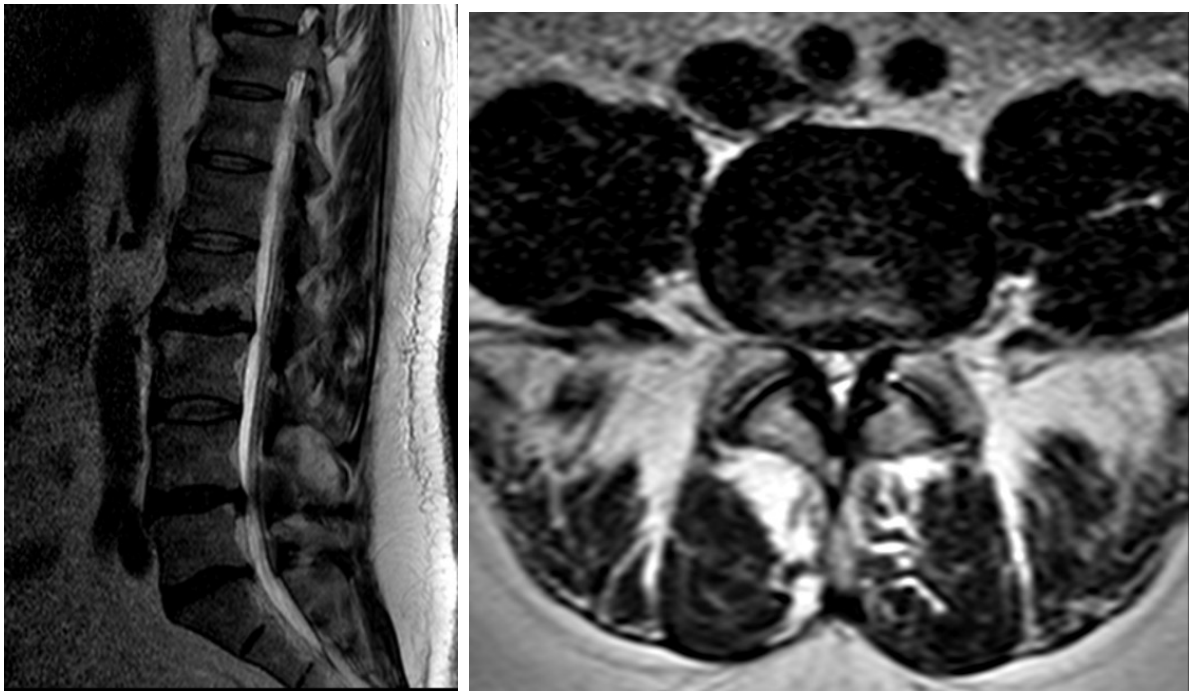
Таким образом, макрофагальная инфильтрация не должна рассматриваться как однозначно неблагоприятный признак. В проспективном исследовании 177 пациентов воспалительная макрофагальная инфильтрация операционного материала ассоциировалась с меньшей выраженностью послеоперационных жалоб при среднем периоде наблюдения 7 мес [8]. Эти результаты согласуются с представлением о двойственной роли макрофагов: они могут участвовать в поддержании боли до операции, но одновременно отражать процессы клиренса грыжевого материала.

CD68 является широко используемым маркером клеток моноцитарно-макрофагального ряда. Его экспрессия характеризует общую макрофагальную инфильтрацию, но не позволяет надежно отнести клетки к определенному функциональному фенотипу. Поэтому выявление $CD68^+$-клеток может отражать как воспалительную активность, так и фагоцитарную фазу резорбции дискового материала [4, 5]. В работе W. Li и соавт. положительная экспрессия CD68 и CCR7 (C-C-рецептора хемокина 7) ассоциировалась с более низкой интенсивностью боли через 1 нед после

Ответственный автор — Станислав Юрьевич Козлов
Corresponding author — Stanislav Yu. Kozlov
E-mail: sykozlov@mail.ru

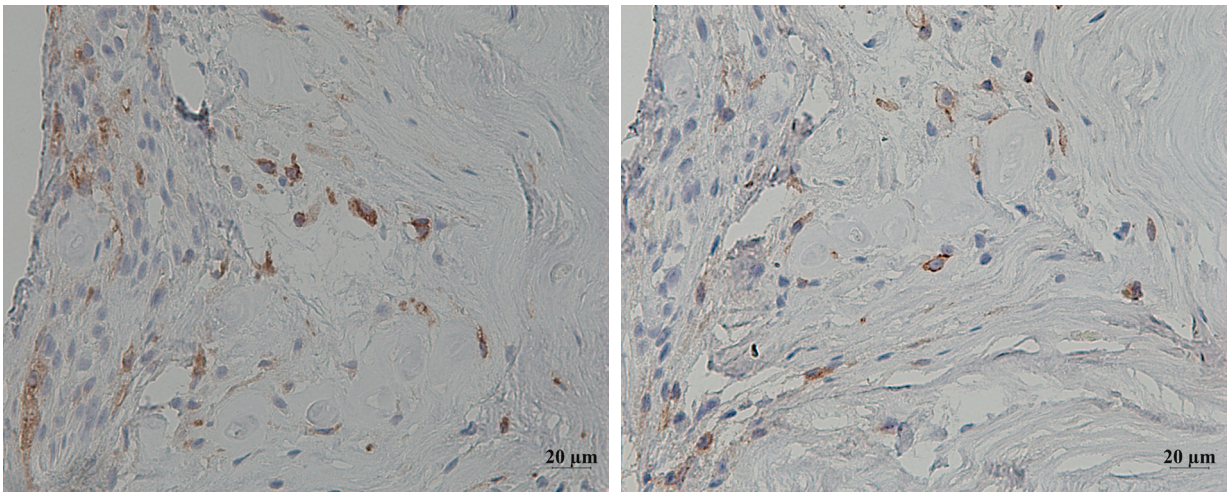
Временна́я шкала:

Период	Ключевые события
Амбулаторный этап. С февраля 2025 г.	Появление болей в пояснично-крестцовом отделе позвоночника с иррадиацией в ягодичную область справа, усиливающуюся при движениях, затруднение выпрямления, ходьбы, периодическое онемение в ногах
Предоперационный этап 25.03.2025	МРТ поясничного отдела позвоночника: грыжа диска L_{IV}–L_V до 8 мм с клинически значимой радикулярной компрессией справа на уровне L_V
Хирургическое лечение 05.05.2025	Микродискэктомия L_{IV}–L_V справа; грыжевой материал направлен на морфологическое и иммуногистохимическое исследование
Послеоперационный этап	При исследовании удаленного материала выявлена не выраженная макрофагальная инфильтрация среди исследованных образцов, что свидетельствовало о минимальном иммуновоспалительном ответе
Ранний послеоперационный период и наблюдение	Регресс болевого синдрома и восстановление привычной активности



а *б*

Рис. 1. Предоперационные МР-томограммы поясничного отдела позвоночника



а *б*

Рис. 2. Микрофотографии иммуногистохимического исследования удаленного грыжевого материала CD68 и CD163

поясничной дискэктомии и с большей величиной раннего снижения боли; при этом устойчивой корреляции между процентом позитивных клеток и показателями боли либо функционального статуса в дальнейшем не выявлено [1].

CD163 – рецептор-поглотитель гемоглобин-гаптоглобинового комплекса, преимущественно экспрессируемый моноцитами и макрофагами. В ткани грыжи межпозвоночного диска он рассматривается как один из наиболее селективных иммуногистохимических маркеров М2-подобной дифференцировки [5]. $CD163^+$-клетки ассоциируют с фагоцитозом, ремоделированием ткани и продукцией противовоспалительных и репаративных медиаторов. Вместе с тем деление макрофагов на М1-и М2-фенотипы является упрощенной моделью, поскольку в ткани грыжи существует спектр динамических состояний клеток. Следовательно, число $CD163^+$-клеток не может рассматриваться как самостоятельный маркер благоприятного прогноза [4–6].

В представленном нами наблюдении плотность $CD68^+$-клеток составила 83 кл/мм², а $CD163^+$-клеток — 38 кл/мм². Ранний послеоперационный период сопровождался регрессом боли и восстановлением привычной активности. Наиболее обоснованным объяснением ранней клинической динамики является устранение механической радикулярной компрессии L_V при адекватной хирургической декомпрессии. Макрофагальный профиль операционного материала может характеризовать локальное тканевое микроокружение и потенциально модифицировать воспалительные и репаративные процессы, однако на основании 1 случая невозможно определить его независимый вклад в клинический исход.

Заключение. У пациента Н. 44 лет с правосторонней заднелатеральной грыжей межпозвоночного диска L_{IV}–L_V размером до 8 мм и радикулярной компрессией L_V справа, микродискэктомия L_{IV}–L_V справа сопровождалась благоприятной ранней клинической динамикой — регрессом боли и восстановлением привычной активности. В удаленном грыжевом материале плотность $CD68^+$-клеток составила 83 кл/мм², $CD163^+$-клеток — 38 кл/мм². Сообщение иллюстрирует применимость количественной иммуногистохимической характеристики операционного материала в рамках клинико-морфологического анализа, но не подтверждает прогностическую или причинную роль отдельных макрофагальных маркеров.

Прогноз для пациента. На момент наблюдения отмечен регресс симптоматики после хирургического лечения. Полноценная оценка отдаленных исходов требует дальнейшего катамнестического наблюдения.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Информированное добровольное согласие пациента на публикацию обезличенных клинических данных получено.

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

Благодарности. Авторы выражают признательность специалистам, участвовавшим в морфологическом и иммуногистохимическом исследовании операционного материала.

References (Список источников)

1. Li W, Luo Z, Chen Y, et al. Influence of macrophage polarization in herniated nucleus pulposus tissue on clinical efficacy after lumbar discectomy. JOR Spine. 2023;6(2):e1249. DOI:10.1002/jsp2.1249
2. Feng P, Che Y, Gao C, et al. Immune exposure: How macrophages interact with the nucleus pulposus. Front Immunol. 2023;14:1155746. DOI:10.3389/fimmu.2023.1155746
3. Ribeiro-Machado C, Santos SG, Amaral IA, et al. Macrophage-based therapy for intervertebral disc herniation: Preclinical proof-of-concept. NPJ Regen Med. 2023;8(1):34. DOI:10.1038/s41536-023-00309-z
4. Dou Y, Zhang Y, Liu Y, et al. Role of macrophage in intervertebral disc degeneration. Bone Res. 2025;13(1):15. DOI:10.1038/s41413-024-00397-7
5. Djuric N, Lafeber GCM, Li W, et al. Exploring macrophage differentiation and its relation to Modic changes in human herniated disc tissue. Brain Spine. 2022;2:101698. DOI:10.1016/j.bas.2022.101698
6. Li XC, Luo SJ, Wu F, et al. Investigation of macrophage polarization in herniated nucleus pulposus of patients with lumbar intervertebral disc herniation. J Orthop Res. 2023;41(6):1335-47. DOI:10.1002/jor.25480
7. Li W, Djuric N, Mink C, et al. Inflammation and macrophage polarization are associated with Modic change type in lumbar radiculopathy. Brain Spine. 2025;5:104249. DOI:10.1016/j.bas.2025.104249
8. Rothoerl RD, Woertgen C, Brawanski A. Pain resolution after lumbar disc surgery is influenced by macrophage tissue infiltration. A prospective consecutive study on 177 patients. J Clin Neurosci. 2002;9(6):633-6. DOI:10.1054/jocn.2002.1137

Статья поступила в редакцию 16.07.2026; одобрена после рецензирования 22.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 16.07.2026; approved after reviewing 22.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Сергей Алексеевич Ковалев *— заведующий кардиохирургическим отделением №2; заведующий кафедрой специализированных хирургических дисциплин, заслуженный врач РФ, профессор, доктор медицинских наук, specsurg@vrngmu.ru, ORCID 0000-0001-6342-2209;* ***Станислав Юрьевич Козлов*** *— врач-нейрохирург нейрохирургического отделения; доцент кафедры специализированных хирургических дисциплин, доктор медицинских наук, sykozlov@mail.ru, ORCID 0009-0007-4287-7563;* ***Виктория Викторовна Шишкина*** *— заведующая лабораторией молекулярной морфологии и иммунной гистохимии Научно-исследовательского института экспериментальной биологии и медицины; заведующая кафедрой гистологии, доцент, кандидат медицинских наук, histology@vrngmu.ru, ORCID 0000-0001-9185-4578;* ***Александр Николаевич Буланый*** *— врач-нейрохирург нейрохирургического отделения;* ***Денис Вячеславович Мореплавцев*** *— врач-нейрохирург нейрохирургического отделения;* ***Андрей Николаевич Лютый*** *— врач-нейрохирург нейрохирургического отделения;* ***Татьяна Валерьевна Самойленко*** *— заведующая лабораторией экспериментальных биологических моделей Научно-исследовательского института экспериментальной биологии и медицин, научный сотрудник; ассистент кафедры гистологии, antailkka@mail.ru, ORCID 0000-0001-9990-535X;* ***Захар Александрович Буланый*** *— студент.*

Information about the authors:

Sergey A. Kovalev *— Head of the Cardiac Surgery Division No. 2; Head of the Department of Specialized Surgical Disciplines, Honored Doctor of the Russian Federation, Professor, DSc, specsurg@vrngmu.ru, ORCID 0000-0001-6342-2209;* ***Stanislav Yu. Kozlov*** *— Neurosurgeon of the Neurosurgical Division; Assistant Professor of the Department of Specialized Surgical Disciplines, DSc, sykozlov@mail.ru, ORCID 0009-0007-4287-7563;* ***Viktoria V. Shishkina*** *— Head of the Laboratory of Molecular Morphology and Immune Histochemistry of the Scientific Research Institute of Experimental Biology and Medicine; Head of the Department of Histology, Associate Professor, PhD, histology@vrngmu.ru, ORCID 0000-0001-9185-4578;* ***Alexander N. Bulany*** *— Neurosurgeon of the Neurosurgical Division;* ***Andrey N. Lyutyy*** *— Neurosurgeon of the Neurosurgical Division;* ***Denis V. Moreplavtsev*** *— Neurosurgeon of the Neurosurgical Division;* ***Tatyana V. Samoylenko*** *— Head of the Laboratory of Experimental Biological Models of the Scientific Research Institute of Experimental Biology and Medicine, Researcher; Instructor of the Department of Histology, antailkka@mail.ru, ORCID 0000-0001-9990-535X;* ***Zahar A. Bulany*** *— Student.*

УДК 616.65-006.6-07:577.21
EDN: GSCRFR
https://doi.org/10.15275/ssmj2203327

Оригинальная статья
Original article

ТЕСТ-СИСТЕМА SNP-РПЖ: АЛЛЕЛЬ-СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ГЕНОТИПИРОВАНИЯ МАРКЕРОВ РИСКА РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Р.Н. Фомкин, Т.Е. Пылаев, В.М. Попков, Г.Г. Мезиров, О.А. Фомкина, А.Б. Бучарская, Н.В. Полуконова

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

SNP-PCA TEST SYSTEM: ALLELE-SPECIFIC REAL-TIME PCR FOR GENOTYPING PROSTATE CANCER RISK MARKERS

R.N. Fomkin, T.E. Pylaev, V.M. Popkov, G.G. Mezirov, O.A. Fomkina, A.B. Bucharskaya, N.V. Polukonova

V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: *Фомкин Р.Н., Пылаев Т.Е., Попков В.М., Мезиров Г.Г., Фомкина О.А., Бучарская А.Б., Полуконова Н.В.* Тест-система SNP-РПЖ: аллель-специфическая ПЦР в реальном времени для генотипирования маркеров риска рака предстательной железы. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 327-336. EDN: GSCRFR. https://doi.org/10.15275/ssmj2203327

Аннотация. *Цель*: разработать прототип аллель-специфической полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени для генотипирования 4 однонуклеотидных полиморфизмов, ассоциированных с риском рака предстательной железы, и оценить его лабораторные характеристики. *Материал и методы*. Синтезированы 12 олигонуклеотидов: 4 универсальных прямых и 8 аллель-специфических обратных праймеров. Контрольную серию из 12 препаратов геномной дезоксирибонуклеиновой кислоты верифицировали секвенированием по Сэнгеру. Пилотные реакции оценивали по пороговому циклу, форме кривой, температуре плавления и электрофорезу. Расширенную апробацию 3 локусов выполнили на 154 образцах. *Результаты*. Секвенирование подтвердило 10 из 12 архивных генотипов ПЦР с последующим анализом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов. Пилотные характеристики были локусзависимыми; работа по компоненту *HNF1B* продолжается. В расширенной серии заключение получено для *CASC17* в 154/154, *CASC8* в 154/154 и *CCAT2* в 153/154 исследований; полный трехлокусный профиль сформирован у 153/154 образцов (99,35%; 95% доверительный интервал 96,44–99,98; p=0,0034 относительно рабочего уровня 95%). Генотипы *CASC17* и *CCAT2* согласуются с равновесием Харди–Вайнберга; для *CASC8* выявлено значимое отклонение (p=0,0008). *Заключение*. В расширенной серии 3 из 4 компонентов прототипа обеспечили получение интерпретируемого результата генотипирования в 99,78% исследований. Для завершения аналитической оценки тест-системы необходимы секвенционная верификация, оценка повторяемости и воспроизводимости.

Ключевые слова: рак предстательной железы, однонуклеотидный полиморфизм, генотипирование, полимеразная цепная реакция в реальном времени, равновесие Харди — Вайнберга

For citation: *Fomkin RN, Pylaev TE, Popkov VM, Mezirov GG, Fomkina OA, Bucharskaya AB, Polukonova NV.* SNP-PCa test system: Allele-specific real-time PCR for genotyping prostate cancer risk markers. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 327-336. (In Russ.) EDN: GSCRFR. https://doi.org/10.15275/ssmj2203327

Abstract. *Objective*: to develop a prototype allele-specific real-time polymerase chain reaction (PCR) assay for genotyping four single nucleotide polymorphisms (SNPs) associated with prostate cancer risk and to evaluate its performance. *Material and methods*. Twelve oligonucleotides were synthesized: four universal forward and eight allele-specific reverse primers. A control series of 12 genomic deoxyribonucleic acid samples was verified by Sanger sequencing. Pilot reactions were assessed by quantification cycle, curve morphology, melting temperature and electrophoresis. Three loci were evaluated in an expanded series of 154 samples. *Results*. Sanger sequencing confirmed 10 of 12 archived genotypes obtained by PCR followed by restriction fragment length polymorphism analysis. Pilot performance was locus-dependent; work on the *HNF1B* component is ongoing. In the expanded series, a genotype call was obtained in 154/154 tests for *CASC17*, 154/154 for *CASC8* and 153/154 for *CCAT2*; a complete three-locus profile was obtained for 153/154 samples (99.35%; 95% confidence interval 96.44–99.98; p=0.0034 against the working level of 95%). *CASC17* and *CCAT2* genotype distributions were consistent with Hardy–Weinberg equilibrium; *CASC8* showed a significant deviation (p=0.0008). *Conclusion*. In the expanded series, three of the four prototype components yielded interpretable genotyping results in 99.78% of assays. Completion of the analytical evaluation of the test system requires sequencing-based verification and assessment of repeatability and reproducibility.

Keywords: prostate cancer, single nucleotide polymorphism, genotyping, real-time polymerase chain reaction, Hardy — Weinberg equilibrium

© Фомкин Р.Н., Пылаев Т.Е., Попков В.М., Мезиров Г.Г., Фомкина О.А., Бучарская А.Б., Полуконова Н.В., 2026

Введение. Рак предстательной железы (РПЖ) занимает существенное место в структуре онкологической заболеваемости мужского населения России [1]. Наследственная предрасположенность к заболеванию имеет полигенную природу: в крупнейшем в настоящее время трансэтническом полногеномном исследовании ассоциаций число независимо связанных с риском вариантов достигло 269 [2]. Отсюда следует практический вывод для интерпретации любого отдельного маркера: каждый из них отражает только часть наследуемого риска и не может рассматриваться как самостоятельный диагностический признак опухоли.

В данную разработку включено 4 однонуклеотидных полиморфизма (*single nucleotide polymorphism* — SNP). *HNF1B* (HNF1 homeobox B, гомеобокс-содержащий транскрипционный фактор HNF1B) rs4430796 расположен в области 17q12; его связь с риском РПЖ подтверждена объединенными генетическими исследованиями [3]. Полиморфизм rs1859962 области 17q24 в используемой рабочей номенклатуре обозначен как *CASC17* (cancer susceptibility 17, локус восприимчивости к раку 17); ассоциация этого варианта с заболеванием оценивалась в систематическом обзоре и метаанализе [4]. *CASC8* (cancer susceptibility 8) rs1447295 и *CCAT2* (colon cancer associated transcript 2, транскрипт колоректального рака 2) rs6983267 расположены в области 8q24, содержащей несколько независимых локусов наследственной восприимчивости к РПЖ [5]. Для вариантов 8q24 описана популяционная неоднородность частот и величины эффекта, что необходимо учитывать при построении генетических панелей риска [2, 6].

Эти 4 локуса ранее исследовались нашим коллективом методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с последующим анализом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ) [7]; соответствующая комбинация маркеров включена в патентованный способ прогнозирования риска [8]. В настоящей работе результаты ПЦР-ПДРФ использованы только для межметодного сопоставления, тогда как новые данные относятся к секвенционной проверке контрольных образцов, разработке аллель-специфической ПЦР в реальном времени (ПЦР-РВ) и ее лабораторной апробации.

Аллель-специфическая ПЦР переводит генотипирование в инструментально регистрируемый формат, однако качество аллельной дискриминации зависит от последовательности праймеров, стабильности их 3′-конца, температуры отжига, состава реакционной смеси и особенностей конкретного локуса [9]. Действующие рекомендации MIQE 2.0 (Minimum Information for Publication of Quantitative Real-Time PCR Experiments — минимальные требования к публикации данных количественной ПЦР-РВ) требуют прозрачного описания пробоподготовки, контрольных реакций, правил определения порогового цикла, технических повторов и воспроизводимости [10]. Именно поэтому на этапе разработки операционную работоспособность целесообразно оценивать отдельно от аналитической правильности и клинической валидности.

Рабочая гипотеза состояла в том, что перевод 4 выбранных маркеров в формат аллель-специфической ПЦР-РВ позволит получать инструментально интерпретируемое генотипическое заключение, но аналитические характеристики реакции будут различаться между локусами и потребуют локус-специфических критериев оценки.

Цель — разработать прототип аллель-специфической ПЦР-РВ для генотипирования 4 однонуклеотидных полиморфизмов, ассоциированных с риском РПЖ, и оценить его лабораторные характеристики.

Материал и методы. ***Дизайн и исследуемый материал.*** Исследование имело последовательный лабораторно-технологический дизайн и включало материалы 2025–2026 гг., полученные в рамках государственного задания по разработке медицинского изделия для диагностики *in vitro* «Тест-система SNP-РПЖ». Единицей наблюдения в контрольной серии был препарат геномной ДНК; в пилотной серии — отдельная аллель-специфическая реакция либо парная постановка WT/MT (реакций с праймерными смесями для референсного и альтернативного аллеля соответственно; подробнее см. подраздел «Аллель-специфическая полимеразная цепная реакция в реальном времени») одного образца; в расширенной апробации — генотипирование 1 локуса в 1 препарате ДНК. Для интегрального анализа 3 масштабированных компонентов независимой единицей считали образец.

Контрольная серия включала 12 ранее генотипированных препаратов ДНК — по 3 для каждого локуса; по архивной ПЦР-ПДРФ они считались гетерозиготными. Расширенная серия включала все 154 доступных препарата ДНК, для которых выполнялась постановка 3 масштабированных локусов: 86 от пациентов с РПЖ и 68 – от участников сравнительной группы. Технически невалидный результат из знаменателя не исключали. Отбор по клиническим характеристикам для настоящего технического анализа не проводили; стадия заболевания, концентрация простат-специфического антигена и морфологические характеристики опухоли в данном исследовании не сравнивали. Компонент *HNF1B* в расширенную апробацию не переносился; его оптимизация и анализ продолжается вне рамок настоящей публикации и станет предметом отдельного сообщения.

Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации, стандарта Надлежащей клинической и практики (Good Clinical Practice), требованиями законодательства Российской Федерации в сфере охраны здоровья граждан, защиты персональных данных, врачебной тайны и обращения с генетическими данными человека; одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России (протокол №7 от 14.01.2025).

Все участники до включения подписали информированное добровольное согласие на участие, забор и использование биологического материала, молекулярно-генетическое исследование, обработку персональных данных и сведений о состоянии здоровья, а также публикацию обезличенных и агрегированных результатов. Соблюдены требования ст. 5, 10 Федерального закона от 27.07.2006 №152-ФЗ «О персональных данных». Сведения, составляющие врачебную тайну, в индивидуализированной форме не раскрывались и использовались в соответствии с ч. 3 ст. 13 Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Согласно ст. 13.1 и 13.2 Федерального закона от 05.07.1996 № 86-ФЗ «О государственном

Ответственный автор — Владимир Михайлович Попков
Corresponding author — Vladimir M. Popkov
E-mail: popkov.vm@staff.sgmu.ru

регулировании в области генно-инженерной деятельности» в редакции Федерального закона от 20.02.2026 № 43-ФЗ, индивидуальные генетические данные участников — результаты анализа, генотипы и иные идентифицирующие сведения — не публиковались, не размещались в открытом доступе и не передавались иностранным лицам и государствам. В публикации представлены только агрегированные обезличенные результаты статистического анализа.

Выбор мишеней и разработка праймеров. Исследовали *HNF1B* rs4430796, *CASC17* rs1859962, *CASC8* rs1447295 и *CCAT2* rs6983267. Аллельные пары приведены в рабочей ориентации праймерных систем и не означают присвоения статуса REF (reference allele, референсный аллель) или ALT (alternative allele, альтернативный аллель) в открытой базе данных однонуклеотидных полиморфизмов dbSNP (Database of Single Nucleotide Polymorphisms). Референсные последовательности получали из открытой базы GenBank Национального центра биотехнологической информации США (National Center for Biotechnology Information, NCBI). Праймеры проектировали в программах для дизайна олигонуклеотидов Primer3Plus и OligoCalc; специфичность проверяли алгоритмом поиска локального сходства последовательностей BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), температуру плавления и вторичные структуры рассчитывали в программе OligoAnalyzer 3.1 (Integrated DNA Technologies, США).

Для каждого локуса разработали 1 универсальный прямой и 2 аллель-специфических обратных праймера; всего синтезировано 12 олигонуклеотидов (табл. 1). Последовательности и рабочие концентрации праймеров входят в конфиденциальную охраняемую техническую документацию изделия и не раскрываются: комбинация маркеров защищена патентом РФ RU 2827104 C1 [8].

Синтез олигонуклеотидов и подготовка ДНК. Немодифицированные олигонуклеотиды синтезировали фосфорамидитным методом на твердофазном носителе из пористого стекла с контролируемым размером пор (controlled-pore glass, CPG-500) 500 Å на автоматическом ДНК-синтезаторе Polygen 12 (PolyGen GmbH, Германия). От носителя продукт отделяли в 37%-м водном растворе аммиака при температуре 55ºC в течение 24 ч; после обессоливания и переосаждения очищали денатурирующим электрофорезом в 20%-м полиакриламидном геле. Паспортная чистота превышала 98%.

Венозную кровь до оперативного вмешательства забирали в пробирки объемом 4 мл с трикалиевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты (K_3-EDTA). Не позднее 24 ч материал распределяли по 500 мкл и хранили при температуре -20ºC. Геномную ДНК выделяли набором D-blood (ООО «Биолабмикс», Россия); концентрацию и оптическую чистоту определяли на спектрофотометре NanoDrop OneC (Thermo Fisher Scientific, США) при 230, 260 и 280 нм. ДНК хранили при температуре -20ºC. В пилотных постановках использовали 10 нг/мкл; предел обнаружения не определяли.

Секвенционная проверка контрольной серии. Для секвенирования амплифицировали фрагменты длиной 453 пар нуклеотидов (п.н.) для *HNF1B*, 317 п.н. для *CASC17*, 350 п.н. для *CASC8* и 438 п.н. для *CCAT2*. Определение последовательности методом Сэнгера выполнено в ООО «Гентерра» (Россия); полученные последовательности сопоставляли с референсными последовательностями GenBank. Секвенирование использовали как независимый метод проверки генотипов контрольных образцов.

Аллель-специфическая полимеразная цепная реакция в реальном времени. Для каждого локуса выполняли 2 параллельные аллель-специфические ПЦР с интеркалирующим флуоресцентным красителем SYBR Green I (Thermo Fisher Scientific, США). WT (wild type, «дикий тип») обозначал праймерную смесь для преимущественной амплификации референсного аллеля, MT (mutant type, «мутантный тип») — альтернативного; как обозначения «нормального»и «мутантного» генотипа эти термины не использовали. Реакция объемом 20 мкл содержала 5 мкл ДНК (10 нг/мкл), 10 мкл 2× HS-qSYBR-blue (ООО «Биолабмикс», Россия) и соответствующие праймеры. Каждую реакцию ставили в 3 технических повторах.

Амплификацию выполняли на амплификаторе для количественной ПЦР-РВ LightCycler 96 (Roche, Швейцария): 95ºC — 2 мин; затем 45 циклов 95ºC — 10с, 60ºC — 10с, 72ºC — 15с с регистрацией флуоресценции по каналу FAM (6-карбоксифлуоресцеин). Плавление продуктов проводили от 65 до 95ºC с шагом 1ºC каждые 10 с. Пороговый цикл количественной амплификации (quantification cycle, Cq) определяли по пересечению кривой с пороговым уровнем, температуру плавления (melting temperature, *Tm*) — по максимуму соответствующего пика. ΔCq обозначал разность пороговых циклов; в пилотной серии анализировали |ΔCq| между WT и MT одного образца.

На пилотном этапе оценивали наличие сигмоидальной амплификационной кривой с различимой экспоненциальной фазой и выходом на плато; этот признак использовали как исследовательскую характеристику, а не формализованный критерий валидации. В расширенной базе сохранились итоговые генотипические заключения, но не полный массив Cq 3 технических повторов, поэтому внутри-и межсерийную вариабельность не рассчитывали.

Электрофоретическая оценка продуктов. ПЦР-продукты разделяли горизонтальным электрофорезом в 2,5% агарозном геле в однократном трис-ацетат-ЭДТА-буфере (TAE, Tris-acetate-EDTA) при 130 В в течение 90 мин. Использовали

Таблица 1

Основные характеристики праймерных систем

Локус	SNP	Аллельная пара*	Число праймеров	Длина праймеров, нт	Чистота, %	Расчетная длина продукта, п.н.
HNF1B	rs4430796	C/T	3	20–22	>98	123
CASC17	rs1859962	A/C	3	20–23	>98	115
CASC8	rs1447295	G/T	3	24	>98	92
CCAT2	rs6983267	G/T	3	20–25	>98	55

Примечание. *Аллельные пары указаны в рабочей ориентации праймерных систем. нт — нуклеотидов; п.н. — пар нуклеотидов.

маркер молекулярных масс Step50 bp Plus (50–1500 п.н.), визуализацию выполняли на системе гель-документации BlueCube-300 (SERVA, Германия). Оценивали наличие продукта ожидаемой длины и дополнительных полос как признака возможной неспецифической амплификации.

Конечные точки и статистический анализ. Основной технической конечной точкой расширенной апробации была доля локус-уровневых исследований с валидным генотипическим заключением — однозначным двухаллельным заключением, зарегистрированным в первичной лабораторной базе после завершения рабочего цикла генотипирования. Показатель отражал операционную результативность — возможность получить интерпретируемое итоговое генотипическое заключение, но не аналитическую правильность. Рабочим исследовательским критерием принимали долю >95%; регуляторной характеристикой изделия этот порог не являлся.

Вторичные конечные точки: совпадение архивного генотипирования с секвенированием по Сэнгеру; выход пилотных реакций на плато и соответствие кривой принятому качественному критерию; Cq, Tm и |ΔCq|; наличие целевого ампликона и дополнительных электрофоретических полос; межметодная согласованность ПЦР-ПДРФ и ПЦР-РВ. Для CASC17, CASC8 и CCAT2 дополнительно определяли долю образцов с полным трехлокусным профилем и проверяли соответствие генотипов расширенной серии равновесию Харди–Вайнберга. ПЦР-ПДРФ референсным методом не считали.

Категориальные данные представляли абсолютными значениями и долями; для пропорций рассчитывали точные двусторонние 95% доверительные интервалы (ДИ) Клоппера–Пирсона. Межметодную согласованность оценивали долей точных совпадений и коэффициентом к Коэна, интерпретируемым по шкале J.R. Landis и G.G. Koch [11]: ниже 0 – согласие хуже случайного, 0–0,20 — минимальное, 0,21–0,40 — слабое, 0,41–0,60 — умеренное, 0,61–0,80 — существенное, выше 0,80 — почти полное. Cq, *Tm* и |ΔCq| в пилотной серии описывали медианой и диапазоном; параметрические сравнения и проверку нормальности не применяли, поскольку внутри локуса имелось лишь 2–4 независимых парных наблюдения из разных генотипических классов.

Соответствие распределения генотипов равновесию Харди–Вайнберга проверяли асимптотическим критерием χ^2 с одной степенью свободы и точным критерием, основанным на переборе условного распределения числа гетерозигот при фиксированных частотах аллелей [12].

Рабочую гипотезу операционной результативности проверяли на уровне независимого образца. Для полного трехлокусного профиля, где π — истинная вероятность его получения, использовали H_0: π≤0,95 против H_1: π>0,95 и односторонний точный биномиальный критерий, α=0,05; приводили фактическое p и одностороннюю нижнюю 95% доверительную границу. Проверялась одна интегральная гипотеза, поэтому поправку на множественность не применяли; локус-специфические показатели оценивали описательно с двусторонними 95% ДИ.

Показатель 461/462 локус-уровневых заключений использовали только описательно: три локуса исследовали в одних и тех же 154 препаратах ДНК, и эти наблюдения статистически зависимы. Размер серии определялся доступным массивом завершенных исследований; априорный расчет выборки и ретроспективную мощность не выполняли, неопределенность оценок характеризовали ДИ.

Статистические расчеты выполняли в среде R версии 4.6.0 (R Core Team; RStudio Desktop 2025.09.2+418): точный биномиальный критерий и ДИ Клоппера–Пирсона — функциями пакета stats, тест на равновесие Харди–Вайнберга — пакетом HardyWeinberg 1.7.9, коэффициент к Коэна — по формуле для таблицы сопряженности, визуализацию forest-plot — пакетами meta 8.3-0 и metafor 5.0-1.

Результаты. ***Компоненты прототипа и контрольная серия.*** Для 4 локусов синтезированы 12 олигонуклеотидов — 4 универсальных прямых и 8

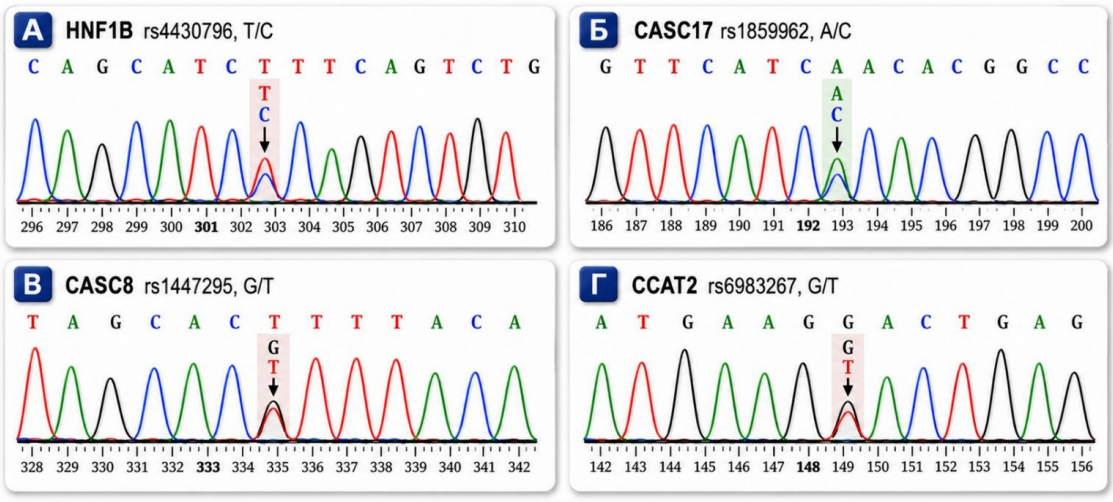


Рис. 1. Репрезентативные результаты секвенирования по Сэнгеру контрольных образцов для исследуемых однонуклеотидных полиморфизмов: *А* — *HNF1B* rs4430796, генотип T/C; *Б* — *CASC17* rs1859962, генотип A/C; *В* — *CASC8* rs1447295, генотип G/T; *Г* — *CCAT2* rs6983267, генотип G/T. Стрелками обозначены исследуемые нуклеотидные позиции

аллель-специфических обратных праймеров. Расчетная длина продуктов составляла 123 п.н. для *HNF1B*, 115 п.н. для CASC17, 92 п.н. для CASC8 и 55 п.н. для CCAT2 (табл. 1). Из 12 препаратов, предварительно классифицированных ПЦР-ПДРФ как гетерозиготные, секвенирование подтвердило исходный генотип в 10 случаях: 83,3% (95% ДИ 51,6–97,9). Для *HNF1B* образец 0037 был переклассифицирован с CT на CC; для CASC17 образец 0126 – с AC на AA. По *CASC8* и *CCAT2* все 3 контрольных образца совпали с секвенированием (табл. 2).

Пилотная оценка 4 локусов. В реакции *HNF1B* ни одна из четырех записей не достигла принятого пилотного критерия полноценной кривой с выходом на плато, а дополнительные электрофоретические продукты выявлялись во всех четырех реакциях. *Tm* находилась в диапазоне 82–84ºC, медиана |ΔCq| составляла 4,5 цикла. По этой причине *HNF1B* не был перенесен в расширенную серию; работа по подбору условий амплификации и при необходимости перепроектированию праймеров для этого локуса продолжается и будет освещена отдельно. Для *CASC17* выход на плато и кривая, соответствовавшая пилотному критерию, зарегистрированы в 5 из 8 реакций. Из 6 реакций с электрофоретическим контролем в 4 дополнительных полос не было. *Tm* составляла 79–82ºC, медиана |ΔCq| — 10,5 цикла. Для *CASC8* выход на плато получен в 7/8 реакций, качественный критерий кривой — в 6/8; при этом только 2/6 электрофоретически оцененных реакций не содержали дополнительных полос. *Tm* составляла 76–80ºC, медиана |ΔCq| — 3,5 цикла. Для *CCAT2* все 6 пилотных реакций достигли плато и соответствовали принятому критерию формы кривой; дополнительные полосы отсутствовали в 6/6 электрофореграммах. *Tm* находилась в диапазоне 77–79ºC. Медиана |ΔCq| составляла 1,0 цикл, диапазон — 1–3 цикла (табл. 3; рис. 2, 3).

Межметодное сопоставление. Точное совпадение ПЦР-ПДРФ с аллель-специфической ПЦР-РВ получено для *HNF1B* в 5 из 22 сопоставлений (22,7%; 95% ДИ 7,8–45,4; к=-0,199), для *CASC17* – в 1 из 20 (5,0%; 95% ДИ 0,1–24,9; к=-0,310), для *CASC8* – в 22 из 22 (100%; 95% ДИ 84,6–100; к=1,000), для *CCAT2* – в 16 из 21 (76,2%; 95% ДИ 52,8–91,8; к=0,618). По шкале J.R. Landis и G.G. Koch [11] совпадение по *HNF1B* и *CASC17* соответствует уровню хуже случайного, по *CCAT2* – существенному, по *CASC8* – почти полному. Эти показатели отражают межметодную согласованность и не являются оценкой диагностической точности новой реакции.

Расширенная лабораторная апробация. В расширенной серии по *CASC17* итоговое генотипическое заключение получено в 154 из 154 исследований (100%; 95% ДИ 97,63–100), по *CASC8* – также в 154 из 154 (100%; 95% ДИ 97,63–100), по *CCAT2* – в 153 из 154 (99,35%; 95% ДИ 96,44–99,98). В лабораторной базе для 1 образца итоговое заключение *CCAT2* отсутствовало; по сохранившимся данным

Таблица 2

Сопоставление архивной полимеразной цепной реакции с последующим анализом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов и секвенирования по Сэнгеру в контрольной серии

№	Код образца	Локус	ПЦР-ПДРФ	Сэнгер	Результат
1	0024	*HNF1B* rs4430796	CT	CT	Совпадение
2	0037	*HNF1B* rs4430796	CT	CC	Расхождение
3	0044	*HNF1B* rs4430796	CT	CT	Совпадение
4	0101	*CASC17* rs1859962	AC	AC	
5	0108	*CASC17* rs1859962	AC	AC	
6	0126	*CASC17* rs1859962	AC	AA	Расхождение
7	0045	*CASC8* rs1447295	GT	GT	Совпадение
8	0049	*CASC8* rs1447295	GT	GT	
9	0060	*CASC8* rs1447295	GT	GT	
10	0024	*CCAT2* rs6983267	GT	GT	
11	0037	*CCAT2* rs6983267	GT	GT	
12	0044	*CCAT2* rs6983267	GT	GT	

Таблица 3

Сводные характеристики пилотных реакций

Локус	Реакционные записи, *n*	Выход на плато, *n*/*N* (%)	Кривая по пилотному критерию, n/N (%)	*Tm*, ºC	Без дополнительных полос, *n*/*N* (%)	|ΔCq|, медиана (диапазон)
HNF1B	4	0/4 (0,0)	0/4 (0,0)	82–84	0/4 (0,0)	4,5 (1–8)
CASC17	8	5/8 (62,5)	5/8 (62,5)	79–82	4/6 (66,7)	10,5 (1–11)
CASC8	8	7/8 (87,5)	6/8 (75,0)	76–80	2/6 (33,3)	3,5 (2–7)
CCAT2	6	6/6 (100)	6/6 (100)	77–79	6/6 (100)	1,0 (1–3)

Примечание. Здесь и далее в табл. 5: *n* — число реакций с наблюдаемым признаком; *N* — число реакций, для которых соответствующая оценка была доступна.

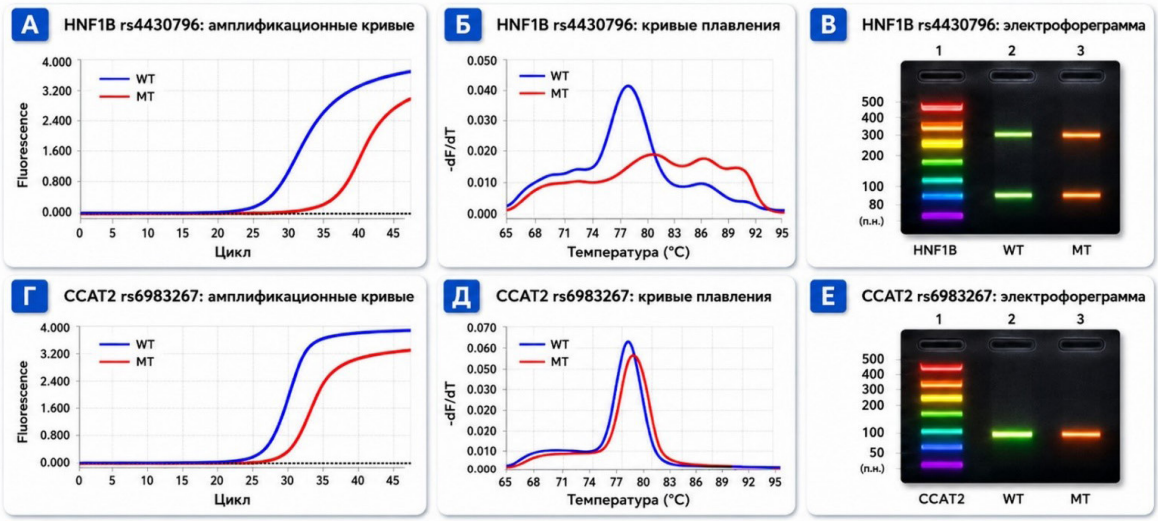


Рис. 2. Репрезентативные результаты пилотной постановки аллель-специфической полимеразной цепной реакции в реальном времени для *HNF1B* rs4430796 и *CCAT2* rs6983267: *А*, *Г* — амплификационные кривые; *Б*, *Д* — кривые плавления; *В*, *Е* — электрофореграммы. Здесь и далее на рис. 3: WT и MT — технические обозначения праймерных смесей для преимущественной амплификации референсного и альтернативного аллелей соответственно.

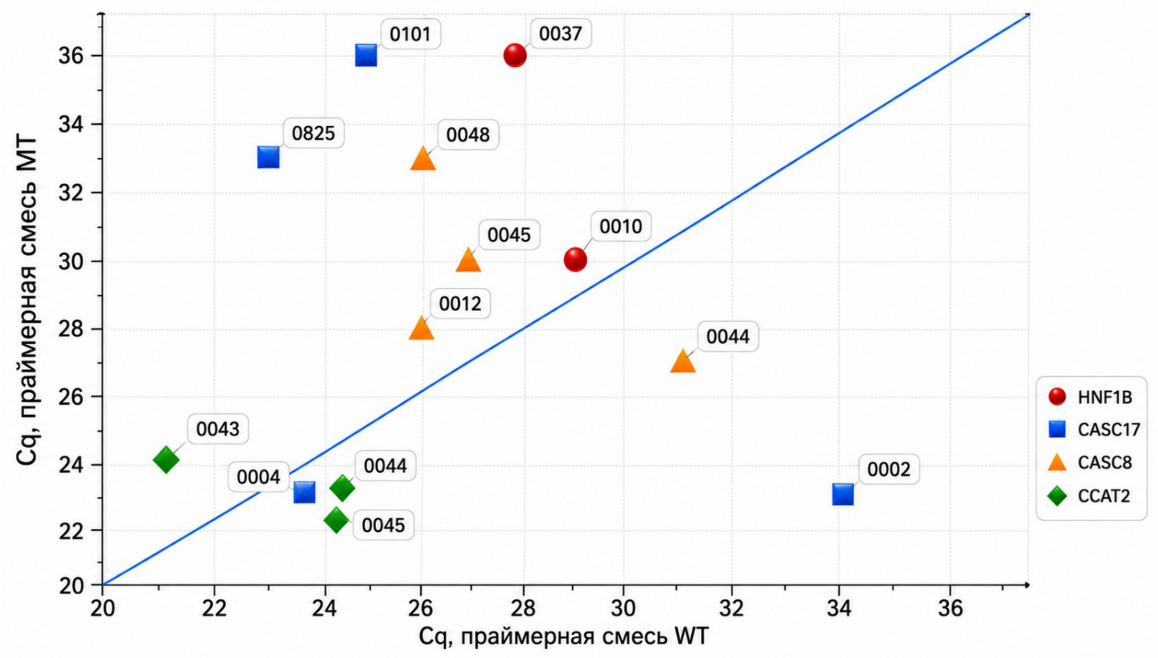


Рис. 3. Парные значения Cq в реакциях с праймерными смесями WT и MT при пилотной апробации. Диагональная линия соответствует равенству Cq в 2 параллельных аллель-специфических реакциях

Таблица 4

Точное совпадение результатов полимеразной цепной реакции с последующим анализом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов и аллель-специфической полимеразной цепной реакции в реальном времени

Локус	Сопоставления, *n*	Совпадения, *n*	Сходимость, %	95% ДИ; к Коэна
HNF1B	22	5	22,7	7,8–45,4; -0,199
CASC17	20	1	5,0	0,1–24,9; -0,310
CASC8	22	22	100,0	84,6–100,0; 1,000
CCAT2	21	16	76,2	52,8–91,8; 0,618

Примечание. ПЦР-ПДРФ характеризовали как сопоставляемый, а не референсный метод; показатели чувствительности и специфичности относительно ПЦР-ПДРФ, поэтому не рассчитывали.

техническую причину этого случая однозначно реконструировать не удалось.

Полный трехлокусный профиль *CASC17+CASC8+CCAT2* сформирован у 153 из 154 образцов — 99,35% (двусторонний 95% ДИ 96,44–99,98). При проверке H_0: $\pi \leq 0{,}95$ против H_1: $\pi > 0{,}95$ односторонний точный биномиальный критерий (x=153, n=154) дал p=0,0034; односторонняя нижняя 95% доверительная граница составила 96,96%. Таким образом, на уровне независимого образца операционная результативность 3 масштабированных компонентов статистически превышала принятый рабочий уровень 95%. На уровне отдельных локусов получено 461 итоговое заключение из 462 потенциальных (99,78%; двусторонний 95% ДИ 98,80–99,99); эта объединенная оценка использовалась только как описательная характеристика и не служила основанием для формального статистического вывода. Результаты представлены в табл. 5 и на рис. 4.

Проверка равновесия Харди–Вайнберга. Распределение генотипов CASC17 (AA 20, AC 70, CC 64; n=154) и CCAT2 (GG 34, GT 77, TT 42; n=153) не отличалось от ожидаемого при равновесии Харди–Вайнберга: асимптотический критерий хи-квадрат с одной степенью свободы дал χ^2=0,016 (p=0,900) и χ^2=0,013 (p=0,908) соответственно, точный критерий — p=0,863 и p=1,000. Для *CASC8* (GG 92, GT 43, TT 19; n=154) выявлено значимое отклонение с дефицитом гетерозигот: наблюдалось 43 гетерозиготы при 59,7 ожидаемых, χ^2=12,05 (p<0,001), точный критерий — p=0,001.

Обсуждение. Разработка 4 компонентов в едином формате аллель-специфической ПЦР-РВ выявила выраженные различия их аналитического поведения. При одинаковом принципе постановки реакции *HNF1B*, *CASC17*, *CASC8* и *CCAT2* различались по форме амплификационных кривых, величине |ΔCq| и электрофоретическому профилю продуктов. Для аллель-специфической амплификации такая локусзависимость закономерна: эффективность различения аллелей определяется особенностями нуклеотидного окружения исследуемой позиции, взаимодействием 3′-конца праймера с матрицей, температурой отжига и вероятностью образования побочных продуктов [9]. Полученные результаты подтверждают исходную рабочую гипотезу о том, что единая архитектура реакции не исключает необходимости локус-специфической настройки критериев интерпретации.

Наиболее выраженные технические ограничения на пилотном этапе выявлены для *HNF1B*. Ни одна из четырех реакций не соответствовала принятому

Таблица 5

Результаты расширенной лабораторной апробации

Показатель	Итоговые заключения, *n*/*N*	Доля, %	95% ДИ	Распределение генотипов
CASC17	154/154	100,00	97,63–100,00	AA 20; AC 70; CC 64
CASC8	154/154	100,00	97,63–100,00	GG 92; GT 43; TT 19
CCAT2	153/154	99,35	96,44–99,98	GG 34; GT 77; TT 42
Всего, локус-уровень	461/462	99,78	98,80–99,99	–
Полный профиль	153/154	99,35	96,44–99,98	–

Примечание. ДИ — точный 95% доверительный интервал Клоппера — Пирсона. Строка «Всего, локус-уровень» представляет описательную объединенную оценку и не использовалась для формального статистического тестирования из-за повторных измерений 3 локусов в одних и тех же образцах. Строка «Полный профиль» означает наличие итоговых заключений одновременно по *CASC17*, *CASC8* и *CCAT2*.

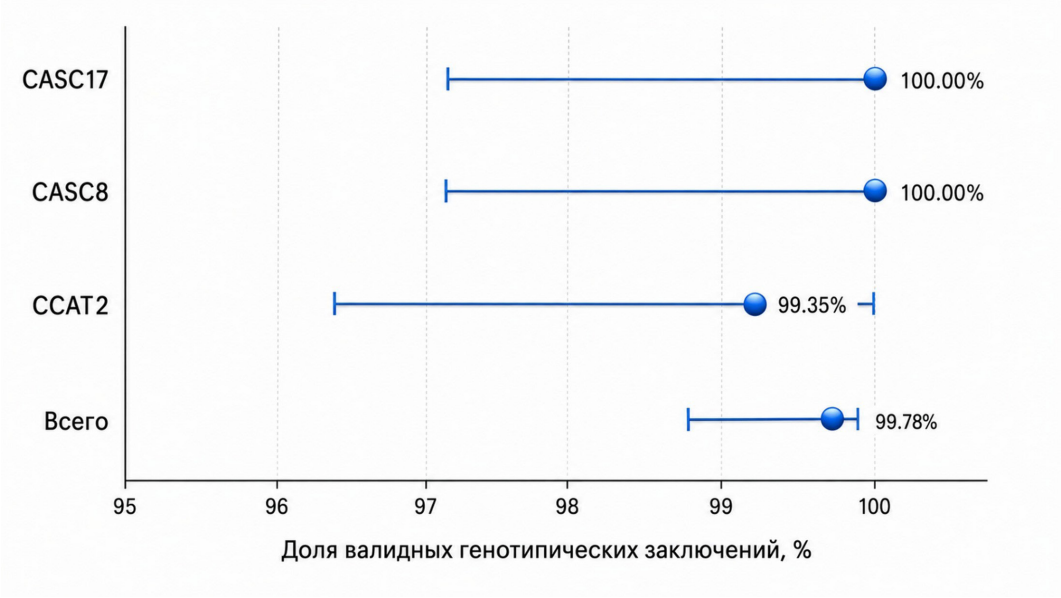


Рис. 4. Доля валидных генотипических заключений при расширенной лабораторной апробации тест-системы. Точки соответствуют фактической доле валидных результатов; горизонтальные интервалы — точным двусторонним 95% доверительным интервалам Клоппера — Пирсона. Для *CASC17* получено 154 валидных результата из 154, для *CASC8* – 154 из 154, для *CCAT2* – 153 из 154; суммарно — 461 из 462 локус-уровневых исследований

Таблица 6

Проверка равновесия Харди — Вайнберга в расширенной серии

Локус	Генотипы, *n*	χ^2 (1 ст. св.*)	*p* (асимптотический)	*p* (точный)
CASC17	AA 20; AC 70; CC 64	0,016	0,900	0,863
CASC8	GG 92; GT 43; TT 19	12,05	<0,001	0,001
CCAT2	GG 34; GT 77; TT 42	0,013	0,908	1,000

Примечание. χ^2 — критерий хи-квадрат с поправкой Йейтса не применяли (использован классический асимптотический критерий с одной степенью свободы*); точный критерий рассчитан методом Wigginton, Cutler, Abecasis.

критерию полноценной амплификационной кривой с выходом на плато, а дополнительные электрофоретические продукты регистрировались во всех оцененных постановках. По этой причине компонент *HNF1B* не включен в расширенную серию. Этот результат характеризует конкретную конфигурацию праймеров и условия реакции, использованные в настоящем исследовании, но не ставит под сомнение выбор самого rs4430796 как генетического маркера. Основным нерешенным аналитическим вопросом для данного компонента остается неспецифическая амплификация.

Важное наблюдение получено еще на этапе формирования контрольной серии. Из 12 образцов, ранее классифицированных ПЦР-ПДРФ как гетерозиготные, секвенирование по Сэнгеру подтвердило первоначальный результат в 10 случаях. Так, 1 образец *HNF1B* переклассифицирован с CT на CC, 1 образец CASC17 – с AC на AA. Вследствие этого результаты ПЦР-ПДРФ в настоящей работе обоснованно использовались как сопоставляемые, но не как безусловно референсные. Это обстоятельство существенно при интерпретации низкой межметодной согласованности *HNF1B* и *CASC17*: наблюдаемое расхождение не позволяет определить, какая доля несовпадений связана с архивным методом, а какая — с новой реакцией. Отрицательные значения к Коэна у этих локусов свидетельствуют об отсутствии согласованности сверх ожидаемой при соответствующем распределении категорий [11], но сами по себе не раскрывают механизм расхождений.

Для *CASC17* пилотный амплификационный профиль был лучше, чем для *HNF1B*: 5 из 8 реакций соответствовали принятому критерию формы кривой, а дополнительные полосы отсутствовали в 4 из 6 электрофоретически исследованных постановок. Кроме того, *CASC17* характеризовался наибольшей медианой |ΔCq| — 10,5 цикла. Вместе с тем совпадение с архивной ПЦР-ПДРФ получено только в 1 из 20 сопоставлений, к Коэна составила -0,31. Такое сочетание выраженного различия между 2 аллель-специфическими реакциями и крайне низкой межметодной согласованности показывает, что величина |ΔCq| сама по себе не может служить критерием правильности генотипирования. Для *CASC17* наиболее существенной неопределенностью остается именно аналитическая правильность получаемого заключения.

Иная картина наблюдалась для *CASC8*. Все 22 доступных результата совпали с архивной ПЦР-ПДРФ, к Коэна составила 1,000, то есть наблюдалось полное межметодное согласие. В то же время только 2 из 6 электрофоретически оцененных реакций не содержали дополнительных полос. При использовании SYBR Green неспецифические продукты двуцепочечной ДНК также способны участвовать в формировании флуоресцентного сигнала [9]. Следовательно, совпадение результатов 2 способов генотипирования и специфичность самой амплификации характеризуют различные свойства аналитической системы; благоприятный результат по одному из этих показателей не устраняет необходимости оценки другого.

Дополнительной особенностью *CASC8* стало отклонение распределения генотипов от равновесия Харди–Вайнберга. В расширенной серии наблюдались 92 генотипа GG, 43 GT и 19 TT; при ожидаемых 59,7 гетерозиготах фактически определены 43, а точный критерий дал значение *p*, равное 0,0008. Отклонение от равновесия Харди–Вайнберга может сопровождать ошибки генотипирования, однако не является специфическим признаком технической ошибки [12]. В настоящем исследовании интерпретация дополнительно осложняется структурой выборки: в общий анализ вошли пациенты с РПЖ и участники сравнительной группы. Варианты области 8q24 ассоциированы с риском РПЖ [5], причем для них описана популяционная неоднородность частот аллелей и величины эффектов [5, 6]. Вследствие этого выявленный дефицит гетерозигот может иметь несколько объяснений и сам по себе не позволяет установить причину отклонения. Его значение в настоящей работе состоит прежде всего в том, что оно формирует дополнительное основание для более тщательной проверки *CASC8* независимым методом.

Для *CASC17*, напротив, распределение генотипов AA 20, AC 70 и CC 64 соответствовало равновесию Харди–Вайнберга: точное значение *p* составило 0,863. Однако отсутствие статистически значимого отклонения также не является доказательством аналитической правильности. Это особенно наглядно именно для *CASC17*, где благоприятный результат проверки равновесия Харди — Вайнберга сочетается с крайне низкой межметодной согласованностью. Таким образом, проверка равновесия Харди — Вайнберга в данной работе не может заменять прямую секвенционную верификацию [12].

Наиболее однородные пилотные характеристики получены для *CCAT2*. Все 6 реакций соответствовали принятому критерию амплификационной кривой, во всех 6 электрофореграммах отсутствовали дополнительные полосы, а *Tm* находилась в диапазоне 77–79ºC. Распределение генотипов GG 34, GT 77 и TT 42 также не отличалось от ожидаемого при равновесии Харди–Вайнберга: точный критерий приняло значение *p*=1,0. Вместе с тем медиана |ΔCq| составляла всего 1 цикл, поэтому даже при наиболее благоприятном сочетании пилотных характеристик остается необходимость установить распределение ΔCq отдельно для секвенционно подтвержденных референсных гомо-, гетерозигот и альтернативных гомозигот [12].

Расширенная лабораторная апробация показала, что 3 компонента, перешедшие к серийной постановке, характеризовались высокой операционной

результативностью. Итоговое генотипическое заключение получено в 154 из 154 исследований *CASC17*, в 154 из 154 исследований *CASC8* и в 153 из 154 исследований *CCAT2*. Полный трехлокусный профиль был сформирован у 153 из 154 образцов — 99,35% при двустороннем 95% ДИ 96,44–99,98. Односторонний точный биномиальный критерий подтвердил превышение принятого рабочего уровня 95% (p<0,001). Тем самым основная техническая конечная точка исследования была достигнута для 3 масштабированных компонентов.

При этом операционная результативность и аналитическая правильность принципиально различаются. Получение однозначного генотипического заключения еще не означает соответствия определенного генотипа истинному состоянию исследуемого локуса, поэтому доля 99,35% характеризует способность лабораторного алгоритма завершаться интерпретируемым результатом, но не может рассматриваться как чувствительность, специфичность или аналитическая точность тест-системы. Аналогично показатель 461 итоговое заключение из 462 потенциальных локус-уровневых исследований (99,78%) имеет описательное значение. Поскольку 3 локуса определялись в одних и тех же 154 препаратах ДНК, эти 462 наблюдения статистически зависимы; формальная проверка основной гипотезы обоснованно выполнялась на уровне независимого образца.

Секвенционная проверка также имеет ограниченный объем. Контрольная серия первоначально формировалась из образцов, отнесенных по данным ПЦР-ПДРФ к гетерозиготам; секвенирование выявило две исходно ошибочно классифицированные гомозиготы. В результате для каждого локуса не получено полного набора секвенционно подтвержденных трех генотипических состояний. Особенно это касается *CASC8* и *CCAT2*, для которых все контрольные образцы, проверенные методом Сэнгера, оказались гетерозиготными. Именно поэтому точная оценка аналитической правильности и формирование локус-специфических интервалов ΔCq должны основываться на серии, в которой представлены подтвержденные референсные гомо-, гетерозиготы и альтернативные гомозиготы.

Заключение. Разработаны реагентные компоненты четырехлокусного прототипа аллель-специфической ПЦР-РВ для *HNF1B* rs4430796, *CASC17* rs1859962, *CASC8* rs1447295 и *CCAT2* rs6983267. Секвенирование контрольной серии выявило два расхождения с архивной ПЦР-ПДРФ и подтвердило необходимость независимого референсного метода при последующей оценке аналитической правильности.

Пилотные характеристики оказались локусзависимыми. *HNF1B* на данном этапе не достиг критериев для переноса в расширенную апробацию, и его оптимизация продолжается; результаты этой работы будут представлены отдельно. Для *CASC17* планируется расширить секвенционную проверку ввиду крайне низкого межметодного совпадения; для *CASC8* – уменьшить неспецифическую амплификацию и объяснить отклонение генотипического распределения от равновесия Харди — Вайнберга; для *CCAT2* – формализовать границы аллельной дискриминации 3 генотипических классов. В расширенной серии полный трехлокусный профиль получен у 153 из 154 образцов (99,35%; 95% ДИ 96,44–99,98; p=0,0034 относительно рабочего уровня 95%), что подтверждает высокую операционную результативность этих компонентов.

Конфликт интересов. Р.Н. Фомкин, Т.Е. Пылаев и А.Б. Бучарская входят в число авторов патента Российской Федерации RU 2827104 C1, относящегося к используемой комбинации генетических маркеров; по этой же комбинации готовится дополнительная патентная заявка. Иные конфликты интересов не заявляются.

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

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

Источник финансирования. Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации по теме «Разработка тест-системы для определения генетических полиморфизмов, ассоциированных с риском развития рака простаты: SNP rs4430796 гена *HNF1B*, SNP rs1859962 гена *CASC17*, SNP rs1447295 гена *CASC8*, SNP rs6983267 гена *CCAT2* методом ПЦР в реальном времени», регистрационный номер НИОКТР 125030703254-0.

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Kaprin AD, Starinskiy VV, Shakhzadova AO, eds. Malignant neoplasms in Russia in 2024: Morbidity and mortality. Moscow: P.A. Hertsen Moscow Oncology Research Institute, 2025; 178 p. (In Russ.) Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О., ред. Злокачественные новообразования в России в 2024 году: заболеваемость и смертность. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена, 2025; 178 с.

2. Conti DV, Darst BF, Moss LC, et al. Trans-ancestry genome-wide association meta-analysis of prostate cancer identifies new susceptibility loci and informs genetic risk prediction. Nat Genet. 2021;53(1):65-75. DOI:10.1038/s41588-020-00748-0

3. Tong Y, Qu Y, Li S, et al. Cumulative evidence for relationships between multiple variants of *HNF1B* and the risk of prostate and endometrial cancers. BMC Med Genet. 2018;19(1):128. DOI:10.1186/s12881-018-0640-7

4. Ren F, Zhang P, Ma Z, et al. Association of 17q24 rs1859962 gene polymorphism with prostate cancer risk: A systematic review and meta-analysis. Medicine (Baltimore). 2020;99(3):e18398. DOI:10.1097/MD.0000000000018398

5. Tong Y, Yu T, Li S, et al. Cumulative evidence for relationships between 8q24 variants and prostate cancer. Front Physiol. 2018;9:915. DOI:10.3389/fphys.2018.00915

6. Silva-Ramirez B, Macías-González EJ, Frausto-Valdes OS, et al. Association between genetic variations at 8q24 and prostate cancer risk in Mexican men. Prostate Cancer Prostatic Dis. 2022;25(3):507-12. DOI:10.1038/s41391-021-00461-x

7. Polukonova NV, Fomkin RN, Pylaev TE, et al. Genetic polymorphisms of *HNF1B*, *CASC17*, *CASC8* and *CCAT2* genes associated with prostate cancer risk in urologic patients. Urologiia. 2025;(5):44-52. (In Russ.) Полуконова Н.В., Фомкин Р.Н., Пылаев Т.Е. и др. Генетические полиморфизмы генов *HNF1B*, *CASC17*, *CASC8* и *CCAT2*, ассоциированных с риском развития рака простаты, у пациентов урологического профиля. Урология. 2025;(5):44-52. DOI:10.18565/urology.2025.5.44-52

8. Mylnikov AM, Demin AG, Polukonova NV, et al. Method for predicting risk of prostate cancer development. Patent RU 2827104 C1, 23 Sep 2024. Application No. 2023134769 of 22 Dec 2023. URL: https://patents.google.com/patent/RU2827104C1/ru (15 Oct 2025). (In Russ.) Мыльников А.М., Демин А.Г., Полуконова Н.В. и др. Способ прогнозирования риска развития рака предстательной железы. Патент РФ RU 2827104 C1 от 23.09.2024. Заявка № 2023134769 от 22.12.2023. URL: https://

patents.google.com/patent/RU2827104C1/ru (дата обращения: 15.10.2025).

9. Dhas DBB, Ashmi AH, Bhat BV, et al. Modified low-cost SNP genotyping technique using cycle threshold and melting temperature values in allele specific real-time PCR. Indian J Med Res. 2015;142(5):555-62. DOI:10.4103/0971-5916.171282

10. Bustin SA, Ruijter JM, van den Hoff MJB, et al. MIQE 2.0: Revision of the minimum information for publication of quantitative real-time PCR experiments guidelines. Clin Chem 2025;71(6):634-51. DOI:10.1093/clinchem/hvaf043

11. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977;33(1):159-74. PMID:843571

12. Wigginton JE, Cutler DJ, Abecasis GR. A note on exact tests of Hardy — Weinberg equilibrium. Am J Hum Genet. 2005;76(5):887-93. DOI:10.1086/429864

Статья поступила в редакцию 20.07.2026; одобрена после рецензирования 02.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 20.07.2026; approved after peer review 02.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Роман Николаевич Фомкин *— доцент кафедры урологии, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института фундаментальной и клинической уронефрологии, доцент, кандидат медицинских наук, rnfomkin@mail.ru, ORCID 0000-0001-6895-6445;* ***Тимофей Евгеньевич Пылаев*** *— директор научно-производственного и образовательного центра молекулярно-генетических и клеточных технологий, кандидат биологических наук, pylaev.te@staff.sgmu.ru, ORCID 0000-0002-2701-3333;* ***Владимир Михайлович Попков*** *— заведующий кафедрой урологии, директор Научно-исследовательского института фундаментальной и клинической уронефрологии, профессор, доктор медицинских наук, vmpopkov2018@mail.ru, ORCID 0000-0003-2876-9607;* ***Георгий Георгиевич Мезиров*** *— аспирант кафедры урологии, младший научный сотрудник Научно-исследовательского института фундаментальной и клинической уронефрологии, mezirov.zhora@yandex.ru, ORCID 0009-0008-9372-621X;* ***Ольга Александровна Фомкина*** *— доцент кафедры анатомии человека им. В.И. Сперанского, доцент, доктор медицинских наук, oafomkina@mail.ru; ORCID 0000-0002-1516-0504;* ***Алла Борисовна Бучарская*** *— руководитель центра коллективного пользования экспериментальной онкологии, доктор биологических наук, allaalla_72@mail.ru, ORCID 0000-0003-0503-6486;* ***Наталья Владимировна Полуконова*** *— заведующая лабораторией клеточных технологий Научно-исследовательского института фундаментальной и клинической уронефрологии, профессор, доктор биологических наук, polukonovanv@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9228-6808.*

Information about the authors:

Roman N. Fomkin *— Assistant Professor of the Department of Urology, Senior Researcher of the Research Institute of Fundamental and Clinical Uronephrology, Associate Professor, PhD, rnfomkin@mail.ru, ORCID 0000-0001-6895-6445;* ***Timofey E. Pylaev*** *— Director of the Research, Production and Educational Center for Molecular Genetic and Cellular Technologies, PhD (Biology), pylaev.te@staff.sgmu.ru, ORCID 0000-0002-2701-3333;* ***Vladimir M. Popkov*** *— Head of the Department of Urology, Director of the Research Institute of Fundamental and Clinical Uronephrology, Professor, DSc, vmpopkov2018@mail.ru, ORCID 0000-0003-2876-9607;* ***Georgy G. Mezirov*** *— Post-Graduate Student of the Department of Urology, Junior Researcher of the Research Institute of Fundamental and Clinical Uronephrology, mezirov.zhora@yandex.ru, ORCID 0009-0008-9372-621X;* ***Olga A. Fomkina*** *— Assistant Professor of the Department of Human Anatomy n. a. V.S. Speransky, Associate Professor, DSc, oafomkina@mail.ru, ORCID 0000-0002-1516-0504;* ***Alla B. Bucharskaya*** *— Head of the Shared Core Facility for Experimental Oncology, DSc (Biology), allaalla_72@mail.ru, ORCID 0000-0003-0503-6486;* ***Natalya V. Polukonova*** *— Head of the Laboratory of Cell Technologies, Research Institute of Fundamental and Clinical Urology and Nephrology of the Research Institute of Fundamental and Clinical Uronephrology, Professor, DSc (Biology), polukonovanv@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-9228-6808.*

УДК 612.067+530.182
EDN: GSXHBW
https://doi.org/10.15275/ssmj2203337

Оригинальная статья
Original article

ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ВО ВРЕМЯ НОЧНОГО СНА

Ю.А. Журавлева, Н.С. Акимова, Л.Е. Коньшина, И.С. Дементьев, С.О. Торбин

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

CHANGES IN CARDIORESPIRATORY SYNCHRONIZATION IN PATIENTS WITH RESPIRATORY DYSFUNCTION DURING NOCTURNAL SLEEP

Ju.A. Zhuravleva, N.S. Akimova, L.E. Konshina, I.S. Dementiev, S.O. Torbin

V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: *Журавлева Ю.А., Акимова Н.С., Коньшина Л.Е., Дементьев И.С., Торбин С.О.* Изменения уровня кардиореспираторной синхронизации у пациентов с нарушениями дыхательной функции во время ночного сна. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 337-343. EDN: GSXHBW. https://doi.org/10.15275/ssmj2203337

Аннотация. *Цель:* оценить возможность применения анализа фазовой синхронизации между сигналами одноканальной электрокардиограммы (ЭКГ) и дыхания для **скрининга** синдрома обструктивного апноэ сна (ОАС). *Материал и методы.* В исследование включены анонимизированные записи ночной полисомнографии 60 испытуемых (возраст 51,67±10,75 года, 40/20 – мужчины/женщины) с различной степенью тяжести ОАС (30 – без нарушений, 10 – средней степени, 20 – тяжелой). Оценены изменения разности фаз для ЭКГ и дыхания на мгновенной частоте дыхания пациента во время ночного мониторинга. Проведен статистический анализ вероятностных распределений данных наборов разностей фаз в различных группах участников исследования. Статистическая значимость различий между группами оценена с использованием критерия Бенджамини–Хохберга на уровне ложных обнаружений α=0,01. *Результаты.* Вероятностные распределения разности фаз статистически значимо различались между рассматриваемыми группами в 3 диапазонах: [-6,2–-4,5], [-1,5–0,5] и [4,5–6,1]. В центральном диапазоне [-1,5–0,5] значения вероятности были статистически выше у пациентов с ОАС, тогда как в 2 других диапазонах более высокие значения наблюдались у здоровых испытуемых. Эти различия указывают на более выраженную фазовую синхронизацию между сердечным и дыхательным ритмами на частоте дыхания в группе ОАС. *Заключение.* Повышение фазовой синхронизации между сердечным и дыхательным ритмами на частоте дыхания может служить перспективным маркером для автоматизированного скрининга ОАС.

Ключевые слова: электрокардиограмма, полисомнография, фазовая синхронизация, синдром обструктивного апноэ сна, непрерывное вейвлетное преобразование

For citation: *Zhuravleva JuA, Akimova NS, Konshina LE, Dementiev IS, Torbin SO.* Changes in cardiorespiratory synchronization in patients with respiratory dysfunction during nocturnal sleep. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 337-343. (In Russ.) EDN: GSXHBW. https://doi.org/10.15275/ssmj2203337

Abstract. *Objective:* to evaluate the feasibility of using phase synchronization analysis between single-channel electrocardiogram (ECG) and respiratory signals for screening obstructive sleep apnea (OSA). *Material and methods.* The study included anonymized nocturnal polysomnography recordings from 60 subjects (age 51.67±10.75 years; 40 men, 20 women) with varying degrees of OSA severity (30 without disorders, 10 with moderate OSA, and 20 with severe OSA). Changes in the phase difference between the ECG and respiratory signals were assessed at the patient's instantaneous respiratory frequency during nocturnal monitoring. A statistical analysis of the probability distributions of these phase difference datasets was conducted across the different participant groups. The statistical significance of inter-group differences was evaluated using the Benjamini–Hochberg procedure at a false discovery rate of α=0.01. *Results.* The probability distributions of the phase difference differed significantly between the groups in three ranges: [-6.2–-4.5], [-1.5–0.5], and [4.5–6.1]. In the central range [-1.5–0.5], probability values were statistically higher in patients with OSA, whereas in the other two ranges, higher values were observed in healthy subjects. These differences indicate more pronounced phase synchronization between cardiac and respiratory rhythms at the respiratory frequency in the OSA group. *Conclusion.* An increase in phase synchronization between cardiac and respiratory rhythms at the frequency of respiration may serve as a promising marker for automated screening of OSA.

Keywords: electrocardiogram, polysomnography, phase synchronization, obstructive sleep apnea syndrome, continuous wavelet transform

© Журавлева Ю.А., Акимова Н.С., Коньшина Л.Е., Дементьев И.С., Торбин С.О., 2026

Введение. В структуре дыхательных расстройств, связанных со сном, обструктивное апноэ сна (ОАС) является наиболее распространенным. В генеральной совокупности этот показатель колеблется в пределах 14% для мужского населения и 5% — для женского, превышая 90-процентный порог при коморбидных состояниях, включая артериальную гипертензию и острые расстройства церебральной гемодинамики [1, 2]. Ведущим клиническим маркером ОАС служат циклические эпизоды полной или частичной обструкции верхних дыхательных путей во время сна. Следствием данного процесса становятся интермиттирующая гипоксия, выраженные флуктуации внутригрудного давления и разрушении архитектуры сна, вызывающая симпатоадреналовую активацию [3–5]. Наличие ОАС рассматривается как изолированный фактор риска развития артериальной гипертензии, дисфункции миокарда, инсультов, фатальных аритмий и ассоциированной с ними кардиальной смертности [1, 6]. Помимо негативного соматического фона, ОАС наносит значительный экономический ущерб обществу, который складывается из прямых затрат на медицинское обеспечение, падения трудового потенциала пациентов и повышенной аварийности на транспорте [7].

Несмотря на широкую распространенность и доказанное влияние ОАС на соматический статус, своевременная диагностика данного синдрома остается серьезным вызовом для практического здравоохранения. В качестве эталонного диагностического метода — «золотого стандарта» — применяется полисомнография (ПСГ) обладает максимальной информативностью за счет одновременной фиксации широкого спектра физиологических параметров. Тем не менее в отечественном здравоохранении повсеместное внедрение ПСГ лимитировано ее высокой себестоимостью, обусловленной трудоемкостью процедуры и оборудования специальных палат, вследствие и выраженным дефицитом доступности для широкого числа пациентов. Кардиореспираторный мониторинг в домашних условиях как более доступная альтернатива характеризуется снижением показателей чувствительности и специфичности, а также сопряжен со значительной частотой артефактов и неинформативных записей из-за отсутствия контроля со стороны медицинского персонала [8]. Данные обстоятельства обусловливают высокую актуальность дальнейшей разработки экономически доступных, объективных и портативных скрининговых систем, базирующихся на минимальном наборе регистрируемых показателей с их автоматизированным анализом и формированием медицинского заключения, позволяющих обеспечить широкую масштабируемость и применимость в домашнем мониторинге.

Электрокардиография (ЭКГ) представляет собой привлекательный инструмент для такого скрининга благодаря широкой доступности, низкой стоимости и возможности непрерывного долгосрочного наблюдения в рамках холтер-исследований. При этом электрическая активность сердца прочно связана с дыхательными процессами, в том числе посредством вегетативной нервной системы. Повторяющиеся эпизоды апноэ вызывают выраженные вегетативные колебания, сопровождающиеся перемежающимся усилением пара-и симпатического тонуса, что проявляется в характерных изменениях частоты сердечных сокращений, регистрируемых даже по одноканальным записям ЭКГ [1, 3, 9]. Наиболее доступным методом оценки вегетативной регуляции является анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР), который количественно измеряет баланс симпатических и парасимпатических влияний через *RR*-интервалы. Стандартный спектральный анализ выделяет высокочастотный (HF, 0,15–0,4 Гц), низкочастотный (LF, 0,04–0,15 Гц) и очень низкочастотный (VLF, 0,003–0,04 Гц) диапазоны. У пациентов с ОАС наблюдается снижение общей вариабельности (SDNN), уменьшение HF-мощности и рост отношения LF/HF, что указывает на симпатическое преобладание [10]. Кроме того, характерной особенностью является циклическая ВСР с выраженным пиком в VLF-диапазоне (примерно 0,02 Гц), отражающим чередование брадикардии во время апноэ и тахикардии на фазе гиперпноэ [1, 3, 11].

Однако применение классического спектрального анализа ВСР при ОАС сопряжено с серьезными ограничениями. Во-первых, методы, основанные на преобразовании Фурье, предполагают стационарность сигнала, тогда как дыхательные события вызывают быстрые и разнонаправленные изменения частотных характеристик [3], обусловленные в том числе и развитием переходных процессов [12]. Усреднение по минутным или более длительным окнам, принятое в большинстве исследований, нивелирует переходные процессы внутри каждого эпизода апноэ, что ведет к потере диагностически значимой информации о динамике вегетативной регуляции. Во-вторых, прогностическая ценность спектральных параметров, рассчитанных непосредственно для периодов апноэ, в сравнении с параметрами спокойного дыхания изучена недостаточно. В-третьих, вегетативный фон существенно различается на стадиях быстрого (REM) и медленного (NREM) сна, что требует стратифицированного анализа для дифференциации эффектов апноэ и естественных фазовых изменений [3, 10]. Кроме этого, несмотря на множество работ, направленных на изучение спектральных характеристик ВСР и их связи с эпизодами апноэ, до настоящего момента не было предложено универсальных алгоритмов диагностики ОАС [9], которые могли бы быть использованы в клинической практике. Все эти недостатки диктуют необходимость перехода к адаптивным частотно-временным методам, способным работать с секундным разрешением и отслеживать спектральные компоненты в реальном времени.

В качестве перспективной альтернативы предлагается оценивать фазовую синхронизацию между сердечным ритмом и дыханием. Фазовая синхронизация количественно оценивает согласованность фаз двух колебательных процессов и будет отражать непосредственно кардиореспираторное взаимодействие, которое нарушается при остановках дыхания. В отличие от спектральной мощности, индекс фазовой синхронизации не требует предположения о стационарности, устойчив к нестационарным флуктуациям и позволяет детектировать кратковременные эпизоды десинхронизации, возникающие во время апноэ. Для выделения мгновенной фазы сигналов эффективно применяется непрерывное вейвлет-преобразование [13] и метод частотных паттернов [14, 15], которые позволяют ввести фазу анализируемого сигнала на идентифицированной доминирующий частоте и отслеживать ее эволюцию во времени. Ранее подобные подходы показали эффективность

Ответственный автор — Станислав Олегович Торбин
Corresponding author — Stanislav O. Torbin
E-mail: stanislav.torbin@yandex.ru

в анализе электроэнцефалограммы [16], однако их применение для оценки кардиореспираторной синхронизации при ОАС на реальных клинических данных остается практически не исследованным [13]. Существующие работы по детектированию ОАС на основе ЭКГ, включая методы машинного обучения, часто обучаются на чистых исследовательских базах (например, PhysioNet) и не учитывают высокий уровень шумов и коморбидность реальных клинических записей [9]. Таким образом, разработка алгоритмов, основанных на фазовой синхронизации и адаптированных к клинической практике, является весьма перспективной и актуальной задачей.

Цель — оценить возможность применения анализа фазовой синхронизации между сигналами одноканальной ЭКГ и дыхания для **скрининга** синдрома ОАС.

Материал и методы. Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации и получило одобрение этического комитета Саратовского государственного медицинского университета Минздрава России (протокол №09 от 02.04.2024). Информированное согласие получено ото всех участников.

В рамках исследования были рассмотрены анонимизированные данные ПСГ, зарегистрированные с использованием полисомнографа на базе «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» производства ООО НПКФ «Медиком МТД» (Таганрог, Россия). Добровольными участниками исследования стали 60 лиц с наличием ОАС и его отсутствием (возраст — 51,67±10,75 года, медиана — 52,5 года, соотношение мужчин и женщин — 4/2). Среди них 50% добровольцев не имели нарушений дыхания во сне, 10 участников продемонстрировали среднюю степень ОАС, 20 участников — тяжелую степень ОАС. Продолжительность сна составляла 6±1,25 ч с 21:30–23:30 до обычного времени пробуждения испытуемого.

ПСГ включала записи ЭКГ, функции дыхания, электроокулограммы, электромиограммы подбородка и электроэнцефалограммы, зарегистрированные во время ночного сна. Сигнал ЭКГ регистрировали в I стандартном отведении по Эйнтховену. Сигналы дыхания регистрировали с помощью ороназального датчика термистора и датчика рекурсии дыхания. Сигналы дискретизированы с частотой 250 Гц и адаптивно фильтрованы от двигательных артефактов [17]. Стандартный анализ полисомнограмм с разметкой стадий сна и дыхательных событий и дальнейшим построением гипнограмм был произведен врачом-экспертом в области медицины сна. В табл. 1 и 2 представлены основные характеристики сна и показатели, связанные с нарушением дыхания во сне в трех группах участников.

Исследование особенностей фазовой синхронизации между сигналом ЭКГ и сигналом дыхания проводилось аналогично тому, как это было сделано в работе [13], а именно с использованием концепции синхронизации временных масштабов [18] на базе непрерывного

Таблица 1

Средние значения и межквартильный размах (Q_{25}; Q_{75}) характеристик нарушений дыхания во сне для трех групп участников

Группа	All apneas	Hypopneas	AHI	SpO_2 average	SpO_2 min	SpO_2≤88%, %TST	RespRate average, Hz
Здоровые (*n*=30)	8 (3,6; 10,8)	11 (4,8; 14,7)	2,6 (1,1; 3,5)	95,8 (93,6; 97,8)	93 (91,2; 94,2)	0 (0,0; 0,0)	0,22 (0,19; 0,27)
С тяжелой степенью ОАС (*n*=20)	130 (98,7; 180,4)	88 (57,3; 115,1)	44,1 (20,3; 63,8)	93,9 (90,4; 95,5)	66 (64,8; 70,7)	7,1 (1,8; 10,9)	0,16 (0,14; 19,7)
Со средней степенью ОАС (*n*=10)	36 (18,7; 51,8)	30 (10,4; 42,3)	15,3 (6,2; 18,8)	91,8 (90,4; 93,4)	87 (84,2; 90,9)	19,8 (16,7; 20,4)	0,18 (0,15; 0,21)

Примечание. All apneas — общее количество апноэ (всех типов); Hypopneas — количество гипопноэ (частичная остановка дыхания); SpO_2 average — средняя сатурация кислорода за ночь (%); SpO_2 min — минимальная сатурация кислорода (%); SpO_2≤88%, %TST — доля времени сна с сатурацией ≤88% (процент от TST); RespRate average — средняя частота дыхания.

Таблица 2

Средние значения характеристик сна для трех групп участников

Показатель (Q_{25}; Q_{75})	Группа			*p*
	здоровые (*n*=30)	с тяжелой степенью ОАС (*n*=20)	со средней степенью ОАС (*n*=10)	
TST, ч	7,21 (5,86; 8,32)	5,95 (4,58; 7,34)	5,33 (3,98; 6,81)	$p_{1,2}$=0,18 $p_{1,3}$=0,07 $p_{2,3}$=0,51
N1–N3, %	77,9 (73,18; 81,15)	73,4 (67,86; 78,17)	69.5 (63,45; 75,39)	$p_{1,2}$=0,14 $p_{1,3}$=0,01 $p_{2,3}$=0,23
REM, %	23,8 (17,49; 27,05)	28,3 (23,52; 31,42)	19,3 (14,41; 24,75)	$p_{1,2}$=0,15 $p_{1,3}$=0,12 $p_{2,3}$=0,02
SleepEfficiency	85,9 (77,56; 91,23)	71,1 (65,01; 79,85)	69,1 (63,08; 76,27)	$p_{1,2}$=0,09 $p_{1,3}$=0,03 $p_{2,3}$=0,69

Примечание. TST h — общее время сна (total sleep time), ч; N1–N3% — процент от TST для фазы медленноволнового сна N3; REM, % — процент от TST для фазы быстрого сна; SleepEfficiency — эффективность сна (TST/длительность записи×100%), %.

вейвлет-преобразования для хаотического сигнала $x(t)$

$$W(s,t_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\psi^*_{s,t_0}(t)dt, \quad (1)$$

где $\psi_{s,t_0}(t)$ — вейвлет-функция, масштабируемая из базового вейвлета $\psi_0(t)$:

$$\psi_{s,t_0}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}}\psi\left(\frac{t-t_0}{s}\right) \quad (2)$$

Временной масштаб s определяет ширину вейвлета $\psi_{s,t_0}(t)$, t_0 — временной сдвиг вейвлет-функции вдоль временной оси, символ «*» в соотношении (1) означает комплексное сопряжение.

В качестве материнского вейвлета используется вейвлет Морле [13, 18]

$$\psi_0(\eta) = \frac{1}{\sqrt[4]{\pi}} exp(j\omega_0\eta) exp\left(-\frac{\eta^2}{2}\right) \quad (3)$$

Выбор значения вейвлет-параметра $\omega_0 = 2\pi$ обеспечивает соотношение $s = 1/f$ между временным масштабом s вейвлет-преобразования и частотой f преобразования Фурье.

Вейвлет-спектр:

$$W(s,t_0) = |W(s,t_0)|e^{j\phi_s(t_0)}, \quad (4)$$

описывает поведение исследуемой системы на каждом временном масштабе s в любой момент времени t_0. Величина $|W(s,t_0)|$ характеризует наличие и интенсивность соответствующей компоненты временного масштаба s частоты f в момент времени t_0. В то же время для каждого временного масштаба s естественным образом определяется непрерывная фаза $\phi_s(t) = argW(s,t)$. Иными словами, можно охарактеризовать поведение каждого временного масштаба s с помощью соответствующей фазы $\phi_s(t)$, которая является непрерывной функцией временного масштаба s и времени t. Таким образом, можно рассмотреть динамику фазовой связанности на различных частотных компонентах в двух сигналах, описываемых временными реализациями $EKG(t)$ и $BR(t)$. Фазовой синхронизация в исследуемых сигналах наблюдается в том случаи, если на анализируемом частотной компоненте f выполняется условие захвата фазы

$$\left|\phi_{fEKG}(t) - \phi_{fBR}(t)\right| < const, \quad (5)$$

и для данной частотной компоненты выполняется условие ненулевой энергии

$$E_{snhr} = \int\langle E(t)\rangle df > 0. \quad (6)$$

В рамках данной работы оценку фазовой синхронизации проводили на частоте дыхания, которая выделялась из спектрального анализа сигнала дыхания с использованием метода частотных паттернов, математический аппарат которого детально был описан в работе [14].

Результаты. С использованием концепции частотных паттернов для каждой ПСГ из сигнала датчика рекурсии дыхания была выделена зависимость от времени частоты дыхания, полученная средняя частота дыхания в каждой группе добровольцев также приведена в табл. 1. Далее на частоте дыхания в каждый момент времени была введена мгновенная фаза для сигналов ЭКГ и дыхания и был осуществлен переход от мгновенной фазы, лежащей в пределах 2π к мгновенной фазе, монотонно нарастающей до бесконечности, аналогично [13, 19]. Для каждой ПСГ была вычислена разность мгновенных фаз для сигналов ЭКГ и дыхания, характерный вид которой представлен на рис. 1 (см. с.342). Динамика разностей фаз как для практически здоровых добровольцев, так и для пациентов с ОАС не демонстрирует ярко выраженных различий. Кроме того, поведение разностей фаз не коррелирует и с различными стадиями ночного сна.

В то же время в каждой из зависимостей разности мгновенных фаз можно выделить (I) участки синхронной динамики, когда разность фаз близка к постоянному значению, (II) участки асинхронной динамики, связанные с существенными изменениями величины разности фаз. Таким образом, наблюдается классический режим перемежающегося поведения вблизи границы фазовой синхронизации. Для изучения особенностей перемежающегося поведения в модельных системах принято использовать оценку статистических характеристик синхронных участков поведения [13, 18]. Однако в случае анализа сигналов, регистрируемых в реальных живых системах, подобный подход потребует решения отдельной нетривиальной задачи точного детектирования моментов начала и окончания синхронных участков поведения, что в клинической практике может существенно затруднить и исказить полученные результаты статистического анализа, что в свою очередь может привезти к неверному диагностическому выводу. В рамках данной работы предлагается в качестве статистических характеристик перемежающегося поведения рассматривать вероятностные распределения разности мгновенных фаз, локализованных в пределах 2π, как это показано на рис. 2, *а*.

Представленные на рис. 2, *а* типичные вероятностные распределения разности мгновенных фаз для сигналов ЭКГ и дыхания для практически здоровых добровольцев и пациентов с ОАС значительно различаются в 3 областях, а именно в диапазонах величин разности фаз [-6,2–-4,5], [-1,5–0,5] и [4,5–6,1]. Статистическая оценка величин разности мгновенных фаз в этих 3 областях представлена на рис. 2, *б*. Проведенный многофакторный статистический анализ различий вероятностных характеристик в группе здоровых добровольцев и пациентов с ОАС с использованием критерия Бенджамини — Хохберга (α=0,01) [20]. При этом во всех данных 3 областях значений вероятностных характеристик разности фаз статистически значимо различаются, что позволяет повысить точность диагностики наличия ОАС. Тем не менее различить группы пациентов со средней и тяжелой степенями ОАС не удается.

Обсуждение. В работе решается задача оценки статистических характеристик перемежающегося поведения в кардиологических и респираторных сигналах для выявления их ассоциации с наличием ночных дыхательных нарушений. Полученные результаты для вероятностного распределения разности мгновенных фаз в сигналах ЭКГ и дыхания позволяют наблюдать изменения в силе связи фазовой синхронизации между сигналами ЭКГ и дыхания при ОАС. В частности, в диапазоне разности фаз [-1,5–0,5] пациенты с ОАС демонстрируют повышение значения разности мгновенных фаз по

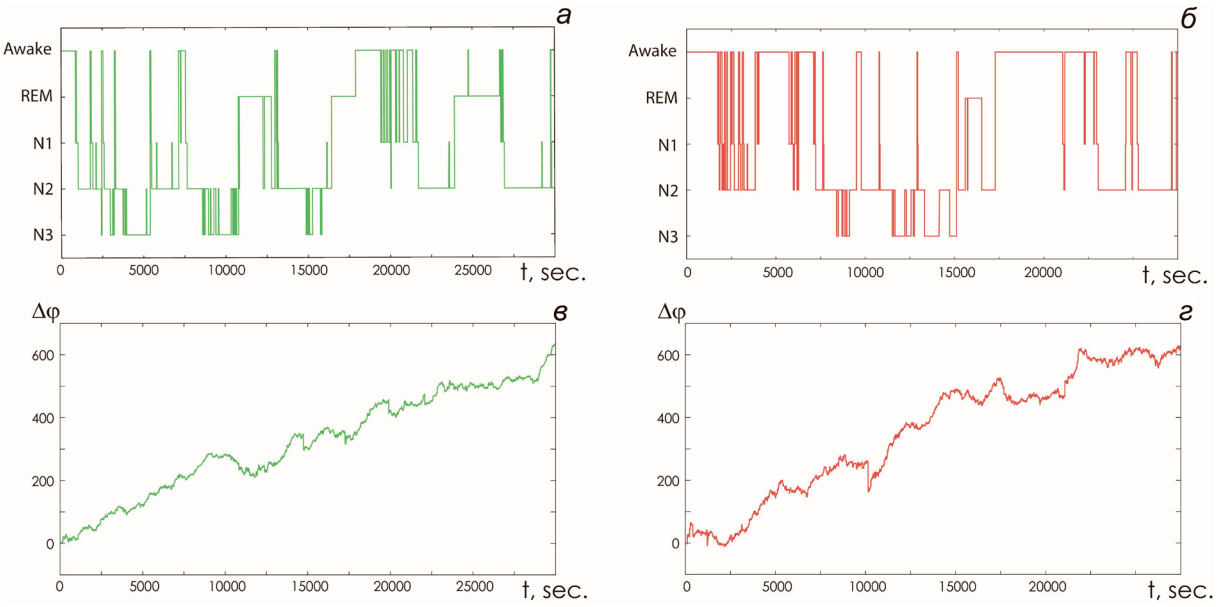


Рис. 1. Гипнограммы участников исследования и соответствующая временна́я зависимость разности мгновенных фаз, вычисленной на частоте дыхания, между сигналами электрокардиограмм и дыхания: *а*, *в* — не демонстрирующих обструктивного апноэ сна; *б*, *г* — со средней степенью обструктивного апноэ сна.

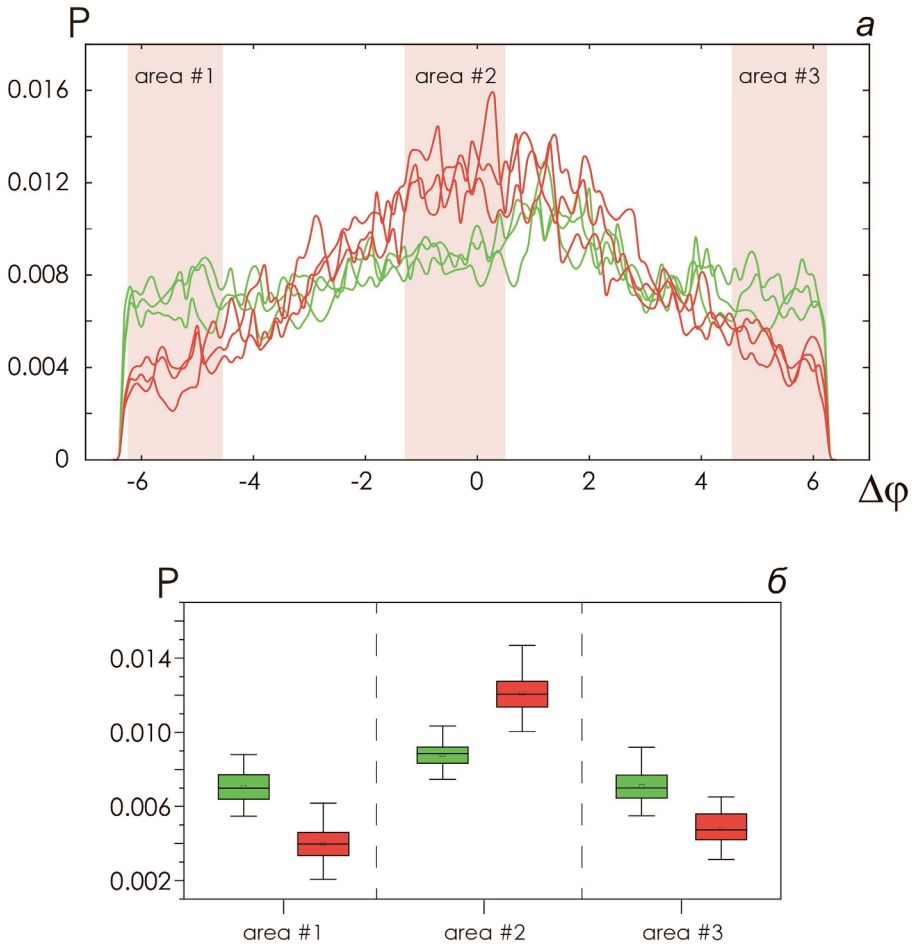


Рис. 2. Разности мгновенных фаз: *а* — их вероятностные распределения локализованных в пределах 2π для сигналов электрокардиограмм и дыхания за всю ночь; *б* — значения вероятности, построенное для 3 зон в диапазонах разности фаз: 1-я зона — -6,2–-4.5, 2-я — -1,5–0,5, 3-я зона — 4,5–6,1; зеленый цвет линий и боксплотов — добровольные практически здоровые участники, красный цвет линий и боксплотов — пациенты с синдромом обструктивного апноэ сна.

сравнению со здоровыми добровольцами, а в диапазонах [-6,2–-4,5] и [4,5–6,1] наблюдается обратная ситуация, когда значения разности мгновенных фаз в группе здоровых добровольцев превосходит аналогичную величину в группе пациентов с ОАС. Опираясь на результаты, продемонстрированные в работе [18] при разработке методики для детектирования синхронных участков поведения при фазовой синхронизации, можно утверждать рост силы связи между сигналами ЭКГ и дыхания на частоте дыхания в группе пациентов с ОАС на фоне практически здоровых добровольцев.

Отметим, что рост степени фазовой синхронизации между ЭКГ и дыханием при ОАС, на первый взгляд, кажется противоречащим классической концепции снижения кардиореспираторного сопряжения при патологиях кардиоваскулярной системы [21], но наблюдаемый эффект может быть связан с компенсаторными механизмами, активирующимися в ответ на повторяющиеся эпизоды гипоксии и гиперкапнии. Например, согласно результатам, представленным в работе [22], однонаправленное влияние дыхательной системы на динамику сердечно-сосудистой значительно усиливается с увеличением тяжести ОАС, что отражает усиление вегетативной модуляции. В исследовании [23] показано, что кардиореспираторная координация значительно чаще возникает во время респираторных нарушений сна (апноэ), чем при нормальном дыхании. Авторы связывают это с высоким автономным стрессом, сопровождающим эпизодами полной остановки дыхания.

Таким образом, наблюдаемое повышение фазовой синхронизации в сигналах ЭКГ и дыхания у пациентов с ОАС может отражать усиление вынужденной координации между элементами данной функциональной системы, когда нарушения дыхательной компоненты при интермиттирующей гипоксии доминирует над автономной активностью сердца. В целом это наблюдение согласуется с результатами, представленным в недавней работе [24], где продемонстрирована более высокая фазовая когерентность между респираторной синусовой аритмией и дыханием у пациентов с ОАС. Резюмируя все изложенное, можно ожидать, что выявленный эффект может служить маркером вегетативного дисбаланса и наличия заболевания. При этом метод не позволяет стратифицировать пациентов по степени тяжести ОАС, что, вероятно, связано с малой выборкой и отсутствием учета коморбидных состояний. Для определения пороговых значений и оценки диагностической ценности метода необходимы дальнейшие исследования на расширенной выборке. В то же время необходимо отметить, что создание полноценной диагностической системы требует расширения выборки участников исследования, в том числе для анализа коморбидных состояний.

Заключение. Анализ фазовой синхронизации между сигналами одноканальной ЭКГ и дыхания на частоте дыхания показал статистически значимые различия вероятностных распределений разности мгновенных фаз между здоровыми добровольцами и пациентами с ОАС в 3 диапазонах: [-6,2–-4,5], [-1,5–0,5] и [4,5–6,1]. Эти различия отражают усиление кардиореспираторной координации у пациентов с ОАС, что может быть связано с компенсаторными вегетативными сдвигами в ответ на повторяющиеся эпизоды гипоксии и гиперкапнии. Полученные результаты позволяют рассматривать предложенный подход как перспективный инструмент скринингового выявления ОАС при автоматизированной обработке полисомнографических записей. Вместе с тем метод не позволяет стратифицировать пациентов по степени тяжести ОАС, что определяет необходимость дальнейших исследований на расширенной выборке, включая коморбидные состояния, для подтверждения диагностической ценности и определения пороговых значений.

Конфликт интересов отсутствует.

Вклад авторов. Акимова Н.С. — разработка дизайна исследования, проверка критически важного содержания; Коньшина Л.Е. — сбор клинического материала, написание текста рукописи; Журавлева Ю.А. — написание текста рукописи, обзор и редактирование; Торбин С.О. — статистическая обработка данных и программное обеспечение, подготовка иллюстраций.

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России «Разработка портативного программно-аппаратного комплекса для дистанционного мониторинга функции сердечно-сосудистой системы, а также автоматизации теста с 6-минутной ходьбой у пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями» №056-03-2024-071 от 24.01.2024.

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Penzel T, McNames J, De Chazal P, et al. Systematic comparison of different algorithms for apnoea detection based on electrocardiogram recordings. Med Biol Eng Comput. 2002;40(4):402-7. DOI:10.1007/BF02345072

2. Bernardini A, Brunello A, Gigli GL, et al. AIOSA: An approach to the automatic detection of obstructive sleep apnea events based on deep learning. Artif Intell Med. 2021;118:102133. DOI:10.1016/j.artmed.2021.102133

3. Penzel T, Kantelhardt JW, Bartsch RP, et al. Modulations of heart rate, ECG, and cardio-respiratory coupling observed in polysomnography. Front Physiol. 2016;7:460. DOI:10.3389/fphys.2016.00460

4. Yugar LBT, Yugar-Toledo JC, Dinamarco N, et al. The role of heart rate variability (HRV) in different hypertensive syndromes. Diagnostics. 2023;13(4):785. DOI:10.3390/diagnostics13040785

5. Runnova AE, Simonyan MA, Romanova EV, et al. Interdisciplinary approaches to the study of nocturnal sleep: Sleep physiology and digital technologies in processing big polysomnography data. Saratov, 2024. (In Russ.) Руннова А.Е., Симонян М.А., Романова Е.В. и др. Междисциплинарные подходы к исследованию ночного сна: физиология сна и цифровые технологии при обработке больших данных полисомнографии. Саратов, 2024. EDN:VULFVT

6. Qin H, Fietze I, Mazzotti DR, et al. Obstructive sleep apnea heterogeneity and autonomic function: A role for heart rate variability in therapy selection and efficacy monitoring. J Sleep Res. 2024;33(1):e14020. DOI:10.1111/jsr.14020

7. Iannella G, Pace A, Bellizzi MG, et al. The global burden of obstructive sleep apnea. Diagnostics. 2025;15(9):1088. DOI:10.3390/diagnostics15091088

8. Khurana S, Soda N, Shiddiky MJ, et al. Current and future strategies for diagnostic and management of obstructive sleep apnea. Expert Rev Mol Diagn. 2021;21(12):1287-301. DOI:10.1080/14737159.2021.2002686

9. Roche F, Roux M, Benali K, Pichot V. Electrocardiographic assessment in obstructive sleep apnea: Bridging pathophysiology and clinical practice. Front Physiol. 2026;17:1777406. DOI:10.3389/fphys.2026.1777406

10. Ucak S, Dissanayake HU, Sutherland K, et al. Heart rate variability and obstructive sleep apnea: Current perspectives and novel technologies. J Sleep Res. 2021;30(4):e13274. DOI:10.1111/jsr.13274

11. Feng K, Qin H, Wu S, et al. A sleep apnea detection method based on unsupervised feature learning and single-lead electrocardiogram. IEEE Trans Instrum Meas. 2020;70:1-12. DOI:10.1109/TIM.2020.3017246

12. Koronovskii AA, Trubetskov DI, Hramov AE, Khramova AE. Universal scaling regularities of transient processes. Doklady Akademii Nauk. 2002;383(3):322-5. (In Russ.) Короновский А.А., Трубецков Д.И., Храмов А.Е., Храмова А.Е. Универсальные скейлинговые закономерности переходных процессов. Доклады Академии наук. 2002;383(3):322-5. EDN:HYTVHI

13. Zhuravlev M, Egorov E, Moskalenko O, et al. Wavelet analysis of intermittent dynamics in nocturnal electrocardiography and electroencephalography data. Chaos. 2024;34(8). DOI:10.1063/5.0214771

14. Zhuravlev MO, Runnova AE, Mironov SA, et al. Continuous estimation of heart rate variability from electrocardiogram and photoplethysmogram signals with oscillatory wavelet pattern method. Sensors. 2025;25(17):5455. DOI:10.3390/s25175455

15. Runnova A, Zhuravlev M, Ukolov R, et al. Modified wavelet analysis of ECoG-pattern as promising tool for detection of the blood — brain barrier leakage. Sci Rep. 2021;11(1):18505. DOI:10.1038/s41598-021-95589-8

16. Zhuravlev M, Agaltsov M, Kiselev A, et al. Compensatory mechanisms of reduced interhemispheric EEG connectivity during sleep in patients with apnea. Sci Rep. 2023;13(1):8444. DOI:10.1038/s41598-023-35598-4

17. Grubov VV, Runnova AE, Koronovskii AA, Hramov AE. Adaptive filtering of electroencephalogram signals using the empirical mode decomposition method. Tech Phys Lett. 2017;43(13):58-64. (In Russ.) Грубов В.В., Руннова А.Е., Короновский А.А., Храмов А.Е. Адаптивная фильтрация сигналов электроэнцефалограмм с использованием метода эмпирических мод. Письма в Журнал технической физики. 2017;43(13):58-64. DOI:10.21883/PJTF.2017.13.44812.16766

18. Zhuravlev MO, Koronovskii AA, Moskalenko OI, et al. Ring intermittency near the boundary of the synchronous time scales of chaotic oscillators. Phys Rev E. 2011;83(2):027201. DOI:10.1103/PhysRevE.83.027201

19. Zhuravlev MO, Kurovskaya MK, Moskalenko OI. A method for extracting laminar and turbulent phases in intermittent time realizations of systems near the phase synchronization boundary. Tech Phys Lett. 2010;36(10):31-8. (In Russ.) Журавлев М.О., Куровская М.К., Москаленко О.И. Метод выделения ламинарных и турбулентных фаз в перемежающихся временных реализациях систем, находящихся вблизи границы фазовой синхронизации. Письма в Журнал технической физики. 2010;36(10):31-8. EDN:RCVIKL

20. Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. J R Stat Soc Series B Stat Methodol. 1995;57(1):289-300. DOI:10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x

21. Kabir MM, Dimitri H, Sanders P, et al. Cardiorespiratory phase-coupling is reduced in patients with obstructive sleep apnea. PLoS One. 2010;5(5):e10602. DOI:10.1371/journal.pone.0010602

22. Yoon H, Choi SH, Kwon HB, et al. Sleep-dependent directional coupling of cardiorespiratory system in patients with obstructive sleep apnea. IEEE Trans Biomed Eng. 2018;65(12):2847-54. DOI:10.1109/TBME.2018.2819196

23. Riedl M, Müller A, Kraemer JF, et al. Cardio-respiratory coordination increases during sleep apnea. PLoS One. 2014;9(4):e93866. DOI:10.1371/journal.pone.0093866

24. Alzaabi Y, Khandoker AH. Investigating phase coupling of respiratory sinus arrhythmia and slow wave sleep in obstructive sleep apnea patients with and without depression. Sleep Med. 2025;129:105-17. DOI:10.1016/j.sleep.2025.02.029

Статья поступила в редакцию 15.07.2026; одобрена после рецензирования 20.09.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 15.07.2026; approved after reviewing 20.09.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Юлия Александровна Журавлева *— ассистент кафедры биофизики и цифровых технологий, zhuravlevaya4148@mail.ru, ORCID 0009-0002-5924-5443;* ***Наталья Сергеевна Акимова*** *— профессор кафедры факультетской терапии, доцент, доктор медицинских наук, natalieakimowa@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5935-2655;* ***Лариса Евгеньевна Коньшина*** *— доцент кафедры факультетской терапии, кандидат медицинских наук, lagunina@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3992-8992;* ***Илья Сергеевич Дементьев*** *— младший научный сотрудник Научно-исследовательского института биоцифровых систем здоровья, demen-tev@mail.ru, ORCID 0009-0002-1478-9666;* ***Станислав Олегович Торбин*** *— старший преподаватель кафедры биофизики и цифровых технологий, stanislav.torbin@yandex.ru, ORCID 0000-0003-2645-306X.*

Information about the authors:

Julia A. Zhuravleva *— Instructor of the Department of Biophysics and Digital Technologies, zhuravlevaya4148@mail.ru, ORCID 0009-0002-5924-5443;* ***Natalia S. Akimova*** *— Professor of the Department of Faculty Therapy, Associate Professor, DSc, natalieakimowa@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5935-2655;* ***Larisa E. Konshina*** *— Assistant Professor of the Department of Faculty Therapy, PhD, lagunina@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3992-8992,* ***Ilya S. Dementiev*** *— Junior Researcher of the Research Institute of Bio-Digital Health Systems, demen-tev@mail.ru,* ***Stanislav O. Torbin*** *— Senior Lecturer of the Department of Biophysics and Digital Technologies, stanislav.torbin@yandex.ru, ORCID 0000-0003-2645-306X.*

УДК 616.1:57.089«313»:616.98:538.834.1-06]-07(045)
EDN: HBKLVQ
https://doi.org/10.15275/ssmj2203344

Оригинальная статья
Original article

ГАЛЕКТИН-3 КАК ПРЕДИКТОР НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ИСХОДОВ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД У ПАЦИЕНТОВ БЕЗ КАРДИОВАСКУЛЯРНОЙ ПАТОЛОГИИ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19

Т.В. Канаева, Е.А. Попова, Н.А. Кароли, Н.М. Никитина

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

GALECTIN-3 AS A PREDICTOR OF LONG-TERM ADVERSE CARDIOVASCULAR OUTCOMES IN PATIENTS WITHOUT PRE-EXISTING CARDIOVASCULAR DISEASE WHO HAVE RECOVERED FROM COVID-19

T.V. Kanaeva, E.A. Popova, N.A. Karoli, N.M. Nikitina

V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: *Канаева Т.В., Попова Е.А., Кароли Н.А., Никитина Н.М.* Галектин-3 как предиктор неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов в отдаленный период у пациентов без кардиоваскулярной патологии, перенесших COVID-19. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 344-348. EDN: HBKLVQ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203344

Аннотация. *Цель:* определить прогностическую значимость галектина-3 (Gal-3) и других биомаркеров в развитии основных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (оНССС) у пациентов без значимых сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), перенесших новую коронавирусную инфекцию (COVID-19). *Материал и методы.* В ходе проспективного исследования собраны данные о 112 пациентах без анамнеза ССЗ, госпитализированных с подтвержденным COVID-19. В день поступления дополнительно определяли уровни традиционных и перспективных (Gal-3) биомаркеров. *Результаты.* При долгосрочном наблюдении (на протяжении 2 лет) зарегистрировано 14 случаев (12,5%) оНССС. У лиц с оНССС были выше значения индекса массы тела (ИМТ) (p=0,017), интерлейкина-6 (p=0,019), D-димера (p=0,001), высокочувствительного тропонина Т (p=0,003) и Gal-3 (p=0,001), чем соответствующие параметры у пациентов без оНССС. По результатам многофакторной логистической регрессии независимыми предикторами оНССС были концентрация Gal-3>5,1 нг/мл (чувствительность 96%, специфичность 90%; p=0,001) и значение ИМТ>27 кг/м^2 (чувствительность 85%, специфичность 78%; p=0,022). *Заключение.* Предикторами оНССС после COVID-19, по результатам проведенного исследования, являются концентрация Gal-3 и значение ИМТ.

Ключевые слова: галектин-3 (Gal-3), сердечно-сосудистые заболевания, основные неблагоприятные сердечно-сосудистые события, COVID-19

For citation: *Kanaeva TV, Popova EA, Karoli NA, Nikitina NM.* Galectin-3 as a predictor of long-term adverse cardiovascular outcomes in patients without pre-existing cardiovascular disease who have recovered from COVID-19. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 344-348. (In Russ.) EDN: HBKLVQ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203344

Abstract. *Objective:* to determine the prognostic significance of galectin-3 (Gal-3) and other biomarkers in the development of major adverse cardiovascular events (MACE) in patients without significant cardiovascular disease (CVD) who have recovered from coronavirus disease (COVID-19). *Material and methods.* A prospective study was conducted, collecting data from 112 patients with no history of CVD, hospitalized with confirmed COVID-19. On the day of admission, levels of traditional and novel (Gal-3) biomarkers were additionally measured. *Results.* During long-term follow-up (over two years), 14 cases (12,5%) of MACE were recorded. Individuals with MACE had higher values for body mass index (BMI) (p=0,017), interleukin 6 (p=0,019), D-dimer (p=0,001), high-sensitivity troponin T (p=0,003), and Gal-3 (p=0,001) compared to the corresponding parameters in patients without MACE. According to multivariate logistic regression analysis, independent predictors of MACE were Gal-3 concentration>5.1 ng/mL (sensitivity 96%, specificity 90%; p=0,001) and BMI>27 kg/m^2 (sensitivity 85%, specificity 78%; p=0,022). *Conclusion.* Predictors of MACE after COVID-19, according to the results of the study, are Gal-3 concentration and BMI value.

Keywords: galectin-3 (Gal-3), cardiovascular diseases, major adverse cardiovascular events, COVID-19

Введение. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19 – COrona VIrus Disease 2019) достигла масштабов глобальной пандемии и привела к более чем 590 млн случаев заражения и более чем 6 млн смертей по всему миру [1]. После завершившейся пандемии возросло количество выявления новых сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) у пациентов без ранее установленной сердечно-сосудистой патологии, что обусловливает особую актуальность продолжения изучения сложных взаимодействий COVID-19 с сердечно-сосудистой системой (ССС) [2]. Прямая вирусная инвазия, опосредованная через рецептор ангиотензинпревращающего фермента 2-го типа, «цитокиновый шторм», эндотелиальная дисфункция, гиперкоагуляция и атеротромбоз выступают в качестве ведущих факторов дестабилизации течения ранее установленных ССЗ и первичного повреждения ССС у лиц без диагностированной кардиальной патологии [3, 4].

Выявление факторов, отражающих дисфункцию ССС на этапе скрытого повреждения без наличия клинической симптоматики, может способствовать разработке новых стратегий раннего выявления и профилактики основных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (оНССС) [4]. Таким перспективным маркером может считаться галектин-3 (Gal-3), отражающий выраженность процессов воспаления и фиброза в миокарде [5]. Ранее Gal-3 изучался с позиции маркера для прогнозирования и стратификации риска при хронической сердечной

Ответственный автор — Татьяна Владимировна Канаева
Corresponding author — Tatyana V. Kanaeva
E-mail: tatyanakanaeva7795@gmail.com

© Канаева Т.В., Попова Е.А., Кароли Н.А., Никитина Н.М., 2026

недостаточности, отражая выраженность ремоделирования камер сердца [6]. В последние годы показано, что Gal-3 является новым провоспалительным биомаркером, участвующим в процессах внутрисосудистого воспаления, эндоцитоза липидов и атерогенеза, образования пенистых клеток, активации макрофагов, пролиферации клеток, в том числе миофибробластов, хемотаксиса моноцитов и молекул клеточной адгезии в очаг воспаления [7].

Провоспалительные эффекты Gal-3 не ограничиваются его участием в патогенезе только ССЗ. При тяжелой форме COVID-19 отмечается увеличение количества рецепторов для Gal-3 в иммунных клетках, при этом наиболее высокие концентрации наблюдаются в инфицированных макрофагах, ответственных за развитие «цитокинового шторма» [5].

По данным американского и испанского исследований, у пациентов с тяжелой формой COVID-19 регистрируются существенно более высокие уровни Gal-3 в сыворотке по сравнению со здоровыми людьми (28,7 [17,5–42,0] и 9,6 [8,2–14,7] нг/мл соответственно; p<0,001) [8], а также повышаются шансы неблагоприятных госпитальных исходов (развитие острой дыхательной недостаточности, перевод в реанимационное отделение (отношение шансов — ОШ 3,68, 95% доверительный интервал — ДИ 1,47–9,20, p<0,01) [9].

Опубликованные данные о новых случаях ССЗ после COVID-19 подчеркивают необходимость исследований, направленных на разработку точных моделей прогнозирования оНССС. Данные модели расширяют набор чувствительных и специфичных предикторов прогнозирования оНССС, включая в себя стандартные, такие как высокочувствительные тропонины Т (вчТnТ) и I (вчТnI), N-концевой промозговой натрийуретический пептид (NT-proBNP), D-димер, и перспективные (Gal-3) маркеры.

Цель — определить прогностическую значимость Gal-3 и других биомаркеров в развитии оНССС у пациентов без значимых ССЗ, перенесших новую коронавирусную инфекцию (COVID-19).

Материал и методы. В ходе проспективного одноцентрового исследования собраны данные о 112 пациентах без документированного анамнеза предшествующих ССЗ, проходивших стационарное лечение с подтвержденным диагнозом COVID-19 в период с сентября 2021 по февраль 2022 г. Критерии отбора пациентов для участия в исследовании представлены в табл. 1. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России.

Стандартное клиническое обследование включало измерение показателей артериального давления, частоты сердечных сокращений, сатурации крови кислородом при дыхании атмосферным воздухом (SpO_2), антропометрических данных.

В день поступления пациента в стационар исследованы: общий анализ крови с лейкоцитарной формулой, развернутый биохимический анализ крови, электрокардиография и компьютерная томография органов грудной клетки, а также определены уровни традиционных бимаркеров (вчТnТ и вчТnI, NT-proBNP, D-димер) и перспективный сывороточный маркер Gal-3.

Уровни интерлейкина (ИЛ) 6 (пг/мл) и С-реактивного белка (мг/л) рассчитывали на автоматическом биохимическом анализаторе Cobas C 311. Значение D-димера (мкг/мл) определено на анализаторе Immulite® 2000 XPi Immunoassay System (Siemens Healthineers, США) иммунохемилюминесцентным методом. Для определения сывороточной концентрации биомаркера Gal-3 (нг/мл) использовали иммуноферментный набор RayBio® Human Galectin-3 ELISA Kit (RayBio, США). Уровень NT-proBNP (пг/мл) определяли методом иммуноферментного анализа с наборами Biomedica (Австрия). Определение уровня вчТnI (нг/л) выполняли с использованием набора Abbott ARCHITECT STAT High Sensitive Troponin-I (Abbott, США), концентрация вчТnТ (нг/л) — на экспресс-анализаторе с помощью теста Elecsys (Roche Diagnostics, Германия).

В стационаре пациенты получали стандартную медикаментозную терапию в соответствии с действующими на тот момент «Временными методическими рекомендациями по профилактике, диагностике и лечению новой коронавирусной инфекции» [10].

Пациенты находились под динамическим наблюдением в течение 24 мес после перенесенной инфекции с регистрацией развития первичной конечной точки — оНССС (острое нарушение мозгового кровообращения, инфаркт миокарда, смерть от ССС). При 2-летнем мониторинге за состоянием здоровья пациентов, переболевших COVID-19 в период пандемии, зарегистрировано 14 (12,5%) случаев оНССС: инфаркт миокарда — у 9 больных, острое нарушение мозгового кровообращения — у 3 пациентов, тромбоэмболия легочной артерии — у 2 наблюдаемых.

Таблица 1

Критерии отбора пациентов для участия в исследовании

Критерии	Характеристика
Включения	Возраст 40–70 лет; согласие больного на участие в исследовании; подтвержденный случай инфицирования вирусом SARS-CoV-2 методом полимеразно-цепной реакции; поражение легких при поступлении 1–4-й степеней согласно результатам компьютерной томографии органов грудной клетки
Невключения	Любые ССЗ в анамнезе (кроме артериальной гипертензии 1-й степени); сахарный диабет 1-го и 2-го типов; сердечная недостаточность I–IV функциональных классов по классификации New York Heart Association (Нью-Йоркской кардиологической ассоциации); онкологический анамнез; необходимость в искусственной вентиляции легких при поступлении; беременность; ранний послеродовой период; период лактации
Исключения	Смерть пациента за время пребывания в стационаре; развитие ССС за время госпитализации

Разделение пациентов на подгруппы построено по принципу развития первичной конечной точки (оНССС).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программ Statistica 8 (StatSoft Inc., США) и StatTech v. 4.6.3 (ООО «Статтех», Россия). Проверку распределения признака на соответствие с нормальным законом — с помощью критериев Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. Для описания признаков с распределением, отличным от нормального, указывали медиану и интерквартильный размах (*Me* [Q_{25}; Q_{75}]). Различия между группами анализировали непараметрическими методами с использованием *U*-критерия Манна–Уитни и Краскела–Уоллиса. Категориальные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение процентных долей выполнялось с помощью критерия χ^2 Пирсона. Установление потенциальных предикторов наступления MACE (major adverse cardiovascular events) выполняли посредством метода логистической регрессии с пошаговым включением переменных с помощью процедуры Forward. Степень прогноза предиктора выражалась через ОШ с 95% ДИ. Для определения точек отсечения (cut-off) количественных признаков (в том числе биомаркеров) при прогнозировании наступления MACE, чувствительности и специфичности, проводили ROC-анализ (receiver operating characteristic) и рассчитывали площадь под ROC-кривой. Статистически значимые различия рассматривались при $p<0,05$.

Результаты. Сравнительный клинико-демографический анализ продемонстрировал сопоставимость пациентов подгруппы 1 (с оНССС) и подгруппы 2 (без оНССС) по возрастно-половым характеристикам, стажу курения, параметрам SpO_2, тяжести течения COVID-19, объему поражения легочной ткани по данным компьютерной томографии органов грудной клетки ($p\geq0,05$ для всех параметров). Между наблюдаемыми подгруппами не обнаружены статистически значимые различия по значениям общего анализа крови (лейкоцитов, нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов, тромбоцитов, гемоглобина, эритроцитов, скорости оседания эритроцитов), большинству биохимических показателей (С-реактивного белка, креатинина, мочевины, скорости клубочковой фильтрации, аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы, общего холестерина, холестерина липопротеинов, не относящихся к липопротеинам высокой плотности, глюкозы), данным коагулограммы (фибриногена, международного нормализованного отношения, активированного частичного тромбопластинового времени, протромбинового времени) ($p\geq0,05$ для всех параметров).

Пациенты с оНССС отличались от таковых без оНССС по значениям индекса массы тела (ИМТ) (28,7 [25,1; 36,2] кг/м^2 vs 24,9 [22,9; 29,3] кг/м^2; $p=0,017$), ИЛ-6 (16 [8; 58] пг/мл vs 3 [0,5; 29] пг/мл; $p=0,019$) и D-димера (1,2 [0,8; 1,9] мкг/мл vs 0,56 [0,38; 0,92] мкг/мл; $p=0,001$) соответственно.

Подгруппа с оНССС характеризовалась более высокой концентрацией вчTnT (6 [4; 6] нг/мл vs 3 [2; 5] нг/мл; $p=0,003$) и Gal-3 (7,5 [2,2; 10,1] нг/мл vs 2,4 [0,5; 7,8] нг/мл; $p=0,001$).

Уровни вчTnI и NT-proBNP не имели статистически значимых различий ($p\geq0,05$ для всех параметров).

Пороговые значения количественных параметров (ИМТ, ИЛ-6, D-димера, вчTnT и Gal-3) определены в процессе ROC-анализа с дальнейшим преобразованием в бинарную переменную. С помощью однофакторной логистической регрессии для каждого фактора нами рассчитаны ОШ в отношении наступления оНССС. По результатам многофакторной логистической регрессии независимыми предикторами оНССС были значение ИМТ>27 кг/м^2 (чувствительность 85%, специфичность 78%; $p=0,022$) и концентрация Gal-3>5,1 нг/мл (чувствительность 96%, специфичность 90%; $p=0,001$; сводная табл. 2).

Таблица 2

Результаты одно- и многофакторного логистического регрессионного анализа для прогнозирования основных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий

Показатель	ОШ	95% ДИ	*p*
Однофакторная модель			
ИМТ>27 кг/м^2	1,145	1,028–1,274	0,012
ИЛ-6>8,8 пг/мл	1,110	0,955–1,153	0,055
вчTnT>9,6 нг/мл	1,257	1,107–1,373	0,041
Gal-3>5,1 нг/мл	2,318	1,610–3,340	0,0
D-димер>0,41 мкг/мл	1,409	1,400–4,053	0,045
Многофакторная модель			
Gal-3>5,1 нг/мл	1,409	1,400–4,053	0,001
ИМТ>27 кг/м^2	1,115	1,008–1,194	0,022

Обсуждение. Перенесенная новая коронавирусная инфекция ассоциируется с дестабилизацией течения ранее выявленных и регистрации новых случаев ССЗ, а также увеличением числа оНССС на постгоспитальном этапе [11].

Ключевым звеном в развитии отсроченных оНССС после COVID-19 может считаться гиперактивация иммунной системы и цитокинопосредованное повреждение ССС [12]. Одной из трудностей раннего выявления пациентов без анамнеза ССЗ, но с высоким кардиоваскулярным риском является отсутствие общепринятых прогностических маркеров. В нашей работе определена прогностическая значимость Gal-3 и других биомаркеров в отношении развития оНССС у пациентов, перенесших COVID-19 в среднетяжелой и тяжелой формах. По результатам проведенного многофакторного анализа факторами, ассоциированными с поздними оНССС, являются значение ИМТ>27 кг/м^2 и концентрации Gal-3>5,1 нг/мл.

Прогностический потенциал Gal-3 при новой коронавирусной инфекции может быть обусловлен его ключевой ролью в сложных патофизиологических процессах, лежащих в основе провоспалительной альтерации ССС. Gal-3 представляет собой белок из семейства лектинов, обладающий способностью связывать β-галактозиды [13]. Он принимает активное участие в регуляции ключевых клеточных процессов, включая воспаление, пролиферацию и апоптоз, выступая в роли центрального медиатора при острых и хронических воспалительных реакциях. Важным аспектом биологической активности Gal-3 является способность стимулировать высвобождение основных провоспалительных цитокинов: ИЛ-1, ИЛ-6 и фактора некроза опухоли α, которые, как известно, играют значимую роль в патогенезе тяжелых форм COVID-19 [14].

В исследовании M. Barutaut и соавт. 2020 г. указывается на то, что повышение уровня Gal-3 коррелирует с увеличением риска развития ССЗ [15]. Установлено, что концентрация Gal-3 сыворотки крови более 17,8 нг/мл является пороговой для оценки низкого и высокого риска кардиоваскулярных осложнений у пациентов на фоне COVID-19 [14]. Определение уровня Gal-3 в сыворотке крови может быть использовано в качестве маркера выраженности миокардиального фиброза и для оценки прогноза оНССС у пациентов как с хронической сердечной недостаточностью, так и COVID-19 [6, 14, 15]. Вероятными возможными причинами различий в пороговых значениях Gal-3 в работе M. Barutaut и соавт. (Gal-3>17,8 нг/мл) и нашем исследовании (Gal-3>5,1 нг/мл) могут являться разные выборки, сроки измерения биомаркера (мы измеряли концентрацию Gal-3 в день госпитализации в специализированную клинику). Более низкий пороговый уровень Gal-3 может быть связан с отсутствием исходных ССЗ у наших пациентов.

Испанскими учеными установлено, что у пациентов с COVID-19 уровень Gal-3 был существенно выше, чем у здоровых людей контрольной группы (28,7 [17,5–42,0] и 9,6 [8,2–14,7] нг/мл соответственно; p<0,0001). Высокий уровень Gal-3 является независимым предиктором неблагоприятных госпитальных исходов: развитие острой дыхательной недостаточности, перевода в реанимационное отделение (ОШ 3,68, 95% ДИ 1,47–9,20; p<0,01) [9].

Однако мы не нашли опубликованных работ, в которых Gal-3 рассматривался в качестве прогностического кандидата оНССС после перенесенного COVID-19. Нами установлено, что повышение уровня Gal-3 на 1 нг/мл повышало риск ССЗ на постгоспитальном этапе на 40,9% (p<0,001).

Прогностическая ценность стандартных биомаркеров сердечно-сосудистого повреждения (вчTnT, вчTnI, NT-proBNP) в отношении шанса оНССС в нашем исследовании не выявлена (p≥0,05 для всех параметров), в отличие от работ T. Guo и соавт. и S. Shi и соавт., проведенных в 2020 г. независимо друг от друга [16, 17]. Данные китайские ученые показали, что повышение концентрации таких биомаркеров, как высокочувствительные тропонины и NT-proBNP, коррелирует с тяжестью острого миокардиального повреждения и госпитальными сердечно-сосудистыми осложнениями [16, 17].

Прямая связь между воспалительным повреждением ССС на фоне COVID-19 и повышением концентрации в сыворотке крови нового биомаркера Gal-3 обусловливает необходимость дальнейшего изучения его роли в раннем выявлении пациентов из группы риска по сердечно-сосудистой патологии. В связи с ограниченностью и немногочисленностью данных о прогностической ценности Gal-3 у пациентов без анамнеза ССЗ представляется крайне важным продолжить исследования, направленные на поиск оптимальной «панели» биомаркеров, позволяющей прогнозировать оНССС после перенесенного COVID-19 или другой инфекции, сопровождающейся системным «гипервоспалением».

Ограничения исследования. При интерпретации результатов исследования следует учитывать его одноцентровость и небольшой размер выборки (112 пациентов). Не проводилось также динамическое определение уровней традиционных биомаркеров и Gal-3, что могло бы расширить перечень прогностических лабораторных показателей и усилить прогностическую модель. Не выявлено прогностической ценности NT-proBNP, вчTnT и вчTnI, хотя крупные международные исследования указывают обратное. Вероятно, это связано с ограниченной выборкой и методическими особенностями нашего исследования.

Заключение. В основе развития оНССС после COVID-19 лежат сложные патофизиологические механизмы, вероятно, обусловленные воспалительным характером повреждения ССС. По результатам проведенного исследования выявлены 2 независимых предиктора оНССС: концентрация Gal-3>5,1 нг/мл (чувствительность 96%, специфичность 90%; p=0,001) и ИМТ>27 кг/м^2 (чувствительность 85%, специфичность 78%; p=0,022).

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

Конфликт интересов. Конфликт интересов не заявляется.

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

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

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Avdeev SN, Adamyan LV, Alekseeva EI, et al. Interim guidelines on “Prevention, diagnosis and treatment of emerging coronavirus infection (COVID-19)”. Version 19 (27.05.2025). Moscow, 2025; 247 p. (In Russ.) Авдеев С.Н., Адамян Л.В., Алексеева Е.И. и др. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 19 (27.05.2025). М., 2025; 247 с.

2. Shlyakho EV, Konradi AO, Arutyunov GP, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of circulatory diseases in the context of the COVID-19 pandemic. Russian Journal of Cardiology. 2020;25(3):3801. (In Russ.) Шляхто Е.В., Конради А.О., Арутюнов Г.П. и др. Руководство по диагностике и лечению болезней системы кровообращения в контексте пандемии COVID-19. Российский кардиологический журнал. 2020;25(3):3801. DOI:10.15829/1560-4071-2020-3-3801

3. Xiong TY, Redwood S, Prendergast B, Chen M. Coronaviruses and the cardiovascular system: acute and long-term implications. Eur Heart J. 2020;41(19):1798-800. DOI:10.1093/eurheartj/ehaa231

4. Podzolkov VI, Tarzimanova AI, Bragina AE, et al. Damage to the Cardiovascular System in Patients with SARS-CoV-2 Coronavirus Infection. Part 1: Predictors of the Development of an Unfavorable Prognosis. Rational Pharmacotherapy in Cardiology. 2021;17(6):825-30. (In Russ.) Подзолков В.И., Тарзиманова А.И., Брагина А.Е. и др. Поражение сердечно-сосудистой системы у больных с коронавирусной инфекцией SARS-CoV-2. Часть 1: предикторы развития неблагоприятного прогноза. Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2021;17(6):825-30. DOI:10.20996/1819-6446-2021-11-03

5. Reddy K, Nichol A, McAuley DF. Galectin-3 inhibition in COVID-19. Am J Respir Crit Care Med. 2023;207(2):118-20. DOI:10.1164/rccm.202209-1758ED

6. Gehlken C, Suthahar N, Meijers WC, Boer RA. Galectin-3 in heart failure: An update of the last 3 years. Heart Fail Clin. 2018;14(1):75-92. DOI:10.1016/j.hfc.2017.08.009

7. Gao Z, Liu Z, Wang R, et al. Galectin-3 Is a potential mediator for atherosclerosis. J Immunol Res. 2020;2020(1):11. DOI:10.1155/2020/5284728

8. Schroeder JT, Bieneman AP. The S1 subunit of the SARS-CoV-2 spike protein activates human monocytes to produce cytokines linked to COVID-19: Relevance to galectin-3. Front Immunol. 2022;13:831763. DOI:10.3389/fimmu.2022.831763

9. Cervantes-Alvarez E, la Rosa NL, la Mora MS, et al. Galectin-3 as a potential prognostic biomarker of severe

COVID-19 in SARS-CoV-2 infected patients. Sci Rep. 2022;12(1):1856. DOI:10.1038/s41598-022-05968-4

10. Avdeev SN, Adamyan LV, Alekseeva EI, et al. Temporary methodological recommendations “Prevention, diagnosis and treatment of the new coronavirus infection (COVID-19)”. Version 16 (18.08.2022). Moscow, 2022; 249 p. URL: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/060/193/original/BMP_COVID-19_V16.pdf (15 Oct 2025). (In Russ.) Авдеев С.Н., Адамян Л.В., Алексеева Е.И. и др. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 16 (18.08.2022). М., 2022; 249 с. URL: https://static-0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/060/193/original/BMP_COVID-19_V16.pdf (дата обращения: 15.10.2025).

11. Bunova SS, Okhotnikova PI, Skirdenko YuP, et al. COVID-19 and cardiovascular comorbidity: The search for new approaches to mortality reduction. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2021;20(4):2953. (In Russ.) Бунова С.С., Охотникова П.И., Скирденко Ю.П. и др. COVID-19 и сердечно-сосудистая коморбидность: поиск новых подходов к снижению смертности. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021;20(4):2953. DOI:10.15829/1728-8800-2021-2953

12. Alsaidan AA, Al-Kuraishy HM, Al-Gareeb AI, et al. The potential role of SARS-CoV-2 infection in acute coronary syndrome and type 2 myocardial infarction (T2MI): Intertwining spread. Immun Inflamm Dis. 2023;11(3):e798. DOI:10.1002/iid3.798

13. Boza-Serrano A, Ruiz R, Sanchez-Varo R, et al. Galectin-3, a novel endogenous TREM2 ligand, detrimentally regulates inflammatory response in Alzheimer’s disease. Acta Neuropathol. 2019;138(2):251-73. DOI:10.1007/s00401-019-02013z

14. Cannavo A, Liccardo D, Gelzo M, et al. Serum galectin-3 and aldosterone: Potential biomarkers of cardiac complications in patients with COVID-19. Minerva Endocrinol (Torino). 2022;47(3):270-8. DOI:10.23736/S2724-6507.22.03789-7

15. Barutaut M, Fournier P, Peacock WF, et al. sST2 adds to the prognostic value of Gal-3 and BNP in chronic heart failure. Acta Cardiol. 2020;75(8):739-47. DOI:10.1080/00015385.2019.1669847

16. Guo T, Fan Y, Chen M, et al. Cardiovascular implications of fatal outcomes of patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). JAMA Cardiol. 2020;5(7):811-8. DOI:10.1001/jamacardio.2020.1017

17. Shi S, Qin M, Shen B, et al. Association of cardiac injury with mortality in hospitalized patients with COVID-19 in Wuhan, China. JAMA Cardiol. 2020;5(7):802-10. DOI:10.1001/jamacardio.2020.0950

Статья поступила в редакцию 22.01.2026; одобрена после рецензирования 28.04.2026; принята к публикации 19.06.2026.
The article was submitted 22.01.2026; approved after reviewing 28.04.2026; accepted for publication 19.06.2026.

Информация об авторах:

Татьяна Владимировна Канаева *— ассистент кафедры госпитальной терапии, кандидат медицинских наук, tatyanakanaeva7795@gmail.com, ORCID 0000-0002-9451-9318;* ***Екатерина Алексеевна Попова*** *— студентка Института клинической медицины, katerina_popova2702@mail.ru, ORCID 0009-0005-3302-4345;* ***Нина Анатольевна Кароли*** *— профессор кафедры госпитальной терапии, профессор, доктор медицинских наук, nina.karoli.73@gmail.com, ORCID 0000-0002-7464-826X;* ***Наталья Михайловна Никитина*** *— заведующая кафедрой госпитальной терапии, доктор медицинских наук, nikina02@yandex.ru, ORCID 0000-0002-0313-1191.*

Information about the authors:

Tatyana V. Kanaeva *— Instructor of the Hospital Therapy Department, PhD, tatyanakanaeva7795@gmail.com, ORCID 0000-0002-9451-9318;* ***Ekaterina A. Popova*** *— Student of the Institute of Clinical Medicine, katerina_popova2702@mail.ru, ORCID 0009-0005-3302-4345;* ***Nina A. Karoli*** *— Professor of the Hospital Therapy Department, Professor, DSc, nina.karoli.73@gmail.com, ORCID 0000-0002-7464-826X;* ***Natalia M. Nikitina*** *— Head of the Hospital Therapy Department, DSc, nikina02@yandex.ru, ORCID 0000-0002-0313-1191.*

УДК 530.182, 577.31
EDN: IHJBUY
https://doi.org/10.15275/ssmj2203348

Оригинальная статья
Original article

ВЛИЯНИЕ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕРДЕЧНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

А.О. Сельский, М.А. Симонян, Ю.А. Ганилова, А.В. Князева

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

IMPACT OF ARTERIAL HYPERTENSION ON THE CHARACTERISTICS OF HEARTBEAT-EVOKED POTENTIALS

A.O. Selskii, M.A. Simonyan, J.A. Ganilova, A.V. Knyazeva

V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: ***Сельский А.О., Симонян М.А., Ганилова Ю.А., Князева А.В.*** **Влияние артериальной гипертонии на характеристики сердечных вызванных потенциалов. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 348-353. EDN: IHJBUY. https://doi.org/10.15275/ssmj2203348**

Аннотация. *Цель:* оценить ассоциации артериальной гипертонии (АГ) с характеристиками сердечных вызванных потенциалов (heartbeat-evoked potentials — HEP) электроэнцефалограммы (ЭЭГ) для выявления центральных эффектов АГ. *Материал и методы.* Проведено одноцентровое ретроспективное когортное исследование. Обследованы контрольная группа практически здоровых добровольцев (n_0=17, мужчин/женщин=9/8, возраст — 33,64±9,53 года) и группа пациентов с АГ (n_1=19, мужчин/женщин=12/7, возраст — 42,68±15,09 года). На основе регистрации ЭЭГ рассчитывали HEP путем усреднения эпох, синхронизированных с *R*-зубцом. Анализировали индивидуальные и средние по группам пациентов HEP, а также внутригрупповую вариабельность в интервале [0,2–0,5] с; для контроля выполнялся расчет сигнал-усредненной электрокардиограммы.

© Сельский А.О., Симонян М.А., Ганилова Ю.А., Князева А.В., 2026

Результаты. У пациентов с АГ на сигнал-усредненной электрокардиограмме выявлены изменения компонентов, что отражает гипертензивное ремоделирование сердца. В НЕР у пациентов с АГ отмечено повышение амплитуды ЭЭГ в момент t=0 и интервале [0,2–0,4] с, однако из-за значительной вариабельности и разброса времени появления пиков на ЭЭГ средние значения НЕР могли снижаться. Во многих временны́х интервалах внутригрупповая вариабельность у пациентов с АГ была выше, чем в контрольной группе. *Заключение.* Для пациентов с АГ характерна более выраженная вариабельность амплитуды НЕР в интервале 200–400 мс после наблюдения *R*-зубца по сравнению с контрольной группой.

Ключевые слова: сердечный вызванный потенциал, электроэнцефалография, электрокардиография, артериальная гипертония

For citation: *Selskii AO, Simonyan MA, Ganilova JA, Knyazeva AV.* Impact of arterial hypertension on the characteristics of heartbeat-evoked potentials. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 348-353. (In Russ.) EDN: IHJBUY. https://doi.org/10.15275/ssmj2203348

Abstract. *Objective:* To evaluate the associations between arterial hypertension (AH) and the characteristics of heartbeat-evoked potentials (HEP) in the electroencephalogram (EEG) in order to identify the central effects of AH. *Material and methods.* A single-center retrospective cohort study was conducted. The study included a control group of apparently healthy volunteers (n_0=17; 9 men/8 women; age 33.64±9.53 years) and a group of patients with AH (n_1=19; 12 men/7 women; age 42.68±15.09 years). HEPs were calculated from EEG recordings by averaging epochs synchronized with the *R*-wave. Individual and group-averaged HEP were analyzed, as well as intra-group variability within the [0.2–0.5] s interval; signal-averaged ECGs were calculated for control purposes. *Results.* Changes in signal-averaged ECG components were observed in patients with AH, reflecting hypertensive cardiac remodeling. In the HEPs of patients with AH, an increase in EEG amplitude was noted at t=0 and within the [0.2–0.4] s interval; however, due to significant variability and the dispersion of EEG peak latencies, the mean HEP values could appear reduced. Intra-group variability in patients with AH was higher than in the control group across many time intervals. *Conclusion.* Patients with AH exhibit greater variability in HEP amplitude during the 200–400 ms interval following the *R*-wave compared to the control group.

Keywords: heartbeat-evoked potential, electroencephalography, electrocardiography, arterial hypertension

Введение. В настоящее время комплексные медицинские задачи раннего выявления, диагностики и контроля успешности терапии в случае хронических неинфекционных заболеваний часто решаются с помощью междисциплинарных подходов, направленных на поиск фундаментальных особенностей слабых физиологических взаимодействий в функциональных системах организма. Одной из ключевых областей исследования является взаимодействие центральной нервной и сердечно-сосудистой систем организма, а одним из важных инструментов исследования — нейрофизиологический подход оценки вызванных сердечным ритмом потенциалов (heartbeat-evoked potentials — HEP) [1, 2]. Связь между сердечно-сосудистой системой и головным мозгом является двунаправленной [3, 4] и может быть условно разделена на 4 типа: (1) механическая связь посредством пульсирующего (церебрального) кровотока; (2) биохимическая связь через гормоны и нейромедиаторы; (3) связь через электрическое поле сердца, которое постоянно ритмически воздействует на весь организм; (4) через вегетативную нервную систему, контролирующую частоту сердечных сокращений (ЧСС) и вариабельность сердечного ритма (ВСР) [5].

НЕР представляет собой объективный электрофизиологический маркер влияния афферентных сигналов от сердца на активность головного мозга [6]. Методологически выделение НЕР основано на усреднении эпох электроэнцефалограмм (ЭЭГ), синхронизированных с *R*-зубцом электрокардиограмм (ЭКГ), что позволяет выделить корковый ответ на фоне спонтанной активности в присутствии неизбежных помех. В ряде исследований показано наличие корреляции между объективно измеряемой выраженностью НЕР и точности субъективного восприятия человеком собственных сердцебиений (см., например, обзор [2]). Низкая цена и высокая доступность использования методов регистрации ЭЭГ и ЭКГ делает развитие методов оценки НЕР крайне перспективным для дальнейшего практического использования у различных групп пациентов сердечно-сосудистого профиля [1, 7, 8].

В частности, важной задачей является оценка связи между активностью сердечно-сосудистой системой и ритмами головного мозга в группах пациентов с артериальной гипертонией (АГ), что привлекает внимание уже долгое время [9–11]. АГ представляет собой одну из наиболее значимых медико-социальных проблем современного общества, поскольку широко распространена, длительное время может протекать малосимптомно и при этом остается ведущим фактором риска поражения органов-мишеней. Особую тревогу вызывает тенденция к «омоложению» АГ: заболевание все чаще выявляется у лиц молодого и среднего возрастов, что увеличивает продолжительность экспозиции повышенного артериального давления (АД) и связанных с ним патофизиологических изменений. Помимо хорошо известного риска сердечно-сосудистых осложнений, АГ ассоциирована с когнитивными нарушениями: снижением внимания, памяти, исполнительных функций и скорости обработки информации, а также с эмоциональной дисрегуляцией, тревожными и депрессивными симптомами, которые существенно ухудшают качество жизни и приверженность терапии [12]. В связи с этим критически важными становятся не только эффективный контроль АД, но и объективная оценка когнитивного и эмоционального статусов пациентов, особенно на ранних этапах. В этом контексте НЕР, отражающие корковую обработку афферентных сигналов от сердца и тесно связанные с интероцепцией и нейровисцеральными взаимодействиями, могут быть полезны как доступный электрофизиологический маркер для раннего выявления неблагоприятных центральных эффектов АГ, контроля динамики состояния и оценки успешности терапии.

Цель — оценить влияние АГ на характеристики НЕР для выявления центральных эффектов АГ.

Материал и методы. Проведено одноцентровое ретроспективное когортное исследование в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Выполнение исследования получило одобрение этического комитета ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет

Ответственный автор — Антон Олегович Сельский
Corresponding author — Anton O. Selskii
E-mail: selskiiao@gmail.com

им. В.И. Разумовского» Минздрава России (протокол №09 от 02.04.2024). Информированное согласие получено от всех участников исследования.

Всего рассмотрено 2 группы. В контрольную (нулевую) группу (n_0=17, мужчин/женщин = 9/8, возраст 33,64±9,53 года, АД 117,82±13,01/83,88±9,33, частота сердечных сокращений — ЧСС 79,94±14,95, индекс массы тела 23,46±2,97) вошли практически здоровые добровольцы в возрасте от 20 до 45 лет, не имеющие на момент исследования данных о наличии острых или хронических заболеваний сердечно-сосудистой системы. К основной группе (n_1=19, мужчин/женщин = 12/7, возраст 42,68±15,09 года, АД 132,73±20,08/90,21±11,51, ЧСС 80,15±9,01, индекс массы тела 28,88±2,71) относены пациенты с установленным диагнозом гипертонической болезни I–II стадий, не имеющие признаков ишемической болезни сердца и других сердечно-сосудистых патологий. У пациентов с АГ не было постоянной лекарственной терапии, но допускался прием каптоприла по требованию для снижения АД. Если препарат принимался за 1 сут или менее до проведения записи ЭЭГ и ЭКГ, то запись переносилась на другой день.

Критериями исключения для всех 3 групп являлись:

Инфаркт миокарда, ангиопластика, стентирование, шунтирование коронарных артерий менее 1 года назад в анамнезе, нестабильная стенокардия, стабильная стенокардия III–IV функциональных классов, хроническая сердечная недостаточность (ХСН) со сниженной фракцией выброса (ФВ<40%), ХСН III–IV функциональных классов, верифицированные стенозы коронарных, сонных, магистральных артерий конечностей более 80% по данным из анамнеза или медицинской документации, тромбоэмболия легочной артерии в анамнезе.

Тяжелые сопутствующие заболевания (ишемическая болезнь сердца, хроническая обструктивная болезнь легких, бронхиальная астма, требующие постоянной медикаментозной терапии, активный онкологический процесс, нарушения функции щитовидной железы с недостижением эутиреоза на момент исследования и др.); регулярное употребление психоактивных препаратов и злоупотребление алкоголем; прием в течение 90 дней до включения пациента в исследование нейрометаболических, нейротрофических препаратов, а также каких-либо иных веществ, способных прямо или косвенно повлиять на когнитивные функции пациентов; любые эпизоды цереброваскулярных катастроф и/или травм головного мозга, спинного мозга менее 3 лет назад или с сохраняющимся неврологическим дефицитом.

Острые заболевания и обострения хронических заболеваний на момент исследования.

Нейропсихологические расстройства, такие как клиническая депрессия, выраженные когнитивные нарушения, неудовлетворительная субъективная оценка испытуемым своего общего функционального состояния на момент исследования.

Дизайн эксперимента представляет собой простую одновременную запись ЭКГ (один электрод располагался ниже правой ключицы, один ниже левой ключицы, а третий — в нижней левой области ребер для обеспечения стабильного обнаружения зубца *R* и постоянного измерения ЧСС) и затылочных каналов ЭЭГ P3, P4 согласно системе «10–20». Все сигналы дискретизированы с частотой 500 Гц. Данные ЭЭГ были отфильтрованы в диапазоне 0,5–20 Гц, дополнительно удалялись двигательные и кардиологические артефакты [13]. Записи выполняли в пассивном состоянии бодрствования в позе полулежа при дневном освещении, длительность записей составила 10–15 мин.

На I этапе построения НЕР автоматически детектированы *R*-зубцы ЭКГ-сигнала [14]. Базовая методика построения НЕР, которая использовалась и в данной статье, приведена в работе [6]. В соответствии с ней НЕР рассчитывали по формуле

$$VP_i(t) = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} S_{i,j}(t), \quad (1)$$

где *i* — номер пациента в группе, — конкретный участок сигнала ЭЭГ, взятый относительно *R*-зубца, где последний будет соответствовать *t*=0 с, при этом рассматривался интервал времени [-0,2–0,8] с (то есть интервал начинается за 200 мс до *R*-зубца, а заканчивается спустя 800 мс), *j* — номер участка сигнала в записи, *M* — количество рассматриваемых участков сигнала (или количество взятых в рассмотрение *R*-зубцов). Для расчета НЕР использовано 50 последовательных *R*-зубцов, отвечающих синусовому ритму ЭКГ. Данная методика реализована в виде программы, не представленной в открытых источниках. Для компиляции использовали GNU Fortran.

Для всех участников исследования в 0-й и 1-й группах проведена оценка средних НЕР следующим образом:

$$\langle VP\rangle(t) = \frac{1}{n0,1}\sum_{i=1}^{n0,1} VP_i(t), \quad (2)$$

где $n_{0,1}$ – число практически здоровых добровольцев и пациентов с АГ соответственно. Основное внимание при оценках НЕР принято уделять не амплитуде в момент времени 0, а интервалу [0,2–0,4] с, что близко к возникновению *T*-зубца на ЭКГ, как, например, показано в ранее проводившихся исследованиях [1, 6, 7].

Для оценки вариабельности НЕР на определенном интервале времени рассчитано стандартное отклонение по всем пациентам группы в каждый момент времени как

$$SDVP(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n0,1}(VP(t)-\langle VP\rangle(t))^2}{n0,1-1}}. \quad (3)$$

Для контроля результатов численной обработки аналогичный расчет НЕР по формулам (1) и (2) проводили и для сигнала ЭКГ.

Результаты. На рис. 1 см. с.352, *а–в* показаны средние НЕР для симметричных ЭЭГ каналов (P3, P4) и сигнал-усредненные ЭКГ соответственно. Сигнал-усредненные ЭКГ, демонстрируют различия между группами. В частности, основная группа демонстрирует возрастание амплитуды в нулевой момент времени относительно группы здоровых участников, а также характерное углубление зубца *S*. Кроме того, зубцы *T* и *P* напротив сглажены. Данная форма ЭКГ неизбежно оказывает влияние на форму построенных НЕР, как это можно наблюдать на рис. 1, *а*, *б*. В канале P3 полярность НЕР противоположна с наблюдаемой на ЭКГ, что характерно для всех ЭЭГ каналов левого полушария. Дальнейшее описание результатов будет проводиться лишь для НЕР канала P4, поскольку результаты оценки в обоих каналах аналогичны с учетом изменения полярности.

Далее обратим внимание на внутригрупповую вариабельность НЕР. На рис. 2 представлены графики НЕР (1), рассчитанные для 5 случайно выбранных

пациентов каждой группы, на фоне средней величины НЕР (2). Отметим, что отдельные пациенты с АГ демонстрируют существенное повышение амплитуды НЕР как в момент времени *t*=0 с, так и для временно́го диапазона [0,2–0,4] с по сравнению со средним по группе значением, акцентируя отличие от контрольной группы. В то же время проведение нормировки НЕР не представляется в данном случае разумным шагом, так как средние амплитуды на интервале [0,2–0,4] с близки в обеих группах, а значит, многие межгрупповые различия будут сглажены. Снижение средних значений амплитуд НЕР на данном интервале в группе пациентов с АГ связано со значительно повышенной вариабельностью НЕР по сравнению со здоровыми участниками. Для 0-й группы все зубцы наблюдаются весьма кучно, формируя устойчивый максимум на интервале [0,2–0,3] с.

Оценка внутригрупповой вариабельности $SDVP(t)$ (3) представлена на рис. 3 (см. на с.352). На интервале [0,2–0,4] с различия между группами максимальны. На интервале [0,2–0,3] с различия не столь заметны, поскольку амплитуды зубцов для контрольной группы здоровых участников сильно изменчивы. Однако вариабельности по времени наблюдения пика у здоровых участников на рис. 2 практически не наблюдается. Далее анализ НЕР в диапазоне [0,3; 0,4] с демонстрирует спад стандартного отклонения $SDVP(t)$ у здоровых добровольцев, а в группе пациентов с АГ рассчитанное значение $SDVP(t)$ остается примерно на том же уровне за счет вариабельности по времени наблюдения пика. В диапазоне [0,4–0,5] с здоровые участники исследования демонстрируют существенное повышение вариабельности вблизи 0,425 с, а пациенты с АГ — приблизительно 0,475 с.

Обсуждение. В представленной работе впервые рассмотрены базовые аспекты детекции НЕР для пациентов с АГ и проведено сравнение полученных

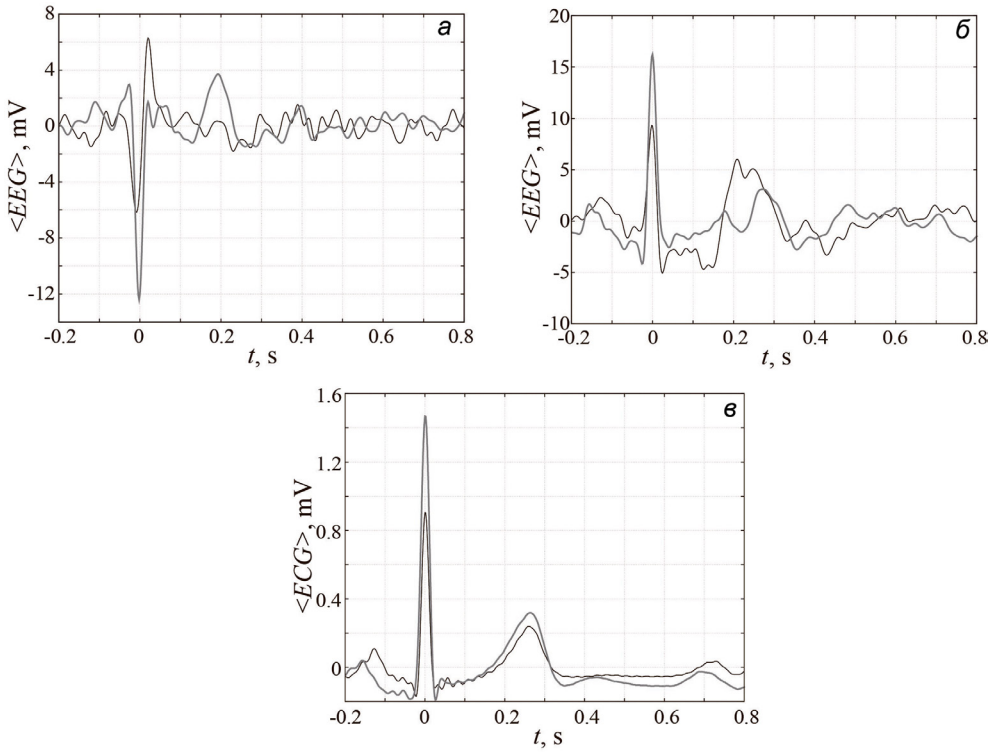


Рис. 1. Средний по группе сердечный вызванный потенциал для 0-й группы (черным) и 1-й группы (серым) для каналов P3 (*а*), P4 (*б*), сигналу электрокардиографии (*в*)

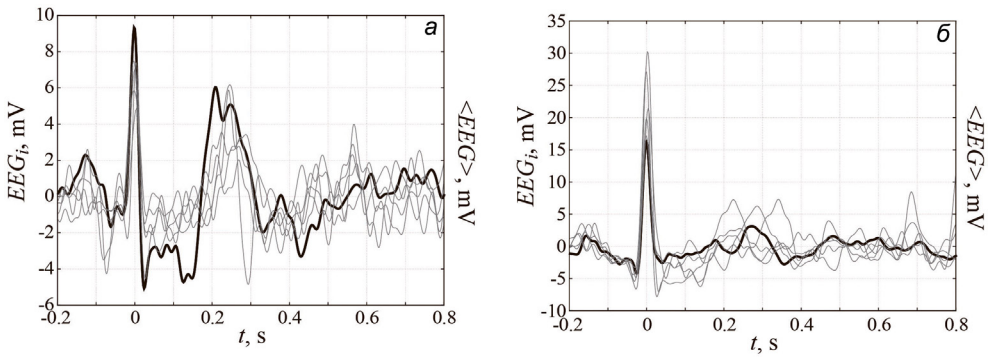


Рис. 2. Сравнение среднего (2) (черные линии) и 5 случайных индивидуальных сердечных вызванных потенциалов (1) (серые линии) для канала P3 по 0-й (*а*) и 1-й группам (*б*)

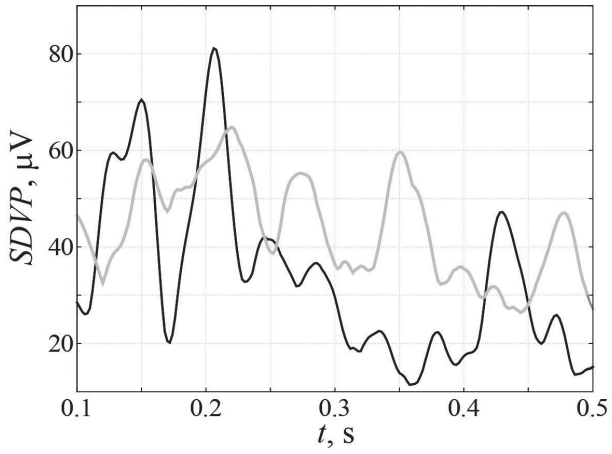


Рис. 3. Стандартное отклонение $SDVP(t)$ (3) по всем участникам исследования 0-й (черная линия) и 1-й (серая линия) групп

результатов с характеристиками потенциалов для здоровых людей.

При анализе отведений ЭКГ наблюдаемая ситуация возрастания амплитуды *R*-пика характерна для пациентов с АГ и обусловлена стабильным повышением АД, создающим повышенную постнагрузку для левого желудочка сердца, что становится гемодинамическим триггером развития его компенсаторной гипертрофии [15, 16]. Подобные изменения амплитуды и морфологии *R*-зубца при АГ могут влиять на точность выделения НЕР и, возможно, отражаться в изменениях нейровисцеральных взаимодействий на фоне гипертензивного ремоделирования сердца. Несмотря на фильтрацию в ЭЭГ кардиоартефактов, являющихся прямым просачиванием сигнала ЭКГ в активность головного мозга, влияние *R*-зубца наглядно наблюдается и в НЕР, затрудняя анализ временно́го диапазона [-0,2–0,2] с.

В 1-й группе пациентов с АГ НЕР демонстрируют повышение амплитуды зубцов в существенно различное время относительно *R*-пика, что приводит к заметному уменьшению амплитуды среднего значения НЕР. Таким образом, при статистическом анализе важную роль играет не само изменение амплитуды ЭЭГ у отдельных пациентов, а увеличение ее вариабельности на рассматриваемом временно́м интервале. В целом при количественной оценке вариабельности НЕР у пациентов с АГ заметно ее повышение на интервале [0,2–0,4] с по сравнению с контрольной группой здоровых добровольцев.

Тема оценки нейрокардиальных взаимодействий с помощью НЕР весьма актуальна в случае исследования АГ. Вместе с тем сегодня результаты такого анализа представляются несколько противоречивыми. Например, в работе А.А. Сукмановой и соавт. [17] отмечено, что АГ не влияет на амплитуды НЕР. Представленные результаты явно противоречат данному выводу, как и результаты A. Plantard и соавт. [18]. Однако, возможно, наблюдаемое противоречие связано с несколькими важными моментами. Во-первых, в работе [17] проводились процедуры нормализации и пространственного кластерного усреднения построенных НЕР, что существенно сгладило межгрупповые отличия. Затем внимание авторов было сосредоточено на амплитудных отличиях, тогда как, по всей видимости, учет изменений именно вариабельности НЕР по времени наблюдения различных зубцов в интервале времени [0,2–0,4] с относительно *R*-зубца является весьма перспективным инструментом анализа нейрокардиальной связанности.

Заключение. В рамках работы показано, что для пациентов с АГ характерна большая вариабельность амплитуды НЕР в интервале 200–400 мс после наблюдения *R*-зубца по сравнению с контрольной группой практически здоровых добровольцев, что может отражать изменения нейровисцеральных взаимодействий при гипертензивном ремоделировании сердца. С учетом «омоложения» возраста дебюта АГ и ее связи с когнитивными и эмоциональными нарушениями НЕР представляются перспективным доступным электрофизиологическим маркером для раннего выявления центральных эффектов АГ, контроля динамики состояния и оценки успешности терапии; однако при анализе необходимо учитывать кардиоартефакты и увеличенную вариабельность потенциалов.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России «Разработка портативного программно-аппаратного комплекса для дистанционного мониторинга функции сердечно-сосудистой системы, а также автоматизации теста с 6-минутной ходьбой у пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями» №056-03-2024-071 от 24.01.2024.

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Valenza G, Matić Z, Catrambone V. The brain-heart axis: Integrative cooperation of neural, mechanical and biochemical pathways. Nat Rev Cardiol. 2025;22(8):537-50. DOI:10.1038/s41569-025-01140-3
2. Coll MP, Hobson H, Bird G, Murphy J. Systematic review and meta-analysis of the relationship between the heartbeat-evoked potential and interoception. Neurosci Biobehav Rev. 2021;122:190-200. DOI:10.1016/j.neubiorev.2020.12.012
3. Lacey BC, Lacey JI. Two-way communication between the heart and the brain. Significance of time within the cardiac cycle. Am Psychol. 1978;33(2):99-113. DOI:10.1037/0003-066x.33.2.99
4. Khalsa SS, Adolphs R, Cameron OG, et al.; Interoception Summit 2016 participants. Interoception and mental health: A roadmap. Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging. 2018;3(6):501-13. DOI:10.1016/j.bpsc.2017.12.004
5. McCraty R. Science of the Heart. Vol. 2: Exploring the role of the heart in human performance an overview of research conducted by the HeartMath Institute. Boulder Creek, CA: HeartMath Institute, 2016; 112 p. DOI:10.13140/RG.2.1.3873.5128
6. Loescher M, Haggard P, Tallon-Baudry C. Interoception *vs.* exteroception: Cardiac interoception competes with tactile perception, yet also facilitates self-relevance encoding. Proc Natl Acad Sci U S A. 2025;122(49):e2516229122. DOI:10.1073/pnas.2516229122
7. Matusik PS, Zhong C, Matusik PT, et al. Neuroimaging studies of the neural correlates of heart rate variability: A systematic review. J Clin Med. 2023;12(3):1016. DOI:10.3390/jcm12031016
8. Zeng X, Zhang X, Dong H, et al. Emotion effects on spatiotemporal brain-heart interactions with convergent cross mapping. Physiol Meas. 2026;47(6). DOI:10.1088/1361-6579/ae7c55
9. Parfenov VA, Ostroumova TM, Perepelova EM, et al. Brain perfusion, cognitive functions, and vascular age in middle aged patients with essential arterial hypertension. Kardiologiia. 2018;58(5):23-31. (In Russ.) Парфенов В.А., Остроумова Т.М., Перепелова Е.М. и др. Перфузия головного мозга, когнитивные

функции и сосудистый возраст у пациентов среднего возраста с эссенциальной артериальной гипертензией. Кардиология. 2018;58(5):23-31. DOI:10.18087/cardio.2018.5.10117

10. Semke GV, Mordovin VF. Structural-functional manifestations of cerebrovascular pathology in patients with essential hypertension. Ter Arkh. 2007;79(1):38-43. (In Russ.) Семке Г.В., Мордовин В.Ф. Структурно-функциональные проявления цереброваскулярной патологии у больных эссенциальной гипертонией. Терапевтический архив. 2007;79(1):38-43. EDN:IADVQV

11. Selsky AO, Novikov MY, Egorov EN, et al. Identification of characteristics of the response to stress (tilt test) using recurrent analysis in patients with cardiovascular diseases. Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics. 2026;34(4):588-602. (In Russ.) Сельский А.О., Новиков М.Ю., Егоров Е.Н. и др. Выявление особенностей реакции на стрессовое воздействие (тилт-тест) с помощью рекуррентного анализа у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Известия вузов. ПНД. 2026;34(4):588-602. DOI:10.18500/0869-6632-003226

12. Dudchenko NG, Kotovskaya YuV. Arterial hypertension and cognitive functions: pathogenetic mechanisms and strategies for prevention of cognitive impairment. Literature Review. Russian Journal of Geriatric Medicine. 2026;(3):355-62. (In Russ.) Дудченко Н.Г., Котовская Ю.В. Артериальная гипертония и когнитивные функции: патогенетические механизмы и стратегии профилактики когнитивных нарушений. Обзор литературы. Российский журнал гериатрической медицины. 2026;(3):355-62. DOI:10.37586/2686-8636-3-2026-355-362

13. Grubov VV, Runnova AE, Koronovskii AA, et al. Adaptive filtering of electroencephalogram signals using the empirical-modes method. Tech Phys Lett. 2017;43:619-22. (In Russ.) Грубов В. В., Руннова А. Е., Короновский А. А., Храмов А. Е., Адаптивная фильтрация сигналов электроэнцефалограмм с использованием метода эмпирических мод. Письма в журнал технической физики. 2017;43:619-22. DOI:10.1134/S1063785017070070

14. Qin Q, Li J, Yue Y, Liu C. An Adaptive and time-efficient ECG R-peak detection algorithm. J Healthc Eng. 2017;2017:5980541. DOI:10.1155/2017/5980541

15. Georgopoulos AJ, Vlastaris PA, Proudfit WL. *R*-wave voltage changes in relation to arterial pressure in hypertensive patients. Cleve Clin Q. 1961;28:46-50. DOI:10.3949/ccjm.28.1.46

16. Aeschbacher S, Metin F, Bossard M, et al. Relationships of electrocardiographic parameters with ambulatory hypertension in young and healthy adults. Int J Cardiol. 2016;202:300-4. DOI:10.1016/j.ijcard.2015.09.013

17. Sukmanova AA, Minenko IA Limonova AS, et al. Assessment of heart-evoked potentials in hypertensive patients. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2024;23(12):4229. (In Russ.) Сукманова А.А., Миненко И.А., Лимонова А.С. и др. Оценка сердечных вызванных потенциалов у пациентов с артериальной гипертензией. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2024;23(12):4229. DOI:10.15829/1728-8800-2024-4229

18. Plantard A, Séry R, Pichot V, Chouchou F. Changes in heartbeat-evoked potentials reflect changes in blood pressure. J Neurophysiol. 2025;134(3):830-42. DOI:10.1152/jn.00118.2025

Статья поступила в редакцию 18.07.2026; одобрена после рецензирования 22.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 18.07.2026; approved after reviewing 22.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Антон Олегович Сельский *— доцент кафедры биофизики и цифровых технологий, кандидат физико-математических наук, selskiiao@gmail.com, ORCID 0000-0003-3175-895X;* ***Маргарита Андреевна Симонян*** *— старший преподаватель кафедры биофизики и цифровых технологий, кандидат медицинских наук, m.a.simonyan@ya.ru, ORCID 0000-0002-9866-3069;* ***Юлия Александровна Ганилова*** *— старший преподаватель кафедры биофизики и цифровых технологий, ganilova@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7019-9877;* ***Анастасия Владимировна Князева*** *— ассистент кафедры биофизики и цифровых технологий, provodok1596@gmail.com, ORCID 0000-0002-7180-4626.*

Information about the authors:

Anton O. Selskii *— Assistant Professor of the Department of Biophysics and Digital Technologies, PhD (Physical and Mathematical), selskiiao@gmail.com, ORCID 0000-0003-3175-895X;* ***Margarita A. Simonyan*** *— Senior Lecturer of the Department of Biophysics and Digital Technologies, PhD, m.a.simonyan@ya.ru, ORCID 0000-0002-9866-3069;* ***Yulia A. Ganilova*** *— Senior Lecturer of the Department of Biophysics and Digital Technologies, ganilova@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7019-9877;* ***Anastasiya V. Knyazeva*** *— Instructor of the Department of Biophysics and Digital Technologies, provodok1596@gmail.com, ORCID 0000-0002-7180-4626.*

УДК 616-006.04
EDN: IKGYWM
https://doi.org/10.15275/ssmj2203353

Оригинальная статья
Original article

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕТАЛЬНОГО ИСХОДА ОТ ТРОМБОЭМБОЛИИ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ У ПАЦИЕНТОВ С ИНФАРКТОМ МИОКАРДА НА ФОНЕ РАКА ЛЕГКИХ

Е.Г.Скородумова[1, 2], Е.А. Скородумова[1], В.А. Костенко[1], А.В. Сиверина[1]

[1]ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
[2]ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

DIFFERENTIATION OF MORTALITY OUTCOMES OF PULMONARY ARTERY THROMBOEMBOLISM IN PATIENTS WITH MYOCARDIAL INFARCTION AGAINST THE BACKGROUND OF LUNG CANCER

E.G. Skorodumova[1, 2], E.A. Skorodumova[1], V.A. Kostenko[1], A.V. Siverina[1]

[1]I.I. Dzhanelidze Saint Petersburg Research Institute of Emergency Medicine, Saint Petersburg, Russia
[2]N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, Saint Petersburg, Russia

Для цитирования: *Скородумова Е.Г., Скородумова Е.А., Костенко В.А., Сиверина А.В.* Прогнозирование летального исхода от тромбоэмболии легочной артерии у пациентов с инфарктом миокарда на фоне рака легких. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 353-357. EDN: IKGYWM. https://doi.org/10.15275/ssmj2203353

Аннотация. *Цель:* оценить частоту тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) и связанные с ней показатели госпитальной летальности у пациентов с инфарктом миокарда (ИМ) на фоне рака легкого, а также построить

© Скородумова Е.Г., Скородумова Е.А., Костенко В.А., Сиверина А.В., 2026

модель стратификации риска летального исхода от ТЭЛА с учетом клинических факторов. *Материал и методы.* Сплошная выборка составила 257 пациентов с ИМ: активное злокачественное новообразование — ЗНО (2-й тип ИМ) — 94 (54,5%), перенесенное (любой тип ИМ) — 62 (45,5%); контроль без ЗНО (любой тип ИМ) — 101. Группы были сопоставимы по полу и возрасту: в активном ЗНО — 71 [66; 81] года, мужчин — 49,5%; в перенесенном ЗНО — 72 [67; 79] года, мужчин — 44,4% (p>0,05). Оценивали: течение ИМ, развитие неблагоприятных конечных точек. *Результаты.* Госпитальная летальность у пациентов с ИМ была максимальной при активном ЗНО и составила 32,0% против 16,0% при перенесенном ЗНО и 6,9% — в группе без ЗНО (p<0,001). Частота ТЭЛА при активном ЗНО достигала 23,7% против 13,6% при перенесенном ЗНО (p=0,015); шансы развития ТЭЛА были выше в 1,978 раза (95% доверительный интервал 1,132–3,456). В многофакторной модели независимыми предикторами госпитальной летальности от ТЭЛА стали активное ЗНО, ИМ без подъема сегмента *ST* и острая сердечная недостаточность по Killip III–IV классов; площадь под кривой модели составила 0,812. *Заключение.* Активное ЗНО, ИМ без подъема сегмента *ST* и острая сердечная недостаточность по Killip III–IV классов ассоциированы с повышением риска летального исхода от ТЭЛА у пациентов с ИМ на фоне рака легкого. Разработанная модель может использоваться для стратификации госпитального риска, однако требует дальнейшей проспективной валидации.

Ключевые слова: тромбоэмболия легочной артерии, инфаркт миокарда, рак легких, злокачественное новообразование, логистическая регрессия, класс по Killip, госпитальная смертность

For citation: *Skorodumova EG, Skorodumova EA, Kostenko VA, Siverina AV.* Differentiation of MORTALITY outcomes of pulmonary artery thromboembolism in patients with myocardial infarction against the background of lung cancer. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 353-357. (In Russ.) EDN: IKGYWM. https://doi.org/10.15275/ssmj2203353

Abstract. *Objective:* to evaluate the incidence of pulmonary embolism (PE) and related hospital mortality rates in patients with myocardial infarction (MI) on the background of lung cancer, as well as to build a model for stratification of the risk of death from PE, taking into account clinical factors. *Material and methods.* The total sample comprised 257 with MI: active cancer (type 2 MI) — 94 (54.5%), prior cancer (any MI type) — 62 (45.5%), and cancer-free controls (any MI type) — 101. Groups were comparable for sex and age: active cancer — median age 71 [66; 81], 49.5% — male; prior cancer — median age 72 [67; 79], 44.4% — male (p>0.05). The study evaluated the myocardial infarction course and the development of adverse endpoints. *Results.* The hospital mortality rate in patients with myocardial infarction was maximal in patients with active malignant neoplasm and was 32.0% versus 16.0% in patients with acute respiratory viral infections and 6.9% in the group without acute respiratory viral infections (p<0.001). The incidence of PE with active cancer reached 23.7% versus 13.6% without active cancer (p=0.015); the chances of developing PE were 1.978 times higher (95% confidence interval 1.132–3.456). In the multifactorial model, the independent predictors of hospital mortality from PE were active cancer, MI without ST segment elevation, and Killip III–IV; the area under curve of the model was 0.812. *Conclusion.* Active malignant neoplasm, MI without ST segment elevation, and severe acute heart failure are associated with an increased risk of fatal pulmonary embolism in patients with MI and concomitant lung cancer. The developed model can be used to stratify hospital risk, but requires further prospective validation.

Keywords: pulmonary artery thromboembolism, myocardial infarction, lung cancer, malignant neoplasm, logistic regression, Killip class, hospital mortality

Введение. Расчетная ежегодная частота тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) во всем мире составляет приблизительно 1 случай на 1 тыс. человек. До 20% пациентов с острой ТЭЛА умирают в течение 90 дней после развития осложнения, хотя основным фактором летальности часто выступает не сама ТЭЛА, а сопутствующее заболевание, повышающее риск ее возникновения [1]. Инфаркт миокарда (ИМ) и онкологические заболевания, особенно их сочетание (в частности, рак легких — РЛ), значительно усугубляют прогноз пациентов: тромботические осложнения, включая ТЭЛА и тромбоз глубоких вен, являются второй по частоте причиной смерти у онкопациентов после инфекций и первой — у пациентов с ИМ [2]. В клинической онкологии тромбозы проявляются артериальными/венозными окклюзиями, мигрирующим тромбофлебитом, небактериальным тромбоэндокардитом, парадоксальными кровотечениями и тромботической микроангиопатией [3].

Цель — оценить частоту ТЭЛА и связанные с ней показатели госпитальной летальности у пациентов с ИМ на фоне рака легкого, а также построить модель стратификации риска летального исхода от ТЭЛА с учетом клинических факторов.

Материал и методы. Пациенты были госпитализированы в ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» Минздрава России в связи с ИМ, после чего сплошным методом была сформирована ретроспективная выборка из 156 пациентов с ИМ. Наличие активного или перенесенного ЗНО устанавливалось по медицинской документации. Соотношение центрального РЛ к периферическому составило 1:1 (98 случаев центрального рака и 58 случаев — периферического). Давность установления диагноза в случае активного рака была 2,5±0,5 года, в случае перенесенного — 6,7±1,4 года. Пациенты проходили химиолучевую терапию. Все пациенты разделены на 2 группы по активности ЗНО: активное ЗНО (2-й тип инфаркта) — 94 (54,5%) пациента, перенесенное ЗНО (сняты с онкоучета, любой тип инфаркта) — 62 (45,5%) пациента. Контрольная группа без ЗНО (любой тип инфаркта) — 101 пациент с ИМ, но без ЗНО. Исследование одобрено локальным этическим комитетом в 2023 г. Ведéние пациентов соответствовало стандартам лечения пациентов с ИМ. Возраст не различался статистически: 71 [66; 81] год в группе активного ЗНО и 72 [67; 79] года — в группе перенесенного ЗНО (p=0,936). Пол: в активном ЗНО мужчин было 46 (49,5%), женщин — 48 (50,5%); в перенесенном ЗНО — мужчин — 32 (44,4%), женщин — 30 (55,6%; p=0,343). ТЭЛА учитывали как конечную точку исследования; в летальных случаях диагноз подтверждали по данным аутопсии.

Статистическую обработку выполняли с использованием методов описательной статистики, расчета отношения шансов (odds ratio — OR), нескорректированного OR — COR (crude odds ratio), скорректированного OR — AOR (adjusted odds ratio), бинарной логистической регрессии и ROC-анализа (receiver operating characteristic). В многофакторную модель

Ответственный автор — Елизавета Геннадьевна Скородумова
Corresponding author — Elizaveta G. Skorodumova
E-mail: lisavetta91@mail.ru

включали клинически значимые переменные, характеризующие онкологический статус, тип ИМ и тяжесть острой сердечной недостаточности (СН), а также признаки, ассоциированные с неблагоприятным исходом в исследуемой выборке.

Результаты. Сравнительный анализ показал, что у пациентов с ИМ на фоне активного ЗНО неблагоприятные исходы регистрировались чаще (табл. 1), чем у пациентов с перенесенным ЗНО и у лиц контрольной группы без онкологического анамнеза.

Летальность при ИМ и активном ЗНО составила 32%, при перенесенном — 16%, без ЗНО — 6,9%. Ведущей причиной смерти была ТЭЛА (подтверждена аутопсией; табл. 2).

Частота ТЭЛА также зависела от онкологического статуса [6]. При активном ЗНО ТЭЛА была зарегистрирована у 23,7% пациентов, при перенесенном ЗНО — у 13,6%; различия были статистически значимыми (p=0,015), а шансы развития ТЭЛА при активном ЗНО были выше в 1,978 раза (95% доверительный интервал — ДИ 1,132–3,456). Для прогнозирования госпитальной летальности от ТЭЛА была построена бинарная логистическая модель. Независимыми предикторами неблагоприятного исхода оказались активное ЗНО (AOR 2,256, 95% ДИ 1,197–4,250; p=0,012), ИМ без подъема сегмента *ST* (AOR 2,012, 95% ДИ 1,070–3,777; p=0,03), а также тяжелая острая СН по Killip: III (AOR 11,068, 95% ДИ 4,735–25,868; p<0,001) и IV классов (AOR 116,956, 95% ДИ 25,103–545; p<0,001).

Это позволило разработать прогностическую модель госпитальной летальности от ТЭЛА (n=356; p<0,001, R^2 Нагелькерка — 41,2%):

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z}} \times 100\%,$$

$$z = -2{,}838 + 0{,}814X_{\text{активное ЗНО}} + 0{,}699X_{\text{ИМ без ST}} + 0{,}381X_{\text{Killip II}} + 2{,}404X_{\text{Killip III}} + 4{,}762X_{\text{Killip IV}}$$

где P — вероятность, e — математическая константа, иррациональное и трансцендентное число, равное приблизительно 2,71828, z — коэффициент, активное ЗНО — наличие текущего онкологического процесса, ИМ без *ST* — наличие инфаркта миокарда без подъема сегмента *ST*, Killip II–IV — классы острой сердечной недостаточности по одноименной классификации.

Для прогнозирования госпитальной летальности от ТЭЛА была построена бинарная логистическая модель. Независимыми предикторами неблагоприятного исхода оказались активное ЗНО (AOR 2,256, 95% ДИ 1,197–4,250; p=0,012), ИМ без подъема сегмента *ST* (AOR 2,012, 95% ДИ 1,070–3,777; p=0,03), а также тяжелая острая СН по Killip: III (AOR 11,068, 95% ДИ 4,735–25,868; p<0,001) и IV классов (AOR 116,956, 95% ДИ 25,103–545; p<0,001) [6]. Признак Killip II класса не достиг статистической значимости (AOR 1,464, 95% ДИ 0,720–2,977; p=0,292).

ROC-анализ: площадь под кривой (area under curve — AUC) составила 0,812±0,029 (95% ДИ 0,754–0,870; p<0,001).

Таблица 1

Госпитальная летальность (абс. (%)) в зависимости от активного или перенесенного злокачественного новообразования

Показатель	ЗНО		Контроль (без ЗНО)	*p*
	перенесенное	активное		
Выжившие	52 (84,0)	64 (68,0)	96 (93,1)	<0,001*
Умершие	10 (16,0)	30 (32,0)	5 (6,9)	–

Примечание. Здесь и далее в табл. 2, 3: статистически значимые отличия — при p<0,05.

Таблица 2

Частота тромбоэмболии легочной артерии (абс. (%)) в зависимости от активности злокачественного новообразования

ТЭЛА	ЗНО		*p*
	перенесенное	активное	
Отсутствие	140 (86,4)	148 (76,3)	0,015*
Наличие	22 (13,6)	46 (23,7)	–

Таблица 3

Характеристики предикторов модели летальности

Предиктор	COR; 95% ДИ	*p*	AOR; 95% ДИ	*p*
Активное ЗНО	2,457; 1,465–4,121	0,001*	2,256; 1,197–4,250	0,012*
ИМ без подъема *ST*	1,030; 0,636–1,667	0,903	2,012; 1,070–3,777	0,03*
Класс по Killip				
II	1,487; 0,748–2,956	0,257	1,464; 0,720–2,977	0,292
III	10,357; 4,627–23,173	<0,001*	11,068; 4,735–25,868	<0,001*
IV	101,494; 22,714–453		116,956; 25,103–545	

Полученные результаты демонстрируют значительно более высокий риск развития ТЭЛА и госпитальной летальности у пациентов с ИМ на фоне активного ЗНО, преимущественно РЛ, по сравнению с группой перенесенного ЗНО и контрольной группой без онкопатологии.

Дискриминирующая способность модели была хорошей: AUC составила 0,812±0,029 при 95% ДИ 0,754–0,870 (p<0,001). Таким образом, сочетание активного онкологического процесса, ИМ без подъема *ST* и более тяжелого класса по Killip ассоциировалось с наибольшей вероятностью госпитального летального исхода от ТЭЛА в исследуемой выборке.

Обсуждение. У пациентов с ИМ и активным ЗНО риск развития ТЭЛА и госпитальной летальности был выше, чем у пациентов с перенесенным ЗНО и больных без онкологического анамнеза. Наиболее значимыми предикторами летального исхода от ТЭЛА в исследуемой выборке были активное ЗНО, ИМ без подъема сегмента *ST* и тяжелая острая СН по Killip III–IV классов.

Госпитальная летальность в группе активного ЗНО составила 32%, что в 2 раза выше, чем при перенесенном ЗНО (16%), и в 4,6 раза выше, чем в контроле (6,9%; p<0,001), что полностью согласуется с данными литературы о повышенной смертности при ТЭЛА у пациентов с онкологическими заболеваниями (15–37% в течение 1–5 лет) [10].

ИМ без подъема *ST* (OR 2,012; p=0,03) и классы СН по Killip III–IV (OR 11,068 и 116,956 соответственно; p<0,001) оказались независимыми факторами риска летального исхода [6]. Прогностическая модель (R^2 Нагелькерка 41,2%, AUC 0,812, 95% ДИ 0,754–0,870) превосходит базовые шкалы (например, Khorana), интегрируя онко-и кардиопатологию, и предлагает оптимальные пороги *P* (0,21–0,28) для баланса чувствительности/специфичности.

Несмотря на сходство с данными о 30% вкладе ТЭЛА в смертность онкопациентов, наше исследование уникально комбинацией ИМ и РЛ, где локализация опухоли усугубляет эмболизацию.

Ограничения исследования: ретроспективный дизайн, отсутствие оценки молекулярных маркеров (sP-селектина, D-димера), неоднородность патогенетических механизмов ИМ в исследуемых группах. Включение пациентов с различными типами ИМ ограничивает возможность обобщения полученных результатов, поэтому их применение в конкретной клинической ситуации требует осторожности и учета ведущего механизма развития патологического процесса. Перспективы: проспективная валидация модели с включением профилактики низкомолекулярным гепарином [7].

Заключение. У пациентов с ИМ и активным ЗНО риск развития ТЭЛА и госпитальной летальности был выше, чем у пациентов с перенесенным ЗНО и у больных без онкологического анамнеза. Наиболее значимыми предикторами летального исхода от ТЭЛА в исследуемой выборке были активное ЗНО, ИМ без подъема сегмента *ST* и тяжелая острая СН по Killip III–IV классов.

Разработанная логистическая модель продемонстрировала хорошую дискриминирующую способность (AUC 0,812) и может рассматриваться как инструмент стратификации госпитального риска летального исхода от ТЭЛА у пациентов с ИМ на фоне рака легкого. С учетом ретроспективного характера исследования модель требует дальнейшей проспективной проверки на независимой выборке.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

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

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Diagnosis and treatment of acute pulmonary embolism: Clinical guidelines. Minsk: Cardio.by, 2020. URL: https://www.cardio.by/files/299/nrotla.pdf (7 Apr 2026). (In Russ.) Диагностика и лечение острой тромбоэмболии легочной артерии: клинические рекомендации. Минск: Cardio.by, 2020. URL: https://www.cardio.by/files/299/nrotla.pdf (дата обращения: 07.04.2026).

2. Fesenko OV, Sinopalnikov AI, Glechikov AV. Analysis of fatal outcomes in pulmonary embolism in young subjects. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2013;85(3):44-50. (In Russ.) Фесенко О.В., Синопальников А.И., Глечиков А.В. Анализ летальных исходов при тромбоэмболии легочной артерии у лиц молодого возраста. Терапевтический архив. 2013;85(3):44-50.

3. Vasiltseva OYa, Vorozhtsova IN, Lavrov AG, Karpov RS. Estimation of poor prognostic factors in patients with pulmonary artery thromboembolism. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2016;88(12):28-32. (In Russ.) Васильцева О.Я., Ворожцова И.Н., Лавров А.Г., Карпов Р.С. Оценка факторов неблагоприятного прогноза у пациентов с тромбоэмболией легочной артерии. Терапевтический архив. 2016;88(12):28-32. DOI:10.17116/terarkh2016881228-32

4. Komarov AL. Modern approaches to risk stratification when choosing the optimal examination strategy and early treatment of patients with pulmonary artery thromboembolism. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2025;97(4):301-5. (In Russ.) Комаров А.Л. Современные подходы к стратификации риска при выборе оптимальной стратегии обследования и раннего лечения больных с тромбоэмболией легочной артерии. Терапевтический архив. 2025;97(4):301-5. DOI:10.26442/00403660.2025.04.203166

5. Kornev BM, Kozlovskaya LV, Popova EN, Fomin VV. Tromboemboliya legochnoy arterii: faktory riska, diagnostika, lechenie. Consilium Medicum. 2003;5(5):289-92. (In Russ.) Корнев Б.М., Козловская Л.В., Попова Е.Н., Фомин В.В. Тромбоэмболия легочной артерии: факторы риска, диагностика, лечение. Consilium Medicum. 2003;5(5):289-92.

6. Pulmonary embolism: Clinical guidelines of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2020. URL: https://new.ras.ru/upload/medialibrary/135/c9x614mqcpm0wlv5de2hanzat7d1v8rw.pdf (7 Apr 2026). (In Russ.) Тромбоэмболия легочной артерии: клинические рекомендации Российской академии наук. М., 2020. URL: https://new.ras.ru/upload/medialibrary/135/c9x614mqcpm0wlv5de2hanzat7d1v8rw.pdf (дата обращения: 07.04.2026).

7. Erlikh AD, Barbarash OL, Berns SA. Pulmonary embolism in patients with oncological diseases: Data from the SIRENA registry. Phlebology. 2021;15(3):179-86. (In Russ.) Эрлих А.Д., Барбараш О.Л., Бернс С.А. Тромбоэмболия легочных артерий у пациентов с онкологическими заболеваниями. Данные регистра СИРЕНА. Флебология. 2021;15(3):179-86. DOI:10.17116/flebo202115031179

8. Clinical guidelines of the Eurasian Association of Cardiology for the diagnosis and treatment of PE. URL: https://cardio-eur.asia/media/files/clinical_recommendations/Klinicheskiye_rekomendatsii_Yevraziyskoy_assotsiatsii_kardiologov_d (7 Apr 2026). (In Russ.) Клинические рекомендации Евразийской ассоциации кардиологов по диагностике и лечению ТЭЛА. 2021. URL: https://cardio-eur.asia/media/files/clinical_recommendations/

Klinicheskiye_rekomendatsii_Yevraziyskoy_assotsiatsii_kardiologov_d (дата обращения: 07.04.2026).

9. Zaikina MP, Tkachev MI, Kogaj VV, et al. Implication of cardiovascular pathology on the risks of thromboembolic complications in cancer patients. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2025;14(1):169-79. (In Russ.) Заикина М.П., Ткачев М.И., Когай В.В. и др. Влияние сердечно-сосудистой патологии на риски развития тромбоэмболических осложнений у онкологических пациентов. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2025;14(1):169-79. DOI:10.17802/2306-1278-2025-14-1-169-179

10. Slukhanchuk EV, Bitsadze VO, Tyan AG, et al. Risk factors in cancer patients. Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2021;76(5):465-75. (In Russ.) Слуханчук Е.В., Бицадзе В.О., Тян А.Г. и др. Факторы риска тромбозов у онкологических больных. Вестник Российской академии медицинских наук. 2021;76(5):465-75. DOI:10.15690/vramn1459

Статья поступила в редакцию 23.04.2026; одобрена после рецензирования 06.06.2026; принята к публикации 19.06.2026.
The article was submitted 23.04.2026; approved after reviewing 06.06.2026; accepted for publication 19.06.2026.

Информация об авторах:

Елизавета Геннадьевна Скородумова *— старший научный сотрудник отдела неотложной кардиологии и ревматологии; старший научный сотрудник лаборатории химиопрофилактики рака и онкофармакологии, кандидат медицинских наук, lisavetta91@mail.ru, ORCID 0000-0002-4961-5570;* ***Елена Андреевна Скородумова*** *— ведущий научный сотрудник отдела неотложной кардиологии и ревматологии, доктор медицинских наук, elskor@mail.ru, ORCID 0000-0002-5017-0214;* ***Виктор Авенирович Костенко*** *— руководитель отдела неотложной кардиологии и ревматологии, доктор медицинских наук, vic2012tor@gmail.com, ORCID 0000-0001-9685-7268;* ***Анна Викторовна Сиверина*** *— научный сотрудник отдела неотложной кардиологии и ревматологии, кандидат медицинских наук, gudkovanna_09@mail.ru, ORCID 0000-0002-6831-2153.*

Information about the authors:

Elizaveta G. Skorodumova *— Senior Researcher of the Department of Emergency Cardiology and Rheumatology; Senior Researcher of the Laboratory of Cancer Chemoprevention and Oncopharmacology, PhD, lisavetta91@mail.ru, ORCID 0000-0002-4961-5570;* ***Elena A. Skorodumova*** *— Leading Researcher of the Department of Emergency Cardiology and Rheumatology, DSc, elskor@mail.ru; ORCID 0000-0002-5017-0214;* ***Viktor A. Kostenko*** *— Head of the Department of Emergency Cardiology and Rheumatology, DSc, vic2012tor@gmail.com, ORCID 0000-0001-9685-7268;* ***Anna V. Siverina*** *— Researcher of the Department of Emergency Cardiology and Rheumatology, PhD, gudkovanna_09@mail.ru, ORCID 0000-0002-6831-2153.*

УДК 616.98:578.828
EDN: KNWPYW
https://doi.org/10.15275/ssmj2203358

Оригинальная статья
Original article

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТРАНСМИССИИ ВИЧ НА ЮГЕ РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

А.Н. Матузкова[1], Е.А. Шевченко[1], А.Г. Суладзе[1, 2], Е.А. Скляная[1], Т.И. Твердохлебова[1, 2]

[1]ФБУН «Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора, Ростов-на-Дону, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ростов-на-Дону, Россия

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF HIV VERTICAL TRANSMISSION PREVENTION IN SOUTHERN RUSSIA AT THE PRESENT STAGE

A.N. Matuzkova[1], E.A. Shevchenko[1], A.G. Suladze[1, 2], E.A. Sklyanaya[1], T.I. Tverdokhlebova[1, 2]

[1]Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology, Rostov-on-Don, Russia
[2]Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia

Для цитирования: *Матузкова А.Н., Шевченко Е.А., Суладзе А.Г., Скляная Е.А., Твердохлебова Т.И.* Оценка эффективности профилактики вертикальной трансмиссии ВИЧ на юге России на современном этапе. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 358-364. EDN: KNWPYW. https://doi.org/10.15275/ssmj2203358

Аннотация. *Цель*: оценка эффективности мероприятий по профилактике вертикальной трансмиссии ВИЧ от матери к ребенку на территории субъектов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. *Материал и методы*. Проведен ретроспективный анализ статистических данных за 2016–2025 гг. из 15 территориальных центров по профилактике и борьбе со СПИДом. *Результаты*. На юге России продолжается эпидемический процесс ВИЧ-инфекции с преобладанием гетеросексуального пути передачи (до 80,0% в 2025 г.) и вовлечением женщин репродуктивного возраста. В 2025 г. по сравнению с 2016 г. показатель серопозитивности к ВИЧ среди беременных женщин снизился с 61,5 до 28,7 на 100 тыс. обследованных. Охват тестированием на ВИЧ-инфекцию половых партнеров беременных женщин в 2025 г. составил 21,9% при уровне выявляемости 39,4 на 100 тыс. обследованных. Число родов у ВИЧ-позитивных женщин снизилось с 1227 в 2016 г. до 855 – в 2025 г. Несмотря на рост охвата 3-этапной медикаментозной профилактикой с 87,9% в 2016 г. до 95,5% — в 2025 г., актуальной проблемой остается несвоевременность ее начала (у 22 женщин отсутствовал I этап) и недостаточная вирусологическая эффективность (у 13,4%). *Заключение*. Реализация мероприятий по профилактике вертикальной трансмиссии позволила предотвратить инфицирование 98,5% детей, но случаи вертикальной передачи вируса сохраняются. Приоритетными направлениями остаются раннее выявление ВИЧ-инфекции у беременных женщин и их партнеров, повышение приверженности пациенток к медикаментозной профилактике, контроль эффективности лечения и резистентности ВИЧ.

Ключевые слова: ВИЧ-инфекция, медикаментозная профилактика, вертикальная трансмиссия ВИЧ

For citation: *Matuzkova AN, Shevchenko EA, Suladze AG, Sklyanaya EA, Tverdokhlebova TI.* Assessment of the effectiveness of HIV vertical transmission prevention in Southern Russia at the present stage. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 358-364. (In Russ.) EDN: KNWPYW. https://doi.org/10.15275/ssmj2203358

Abstract. *Objective*: to evaluate the effectiveness of measures aimed at preventing mother-to-child transmission of HIV within the Southern and North Caucasian Federal Districts. *Material and methods*. A retrospective analysis was conducted on statistical data from 2016–2025 obtained from 15 Centers for AIDS Prevention and Control. *Results*. The HIV epidemic process continues, characterized by the predominance of the heterosexual transmission route (up to 80.0% in 2025) and the involvement of women of reproductive age. In 2025 compared to 2016, the HIV seropositivity rate among pregnant women decreased from 61.5 to 28.7 per 100,000 tested individuals. In 2025, HIV testing coverage among the male partners of pregnant women was 21.9%, with a detection rate of 39.4 per 100,000 tested individuals. The number of deliveries decreased from 1227 in 2016 to 855 in 2025. Despite an increase in the coverage of 3-step antiretroviral prophylaxis from 87.9% in 2016 to 95.5% in 2025, the delayed initiation of prophylaxis (Step 1 was missed in 22 women) and insufficient virological efficacy (in 13.4%) remain pressing issues. *Conclusion*. The implementation of preventing mother-to-child transmission of HIV measures successfully prevented infection in 98.5% of children; however, cases of vertical transmission continue to occur. Priority areas remain the early detection of HIV infection in pregnant women and their partners, improving women's adherence to antiretroviral prophylaxis, and monitoring treatment efficacy and HIV drug resistance.

Keywords: HIV infection, drug prophylaxis, vertical transmission of HIV

© Матузкова А.Н., Шевченко Е.А., Суладзе А.Г., Скляная Е.А., Твердохлебова Т.И., 2026

Введение. ВИЧ-инфекция остается одной из ключевых угроз для мирового здравоохранения. Продолжающееся распространение вируса и ежегодное выявление новых случаев приводят к устойчивой тенденции увеличения доли женщин, вовлеченных в эпидемический процесс, что обусловливает необходимость комплексного анализа данной ситуации [1].

По оценке UNAIDS (Объединенная программа Организации Объединенных Наций по ВИЧ/СПИДу), во всем мире в 2024 г. жили с ВИЧ более 40 млн человек, из них примерно 53% составляли лица женского пола [2]. Благодаря значительному успеху профилактических программ, направленных на предупреждение (профилактику) вертикальной трансмиссии (ПВТ) ВИЧ, наблюдается снижение доли детей, рожденных с ВИЧ-инфекцией [3].

В мире у ВИЧ-позитивных женщин ежегодно регистрируется 1,3 млн беременностей. Риск вертикальной передачи ВИЧ снизился с 30 до <1% благодаря более ранней диагностике ВИЧ у женщин, расширению масштабов антиретровирусной терапии (АРТ) и использованию медикаментозной профилактики — МП (антиретровирусных препаратов — АРП) у новорожденных детей. В работе 2025 г. C.M. Dugdale и соавт. показано, что уровень средней вирусной нагрузки ВИЧ значительно коррелирует с риском перинатальной трансмиссии инфекции [4]. У беременных женщин, получающих АРТ, каждая дополнительная неделя приема АРТ до родов снижала вероятность вертикальной передачи на 5,6% (95% доверительный интервал 4,2–7,0) [5]. Кроме того, ВИЧ-инфекция может осложнять беременность, увеличивая вероятность неблагоприятных исходов, таких как преждевременные роды, низкий вес ребенка при рождении и мертворождение [6].

В текущем десятилетии в Российской Федерации главным документом стратегического планирования, определяющим вектор государственной политики в области борьбы с ВИЧ-инфекцией, является Государственная стратегия противодействия распространению ВИЧ-инфекции на период до 2030 г. (далее — Государственная стратегия) [7]. Мониторинг охвата МП передачи ВИЧ от матери к ребенку служит одним из целевых ориентиров данной стратегии.

Достижение полного подавления репликативной активности ВИЧ у беременных женщин является важнейшим фактором для обеспечения эффективной профилактики его передачи от матери к ребенку. Согласно Государственной стратегии [7], на 2025 г. запланировано достижение следующих показателей охвата МП передачи ВИЧ от матери к ребенку: 96,0% беременных женщин, 96,5% во время родов и 99,5% новорожденных. Данные мероприятия ориентированы на обеспечение минимальной вероятности передачи ВИЧ в перинатальный период.

Вместе с тем проблема вертикальной трансмиссии ВИЧ от матери к ребенку сохраняет свою высокую актуальность. По данным Министерства здравоохранения РФ, на 31.12.2024 в стране зарегистрировано 11 457 случаев передачи ВИЧ вертикальным путем, из них 267 случаев — у детей с впервые установленным диагнозом в 2024 г. [8].

Для прекращения перинатальной передачи ВИЧ и обеспечения детей, живущих с ВИЧ, своевременной АРТ необходимы точные данные об эффективности стратегий ПВТ и уровне заболеваемости ВИЧ-инфекцией детского населения. Оптимизация эпидемиологического надзора за распространением ВИЧ-инфекции с применением научно обоснованных методов мониторинга представляет собой актуальную исследовательскую задачу. Реализация данного подхода на федеральном и региональном уровнях является необходимым условием для повышения эффективности противоэпидемических мероприятий.

Цель — оценка эффективности мероприятий по ПВТ ВИЧ от матери к ребенку на территории субъектов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов (ЮФО и СКФО) с учетом текущей эпидемиологической ситуации.

Материал и методы. Проведен анализ эпидемиологических данных за 2016–2025 гг., полученных ФБУН «Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии» Роспотребнадзора из 15 центров по профилактике и борьбе со СПИДом в субъектах Российской Федерации, расположенных в пределах ЮФО и СКФО: по форме федерального статистического наблюдения №4 «Сведения о результатах исследования крови на антитела к ВИЧ»; по мониторинговой форме Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «Сведения о мероприятиях по профилактике ВИЧ-инфекции, гепатитов *B* и *C*, выявлению и лечению больных ВИЧ»; по форме федерального статистического наблюдения №2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях»; по данным официальных запросов Южного окружного центра по профилактике и борьбе со СПИДом. В материалы исследования не были включены эпидемиологические данные по новым воссоединенным территориям Российской Федерации (Луганской и Донецкой Народным Республикам, Херсонской и Запорожской областям). При расчете фактического числа протестированных беременных женщин руководствовались методикой, рекомендованной МУ 3.1.3342-16 «Эпидемиологический надзор за ВИЧ-инфекцией» с применением понижающего коэффициента, равного 1,9 [9]. Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью программного обеспечения Microsoft Excel 2013. Достоверность различий для 2 выборок с нормальным распределением оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента. Для определения отличий от реальных показателей всей генеральной совокупности рассчитывали стандартную ошибку доли (*m*). При анализе наличия и степени взаимосвязи между признаками применялся коэффициент корреляции Пирсона. Проверка на соответствие выборочных данных закону нормального распределения осуществлялась с помощью критерия Шапиро — Уилка. Различия между показателями считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты. По состоянию на конец 2025 г. в целом по 2 федеральным округам (ЮФО и СКФО) зарегистрированы 88 598 человек, инфицированных ВИЧ. Уровень пораженности ВИЧ-инфекцией достиг 328,4 на 100 тыс. населения.

Среди новых выявленных случаев ВИЧ-инфекции в 2025 г. на исследуемых территориях по-прежнему преобладали мужчины (60,3±0,7%), на долю женщин приходилось 39,7±0,7%. Индекс гендерного соотношения составил 1,5 (на 100 женщин приходилось 150 мужчин). Среди субъектов РФ, входящих в состав ЮФО, наиболее высокий удельный вес женщин в общей структуре новых выявленных

Ответственный автор — Анна Николаевна Матузкова
Corresponding author — Anna N. Matuzkova
E-mail: matuzkova@yandex.ru

случаев ВИЧ-инфекции был зарегистрирован в Республике Адыгея (44,2±5,4%) и Волгоградской области (43,0±2,1%). В СКФО наибольшая доля лиц женского пола среди ВИЧ-позитивных выявлена в Республике Дагестан (41,8±2,6%) и Ставропольском крае (41,0±2,2%).

В динамике эпидемического процесса на юге России в последние годы отмечается значительное снижение ежегодно регистрируемых новых случаев ВИЧ-инфекции среди женщин (в 1,5 раза в 2025 г. по сравнению с 2016 г.) на фоне тенденции снижения заболеваемости ВИЧ-инфекцией в общей популяции (в 1,9 раза за аналогичный период).

По результатам анализа эпидемиологической ситуации на юге России в период с 2016 по 2025 г. были определены ведущие факторы риска инфицирования ВИЧ: незащищенные гетеросексуальные контакты с ВИЧ-инфицированными партнерами и немедицинское потребление наркотиков.

К 2025 г. в структуре путей передачи ВИЧ-инфекции произошли существенные изменения. Среди всех впервые выявленных пациентов с установленным фактором передачи значительно возросла доля лиц, инфицированных при гетеросексуальных контактах: с 56,2% в 2016 г. до 80,0% — в 2025 г. В СКФО в 2025 г. этот показатель превысил аналогичный в ЮФО (84,1% против 78,5% соответственно), в то время как в 2016 г. наблюдалась обратная тенденция (ЮФО — 57,6%, СКФО — 52,4%). В 2024–2025 гг. доля парентерального пути передачи при инъекционном потреблении наркотиков снизилась до 16,3% и была в 2,5 раза ниже по сравнению с 2016 г. Удельный вес вертикальной передачи ВИЧ в 2025 г. регистрировался на уровне 0,5%, что значительно ниже по сравнению с таковым за 2016 г. (1,1%). В общей структуре причин инфицирования ВИЧ в 2025 г. доля детей, заразившихся от своих матерей во время беременности и родов, составила 0,3% (0,8% — в 2016 г.), при грудном вскармливании — 0,2% (0,3% — в 2016 г.).

Число ВИЧ-инфицированных детей, состоявших на диспансерном наблюдении на юге России по состоянию на 31.12.2025, составило 1162 человека, из них АРТ получал 1151 ребенок (охват АРТ — 99,1%). По итогам 2025 г. в ЮФО и СКФО зарегистрировано 59 новых случаев ВИЧ-инфекции среди детей (в 2016 г. — 108 человек).

Комплексный подход к предотвращению вертикальной передачи ВИЧ в антенатальный период основан на своевременной диагностике заболевания у женщин репродуктивного возраста, последующем диспансерном наблюдении и раннем начале АРТ.

Анализ данных формы №4 показал, что в целом по югу России число протестированных на ВИЧ-инфекцию беременных женщин сокращалось ежегодно и в 2025 г. составило 572 377. Снижение числа обследованных данного контингента по сравнению с 2021 г. достигло 14,8%, а относительно 2016 г. — сократилось в 1,4 раза. В 2025 г. показатель серопозитивности к ВИЧ среди беременных женщин был на уровне 28,7 на 100 тыс. обследованных, что в 3 раза ниже такового при обследовании общей популяции (84,9 на 100 тыс. обследованных). По сравнению с 2016 г. выявляемость ВИЧ-инфекции среди беременных женщин в 2025 г. снизилась в 2,1 раза (с 61,5 до 28,7 на 100 тыс. обследованных).

При этом в 2025 г. суммарно по ЮФО и СКФО обследовано 21,9% половых партнеров беременных женщин. Результаты анализа свидетельствуют о существенной межрегиональной гетерогенности подходов к выявлению потенциальных источников инфекции в данной когорте. Так, в республиках Ингушетии и Калмыкии показатель охвата тестированием партнеров был высоким (за 2025 г. составлял 159,5 и 119,0% соответственно), а в городе Севастополь и Чеченской Республике — самым низким (в 2025 г. — 0,2 и 2,3% соответственно). Показатель выявляемости ВИЧ-инфекции в этой группе обследованных в целом на юге России был в 1,4 раза выше, чем среди беременных женщин, достигая 39,4 на 100 тыс. обследованных.

Ежегодное снижение заболеваемости ВИЧ-инфекцией в женской популяции на юге России сопряжено со снижением числа зарегистрированных беременностей среди женщин, живущих с ВИЧ (r=0,9; p<0,001). В 2025 г. в ЮФО и СКФО зарегистрировано 1004 случая беременности у ВИЧ-инфицированных женщин. Большинство женщин, живущих с ВИЧ, выбирают сохранение беременности и рождение ребенка: в 2025 г. в 84,0% случаев беременность завершалась родами, в 2016 г. этот показатель составлял 80,1% (рис. 1).

По данным эпидемиологического мониторинга, к началу 2026 г. на юге России от матерей, живущих с ВИЧ, родилось 21 007 живых ребенка (кумулятивно за весь период регистрации ВИЧ-инфекции). У 1 179 из

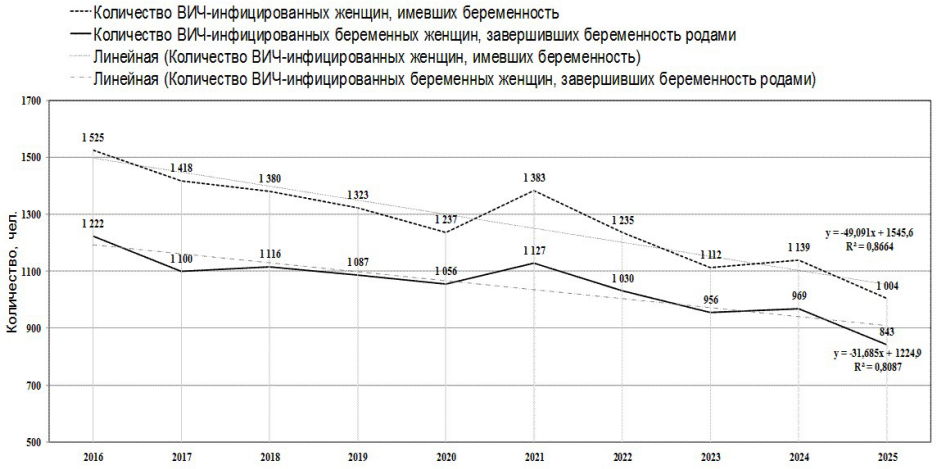


Рис. 1. Количество беременностей и родов у ВИЧ-инфицированных женщин на юге России

них диагноз «ВИЧ-инфекция» был подтвержден, что составило 5,6%.

Анализ данных свидетельствует о снижении числа рождений детей от матерей с ВИЧ-инфекцией в ЮФО и СКФО до 855 случаев в 2025 г. по сравнению с 1227 случаями — в 2016 г. (рис. 2). Параллельно наблюдается уменьшение частоты перинатальной передачи ВИЧ: если в 2016 г. диагноз был подтвержден у 34 новорожденных (2,8%), то в 2025 г. — у 12 детей (1,4%).

По данным анализа формы «Сведения о мероприятиях по профилактике ВИЧ-инфекции, гепатитов *B* и *C*, выявлению и лечению больных ВИЧ» в 2025 г. наиболее оптимальной 3-этапной МП передачи ВИЧ от матери ребенку (во время беременности, в родах и новорожденному) в ЮФО было охвачено 95,3% пар, а в СКФО — 96,3%.

Уровень охвата женщин МП во время беременности был на уровне 96,0% в ЮФО и 94,7% в СКФО; в период родов — 98,2% в ЮФО и 98,9% в СКФО. При этом у 22 пациенток МП была реализована исключительно в процессе родов.

В 2025 г. выявлена неравномерность охвата профилактическими мерами по ПВТ ВИЧ на различных этапах. На I этапе, в период вынашивания ребенка, этот показатель оказался ниже, чем во время родов и у новорожденных. В 7 субъектах РФ в ЮФО и СКФО не удалось достичь запланированного уровня охвата беременных женщин МП. Однако на II этапе, в период родов, удалось охватить большее число женщин профилактическими мероприятиями. Это позволило превысить плановые показатели Государственной стратегии по данному показателю на 13 территориях юга России.

Большинство (65,4%) женщин получали АРТ до беременности. Контроль эффективности подавления вирусной репликации ВИЧ перед родами был проведен у 96,4% женщин. Данные вирусологического мониторинга свидетельствуют о том, что в 13,4% случаев перед родами вирусная нагрузка ВИЧ оставалась на определяемом уровне (выше порога обнаружения тест-систем).

Для новорожденных детей, рожденных инфицированными ВИЧ женщинами, ПВТ ВИЧ в 2025 г. была проведена практически повсеместно: в ЮФО — в 99,5% случаев, в СКФО — в 100%. Целевой уровень в 99,5% достигнут на большинстве изучаемых территорий, за исключением Республики Адыгея и Волгоградской области (88,9 и 98,8% соответственно).

Анализ данных за период с 2016 по 2025 г. выявил устойчивую тенденцию к значительному расширению охвата МП на юге России, которая регистрируется на всех 3 этапах (p<0,001): I этап — с 88,7±0,8 до 95,7±0,7%; II этап — с 93,9±0,6 до 98,3±0,4%; III этап — с 98,0±0,4 до 99,6±0,2%. Следовательно, в 2025 г. охват 3-этапной химиопрофилактикой был на достоверно более высоком уровне по сравнению с таковым в 2016 г. (87,9±0,9% в 2016 г. 95,5±0,7% — в 2025 г.; p<0,001; рис. 3).

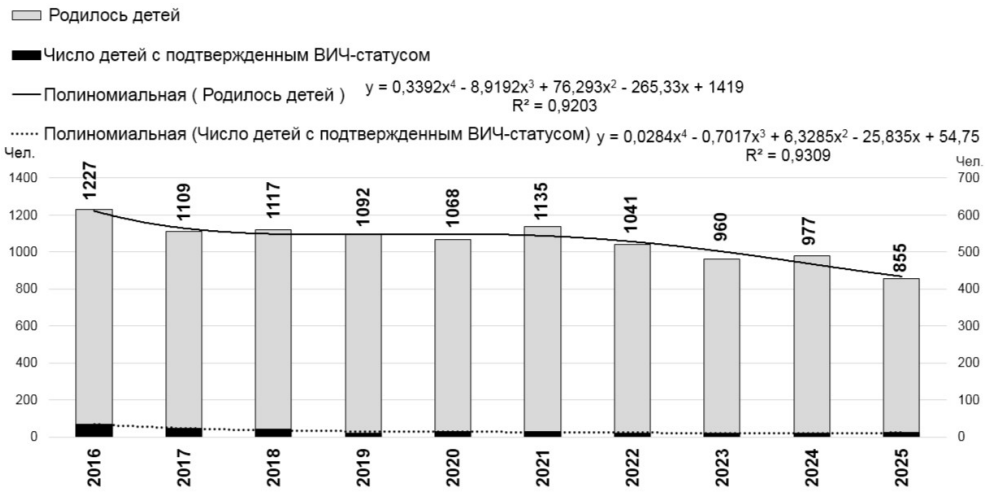


Рис. 2. Динамика числа детей, рожденных ВИЧ-позитивными женщинами на юге России (2016–2025 гг.)

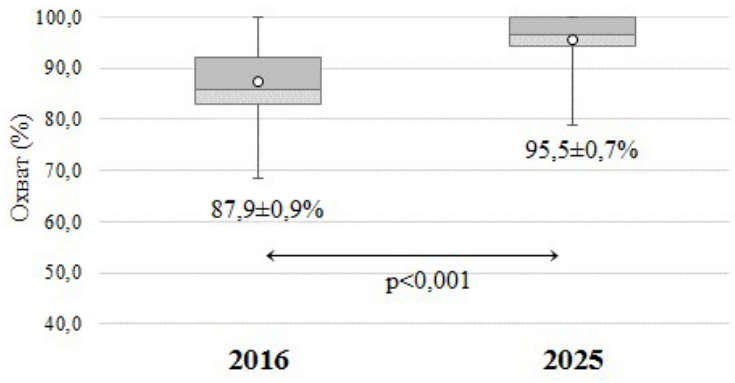


Рис. 3. Охват пар «мать – ребенок» полной 3-этапной химиопрофилактикой в целом по 15 субъектам Российской Федерации, входящим в состав Южного и Северо-Кавказского федеральных округов

Обсуждение. Южные регионы Российской Федерации характеризуются средней и низкой пораженностью ВИЧ-инфекцией. Несмотря на значительную территориальную неравномерность распределения данного показателя, в южных субъектах страны в целом его уровень в 2,5 раза ниже среднероссийского значения [10].

Современными особенностями эпидемического процесса ВИЧ-инфекции в ЮФО и СКФО стали возрастающая роль полового пути передачи ВИЧ и ежегодная регистрация новых случаев заболевания среди женщин детородного возраста. При этом наблюдается ежегодное сокращение количества случаев беременности у женщин, живущих с ВИЧ. Установлена выраженная тенденция к уменьшению числа обследуемых на ВИЧ-инфекцию беременных женщин на фоне снижения частоты выявления заболевания в этой группе населения. Сходная ситуация прослеживается и в других федеральных округах нашей страны и отражает общероссийскую динамику эпидемического процесса ВИЧ-инфекции, характеризующуюся снижением регистрируемой заболеваемости таковой в последние годы [1, 10, 11].

В период с 2016 по 2025 г. наблюдается существенный прогресс в области ПВТ ВИЧ на юге России. Результаты свидетельствуют о том, что усиление государственной поддержки и стратегическое развитие приоритетных направлений политики в сфере противодействия ВИЧ-инфекции способствовали обеспечению расширения охвата профилактическими мероприятиями ВИЧ-позитивных беременных женщин и их новорожденных, включая своевременную МП АРП. Благодаря этой работе удалось предотвратить перинатальное заражение ВИЧ-инфекцией у 98,5% детей (при анализе с 2016 г.), рожденных ВИЧ-инфицированными женщинами, что определяет высокую эффективность применяемых мер.

Вместе с тем актуальность совершенствования стратегий профилактики передачи ВИЧ от матери ребенку на федеральном и региональном уровнях подтверждается продолжающейся регистрацией случаев ВИЧ-инфекции у детей с перинатальным контактом, а также сохранением проблемы поздней диагностики данного заболевания [1, 8, 11, 12].

Несмотря на достигнутые успехи, по-прежнему сохраняется ряд существенных проблем. Наиболее острой из них остается поздняя верификация ВИЧ-инфекции на этапе оказания акушерско-гинекологической помощи, которая часто обусловлена несвоевременным обращением женщин за антенатальным наблюдением. Так, в 2025 г. у 22 ВИЧ-инфицированных беременных химиопрофилактика была начата только непосредственно в условиях родильного дома, что свидетельствует об отсутствии I этапа профилактики в период беременности. Для решения этой задачи необходимо повысить эффективность мероприятий по раннему выявлению ВИЧ-инфекции среди беременных, улучшить качество диагностики в рамках диспансерного наблюдения и развивать программы сопровождения женщин репродуктивного возраста, живущих с ВИЧ.

Одним из ключевых условий эффективной профилактики вертикальной передачи ВИЧ является своевременное выявление данной инфекции у беременной и определение ВИЧ-статуса ее полового партнера. Обследование партнера имеет значение не только для выявления ранее не диагностированной инфекции, но и для оценки риска инфицирования женщины во время беременности, поскольку первичная ВИЧ-инфекция в период беременности может быть связана с высокой вирусной нагрузкой и существенно повышать риск передачи ВИЧ ребенку.

По сравнению с 2016 г. выявляемость ВИЧ-инфекции среди беременных женщин в 2025 г. снизилась в 2,1 раза. Вместе с тем обследование половых партнеров беременных в ряде регионов ЮФО и СКФО остается недостаточным и характеризуется выраженной территориальной вариабельностью. Выявляемость ВИЧ-инфекции среди обследованных половых партнеров составила 39,4 на 100 тыс. обследованных, превысив аналогичный показатель среди беременных женщин в 1,4 раза. Полученные данные свидетельствуют о значительной неоднородности организации обследования половых партнеров в период беременности в регионах и наличии дополнительного резерва для раннего выявления ВИЧ-инфекции и предупреждения инфицирования женщин.

Социально дезадаптированные женщины, в том числе употребляющие психоактивные вещества, как правило, поздно обращаются за медицинской помощью или полностью избегают ее [13]. Еще одним аспектом, ограничивающим доступ к медицинским учреждениям и услугам тестирования на ВИЧ-инфекцию в ЮФО и СКФО, может быть удаленность населенных пунктов от медицинских учреждений. Сохраняется проблема кадрового обеспечения и оснащения сельских больниц [14]. На юге России существует повышенный риск ухудшения эпидемиологической ситуации по ВИЧ-инфекции в связи с активными миграционными процессами. Все эти аспекты негативно сказываются на своевременности диагностики ВИЧ и ограничивают потенциал для проведения действенных профилактических мероприятий.

Еще одной серьезной проблемой остается стигма и дискриминация [15]. Страх осуждения и дискриминации со стороны медицинского персонала и общества в целом заставляет часть женщин скрывать свой ВИЧ-статус и отказываться от своевременного обследования и лечения. Особенно остро эта проблема стоит в республиках Северного Кавказа.

Уровень РНК ВИЧ, определяемый в плазме крови матери перед родами, служит значимым индикатором вероятности передачи вируса от матери ребенку. Полное подавление вирусной репликации ВИЧ перед родами достигается не у всех беременных женщин. Так, по данным нашего исследования, в 2025 г. на юге России в 13,4% случаев перед родами у пациенток сохранялся детектируемый уровень вирусной нагрузки ВИЧ. Снижение эффективности АРТ на поздних сроках беременности, приводящее к недостаточной супрессии вирусной репликации, может быть обусловлено рядом причин: низкая приверженность терапии, формирование резистентности вируса к АРП, лекарственные взаимодействия и др.

Среди беременных женщин в отдельных случаях фиксируется низкая приверженность как к АРТ, так и к диспансерному наблюдению в целом. Физиологические изменения, связанные с беременностью, могут оказывать значительное влияние на клиническую эффективность проводимой фармакотерапии [16]. Даже при своевременном выявлении ВИЧ-инфекции часть женщин испытывает трудности с регулярным приемом АРП по различным причинам: забывчивость, побочные эффекты, отсутствие поддержки, осуждение родственников, тяжелое материальное

положение и пр. Данные обстоятельства диктуют особую важность тщательного контроля вирусной нагрузки ВИЧ и оценки соблюдения пациенткой режима АРТ, в том числе в течение III триместра гестации.

Снижение вертикальной трансмиссии ВИЧ на юге России требует дальнейшего развития системного, целенаправленного взаимодействия между различными ведомствами. Особое внимание следует уделить повышению доступности специализированной медицинской помощи для жителей сельских и отдаленных от крупных городов территорий, включая обязательный мониторинг лекарственной резистентности [15, 17, 18]. Закономерным этапом является повсеместная интеграция научно обоснованных профилактических программ в систему первичной медицинской помощи, что позволит повысить эффективность раннего выявления ВИЧ-инфекции и снизить уровень стигматизации среди населения.

Заключение. Современная эпидемиологическая ситуация по ВИЧ-инфекции на юге России характеризуется преобладанием полового пути передачи этого ретровируса, что приводит к интенсивному вовлечению в эпидемический процесс женщин детородного возраста. В 2025 г. реализация комплекса мер по ПВТ ВИЧ в ЮФО и СКФО обеспечила высокую эпидемиологическую эффективность и позволила предотвратить перинатальное заражение ВИЧ у 98,5% детей. Плановые показатели Государственной стратегии в отношении охвата МП в системе пар «мать — дитя» для снижения риска передачи ВИЧ в перинатальный период успешно достигнуты в большинстве исследуемых территорий.

Тем не менее для обеспечения полной элиминации рисков перинатальной трансмиссии вируса требуется дальнейшее совершенствование комплекса профилактических мероприятий. Первостепенной задачей при ведéнии беременных является выявление ВИЧ-инфекции на ранних сроках для незамедлительного начала антиретровирусной профилактики, а также расширение охвата тестированием на ВИЧ-инфекцию их половых партнеров. Успех перинатальной профилактики во многом определяется обеспечением приверженности динамическому диспансерному наблюдению и непрерывной АРТ. Стратегическое значение также приобретает мониторинг эффективности проводимой МП с применением АРП и организация обязательного контроля развития лекарственной устойчивости вируса.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Ввиду специфики статьи — не требуется.

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

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Ladnaia NN, Pokrovsky VV. The epidemic situation of HIV infection in Russia in 2024. Epidemiology and Infectious Diseases. Current Items. 2025;15(3):13-8. (In Russ.) Ладная Н.Н., Покровский В.В. Эпидемическая ситуация по инфекции, вызываемой ВИЧ, в России в 2024 г. Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2025;15(3):13-8. DOI:10.18565/epidem.2025.15.3.13-18

2. HIV statistics: World and WHO regions, 2025. URL: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/hq-hiv-hepatitis-and-stis-library/who-ias-hiv-statistics_2025-new.pdf?sfvrsn=5023deae_15 (27 May 2026).

3. Ladnaya NN, Sokolova EV, Pokrovsky VV. Prevalence of HIV infection among children and adolescents in the Russian Federation in 2024. Childhood Infections. 2025;24(S1):64. (In Russ.) Ладная Н.Н., Соколова Е.В., Покровский В.В. Распространенность ВИЧ-инфекции среди детей и подростков в Российской Федерации в 2024 г. Детские инфекции. 2025;24(S1):64. EDN:VSOIJB

4. Dugdale CM, Ufio O, Giardina J, et al. Estimating the effect of maternal viral load on perinatal and postnatal HIV transmission: A systematic review and meta-analysis. Lancet. 2025; 406(10501):349-57. DOI:10.1016/S0140-6736(25)00765-2

5. Walters MK, Bulterys MA, Barry M, et al. Probability of vertical HIV transmission: A systematic review and meta-regression. Lancet HIV. 2025;12 (9):e638-48. DOI:10.1016/S2352-3018(25)00132-8. Erratum in: Lancet HIV. 2025;12(12):e817. DOI:10.1016/S2352-3018(25)00240-1

6. Fleșeriu T, Meliț LE, Mărginean CO, et al. Maternal HIV infection and antiretroviral therapy in pregnancy: implications for vertical transmission, fetal safety, and long-term infant outcomes. Pathogens. 2025;14(8):818. DOI:10.3390/pathogens14080818

7. State Strategy to Combat the Spread of HIV Infection in the Russian Federation through 2030 (Approved by Order of the Government of the Russian Federation of December 21, 2020, No. 3468-r). URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012250074 (27 May 2026). (In Russ.) Государственная стратегия противодействия распространению ВИЧ-инфекции в Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2020 г. №3468-р). URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012250074 (дата обращения: 27.05.2026).

8. Afonina LYu, Voronin YeYe, Rozenberg VYa. Perinatal'naya VICH-infektsiya u detey v Rossiyskoy Federatsii. Aktual'nyye voprosy VICH-infektsii u detey: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 11–12 sentyabrya 2025 g. Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskaya obshchestvennaya organizatsiya "Chelovek i yego zdorov'ye", 2025; s. 3-15. (In Russ.) Афонина Л.Ю., Воронин Е.Е., Розенберг В.Я. Перинатальная ВИЧ-инфекция у детей в Российской Федерации. Актуальные вопросы ВИЧ-инфекции у детей: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 11–12 сентября 2025 г. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2025; с. 3-15.

9. Epidemiological surveillance of HIV infection: Method. guidelines MU 3.1.3342-16. URL: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=7883 (27 May 2026). (In Russ.) Эпидемиологический надзор за ВИЧ-инфекцией: метод. указания МУ 3.1.3342-16. URL: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=7883 (дата обращения: 27.05.2026).

10. Ladnaya NN, Pokrovskiy VV, Sokolova YeV. Kharakteristika lyudey, zhivushchikh s VICH, v Rossiyskoy Federatsii v 2025 g. Infektsionnyye bolezni v sovremennom mire: evolyutsiya, tekushchiye i budushchiye ugrozy: Sbornik trudov XVIII Yezhegodnogo vserossiyskogo kongressa po infektsionnym boleznyam imeni akademika V.I. Pokrovskogo, Moskva, 30 marta — 1 aprelya 2026 goda. Moscow: Meditsinskoye Marketingovoye Agentstvo, 2026; s. 96. (In Russ.) Ладная Н.Н., Покровский В.В., Соколова Е.В. Характеристика людей, живущих с ВИЧ, в Российской Федерации в 2025 г. Инфекционные болезни в современном мире: эволюция, текущие и будущие угрозы: сб. тр. XVIII Ежегодного всероссийского конгресса по инфекционным болезням им. акад. В.И. Покровского, Москва, 30 марта — 1 апреля 2026 г. М.: Медицинское маркетинговое агентство, 2026; с. 96.

11. Levakhina LI, Pasechnik OA, Blokh AI. Epidemiological manifestations of HIV infection in the female population in the territory of the Siberian federal district. Journal Infectology. 2025;17(3):132-40. (In Russ.) Левахина Л.И., Пасечник О.А., Блох А.И. Эпидемиологические проявления ВИЧ-инфекции в женской популяции на территории Сибирского федерального округа. Журнал инфектологии. 2025;17(3):132-40. DOI:10.22625/2072-6732-2025-17-3-132-140

12. Ryndich AA, Matuzkova AN, Tverdokhlebova TI, et al. HIV epidemic trends in the south of Russia. Infekc. bolezni = Infectious Diseases. 2023;21(3):6-13. (In Russ.) Рындич А.А., Матузкова А.Н., Твердохлебова Т.И. и др. Динамика развития эпидемического процесса ВИЧ-инфекции на юге России. Инфекционные болезни. 2023;21(3):6-13. DOI:10.20953/1729-9225-2023-3-6-13

13. Rashidova MA, Sholokhov LF, Marianian AYu, Kolesnikova LI. HIV and pregnancy: Realities of XXI century. Sibirskiy Nauchnyy Meditsinskiy Zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal. 2022;42(2):10-7. (In Russ.) Рашидова М.А., Шолохов Л.Ф., Марянян А.Ю., Колесникова Л.И. ВИЧ и беременность: реалии XXI века. Сибирский научный медицинский журнал. 2022;42(2):10-7. DOI:10.18699/SSMJ20220202

14. Mazharov VN, Semenova TV, Reshetnikov VA, et al. Analysis of staffing issues in the health care system and solutions to them (the example of Stavropol Krai): A retrospective analytical descriptive study. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2025;32(2):69-77. (In Russ.) Мажаров В.Н., Семенова Т.В., Решетников В.А. и др. Анализ проблем кадрового обеспечения системы здравоохранения и пути их решения (на примере Ставропольского края): ретроспективное аналитическое описательное исследование. Кубанский научный медицинский вестник. 2025;32(2):69-77. DOI:10.25207/1608-6228-2025-32-2-69-77

15. Cardenas MC, Farnan S, Hamel BL, et al. Prevention of the vertical trans mission of HIV; A recap of the journey so far. Viruses. 2023;15(4):849. DOI:10.3390/v15040849

16. Useinova AN, Maryanenko SP, Egorova EA, et al. Analysis of cases of adverse reactions during the use of antiretroviral therapy in pregnant women. HIV Infection and Immunosuppressive Disorders. 2024;16(4):66-72. (In Russ.) Усеинова А.Н., Марьяненко С.П., Егорова Е.А. и др. Анализ нежелательных реакций антиретровирусных препаратов при применении у беременных женщин. ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2024;16(4):66-72. DOI:10.22328/2077-9828-2024-16-4-66-72

17. Rakitina YuV. Prevention of vertical transmission of HIV infection in the Perm Territory: problems and prospects. Perm Medical Journal. 2025;42(2):114-20. (In Russ.) Ракитина Ю.В. Профилактика вертикальной передачи ВИЧ инфекции в Пермском крае: проблемы и перспективы. Пермский медицинский журнал. 2025;42(2):114-20. DOI:10.17816/pmj422114-120

18. Kravchenko EN, Mordyk AV, Karimov RA. HIV infection and the gestational process: pathogenetic interrelations and prediction of complications. Mother and Baby in Kuzbass. 2026;1(104):13-9. (In Russ.) Кравченко Е.Н., Мордык А.В., Каримов Р.А. ВИЧ-инфекция и гестационный процесс: патогенетические взаимосвязи и прогнозирование осложнений. Мать и дитя в Кузбассе. 2026;1(104):13-9. DOI:10.24412/2686-7338-2026-1-13-19

Статья поступила в редакцию 25.06.2026; одобрена после рецензирования 10.07.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 25.06.2026; approved after reviewing 10.07.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Анна Николаевна Матузкова *— врач-инфекционист Южного окружного центра по профилактике и борьбе со СПИДом, кандидат медицинских наук, matuzkova@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5980-3436;* ***Екатерина Андреевна Шевченко*** *— врач-эпидемиолог отдела эпиднадзора за ВИЧ-инфекцией Южного окружного центра по профилактике и борьбе со СПИДом, hivrost@mail.ru, ORCID 0009-0001-2685-152X;* ***Александр Георгиевич Суладзе*** *— временно исполняющий обязанности директора; ассистент кафедры инфекционных болезней, кандидат медицинских наук, hivrost@mail.ru, ORCID 0000-0002-9051-1220;* ***Елена Александровна Скляная*** *— врач-эпидемиолог отдела эпиднадзора за ВИЧ-инфекцией Южного окружного центра по профилактике и борьбе со СПИДом, hivrost@mail.ru, ORCID 0009-0007-9585-0794;* ***Татьяна Ивановна Твердохлебова*** *— временно исполняющий обязанности заместителя директора по научной и производственной работе; профессор кафедры эпидемиологии, профессор, доктор медицинских наук, rostovniimp@rniimp.ru, ORCID 0000-0002-3912-0291.*

Information about the authors:

Anna N. Matuzkova *— Infectious Disease Specialist of the Southern District Center for AIDS Prevention and Control, MD, matuzkova@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5980-3436;* ***Ekaterina A. Shevchenko*** *— Epidemiologist of the HIV Infection Surveillance Department of the Southern District Center for AIDS Prevention and Control, hivrost@mail.ru, ORCID 0009-0001-2685-152X;* ***Alexander G. Suladze*** *— Acting Director; Instructor of the Department of Infectious Diseases, PhD, hivrost@mail.ru, ORCID 0000-0002-9051-1220;* ***Elena A. Sklyanaya*** *— Epidemiologist of the HIV Infection Surveillance Department of the Southern District Center for AIDS Prevention and Control, hivrost@mail.ru, ORCID 0009-0007-9585-0794;* ***Tatyana I. Tverdokhlebova*** *— Acting Deputy Director for Research and Production Work; Professor of the Department of Epidemiology, Professor, DSc, rostovniimp@rniimp.ru, ORCID 0000-0002-3912-0291.*

УДК 613.6.01
EDN: KZACGQ
https://doi.org/10.15275/ssmj2203365

Оригинальная статья
Original article

ИНФОРМИРОВАННОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ О ФАКТОРАХ РИСКА И МЕРАХ ПЕРВИЧНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ

Т.А. Гайдина[1, 2], О.Ю. Милушкина[1], Н.А. Скоблина[1]

[1]ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия
[2]ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» ФМБА России, Москва, Россия

AWARENESS OF RISK FACTORS AND PRIMARY PREVENTION MEASURES FOR MALIGNANT SKIN NEOPLASMS IN DIFFERENT POPULATION GROUPS

T.A. Gaydina[1, 2], O.Yu. Milushkina[1], N.A. Skoblina[1]

[1]N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia
[2]Federal Center for Brain and Neurotechnology, Moscow, Russia

Для цитирования: ***Гайдина Т.А., Милушкина О.Ю., Скоблина Н.А.*** **Информированность различных групп населения о факторах риска и мерах первичной профилактики злокачественных новообразований кожи. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 365-372. EDN: KZACGQ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203365**

Аннотация. *Цель:* оценить информированность различных групп населения о факторах риска злокачественных новообразований кожи и мерах их первичной профилактики. *Материал и методы.* Проведено обсервационное многоцентровое поперечное исследование с использованием авторского онлайн-опросника «Системообразующая роль первичной профилактики кожных заболеваний различного генеза». Опросник включал вопросы о факторах риска злокачественных новообразований кожи, использовании солнцезащитных средств, знании ультрафиолетового (УФ) индекса и готовности обращаться за медицинской помощью при изменениях кожи. Исследование проводили в 2024–2025 гг. Включены 558 респондентов: 182 (32,6%) школьника, 113 (20,3%) студентов, 222 (39,8%) представителя работающего населения и 41 (7,3%) пенсионер. *Результаты.* В общей выборке знали, что такое УФ-индекс, 52,2% участников опроса, однако отслеживали его показатели только 21,5%. О безопасном временном интервале пребывания на солнце знали 67,9% опрошенных. Нанесение солнцезащитного крема как меру профилактики злокачественных новообразований кожи называли 63,6% респондентов, всегда использовали солнцезащитные средства 6,1%, никогда не использовали — 37,4%. Первые проявления солнечного ожога знали 90,3% респондентов. Необходимость обращения к врачу-дерматовенерологу при изменении родинок отмечали 37,8% опрошенных лиц, при появлении новообразований кожи — 40,7%. Статистически значимые межгрупповые различия продемонстрированы по знанию безопасного временного интервала пребывания на солнце, контролю среднего времени пребывания на солнце, посещению солярия, знанию первых проявлений солнечного ожога и готовности обсуждать проблемы с врачом-специалистом. *Заключение.* Выявлены недостаточное использование УФ-индекса при выборе мер защиты от солнца и низкая регулярность применения солнцезащитных средств. При этом знание первых проявлений солнечного ожога не сопровождалось достаточной готовностью обращаться к врачу-дерматовенерологу при изменении родинок и появлении новообразований кожи. Полученные данные подтверждают необходимость более активного профилактического информирования населения о фотозащите, самоосмотре кожи и своевременном обращении за медицинской помощью.

Ключевые слова: злокачественное новообразование кожи, ультрафиолетовое излучение, ультрафиолетовый индекс, фотопротекция, солнцезащитное средство, солнечный ожог, профилактика

For citation: ***Gaydina TA, Milushkina OYu, Skoblina NA.*** **Awareness of risk factors and primary prevention measures for malignant skin neoplasms in different population groups. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 365-372. (In Russ.) EDN: KZACGQ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203365**

Abstract. *Objective:* to assess awareness among different population groups of risk factors for malignant skin neoplasms and measures for their primary prevention. *Material and methods.* An observational multicenter cross-sectional study was conducted using the authors' online questionnaire "The system-forming role of primary prevention of skin diseases of various origins". The questionnaire included items on risk factors for malignant skin neoplasms, sunscreen use, knowledge of the ultraviolet (UV) index, and readiness to seek medical care in case of skin changes. The study

© Гайдина Т.А., Милушкина О.Ю., Скоблина Н.А., 2026

was conducted in 2024–2025. A total of 558 respondents were included: 182 (32.6%) schoolchildren, 113 (20.3%) students, 222 (39.8%) representatives of the working population, and 41 (7.3%) retirees. *Results.* In the total sample, 52.2% of respondents knew what the UV index was, whereas only 21.5% monitored its values. A safe time interval for sun exposure was known to 67.9% of respondents. Sunscreen application as a preventive measure against malignant skin neoplasms was reported by 63.6% of respondents. Sunscreens were always used by 6.1% of respondents and never used by 37.4%. The first signs of sunburn were known to 90.3% of respondents. The need to consult a dermatovenereologist in case of mole changes was reported by 37.8% of respondents, and in case of new skin lesions by 40.7%. Statistically significant intergroup differences were found for knowledge of a safe time interval for sun exposure, monitoring of average sun exposure time, tanning bed use, knowledge of the first signs of sunburn, and readiness to discuss health problems with a medical specialist. *Conclusion.* Insufficient use of the UV index when choosing sun protection measures and low regularity of sunscreen use were identified. At the same time, knowledge of the first signs of sunburn was not accompanied by sufficient readiness to consult a dermatovenereologist in case of mole changes or new skin lesions. The findings confirm the need for more active preventive education of the population on photoprotection, skin self-examination, and timely seeking of medical care.

Keywords: malignant skin neoplasm, ultraviolet radiation, ultraviolet index, photoprotection, sunscreen, sunburn, prevention

Введение. Меланома кожи остается значимой медико-социальной проблемой. По международным данным, ежегодно выявляется приблизительно 232 тыс. новых случаев заболевания, а смертность достигает 55 тыс. случаев в год [1]. Несмотря на развитие современных схем терапии, прогноз при распространенной меланоме остается неблагоприятным [2, 3]. В Российской Федерации в 2024 г. злокачественные новообразования (ЗНО) кожи занимали ведущее место в структуре общей онкологической заболеваемости у лиц обоего пола. Без учета меланомы их доля составила 13,51%, с учетом меланомы — 15,51% [4]. Средний показатель заболеваемости меланомой кожи составил 8,15 на 100 тыс. населения у мужчин и 10,77 на 100 тыс. населения — у женщин [4]. Смертность от меланомы кожи в 2023 г. составила 2,26 на 100 тыс. населения у мужчин и 1,94 на 100 тыс. населения — у женщин [5].

Основным модифицируемым фактором риска ЗНО кожи является избыточное воздействие ультрафиолетового (УФ) излучения. УФА-и УФВ-лучи участвуют в фотоповреждении кожи, развитии солнечных ожогов, фотостарения и канцерогенеза. УФС-лучи задерживаются озоновым слоем и в норме не достигают поверхности Земли [6]. Недостаточная информированность пациентов о клинических проявлениях ЗНО кожи, диагностические ошибки и отсрочка обращения за медицинской помощью относятся к факторам позднего выявления опухолей кожи [7, 8].

Международные исследования показывают, что информированность населения о рисках УФ-излучения и мерах фотопротекции остается недостаточной. В систематическом обзоре 2019 г. C.J. Heckman и соавт., включившем 31 исследование, осведомленность об УФ-индексе варьировала от 27–30% в Швеции и Германии до 64–93% в США, Великобритании и Австралии. При этом понимание показателя и его использование для выбора мер фотопротекции оставались ограниченными [9]. В международном исследовании, проведенном в 2017 г. S. Seité и соавт., высокий уровень знаний о факторах риска рака кожи выявлен у 36% респондентов из 23 стран и только у 14% российских участников [10]. По результатам опроса 2023 г., инициированного T. Passeron и соавт., 88% респондентов знали о рисках солнечного излучения, однако только 12% систематически использовали все виды фотопротекции [11].

Нерегулярное применение солнцезащитных средств сохраняется в разных популяциях. В исследовании 2025 г. A. Tatliparmak среди взрослых посетителей дерматологической амбулаторной клиники солнцезащитные средства использовали более 70% респондентов, однако ежедневно — только 27,0%, а повторно в течение дня — 23,0% [12]. В канадском популяционном исследовании нерегулярно использовали или никогда не наносили солнцезащитные средства на тело 64,3% взрослых, на лицо — 58,1% [13]. Особое значение имеет профилактика среди детей и подростков. Менее 5% сербских старшеклассников правильно интерпретировали риск солнечного ожога при заданном значении УФ-индекса [14]. При этом примерно 50% суммарной УФ-экспозиции до 60 лет приходится на возраст до 20 лет, а детско-подростковая УФ-экспозиция может формировать до 33% риска меланомы кожи к 60 годам [15].

Первичная профилактика ЗНО кожи должна включать снижение избыточного воздействия УФ-излучения, отказ от искусственного загара и регулярное применение средств фотопротекции. Вторичная профилактика направлена на самоосмотр кожи, медицинский осмотр и раннее выявление подозрительных новообразований [16]. Оценка информированности населения о факторах риска и мерах профилактики необходима для определения приоритетных направлений профилактического информирования и формирования безопасного поведения на солнце.

Цель — оценить информированность различных групп населения о факторах риска ЗНО кожи и мерах их первичной профилактики.

Материал и методы. Проведено обсервационное многоцентровое поперечное исследование. Для сбора данных использован авторский онлайн-опросник «Системообразующая роль первичной профилактики кожных заболеваний различного генеза», разработанный на кафедре дерматовенерологии имени академика Ю.К. Скрипкина Института клинической медицины ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (далее — ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России). Опросник включал вопросы о факторах риска ЗНО кожи, информированности об УФ-индексе, применении солнцезащитных средств, поведении при солнечных ожогах и готовности обращаться за медицинской помощью при изменениях кожи.

Исследование проводилось в 2024–2025 гг. на базе РНИМУ им. Н.И. Пирогова, ГБУЗ города Москвы «Детская городская поликлиника №118 Департамента здравоохранения города Москвы»и ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» ФМБА России.

В исследование включены 558 респондентов: 182 школьника (32,6%), 113 студентов (20,3%), 222 представителя работающего населения (39,8%) и 41 пенсионер (7,3%). Медиана возраста составила 15 лет [14; 16] у школьников, 19 лет [18; 20] у студентов,

Ответственный автор — Татьяна Анатольевна Гайдина
Corresponding author — Tatiana A. Gaydina
E-mail: doc429@yandex.ru

40 лет [29; 48] у представителей работающего населения и 67 лет [63; 71] у пенсионеров.

Критериями включения являлись наличие добровольного информированного согласия, принадлежность к одной из изучаемых групп населения и корректно заполненный опросник. Критериями исключения были отсутствие информированного согласия, неполное или некорректное заполнение опросника, несоответствие возрастной категории исследуемым группам, а также работа респондента в медицинской организации.

Исследование выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. Дизайн исследования, форма информированного согласия и опросник одобрены локальными этическими комитетами: ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (протокол № 244 от 21.10.2024), ФГБУ «Федеральный центр мозга и нейротехнологий» ФМБА России (протокол № 02/17-02-25 от 17.02.2025).

Статистическая обработка включала анализ распределения количественных показателей с использованием критериев Колмогорова — Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро — Уилка. Количественные данные при распределении, отличающемся от нормального, представлены в виде медианы и межквартильного интервала *Me* [Q_1; Q_3]. Категориальные данные представлены в виде абсолютных значений (абс.), долей (%) и 95% доверительных интервалов (ДИ). Для сравнения количественных показателей между независимыми группами при распределении, отличающемся от нормального, использовали критерий Краскела — Уоллиса. Для сравнения долей между независимыми группами использовали критерий χ^2 Пирсона, при малых ожидаемых частотах — точный критерий Фишера или метод Монте-Карло.

Результаты. В исследование включены 558 респондентов: 182 (32,6%) школьника, 113 (20,3%) студентов, 222 (39,8%) представителя работающего населения и 41 (7,3%) пенсионер (табл. 1).

Доля респондентов женского пола составила 78,0% среди школьников, 77,0% среди студентов, 83,3% среди представителей работающего населения и 85,4% среди пенсионеров. Статистически значимых межгрупповых различий по полу не выявлено (p=0,341).

По возрасту группы статистически значимо различались (p<0,001). Медиана возраста составила 15 [14; 16] лет у школьников, 19 [18; 20] лет — у студентов, 40 [29; 48] лет — у представителей работающего населения и 67 [63; 71] лет — у пенсионеров.

Опросник включал вопросы, направленные на оценку анамнестических факторов риска ЗНО кожи, информированности об УФ-индексе, использования солнцезащитных средств и готовности обращаться за медицинской помощью при изменениях кожи (табл. 2 на с.368).

В общей выборке заболевания кожи в анамнезе указали 124 (22,2%) респондента, хронические дерматозы — 39 (7,0%). Семейный анамнез по кожным заболеваниям был отягощен у 86 (15,4%) участников опроса, по ЗНО кожи — у 41 (7,3%).

В структуре кожных заболеваний, указанных респондентами, преобладали воспалительные дерматозы, акне, инфекционные заболевания кожи и единичные случаи ЗНО кожи.

О значении УФ-индекса был информирован 291 (52,2%) респондент. Показатели УФ-индекса отслеживали 120 (21,5%) человек. О безопасном временном интервале пребывания на солнце знали 379 (67,9%) участников опроса. Использование солнцезащитного крема относили к мерам профилактики ЗНО кожи 355 (63,6%) опрошенных лиц.

Первые признаки солнечного ожога правильно определяли 504 (90,3%) респондента. Необходимость обращения к врачу-дерматовенерологу при изменении родинок отмечали 211 (37,8%) участников опроса, при появлении новообразований кожи — 227 (40,7%). Готовность обсуждать проблемы с врачом-специалистом отмечена 341 (61,1%) опрошенным.

Статистически значимые межгрупповые различия выявлены по наличию кожных заболеваний в анамнезе (χ^2=12,985; p=0,005), знанию безопасного временного интервала пребывания на солнце (χ^2=17,502; p=0,001), отсутствию представлений о среднем времени пребывания на солнце (χ^2=34,87; p=0,001), посещению солярия (χ^2=9,245; p=0,027), знанию первых проявлений солнечного ожога (χ^2=13,556; p=0,004) и готовности обсуждать проблемы с врачом-специалистом (χ^2=28,228; p=0,001).

Статистически значимых межгрупповых различий не выявлено по наличию хронических кожных заболеваний, семейному анамнезу кожных заболеваний, семейному анамнезу ЗНО кожи, знанию УФ-индекса, отслеживанию показателей УФ-индекса, указанию солнцезащитного крема как меры профилактики, готовности обратиться к врачу-дерматовенерологу при изменении родинок и появлении новообразований кожи, а также обсуждению возникших проблем с членами семьи.

По самооценке респондентов среднее время пребывания на солнце было наибольшим у студентов — 1,80 ч/сут, далее у школьников — 1,62 ч/сут и пенсионеров — 1,57 ч/сут; минимальное значение отмечено у представителей работающего населения — 1,28 ч/сут.

Регулярное использование солнцезащитных средств оставалось низким во всех группах: всегда применяли солнцезащитные средства 4,5% школьников, 7,0% студентов, 5,0% представителей работающего населения и 17,0% пенсионеров. Никогда не использовали солнцезащитные средства 37,9% школьников, 40,7% студентов, 35,1% представителей работающего населения и 36,5% пенсионеров (рис. 1 на с. 368).

Таблица 1

Общая характеристика групп респондентов

Показатель	Школьники	Студенты	Работающее население	Пенсионеры	*p*
Женский пол, абс. (%) [95% ДИ]	142 (78,0) [71,4–83,4]	87 (77,0) [68,4–83,8]	185 (83,3) [77,9–87,7]	35 (85,4) [71,6–93,1]	0,341
Возраст, лет, *Me* [Q_1; Q_3]	15 [14; 16]	19 [18; 20]	40 [29; 48]	67 [63; 71]	<0,001

Таблица 2

Анамнестические факторы риска и показатели информированности респондентов о профилактике злокачественных новообразований кожи

Показатель	Школьники	Студенты	Работающее население	Пенсионеры	*p*
Наличие кожных заболеваний в анамнезе	29; 15,9 [11,0–21,0]	17; 15,0 [9,0–21,0]	65; 29,3 [24,0–35,0]	13; 31,7 [18,0–46,0]	χ^2=12,985; ***p*=0,005**
Наличие хронических кожных заболеваний	15; 8,2 [5,0–12,0]	6; 5,3 [1,0–9,0]	16; 7,2 [4,0–10,0]	2; 4,9 [0,0–11,0]	χ^2=1,152; *p*=0,765
Наличие кожных заболеваний в семье	29; 15,9 [11,0–21,0]	16; 14,2 [8,0–20,0]	36; 16,2 [12,0–20,0]	5; 12,2 [2,0–22,0]	χ^2=0,887; *p*=0,829
Наличие ЗНО кожи в семье	11; 6,0 [3,0–9,0]	3; 2,7 [0,0–6,0]	23; 10,4 [7,0–14,0]	4; 9,7 [1,0–19,0]	χ^2=5,167; *p*=0,160
Знают, что такое УФ-индекс	81; 44,5 [38,0–51,0]	63; 55,8 [47,0–64,0]	122; 54,9 [49,0–61,0]	25; 61,2 [47,0–76,0]	χ^2=4,777; *p*=0,189
Следят за показателями УФ-индекса	33; 18,1 [13,0–23,0]	27; 23,9 [16,0–31,0]	49; 22,1 [17,0–27,0]	11; 26,8 [14,0–40,0]	χ^2=2,433; *p*=0,488
Знают о безопасном временном интервале нахождения на солнце	118; 64,8 [59,0–71,0]	64; 56,6 [48,0–65,0]	163; 73,4 [68,0–79,0]	34; 82,9 [72,0–94,0]	χ^2=17,502; ***p*<0,001**
Не знают свое среднее время пребывания на солнце	84; 46,1 [40,0–53,0]	23; 20,4 [13,0–27,0]	29; 13,1 [9,0–17,0]	8; 19,5 [8,0–31,0]	χ^2=34,870; ***p*<0,001**
Называют нанесение солнцезащитного крема мерой профилактики	121; 66,5 [60,0–73,0]	76; 67,3 [59,0–75,0]	134; 60,4 [55,0–66,0]	24; 58,5 [44,0–73,0]	χ^2=2,441; *p*=0,486
Посещают солярий	3; 1,65 [0,0–3,0]	1; 0,9 [0,0–3,0]	14; 6,3 [3,0–9,0]	1; 2,4 [0,0–7,0]	χ^2=9,245; ***p*=0,027**
Знают первые проявления солнечного ожога	164; 90,1 [86,0–94,0]	92; 81,4 [75,0–88,0]	209; 94,1 [91,0–97,0]	39; 95,1 [89,0–100,0]	χ^2=13,556; ***p*=0,004**
Считают необходимым обратиться к врачу-дерматовенерологу при изменении родинок	72; 39,6 [33,0–46,0]	39; 34,5 [26,0–43,0]	89; 40,0 [34,0–46,0]	11; 26,8 [14,0–40,0]	χ^2=4,935; *p*=0,177
Считают необходимым обратиться к врачу-дерматовенерологу при появлении новообразований на коже	76; 41,8 [35,0–48,0]	46; 40,7 [32,0–49,0]	92; 41,4 [36,0–47,0]	13; 31,7 [18,0–46,0]	χ^2=2,774; *p*=0,428
Обсуждают возникшие проблемы с членами семьи	81; 44,5 [38,0–51,0]	47; 41,6 [33,0–50,0]	84; 37,8 [32,0–43,0]	18; 43,9 [29,0–59,0]	χ^2=1,178; *p*=0,759
Готовы обсуждать проблемы с врачом-специалистом	99; 54,4 [48,0–61,0]	53; 46,9 [38,0–56,0]	156; 70,3 [65,0–76,0]	33; 80,4 [69,0–92,0]	χ^2=28,228; ***p*<0,001**

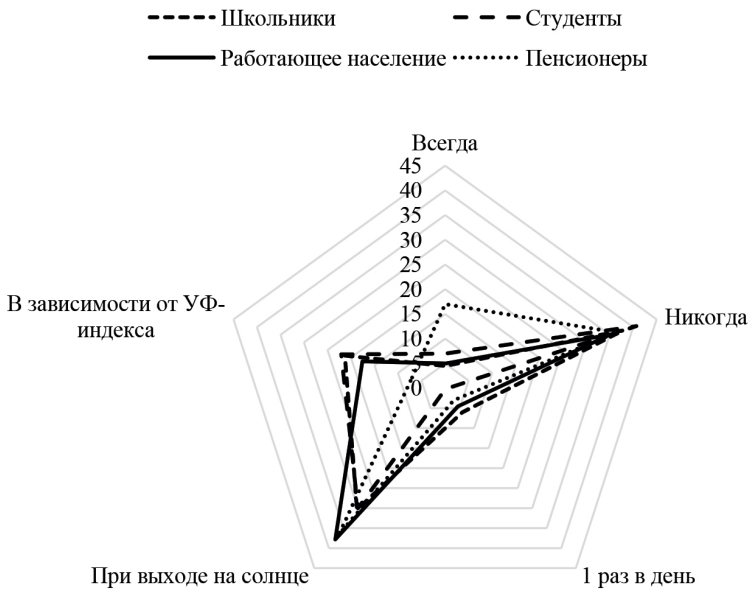


Рис. 1. Частота использования солнцезащитных средств в различных группах респондентов, %, при ответах на вопрос: «Как часто Вы используете солнцезащитные средства?»

Один раз в день солнцезащитные средства использовали 6,0% школьников, 0,9% студентов, 4,5% представителей работающего населения и 3,0% пенсионеров. Используют солнцезащитные средства при выходе на солнце: 30,3% школьников, 30,0% студентов, 37,8% работающего населения, 36,5% пенсионеров. Только небольшая часть респондентов ориентируется на УФ-индекс при принятии решения об использовании солнцезащитного крема: 21,3% школьников, 22,1% студентов, 17,6% работающего населения, 7,0% пенсионеров. Посещение солярия отметили 19 (3,4%) опрошенных.

Солнечные ожоги в анамнезе отметили единичные респонденты, что требует осторожной интерпретации данного показателя.

Необходимость обращения к врачу при солнечном ожоге отмечали 66,0% школьников, 52,0% студентов, 41,0% представителей работающего населения и 46,0% пенсионеров (рис. 2).

При этом полагают, что при солнечном ожоге не нужно ничего предпринимать: 3,0% школьников, 6,0% студентов, 1,6% работающего населения, 7,0% пенсионеров. Считают, что достаточно сходить в аптеку и купить средство, которое посоветует фармацевт, 30,0% школьников, 41,0% студентов, 46,4% работающего населения, 39,0% пенсионеров.

Обсуждение. Согласно результатам настоящего исследования, об УФ-индексе знали 44,5–61,2% респондентов, однако отслеживали его показатели только 18,1–26,8%, а при решении об использовании солнцезащитных средств (SPF — sun protection factor) ориентировались на него 7,0–22,1%. Эти данные соответствуют международной тенденции: по данным систематического обзора 2019 г. C.J. Heckman и соавт., осведомленность об УФ-индексе составляла 64% в США, 67% — в Великобритании и 27–30% — в Швеции и Германии, тогда как корректное понимание показателя отмечалось реже — у 39, 40 и 18% респондентов соответственно [9]. В качественном исследовании 2021 г. K. Diehl и соавт. даже среди фармацевтов и фармацевтических техников только 8 из 20 участников дали корректное определение УФ-индекса, а часть респондентов не разграничивала понятия УФ-индекса и SPF [17]. Таким образом, низкая частота отслеживания УФ-индекса в нашей выборке отражает не только недостаточную информированность, но и ограниченное практическое использование этого показателя как инструмента фотопротекции.

Полученные данные согласуются с результатами исследований, показывающих, что, как ранее нами указывалось, солнцезащитные средства известны как мера фотопротекции, но применяются нерегулярно. Так, в исследовании, проведенном A. Tatliparmak, среди взрослых посетителей дерматологической амбулаторной клиники солнцезащитные средства использовали 72,5% респондентов, однако ежедневно — 27,0%, повторно в течение дня — 23,0%, никогда — 27,5% [12]. В нашем исследовании SPF как меру профилактики называли 58,5–67,3% респондентов, но всегда использовали только 4,5–17,0%, а никогда — 35,1–40,7% участников опроса.

В канадском популяционном исследовании 2025 г. A. Moustaqim-Barrette и соавт. 64,3% взрослых нерегулярно использовали или никогда не наносили SPF на тело, 58,1% — на лицо [13]. В национальном исследовании взрослых США 2023 г. M. Patlola и соавт. указывают, что ежедневное применение солнцезащитных средств отмечено у 13,5%, отсутствие использования — у 11% [18]. Так, в обследованной



Рис. 2. Представления респондентов о тактике действий при солнечном ожоге, %, при ответах на вопрос: «Что необходимо предпринимать при солнечном ожоге?»

выборке недостаточность фотопротекции определяется не только дефицитом знаний о SPF, но прежде всего отсутствием регулярной поведенческой практики, что снижает профилактическую эффективность даже при формальном знании солнцезащитных средств как меры защиты от УФ-излучения.

В нашем исследовании первые признаки солнечного ожога распознавали 81,4–95,1% респондентов, однако необходимость обращения к врачу отмечали только 41,0–66,0%; 30,0–46,4% считали достаточным обратиться в аптеку, 1,6–7,0% — ничего не предпринимать. Единичные указания на солнечные ожоги в анамнезе требуют осторожной интерпретации.

В международном поперечном исследовании 2023 г., проведенном T. Passeron и соавт. среди взрослых респондентов из 17 стран, солнечный ожог в анамнезе имели 83% участников, а 23% считали безопасным пребывание на солнце без защиты при уже загорелой коже [11]. В исследовании 2025 г. A. Moustaqim-Barrette и соавт. показали, что солнечный ожог за последние 12 мес отметили 33,3% взрослых [13]. Клиническую значимость имеет не сам факт распознавания солнечного ожога, а недостаточная определенность дальнейшей тактики при его возникновении.

В настоящем исследовании поведение при пребывании на солнце оценивалось по длительности инсоляции, контролю времени пребывания на солнце, посещению солярия и использованию солнцезащитных средств. В исследовании, проведенном T. Passeron и соавт., 82% респондентов воспринимали солнце как источник энергии, 72% считали загорелую кожу привлекательной, 23% допускали пребывание на солнце без защиты при уже загорелой коже; при этом только 12% систематически или часто использовали все виды фотопротекции [11]. В исследовании 2025 г. S. Malinović-Milićević и соавт. среди сербских старшеклассников 55,97% имели положительное отношение к загару, 64,48% сообщили об умеренно высокой или высокой солнечной экспозиции, а 62,65% юношей использовали солнцезащитные меры недостаточно [14].

Эти данные позволяют рассматривать нерегулярное использование фотопротекции как устойчивый поведенческий паттерн, связанный с недооценкой кумулятивного риска УФ-излучения и восприятием загара как социально приемлемого результата солнечной экспозиции. Для образовательной программы это определяет необходимость смещения акцента с общей информации о вреде солнца на конкретные клинические сценарии: пребывание на солнце при высоком УФ-индексе, повторные эпизоды ожога, использование солярия, отсутствие SPF при уже загорелой коже.

В группе школьников выявлен наиболее уязвимый профиль профилактического поведения: 46,1% не знали свое среднее время пребывания на солнце, 55,5% не знали, что такое УФ-индекс, 81,9% не отслеживали его показатели, а постоянное использование солнцезащитных средств отметили только 4,5%.

Сходные данные отмечены в исследовании S. Malinović-Milićević и соавт.: менее 5% учащихся правильно интерпретировали риск солнечного ожога при заданном значении УФ-индекса, 55,97% положительно относились к загару, 64,48% имели умеренно высокую или высокую солнечную экспозицию [14]. По данным A.C. Green и соавт., полученным в 2011 г., приблизительно 50% суммарной УФ-экспозиции до 60 лет приходится на период до 20 лет. При этом УФ-экспозиция в детстве и подростковом возрасте может формировать до 33% последующего риска меланомы кожи к 60 годам [15].

Эти данные определяют школьников как приоритетную группу первичной профилактики: недостаточный контроль инсоляции и низкая регулярность фотопротекции в этом возрасте имеют не только текущие дерматологические, но и отдаленные онкологические последствия.

Необходимость обращения к врачу-дерматовенерологу при изменении родинок указали 26,8–40,0% респондентов, при появлении новообразований на коже — 31,7–41,8%. При этом общая готовность обсуждать проблемы с врачом-специалистом была выше и составляла 46,9–80,4%. В исследовании S. Seité и соавт. при высокой осведомленности о риске рака кожи при незащищенной инсоляции только примерно ½ респондентов когда-либо обращались к дерматологу для проверки родинок [10]. В российской программе Melanoma Screening Day, описанной N. Palkina и соавт. в 2018 г., среди 444 участников скрининга наиболее частыми причинами обращения были большое количество родинок или изменение их внешнего вида; у 5% обследованных отмечены меланома или рак кожи в семейном анамнезе, а за 2 года выявлено и направлено в онкологический центр 5 пациентов с подозрением на ЗНО [19].

Полученные данные показывают, что готовность к контакту с врачом не сопровождается достаточным пониманием конкретных показаний к дерматологическому осмотру. В образовательной программе необходимо отдельно выделить признаки изменения невусов и появления новых образований кожи как поводы для обращения к врачу-дерматовенерологу.

Семейный анамнез по кожным заболеваниям отмечали 12,2–16,2% респондентов, по ЗНО кожи — 2,7–10,4%. По данным скрининга программы Melanoma Screening Day семейный анамнез меланомы или рака кожи имели 5% обследованных [19]. Сопоставимость этих показателей указывает, что семейные случаи ЗНО кожи встречаются в общей и скрининговой выборках, однако в нашем исследовании наличие такого анамнеза не сопровождалось выраженной онконастороженностью: необходимость обращения к врачу при изменении родинок отмечали только 26,8–40,0% респондентов.

Посещение солярия отмечали 0,9–6,3% респондентов, максимальная частота выявлена среди представителей работающего населения — 6,3%. Межгрупповые различия по данному показателю были статистически значимыми (χ^2=9,245; p=0,027). В исследовании S. Seité и соавт. регулярное посещение солярия рассматривалось как один из шести факторов риска рака кожи, по которым оценивали уровень информированности респондентов. При этом в России высокий уровень знаний факторов риска был одним из минимальных — 14% против 36% в общей международной выборке [10]. В работе S. Malinović-Milićević и соавт. подчеркнута необходимость возрастно-и гендерно-ориентированной профилактики УФ-экспозиции, включая снижение намеренного пребывания на солнце и усиление регулярного защитного поведения у подростков [14].

Несмотря на невысокую распространенность посещения солярия в нашей выборке, данный показатель требует отдельного профилактического акцента как полностью модифицируемый фактор искусственной УФ-экспозиции.

Для эффективной профилактики ЗНО кожи образовательное вмешательство должно быть направлено не только на повышение информированности, но и на формирование прикладного алгоритма поведения. По данным настоящего исследования, основными мишенями такой программы являются интерпретация УФ-индекса, регулярное применение фотопротекции, отказ от искусственного загара, самоосмотр кожи и своевременное обращение к врачу при изменении невусов или появлении новых образований.

Опыт школ для пациентов с хроническими дерматозами показывает, что эффективность образовательных программ определяется структурированным содержанием, адаптацией материала к целевой группе и оценкой результатов обучения [20]. В этом контексте программа «Здоровая кожа» может рассматриваться как один из возможных инструментов профилактического информирования, направленного на формирование безопасного поведения на солнце и повышение онконастороженности населения.

Таким образом, результаты нашего исследования подтверждают необходимость усиления первичной и вторичной профилактики ЗНО кожи. Наиболее значимыми мишенями профилактической работы являются практическое использование УФ-индекса, регулярная фотопротекция, отказ от искусственной УФ-экспозиции и своевременное обращение за медицинской помощью при подозрительных изменениях кожи.

Заключение. Проведенное исследование показало недостаточную информированность респондентов о факторах риска ЗНО кожи и мерах их первичной профилактики. Наиболее значимыми дефицитами являлись низкая регулярность использования солнцезащитных средств, недостаточное применение УФ-индекса при выборе мер защиты от солнца и отсутствие устойчивой привычки к фотопротекции. Несмотря на высокую осведомленность о первых признаках солнечного ожога, готовность обращаться к врачу-дерматовенерологу при изменении невусов или появлении новых образований кожи оставалась недостаточной. Полученные данные подтверждают необходимость усиления профилактического информирования населения, направленного на формирование безопасного поведения на солнце, отказ от искусственного загара, развитие навыков самоосмотра кожи и повышение онконастороженности.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

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

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. American Cancer Society. Cancer facts & figures 2016. Atlanta: American Cancer Society, 2016. URL: http://www.cancer.org/acs/groups/content/@research/documents/document/acspc-047079.pdf (15 Oct 2025).

2. Postow MA, Chesney J, Pavlick AC, et al. Nivolumab and ipilimumab *versus* ipilimumab in untreated melanoma. N Engl J Med. 2015;372(21):2006-17. DOI:10.1056/NEJMoa1414428

3. Larkin J, Hodi FS, Wolchok JD. Combined nivolumab and ipilimumab or monotherapy in untreated melanoma. N Engl J Med. 2015;373(13):1270-1. DOI:10.1056/NEJMc1509660

4. Kaprin AD, Starinskiy VV, Shachzadova AO, eds. Malignant neoplasms in Russia in 2024. Moscow: MNIOI im. P.A. Gertsena — filial FGBU "NMITS radiologii" Minzdrava Rossii, 2025; 178 p. (In Russ.) Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О., ред. Злокачественные новообразования в России в 2024 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2025; 178 с.

5. Kaprin AD, Starinskiy VV, Shachzadova AO, eds. The state of oncological care for the population of Russia in 2023. Moscow: MNIOI im. P.A. Gertsena — filial FGBU "NMITS radiologii" Minzdrava Rossii, 2024; 262 p. (In Russ.) Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О., ред. Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024; 262 с.

6. Yang JW, Fan GB, Tan F, et al. The role and safety of UVA and UVB in UV-induced skin erythema. Front Med. 2023;10:1163697. DOI:10.3389/fmed.2023.1163697

7. Larina VN, Gaydina TA, Dvornikov AS, Nazimkin KE. The principles of examination of patients with detected melanoma suspected skin neoplasm in the primary health care stage. The Russian Archives of Internal Medicine. 2022;12(2):85-92. (In Russ.) Ларина В.Н., Гайдина Т.А., Дворников А.С., Назимкин К.Е. Возможности обследования пациентов с подозрительными на меланому новообразованиями кожи, впервые выявленными в первичном звене здравоохранения. Архивъ внутренней медицины. 2022;12(2):85-92. DOI:10.20514/2226-6704-2021-12-2-85-92

8. Gaydina TA, Dvornikov AS, Larina VN, et al. Diagnosis and routing of patients with suspected skin cancer in primary care settings: Gaps and perspectives. The Russian Archives of Internal Medicine. 2024;14(6):419-34. (In Russ.) Гайдина Т.А., Дворников А.С., Ларина В.Н. и др. Диагностика и маршрутизация пациентов с подозрением на злокачественные новообразования кожи в условиях первичного звена здравоохранения: пробелы и перспективы. Архивъ внутренней медицины. 2024;14(6):419-34. DOI:10.20514/2226-6704-2024-14-6-419-434

9. Heckman CJ, Liang K, Riley M. Awareness, understanding, use, and impact of the UV index: A systematic review of over two decades of international research. Prev Med. 2019;123:71-83. DOI:10.1016/j.ypmed.2019.03.004

10. Seité S, del Marmol V, Moyal D, Friedman AJ. Public primary and secondary skin cancer prevention, perceptions and knowledge: An international cross-sectional survey. J Eur Acad Dermatol Venereol. 2017;31(5):815-20. DOI:10.1111/jdv.14104

11. Passeron T, Lim HW, Goh CL, et al. Sun exposure behaviours as a compromise to paradoxical injunctions: Insight from a worldwide survey. J Eur Acad Dermatol Venereol. 2023;37(12):2481-9. DOI:10.1111/jdv.19421

12. Tatliparmak A. Sunscreen use and photoprotection practices: A cross-sectional survey of adults in a dermatology outpatient clinic. Cureus. 2025;17(5):e84783. DOI:10.7759/cureus.84783

13. Moustaqim-Barrette A, Rijal H, Conte S, et al. Evaluating UV exposure and skin cancer prevention behaviours in Canada: A national population-based cross-sectional study. BMJ Public Health. 2025;3:e001983. DOI:10.1136/bmjph-2024-001983

14. Malinović-Milićević S, Stanojević G, Milićević E, Doljak D. Ultraviolet radiation knowledge and exposure practices among Serbian high school students: Results of a nationwide survey. Atmosphere. 2025;16(6):673. DOI:10.3390/atmos16060673

15. Green AC, Wallingford SC, McBride P. Childhood exposure to ultraviolet radiation and harmful skin effects: Epidemiological evidence. Prog Biophys Mol Biol. 2011;107(3):349-55. DOI:10.1016/j.pbiomolbio.2011.08.010

16. Potekaev NN, Michenko AV, Lvov AN. Primary and secondary prevention of melanoma of the skin: an analytical review. Russian Journal of Preventive Medicine. 2018;21(5):136-43. (In Russ.) Потекаев Н.Н., Миченко А.В., Львов А.Н. Первичная и вторичная профилактика меланомы кожи: аналитический обзор. Профилактическая медицина. 2018;21(5):136-43. DOI:10.17116/profmed201821051136

17. Diehl K, Görig T, Jansen C, et al. "I've heard of it, yes, but I can't remember what exactly it was" — A qualitative study on awareness, knowledge, and use of the UV index. Int

J Environ Res Public Health. 2021;18(4):1615. DOI:10.3390/ijerph18041615

18. Patlola M, Shah AA, Stead T, et al. Sunscreen use amongst US adults: A national survey. Arch Dermatol Res. 2023;315(7):2137-8. DOI:10.1007/s00403-023-02603-8

19. Palkina N, Sergeeva O, Ruksha T, Artyukhov I. Melanoma screening day in Krasnoyarsk Krai of the Russian Federation: Results from 2015–2016. Asian Pac J Cancer Prev. 2018;19(2):503-7. DOI:10.22034/APJCP.2018.19.2.503

20. Michenko AV, Lvov AN, Kruglova LS, et al. Schools for patients with atopic dermatitis: Systematic review of the methodology for conducting and evaluating effectiveness. Effective Pharmacotherapy. 2023;19(39):14-20. (In Russ.) Миченко А.В., Львов А.Н., Круглова Л.С. и др. Школы для пациентов с атопическим дерматитом: систематический обзор методологии проведения и оценки эффективности. Эффективная фармакотерапия. 2023;19(39):14-20. DOI:10.33978/2307-3586-2023-19-39-14-20

Статья поступила в редакцию 17.02.2026; одобрена после рецензирования 13.05.2026; принята к публикации 19.06.2026.
The article was submitted 17.02.2026; approved after reviewing 13.05.2026; accepted for publication 19.06.2026.

Информация об авторах:

Татьяна Анатольевна Гайдина *— директор центра реализации образовательных программ Института клинической медицины, доцент кафедры дерматовенерологии им. акад. Ю.К. Скрипкина Института клинической медицины; врач-дерматовенеролог, косметолог консультативно-диагностического отделения с дневным стационаром (поликлиника), доцент, кандидат медицинских наук, doc429@yandex.ru, ORCID 0000-0001-8485-3294;* ***Ольга Юрьевна Милушкина*** *— проректор по учебной работе, директор Института профилактической медицины; заведующая кафедрой гигиены им. З.П. Соловьева Института профилактической медицины, член-корреспондент РАН, профессор, доктор медицинских наук, olmilushkina@mail.ru, ORCID 0000-0001-6534-7951;* ***Наталья Александровна Скоблина*** *— профессор кафедры гигиены им. З.П. Соловьева Института профилактической медицины, профессор, доктор медицинских наук, skoblina_dom@mail.ru, ORCID 0000-0001-7348-9984.*

Information about the authors:

Tatiana A. Gaydina *— Director of the Center for the Implementation of Educational Programs of the Institute of Clinical Medicine, Associate Professor of the Department of Dermatovenereology n. a. Academician Yu.K. Skripkin of the Institute of Clinical Medicine, Dermatovenerologist and Cosmetologist of the Consultative and Diagnostic Division with a Day Hospital (Polyclinic), Associate Professor, PhD, doc429@yandex.ru, ORCID 0000-0001-8485-3294;* ***Olga Yu. Milushkina*** *— Vice-Rector for Academic Affairs, Director of the Institute of Preventive Medicine; Head of the Department of Hygiene n. a. Z.P. Solovyov of the Institute of Preventive Medicine, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, DSc, olmilushkina@mail.ru, ORCID 0000-0001-6534-7951;* ***Natalia A. Skoblina*** *— Professor of the Z.P. Solovyov Department of Hygiene of the Institute of Preventive Medicine, Professor, DSc, skoblina_dom@mail.ru, ORCID 0000-0001-7348-9984.*

УДК 616-056.52
EDN: NPTFCQ
https://doi.org/10.15275/ssmj2203372

Оригинальная статья
Original article

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ ПРОФИЛАКТИКА МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ОЖИРЕНИЯ: ОСОБЕННОСТИ ЛАБОРАТОРНОГО СКРИНИНГА У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

И.А. Лапик, Т.Ю. Тармаева, Д.Б. Никитюк

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия

PERSONALIZED PREVENTION OF OBESITY-RELATED METABOLIC COMPLICATIONS: LABORATORY SCREENING CHARACTERISTICS IN MEN AND WOMEN ACROSS AGE GROUPS

I.A. Lapik, I.Yu. Tarmaeva, D.B. Nikitjuk

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

Для цитирования: ***Лапик И.А., Тармаева И.Ю., Никитюк Д.Б.*** **Персонализированная профилактика метаболических осложнений ожирения: особенности лабораторного скрининга у мужчин и женщин разных возрастных групп. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 372-379. EDN: NPTFCQ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203372**

Аннотация. *Цель:* выявить особенности возрастных изменений метаболического профиля у мужчин и женщин с ожирением. *Материал и методы*. Проведен ретроспективный анализ базы данных лабораторных показателей 5247 обследований пациентов с ожирением в возрасте 30–59 лет в ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи». Для анализа возрастной динамики все обследованные разделены на 3 возрастные группы: 30–39 лет (*n*=817: 511 женщин, 306 мужчин), 40–49 лет (*n*=1841: 1261 женщина, 580 мужчин) и 50–59 лет (*n*=2589: 2024 женщины, 565 мужчин). *Результаты***.** У женщин с ожирением между возрастными группами 30–39 и 50–59 лет выявлено повышение уровней глюкозы на 9,2%, гликированного гемоглобина — на 7,5%, триглицеридов — на 22,3%, аланинаминотрансферазы — на 28,4%, γ-глутамилтрансферазы — на 31,3%, щелочной фосфатазы — на 20,5%, мочевины — на 20,0%, а также снижение показателя пролактина на 29,0% и эстрадиола — на 69,4% (*p*<0,001). У мужчин повышение уровней глюкозы (на 8,2%) и гликированного гемоглобина (на 5,6%) наблюдалось между группами 30–39 и 40–49 лет (*p*<0,001). Корреляционный анализ выявил положительные связи уровня инсулина с триглицеридами, глюкозой и мочевой кислотой (*p*<0,001). *Заключение*. У женщин с ожирением критическим является период после 50 лет с формированием комплексных метаболических нарушений. У мужчин основные метаболические нарушения наблюдаются уже в возрасте 30–39 лет, что определяет более ранний критический период для профилактических мероприятий.

Ключевые слова: ожирение, лабораторная диагностика, профилактика, метаболические осложнения ожирения

© Лапик И.А., Тармаева И.Ю., Никитюк Д.Б., 2026

For citation: ***Lapik IA, Tarmaeva IYu, Nikitjuk DB.*** **Personalized prevention of obesity-related metabolic complications: Laboratory screening characteristics in men and women across age groups. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 372-379. (In Russ.) EDN: NPTFCQ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203372**

Abstract. *Objective:* to identify the features of age-related changes in the metabolic profile in men and women with obesity. *Material and methods.* A retrospective analysis of the database of laboratory parameters of 5247 examinations of patients with obesity aged 30–59 years was performed at the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety. To analyze age-related dynamics, all participants were divided into three age groups: 30–39 years (*n*=817: 511 women, 306 men), 40–49 years (*n*=1841: 1261 women, 580 men), and 50–59 years (*n*=2589: 2024 women, 565 men). *Results.* In women with obesity, between the age groups of 30–39 and 50–59 years, increases were found in glucose by 9.2%, glycated hemoglobin by 7.5%, triglycerides by 22.3%, alanine aminotransferase by 28.4%, γ-glutamyl transferase by 31.3%, alkaline phosphatase by 20.5%, and urea by 20.0%, as well as a decrease in prolactin by 29.0% and estradiol by 69.4% (p<0.001). In men, increases in glucose (by 8.2%) and glycated hemoglobin (by 5.6%) were observed between the 30–39 and 40–49 years age groups (p<0.001). Correlation analysis revealed positive associations of insulin levels with triglycerides, glucose, and uric acid (p<0.001). *Conclusion.* In women with obesity, the critical period is after 50 years of age, characterized by the development of complex metabolic disturbances. In men, the main metabolic alterations are already observed at 30–39 years, indicating an earlier critical window for preventive interventions.

Keywords: obesity, laboratory diagnostics, prevention, obesity-related metabolic complications

Введение. Распространенность ожирения в мире приобрела характер глобальной эпидемии, представляющей серьезную угрозу для общественного здоровья. Согласно исследованию «Глобальное бремя болезней» (Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study, GBD 2021), общая численность взрослых с избыточной массой тела и ожирением достигла 2,11 млрд человек. При сохранении текущих тенденций к 2050 г. число взрослых с ожирением может превысить 3,8 млрд человек [1]. Метаболические осложнения ожирения — дислипидемия, гиперинсулинемия, гипергликемия, гиперурикемия — существенно повышают риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета 2-го типа и ряда других заболеваний [2, 3]. Клиническая значимость ожирения определяется не просто фактом избыточного накопления жировой ткани, а гетерогенностью связанных с ним метаболических нарушений. Характер этих нарушений подвержен значительным возрастным изменениям и имеет половые различия, что подтверждается данными ряда исследований [4–6]. Ключевым звеном, опосредующим эти изменения, выступает инсулинорезистентность, которая рассматривается как интегральный механизм метаболических осложнений ожирения, формирующий сеть патогенетических связей с показателями углеводного, липидного и пуринового обменов [7, 8]. Однако половые особенности возрастной динамики лабораторных показателей, отражающих эти метаболические нарушения, у пациентов с ожирением трудоспособного возраста в настоящее время недостаточно изучены.

Цель — выявить особенности возрастных изменений метаболического профиля у мужчин и женщин с ожирением.

Материал и методы. Проведен ретроспективный анализ лабораторных показателей пациентов с ожирением, обследованных в клинике ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» в период с 2021 по 2025 г. Критериями включения являлись возраст от 30 до 59 лет, наличие ожирения (индекс массы тела ≥30 кг/м^2). В итоговый анализ включено 5247 записей обследований: 3796 (72,3%) женщин и 1451 (27,7%) мужчины. Для анализа возрастной динамики все обследованные были разделены на 3 возрастные группы: 30–39 лет (*n*=817: 511 женщин, 306 мужчин), 40–49 лет (*n*=1841: 1261 женщина, 580 мужчин) и 50–59 лет (*n*=2589: 2024 женщины, 565 мужчин). Оценивали следующие лабораторные показатели: биохимические — глюкоза, гликированный гемоглобин (HbA_{1c}), общий холестерин (ОХС), липопротеины: низкой (ЛПНП) и высокой плотности (ЛПВП), триглицериды (ТГ), мочевую кислоту, аланинаминотрансферазу (АЛТ), аспартатаминотрансферазу (АСТ), γ-глутамилтрансферазу (ГГТ), щелочную фосфатазу (ЩФ), мочевину, креатинин, общий белок, альбумин, билирубин, ферритин; гормональные — инсулин, тиреотропный гормон (ТТГ), паратгормон, пролактин, эстрадиол, тестостерон; витаминно-минеральные — 25-гидроксивитамин *D*, или кальцидиол (25(OH)D), витамин B_{12}, фолиевую кислоту, железо, калий, натрий, хлор, кальций общий, кальций ионизированный, магний.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics версии 27.0 (IBM, США). Проверку нормальности распределения количественных признаков осуществляли посредством критерия Шапиро–Уилка. В связи с отклонением распределения большинства изучаемых параметров от нормального данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала — *Me* [Q_1; Q_3]. Сравнение 2 независимых групп выполняли с помощью *U*-критерия Манна–Уитни. Для множественных межгрупповых сравнений использовали критерий Краскела–Уоллиса. При выявлении статистически значимых различий проводили post-hoc-попарные сравнения с применением *U*-критерия Манна–Уитни. Для коррекции на множественные сравнения применяли метод Бонферрони. Оценку взаимосвязи между изучаемыми показателями проводили с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Различия считали статистически значимыми при p<0,05.

Результаты. ***Результаты анализа биохимического статуса.*** При анализе лабораторных показателей в зависимости от пола и возраста установлены статистически значимые различия между возрастными группами как у мужчин, так и у женщин (выделено в табл. 1 с.374 и далее). У женщин с ожирением отмечалось ухудшение метаболического профиля при переходе от возрастной группы 30–39 лет к группе 50–59 лет, что проявлялось повышением уровней глюкозы, HbA_{1c}, триглицеридов, АЛТ, ГГТ, ЩФ и мочевины (p<0,001). У мужчин наиболее выраженные изменения большинства показателей наблюдались

Ответственный автор — Ирина Александровна Лапик
Corresponding author — Irina A. Lapik
E-mail: Lapik_@inbox.ru

Таблица 1

Биохимические показатели крови у пациентов с ожирением, *Me* [Q_1; Q_3]

Показатель	Пол	Возраст, лет			*p*
		30–39	40–49	50–59	
Глюкоза, ммоль/л	Муж.	5,23 [4,94; 5,74]	5,60 [5,14; 6,20]	5,66 [5,21; 6,36]	<0,001
	Жен.	5,04 [4,70; 5,38]	5,28 [4,88; 5,67]	5,50 [5,12; 6,05]	
HbA_{1c}, %	Муж.	5,40 [5,10; 5,70]	5,70 [5,40; 6,00]	5,70 [5,40; 6,20]	
	Жен.	5,30 [5,10; 5,60]	5,50 [5,20; 5,80]	5,70 [5,40; 6,10]	
ОХС, ммоль/л	Муж.	5,20 [4,52; 5,86]	5,44 [4,81; 6,20]	5,38 [4,49; 6,16]	0,039
	Жен.	5,40 [4,66; 6,05]	5,44 [4,73; 6,21]	5,69 [4,83; 6,47]	<0,001
ЛПНП, ммоль/л	Муж.	3,38 [2,76; 3,88]	3,60 [2,98; 4,26]	3,51 [2,87; 4,23]	0,018
	Жен.	3,31 [2,92; 3,95]	3,46 [2,95; 4,09]	3,58 [2,98; 4,34]	0,003
ЛПВП, ммоль/л	Муж.	1,18 [1,02; 1,37]	1,18 [1,01; 1,39]	1,19 [1,03; 1,38]	0,882
	Жен.	1,45 [1,21; 1,72]	1,36 [1,16; 1,62]	1,43 [1,22; 1,69]	<0,001
ТГ, ммоль/л	Муж.	1,46 [1,08; 2,10]	1,73 [1,26; 2,59]	1,64 [1,14; 2,37]	0,001
	Жен.	1,15 [0,81; 1,74]	1,29 [0,93; 1,76]	1,40 [1,00; 2,00]	<0,001
Мочевая кислота, мкмоль/л	Муж.	383,9 [314,0; 445,3]	405,8 [353,1; 461,4]	378,8 [329,6; 446,5]	0,006
	Жен.	299,7 [250,4; 359,4]	305,4 [257,0; 356,3]	317,9 [268,5; 372,8]	0,002
АЛТ, Ед/л	Муж.	33,1 [22,4; 52,2]	36,0 [24,2; 54,3]	31,5 [21,4; 47,2]	0,047
	Жен.	19,0 [14,4; 28,3]	19,4 [14,6; 29,0]	24,4 [18,2; 35,1]	<0,001
АСТ, Ед/л	Муж.	25,8 [21,6; 35,2]	28,5 [22,4; 37,8]	27,7 [22,2; 35,8]	0,157
	Жен.	20,5 [17,3; 25,8]	20,2 [17,3; 25,2]	23,2 [19,4; 29,4]	<0,001
ГГТ, Ед/л	Муж.	33,4 [23,2; 50,2]	45,5 [29,8; 78,5]	39,5 [27,8; 56,9]	<0,001
	Жен.	19,8 [14,9; 31,0]	21,4 [16,4; 30,6]	26,0 [18,9; 36,8]	<0,001
ЩФ, Ед/л	Муж.	68,0 [59,8; 82,0]	68,5 [56,0; 83,2]	67,4 [56,1; 81,0]	0,585
	Жен.	59,5 [48,5; 71,8]	61,1 [49,0; 73,2]	71,7 [60,1; 85,8]	<0,001
Мочевина, ммоль/л	Муж.	4,95 [4,34; 5,57]	4,87 [4,28; 5,67]	5,19 [4,42; 6,34]	0,014
	Жен.	4,14 [3,57; 4,81]	4,24 [3,69; 4,93]	4,97 [4,19; 5,73]	<0,001
Креатинин, мкмоль/л	Муж.	87,2 [78,8; 97,0]	86,6 [77,8; 95,3]	89,0 [80,5; 96,0]	0,327
	Жен.	71,5 [66,0; 76,6]	71,6 [65,4; 78,0]	72,3 [65,5; 80,2]	0,050
Общий белок, г/л	Муж.	72,7 [70,4; 75,5]	73,5 [70,8; 76,8]	72,6 [70,0; 76,2]	0,182
	Жен.	72,5 [69,7; 74,8]	71,0 [68,2; 73,9]	72,2 [69,3; 74,8]	<0,001
Альбумин, г/л	Муж.	43,7 [41,8; 45,9]	43,6 [41,4; 45,3]	43,1 [41,2; 45,5]	0,356
	Жен.	42,3 [40,3; 44,4]	41,3 [39,7; 43,1]	42,2 [40,7; 43,8]	<0,001
Билирубин, мкмоль/л	Муж.	14,4 [11,0; 18,7]	16,2 [12,4; 20,6]	15,5 [12,4; 19,9]	0,046
	Жен.	11,6 [8,9; 14,9]	11,8 [9,4; 16,0]	12,1 [9,9; 15,1]	0,081
Ферритин, нг/мл	Муж.	147,3 [73,9; 289,8]	246,8 [132,1; 423,1]	163,6 [96,4; 239,0]	0,067
	Жен.	31,2 [14,6; 64,9]	28,8 [12,2; 64,5]	50,6 [19,9; 107,3]	<0,001

уже при переходе от возрастной группы 30–39 лет к группе 40–49 лет.

Уровень глюкозы прогрессивно повышался с возрастом у пациентов обоих полов (рис. 1). У женщин основной прирост наблюдался на всем протяжении изучаемого периода: с 5,04 ммоль/л в группе 30–39 лет до 5,28 ммоль/л в 40–49 лет и 5,50 ммоль/л в группе 50–59 лет (+9,2%; $p<0,001$). Все попарные сравнения оставались значимыми после поправки Бонферрони ($p<0,005$), свидетельствуя о непрерывном нарастании гликемии. У мужчин повышение глюкозы носило иной характер: основной прирост наблюдался при переходе от возрастной группы 30–39 лет к таковой 40–49 лет (с 5,23 до 5,60 ммоль/л; $p<0,001$), тогда как между группами 40–49 и 50–59 лет различия не достигали статистической значимости ($p=0,227$).

Аналогичная динамика отмечена для уровней HbA_{1c}. У женщин повышение HbA_{1c} с 5,3 до 5,7% (+7,5%) было значимым для всех попарных сравнений ($p<0,001$), указывая на непрерывное нарастание показателя. У мужчин основной прирост наблюдался при переходе от возрастной группы 30–39 лет к таковой 40–49 лет (с 5,4 до 5,7%; $p<0,001$), тогда как в старшей возрастной группе уровень HbA_{1c} стабилизировался ($p>0,05$). Липидный профиль также демонстрировал возрастные изменения, различающиеся в

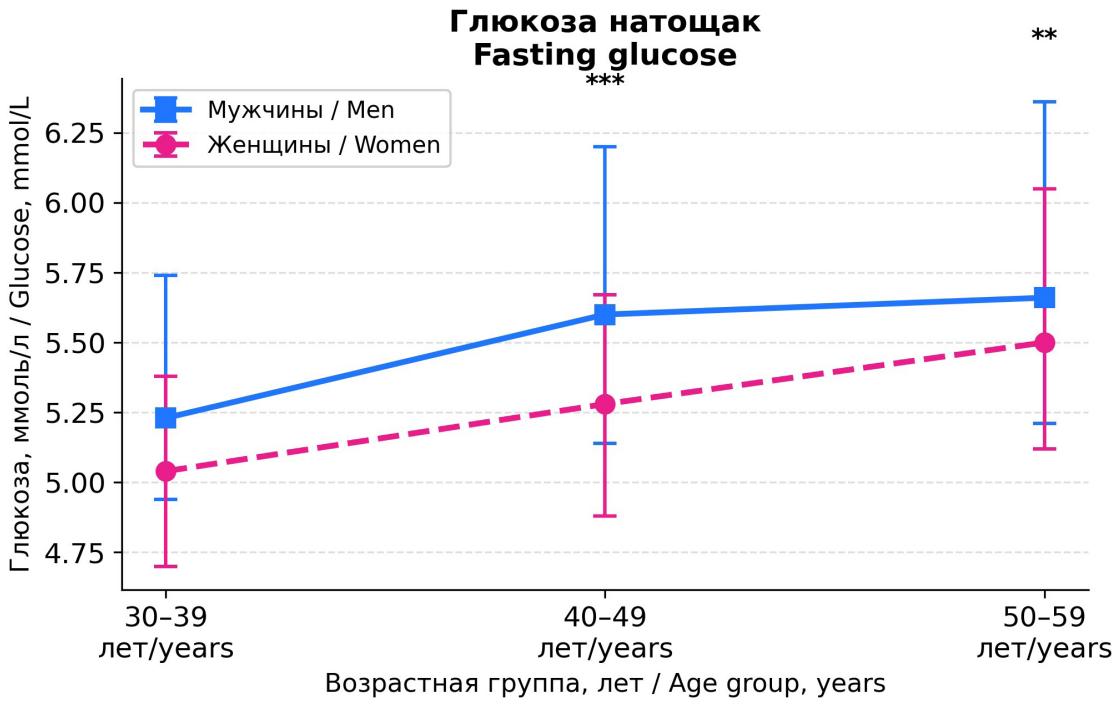


Рис. 1. Уровень глюкозы у мужчин и женщин с ожирением по возрастным группам

зависимости от пола (табл. 2, рис. 2 на с.376). У женщин выявлено значимое повышение триглицеридов с 1,15 до 1,40 ммоль/л (+22,3%; p<0,001), наиболее выраженное при переходе от возрастной группы 40–49 лет к таковой 50–59 лет (p<0,001). Уровень ОХС повышался с 5,40 до 5,69 ммоль/л (+5,3%; p<0,001). У мужчин триглицериды достигали максимальных значений уже в 40–49 лет, увеличиваясь с 1,46 до 1,73 ммоль/л (p<0,001), со снижением до 1,64 ммоль/л в группе 50–59 лет (p>0,05 по сравнению с группой 40–49 лет). Уровень ЛПВП был стабильно выше у женщин (1,36–1,45 ммоль/л) по сравнению с мужчинами (1,18–1,19 ммоль/л; p<0,001 во всех группах).

Одним из ключевых наблюдений стала разнонаправленная возрастная динамика печеночных ферментов у мужчин и женщин. У последних в группе 50–59 лет по сравнению с таковой 30–39 лет наблюдалось значимое повышение АЛТ на 28,4% (с 19,0 до 24,4 Ед/л; p<0,001), АСТ — на 13,2% (с 20,5 до 23,2 Ед/л; p<0,001), ГГТ — на 31,3% (с 19,8 до 26,0 Ед/л; p<0,001) и ЩФ — на 20,5% (с 59,5 до 71,7 Ед/л; p<0,001). При этом повышение всех указанных показателей происходило преимущественно при переходе от возрастной группы 40–49 лет к таковой 50–59 лет, тогда как между группами 30–39 и 40–49 лет значимых изменений не выявлено. У мужчин показатели АЛТ (33,1 Ед/л) и АСТ (25,8 Ед/л) уже в группе 30–39 лет оказались выше, чем у женщин (p<0,001). В старших возрастных группах статистически значимого повышения данных ферментов у мужчин не выявлено (p>0,05). Уровень ГГТ у мужчин повышался до 40–49 лет, достигнув максимальных значений 45,5 Ед/л, которые на 36% выше,

Таблица 2

Гормональный статус пациентов с ожирением, *Me* [Q_1; Q_3]

Показатель	Пол	Возраст, лет			*p*
		30–39	40–49	50–59	
Инсулин, мкМЕ/мл	Муж.	10,7 [8,2; 15,6]	12,5 [7,8; 20,6]	11,7 [7,4; 18,5]	0,519
	Жен.	9,87 [6,62; 16,12]	9,30 [6,01; 13,55]	10,1 [6,4; 14,7]	0,214
ТТГ, мкМЕ/мл	Муж.	1,57 [1,08; 2,21]	1,46 [1,01; 2,06]	1,46 [0,97; 2,06]	0,538
	Жен.	1,63 [1,18; 2,34]	1,62 [1,11; 2,32]	1,62 [1,08; 2,37]	0,883
Паратгормон, пг/мл	Муж.	42,2 [29,6; 58,5]	41,2 [32,0; 54,4]	45,3 [36,8; 59,9]	0,185
	Жен.	41,8 [29,4; 52,7]	41,1 [32,0; 52,8]	43,3 [34,0; 57,4]	0,038
Пролактин, мМЕ/л	Муж.	214,5 [160,5; 279,5]	179,0 [141,8; 220,2]	185,0 [142,0; 255,5]	0,109
	Жен.	279,0 [207,0; 414,5]	268,0 [184,5; 375,5]	198,0 [146,2; 264,8]	<0,001
Эстрадиол, пмоль/л	Жен.	55,0 [35,5; 113,9]	54,9 [29,8; 100,4]	16,8 [10,2; 24,7]	<0,001
Тестостерон, нмоль/л	Муж.	9,71 [6,96; 12,99]	9,78 [6,92; 13,04]	9,96 [7,65; 13,68]	0,536
	Жен.	1,34 [1,06; 1,68]	1,60 [1,21; 2,70]	–	0,181

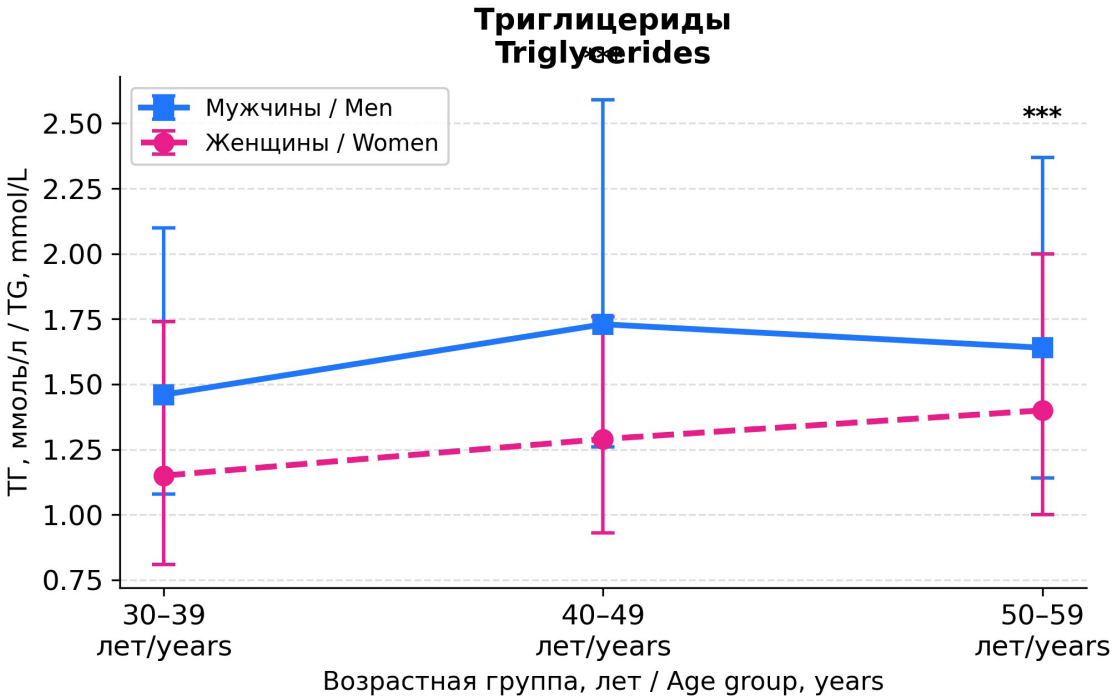


Рис. 2. Уровень триглицеридов у мужчин и женщин с ожирением

чем в 30–39 лет; p<0,001. После 49 лет уровень ГГТ снижался, однако статистически значимых различий между группами 40–49 и 50–59 лет не обнаружено (*p*>0,05). Динамика мочевой кислоты в возрастных группах представлена на рис. 3. У мужчин уровень мочевой кислоты в сыворотке крови оставался высоким во всех возрастных группах, достигая максимальных значений в 40–49 лет (405,8 мкмоль/л). У женщин отмечено статистически значимое повышение данного показателя после 50 лет: с 305,4 до 317,9 мкмоль/л (*p*=0,002).

Результаты анализа гормонального статуса. Наряду с изменениями биохимических показателей существенные возрастные и половые различия выявлены при анализе гормонального профиля (табл. 2).

Уровень инсулина не демонстрировал значимых возрастных изменений ни у мужчин (10,7–

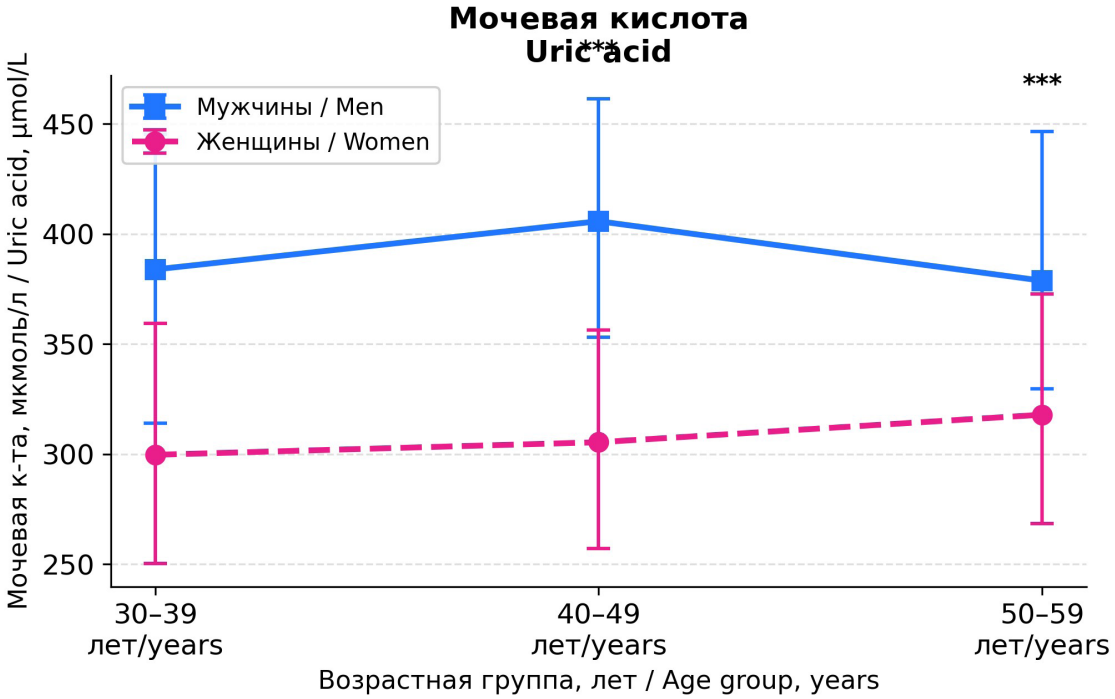


Рис. 3. Уровень мочевой кислоты у мужчин и женщин с ожирением

12,5 мкМЕ/мл; p=0,519), ни у женщин (9,3–10,1 мкМЕ/мл; p=0,214), что свидетельствует о стабильности компенсаторной гиперинсулинемии при ожирении на протяжении изучаемого возрастного диапазона. При сравнительном анализе между полами, однако, выявлены следующие различия: в возрасте 40–49 лет уровень инсулина у мужчин был выше, чем у женщин (12,5 и 9,3 мкМЕ/мл; p<0,001). Наиболее выраженные возрастные изменения гормональных показателей обнаружены у женщин. Уровень эстрадиола резко снижался с 55,0 пмоль/л в 30–39 лет до 16,8 пмоль/л в 50–59 лет (−69,4%; p<0,001). Пролактин за тот же период уменьшился с 279 до 198 мМЕ/л (−29,0%; p<0,001).

Результаты анализа микронутриентного статуса. Анализ витаминно-минерального статуса у обследованных пациентов с ожирением показал значительную распространенность дефицитных состояний, имеющих половые и возрастные особенности (табл. 3).

Наиболее частым нарушением являлась недостаточность витамина *D*: уровень 25(OH)D ниже 30 нг/мл был установлен у 51,1% обследованных, в том числе выраженный дефицит (<20 нг/мл) — у 20,4%. У мужчин частота субоптимального уровня 25(OH)D (<30 нг/мл) составила 55,8%, у женщин — 49,7%. У мужчин наблюдалась тенденция к нарастанию дефицита с возрастом: в группе 30–39 лет уровень 25(OH)D<20 нг/мл выявлен у 14,5%, в группе 40–49 лет — у 26,0%, в группе 50–59 лет — у 31,4%. У женщин частота дефицита была максимальной в возрасте 40–49 лет: 21,4% при сравнении с 13,8% — в группе 30–39 лет. Выраженный дефицит витамина B_{12} обнаружен у 12,2% обследованных. Наибольшая частота дефицита отмечена у мужчин 30–39 лет — 20,0%. Дефицит фолиевой кислоты установлен у 5,6%, при этом у мужчин 30–39 лет его частота достигала 20,0%, а у женщин того же возраста — 2,6%. Гипомагниемия регистрирована у 11,0% пациентов, у мужчин чаще, чем у женщин: 14,1% против 9,9%. В возрасте 30–39 лет снижение магния встречалось редко (5,0% — у мужчин, 2,2% — у женщин), тогда как в группе 40–49 лет его частота резко возрастала до 17,5% у мужчин и 15,1% — у женщин. Снижение уровня сывороточного железа отмечено у 13,6% мужчин и 10,8% женщин. У последней категории выявлена статистически значимая возрастная динамика: частота сниженного железа была максимальной в возрасте 30–39 лет — 16,8% и снижалась к 50–59 годам до 7,9%; p=0,007), что, вероятно, связано с прекращением менструальных кровопотерь в перименопаузальный период. У мужчин частота дефицита железа оставалась относительно стабильной во всех возрастных группах (12,3–14,9%). Концентрация железа в сыворотке была выше у мужчин, чем у женщин, во всех возрастных группах. У женщин уровень железа оставался стабильным в 30–49 лет (приблизительно 18,5 мкмоль/л) и снижался после 50 лет (до 17,9 мкмоль/л). У мужчин отмечено повышение железа с возрастом: с 19,9 мкмоль/л в 30–39 лет до 21,4 мкмоль/л — в 50–59 лет. Уровни кальция и калия у подавляющего большинства пациентов находились в пределах референсных значений. Гипокальциемия отмечена у 3,5%, гипокалиемия зарегистрирована у 1,1% пациентов. Уровень натрия у женщин повышался с возрастом: с 138,1 ммоль/л в группе 30–39 лет до 139,7 ммоль/л — в группе 50–59 лет (p<0,001). Концентрация кальция у женщин после 50 лет была выше, чем в более молодых возрастных группах (p<0,001), у мужчин изменений данного показателя с возрастом не выявлено.

Таблица 3

Микронутриентный статус пациентов с ожирением, *Me* [Q_1; Q_3]

Показатель	Пол	Возраст, лет			p
		30–39	40–49	50–59	
25(OH)D, нг/мл	Муж.	29,0 [22,8; 35,0]	29,8 [20,2; 35,4]	27,4 [15,6; 34,0]	0,377
	Жен.	32,3 [24,1; 39,9]	29,3 [21,6; 38,6]	29,6 [21,9; 37,3]	0,196
Витамин B_{12}, пг/мл	Муж.	279,0 [225,0; 510,0]	387,0 [295,8; 523,0]	378,0 [239,2; 554,8]	0,545
	Жен.	346,5 [229,5; 561,0]	306,0 [221,0; 447,5]	350,0 [267,0; 507,0]	0,123
Фолиевая кислота, нг/мл	Муж.	6,71 [3,65; 9,63]	9,20 [6,18; 15,08]	7,42 [4,74; 12,60]	0,167
	Жен.	9,86 [5,71; 12,85]	9,59 [5,37; 13,89]	9,00 [6,08; 12,88]	0,962
Железо, мкмоль/л	Муж.	19,9 [15,6; 24,5]	20,8 [16,0; 24,8]	21,4 [16,1; 26,7]	0,421
	Жен.	18,4 [12,6; 23,8]	18,5 [13,2; 23,8]	17,9 [13,7; 22,4]	0,821
Калий, ммоль/л	Муж.	4,28 [4,08; 4,54]	4,38 [4,15; 4,62]	4,40 [4,15; 4,58]	0,172
	Жен.	4,27 [4,07; 4,51]	4,29 [4,08; 4,49]	4,32 [4,13; 4,56]	0,003
Натрий, ммоль/л	Муж.	139,0 [137,9; 140,5]	138,7 [137,5; 139,8]	139,5 [138,1; 141,1]	
	Жен.	138,1 [137,0; 139,7]	138,4 [137,2; 139,6]	139,7 [138,4; 141,0]	<0,001
Хлор, ммоль/л	Муж.	103,1 [101,9; 104,6]	102,4 [100,7; 103,7]	102,7 [101,1; 104,5]	
	Жен.	103,9 [102,4; 105,1]	103,8 [102,4; 105,2]	103,9 [102,4; 105,4]	0,704
Кальций, ммоль/л	Муж.	2,39 [2,28; 2,45]	2,46 [2,38; 2,54]	2,44 [2,40; 2,48]	0,061
	Жен.	2,40 [2,35; 2,48]	2,37 [2,31; 2,44]	2,42 [2,34; 2,49]	<0,001
Магний, ммоль/л	Муж.	0,86 [0,81; 0,91]	0,85 [0,81; 0,89]	0,83 [0,79; 0,87]	0,523
	Жен.	0,85 [0,80; 0,88]	0,83 [0,79; 0,88]	0,85 [0,82; 0,89]	0,124

Результаты корреляционного анализа. Выявлены положительные корреляции инсулина с триглицеридами (ρ=+0,365 у мужчин, +0,420 у женщин; *p*<0,001), глюкозой (ρ=+0,378 и +0,398; *p*<0,001) и мочевой кислотой (ρ=+0,336 и +0,365; *p*<0,001). Отрицательные корреляции инсулина установлены с ЛПВП (ρ=–0,373 и –0,351; *p*<0,001).

Обсуждение. Проведенное исследование выявило выраженные половые различия в возрастной динамике метаболических нарушений у пациентов с ожирением. У мужчин основные метаболические нарушения (гипертриглицеридемия, гиперурикемия, повышение ГГТ, снижение ЛПВП) наблюдаются уже в возрасте 30–39 лет и достигают максимальных значений к 40–49 годам. У женщин до 50 лет метаболический профиль остается относительно стабильным, а наиболее выраженные изменения регистрируются после 50 лет на фоне снижения эстрадиола и пролактина. Эти данные согласуются с результатами зарубежных исследований [4–6], а также находят подтверждение в работах, выполненных на материале российской популяции. Согласно результатам популяционного исследования (*n*=6732), распространенность метаболического синдрома в возрастной группе 35–44 лет значимо выше среди мужчин, тогда как в группе 55–64 лет — среди женщин [9]. В сравнительном исследовании O. Iakunchykova и соавт. показано, что стандартизованная по возрасту распространенность сахарного диабета среди женщин в России почти в 3 раза выше, чем в Норвегии (13,2% против 4,3%). С поправкой на возраст отношение шансов составило 3,66 (95% доверительный интервал 3,13–4,26). Избыточная масса тела и ожирение ассоциированы с 46% межпопуляционной разницы в частоте диабета у женщин. У мужчин значимого влияния ожирения на различия в распространенности диабета не выявлено (отношение шансов 2,01, 95% доверительный интервал 1,68–2,40) [10]. Таким образом, популяционные исследования подтверждают наличие половых возрастных изменений метаболического профиля, однако механизмы, связывающие ожирение, возраст и метаболические нарушения, остаются недостаточно изученными. Для оценки связи инсулинорезистентности с метаболическими нарушениями в настоящей работе проведен корреляционный анализ, который выявил положительные связи между уровнями инсулина и триглицеридов, глюкозы, а также мочевой кислоты. Эти результаты согласуются с современными представлениями о патофизиологии ожирения. В работе I.R. Rangraze и соавт. продемонстрировано, что гиперинсулинемия является не только сопутствующим маркером, но и ключевым патогенетическим звеном в развитии кардиометаболических осложнений, включая дислипидемию и гипергликемию [11]. В исследовании X. Xia и соавт. 2026 г. показана взаимосвязь гиперинсулинемии, гиперурикемии и сахарного диабета 2-го типа, что подтверждает результаты нашего корреляционного анализа [12].

Выявленные возрастные и половые различия в метаболическом профиле имеют практическое значение для профилактики и лечения метаболических осложнений ожирения. У мужчин уже в возрасте 30–39 лет формируются основные нарушения углеводного, липидного и пуринового обменов, поэтому именно этот возрастной период следует считать критическим для активного вмешательства. Мужчинам рекомендуется ранний скрининг уровня глюкозы, липидного профиля, мочевой кислоты и печеночных ферментов с последующей коррекцией образа жизни, диетотерапией и при необходимости назначением медикаментозной терапии. У женщин до 50 лет метаболический профиль остается относительно стабильным, однако профилактический скрининг целесообразно начинать с 40 лет. После 50 лет на фоне снижения эстрадиола и пролактина регистрируется ухудшение биохимических показателей, что требует усиленного лабораторного контроля не реже раза в год. С учетом выраженных метаболических изменений в постменопаузе диетотерапия должна быть направлена на коррекцию инсулинорезистентности, снижение потребления простых углеводов и насыщенных жиров, а также контроль калорийности рациона. В отдельных случаях может рассматриваться вопрос о медикаментозной терапии. Таким образом, дифференцированный подход к лабораторному мониторингу, диетотерапии и медикаментозной поддержке с учетом пола и возраста позволяет своевременно выявлять и предотвращать развитие метаболических осложнений у пациентов с ожирением.

Заключение. У пациентов с ожирением выявлены половые различия в возрастной динамике лабораторных показателей. У мужчин метаболические нарушения формируются уже в 30–39 лет, что определяет необходимость раннего профилактического вмешательства. У женщин наиболее значимые изменения биохимического профиля происходят в перименопаузальный период после 50 лет на фоне гормональной перестройки. Профилактический скрининг целесообразно начинать с 40 лет с последующим усилением контроля биохимических показателей после 50 лет. Корреляционный анализ показал участие гиперинсулинемии в развитии дислипидемии, гипергликемии и гиперурикемии. Полученные данные обосновывают персонализированный подход к лабораторному скринингу и профилактике метаболических осложнений ожирения с учетом возраста и пола пациента. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка и оценка эффективности персонализированных программ профилактики и лечения метаболических осложнений ожирения.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Ввиду специфики статьи — не требуется.

Источник финансирования. Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания (FGMF-2026-0014).

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in underweight and obesity from 1990 to 2022: A pooled analysis of 3663 population-representative studies. Lancet. 2024;403(10431):1027-50. DOI:10.1016/S0140-6736(23)02750-2

2. Tutelyan VA, Nikitjuk DB. Nutritiology and clinical dietetics: National guidelines. Moscow: GEOTAR-Media, 2024; 1008 p. (In Russ.) Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024; 1008 с.

3. Dedov II, Shestakova MV, Melnichenko GA, et al. Interdisciplinary Clinical Practice Guidelines “Management of obesity and its comorbidities”. Obesity and Metabolism. 2021;18(1):5-99. (In Russ.) Дедов И.И., Шестакова М.В.,

Мельниченко Г.А. и др. Междисциплинарные клинические рекомендации «Лечение ожирения и коморбидных заболеваний». Ожирение и метаболизм. 2021;18(1):5-99. DOI:10.14341/omet12714

4. Ross R, Neeland IJ, Yamashita S, et al. Waist circumference as a vital sign in clinical practice: A consensus statement from the IAS and ICCR Working Group. Nat Rev Endocrinol. 2020;16(3):177-89. DOI:10.1038/s41574-019-0310-7

5. D'Abbondanza M, Cefalo CMA, Aiello V, et al. Very low-carbohydrate ketogenic diet for the treatment of severe obesity and associated non-alcoholic fatty liver disease: The role of sex differences. Nutrients. 2020;12(9):2748. DOI:10.3390/nu12092748

6. Sergi G, Dianin M, Bertocco A, et al. Gender differences in the impact of metabolic syndrome components on mortality in older people: A systematic review and meta-analysis. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2020;30(9):1452-64. DOI:10.1016/j.numecd.2020.04.034

7. Choo YN, Ravi RN, Subramaniyan V. Insulin resistance induced by obesity: Mechanisms, metabolic implications and therapeutic approaches. Mol Biol Rep. 2026;53(1):357. DOI:10.1007/s11033-026-11509-3

8. Chen J, Rodriguez AY, Williams KT, et al. Obesity's systemic impact: Exploring molecular and physiological links to diabetes, cardiovascular disease, and heart failure. Front Endocrinol (Lausanne). 2025;16:1681766. DOI:10.3389/fendo.2025.1681766

9. Balanova YuA, Imaeva AE, Kutsenko VA, et al. Metabolic syndrome and its associations with socio-demographic and behavioral risk factors in the Russian population aged 25-64 years. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2020;19(4):2600. (In Russ.) Баланова Ю.А., Имаева А.Э., Куценко В.А. и др. Метаболический синдром и его ассоциации с социально-демографическими и поведенческими факторами риска в российской популяции 25–64 лет. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2020;19(4):2600. DOI:10.15829/1728-8800-2020-2600

10. Iakunchykova O, Averina M, Wilsgaard T, et al. What factors explain the much higher diabetes prevalence in Russia compared with Norway? Major sex differences in the contribution of adiposity. BMJ Open Diabetes Res Care. 2021;9(1):e002021. DOI:10.1136/bmjdrc-2020-002021

11. Rangraze IR, El-Tanani M, Arman Rabbani S, et al. Diabetes and its silent partner: A critical review of hyperinsulinemia and its complications. Curr Diabetes Rev. 2025;21(9):e15733998311738. DOI:10.2174/0115733998311738240813110032

12. Xia X, Niu H, Xu C, et al. Revisiting the metabolic crosstalk between type 2 diabetes and hyperuricemia: Pathophysiological insights and therapeutic perspectives. Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis. 2026;1872(2):168102. DOI:10.1016/j.bbadis.2025.168102

Статья поступила в редакцию 16.03.2026; одобрена после рецензирования 15.06.2026; принята к публикации 19.06.2026.
The article was submitted 16.03.2026; approved after reviewing 15.06.2026; accepted for publication 19.06.2026.

Информация об авторах:

Ирина Александровна Лапик *— старший научный сотрудник отделения реабилитационной диетотерапии, кандидат медицинских наук, Lapik_@inbox.ru,* ***ORCID 0000-0002-0963-0792;*** ***Инна Юрьевна Тармаева*** *— заместитель директора по научной и образовательной работе, профессор, доктор медицинских наук, tarmaeva@ion.ru,* ***ORCID 0000-0001-7791-1222;*** ***Дмитрий Борисович Никитюк*** *— директор, академик РАН, профессор, доктор медицинских наук, nikitjuk@ion.ru, ORCID 0000-0002-4968-4517.*

Information about the authors:

Irina A. Lapik *— Senior Researcher of the Rehabilitation Diet Therapy Division, PhD, Lapik_@inbox.ru, ORCID 0000-0002-0963-0792;* ***Inna Yu. Tarmaeva*** *— Deputy Director for Scientific and Educational Work, Professor, DSc, tarmaeva@ion.ru, ORCID 0000-0001-7791-1222;* ***Dmitry B. Nikitjuk*** *— Director, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, DSc, nikitjuk@ion.ru, ORCID 0000-0002-4968-4517.*

УДК 612.66:613.1(985)
EDN: NQDWJD
https://doi.org/10.15275/ssmj2203379

Обзор
Review

ПРЕВЕНТИВНЫЕ МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКОВ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО СТАРЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

О.А. Савченко[1], И.И. Новикова[1], С.П. Романенко[1], Е.Л. Потеряева[1, 2]

[1]ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора, Новосибирск, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия

PREVENTIVE MEASURES TO REDUCE THE RISKS OF PREMATURE AGING IN THE ARCTIC ZONE (SYSTEMATIC REVIEW)

O.A. Savchenko[1], I.I. Novikova[1], S.P. Romanenko[1], E.L. Poteryaeva[1, 2]

[1]Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia;
[2]Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

Для цитирования: ***Савченко О.А., Новикова И.И., Романенко С.П., Потеряева Е.Л.*** **Превентивные меры по снижению рисков преждевременного старения в арктической зоне (систематический обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 379-384. EDN: NQDWJD. https://doi.org/10.15275/ssmj2203379**

Аннотация. *Цель:* выявить ведущие молекулярно-клеточные механизмы преждевременного старения в Арктической зоне и обосновать основные направления его профилактики. *Методика написания обзора*. Проведен систематический поиск оригинальных исследований (экспериментальных на животных моделях и популяционных) за 2010–2025 гг. в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, РИНЦ, eLibrary.ru по ключевым словам, тематически связанным с Арктикой, старением и факторами стресса. По критериям включения для итогового

© Савченко О.А., Новикова И.И., Романенко С.П., Потеряева Е.Л., 2026

анализа отобрано 36 источников. *Заключение*. Ведущими молекулярно-клеточными механизмами преждевременного старения в Арктической зоне являются оксидативный стресс, укорочение теломер, дефицит витамина *D* и десинхроноз. В качестве основных направлений профилактики, обоснованных проанализированными исследованиями, выделены (1) персонифицированная нутритивная коррекция; (2) технологическая защита; (3) светотерапия; (4) предиктивный скрининг.

Ключевые слова: Арктическая зона, оксидативный стресс, дефицит витамина *D*, предиктивно-персонализированная профилактика (4П-медицина), систематический обзор

For citation: *Savchenko OA, Novikova II, Romanenko SP, Poteryaeva EL.* Preventive measures to reduce the risks of premature aging in the Arctic zone (systematic review). Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 379-384. (In Russ.) EDN: NQDWJD. https://doi.org/10.15275/ssmj2203379

Abstract. *Objective:* to identify the leading molecular cell mechanisms of premature aging in the Arctic zone and substantiate the main directions of its prevention. *Review writing methodology*. A systematic search of original studies (experimental on animal models and population-based) published between 2010 and 2025 was conducted in the PubMed, Scopus, Web of Science, RSCI, and eLibrary.ru databases using keywords related to the Arctic, aging, and stress factors. Based on the inclusion criteria, 36 sources were selected for the final analysis. *Conclusion.* The systematic analysis revealed that the leading molecular and cellular mechanisms of premature aging in the Arctic zone are oxidative stress, telomere shortening, vitamin D deficiency, and desynchronosis. The main preventive measures supported by the analyzed studies include: (1) personalized nutritional correction; (2) technological protection; (3) light therapy; (4) predictive screening.

Keywords: Arctic zone, oxidative stress, vitamin D deficiency, predictive and personalized prevention (4P medicine), systematic review

Введение. Арктическая зона Российской Федерации представляет собой территорию, обладающую не только огромным ресурсным потенциалом, но и исключительной уязвимостью экосистемы человека [1]. Освоение этого стратегического региона напрямую зависит от здоровья и трудоспособности населения, вынужденного жить и работать в условиях экстремальных природно-климатических условий. К ним относятся не только критически низкие температуры, но и повышенная интенсивность ультрафиолетового излучения, а также радикальное нарушение фотопериодизма (чередование полярных дня и ночи), ведущее к десинхронозу циркадных ритмов и выраженному дефициту солнечной инсоляции [2, 3]. Этот комплекс действует как хронический полимодальный стрессор [4], который на фундаментальном уровне может потенцировать процессы ускоренного клеточного и биологического старения [5]. Особую группу риска составляют работающие в условиях Арктической зоны вахтовым методом и иное пришлое население [6, 7]. В связи с этим выявление научно обоснованных мер профилактики преждевременного старения становится не только медицинской, но и критически важной социально-экономической задачей для устойчивого развития Арктической зоны России.

Цель — выявить ведущие молекулярно-клеточные механизмы преждевременного старения в Арктической зоне и обосновать основные направления его профилактики.

Методика написания обзора. Проведен систематический обзор оригинальных исследований (экспериментальных на животных моделях и популяционных), опубликованных в период с 1 января 2010 г. по 31 декабря 2025 г. Поиск литературы осуществляли в электронных базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, РИНЦ и eLibrary.ru. Использовали следующие ключевые слова и их комбинации на русском и английском языках: «Арктика» / "Arctic", «старение» / "aging", «окислительный стресс» / "oxidative stress", «теломеры» / "telomeres", «циркадные ритмы» / "circadian rhythms", «холодовой стресс» / "cold stress", «дефицит витамина *D*» / "vitamin D deficiency". Критерии включения: 1) оригинальные исследования (экспериментальные или популяционные), изучающие влияние одного или нескольких арктических природно-климатических условий на маркеры старения, клеточного стресса или связанные с ними молекулярные пути; 2) исследования, проведенные на людях (жителях или вахтовых работниках Арктики) или на животных моделях, имитирующих арктические условия; 3) полнотекстовые статьи, доступные на русском или английском языках. Критерии невключения: обзорные статьи, метаанализы, тезисы конференций, комментарии, статьи без релевантных данных по изучаемым механизмам или профилактическим подходам.

Отбор литературы проводили в соответствии с руководством PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Процесс отбора источников представлен на схеме (рисунок). В итоговый качественный синтез включено 36 оригинальных исследований, соответствующих критериям включения.

Результаты. Проведенный анализ включенных исследований позволил выявить и обобщить ключевые патогенетические механизмы преждевременного старения в Арктике, а также систематизировать данные о направлениях профилактики, изученных в оригинальных работах.

Патогенетические основы ускоренного старения в условиях Арктики. Патогенетические основы преждевременного старения в условиях Арктики предопределены длительным воздействием факторов холодового стресса, особенностей ультрафиолетового излучения, периодической сменой избытка и дефицита солнечной инсоляции, изменением синтеза оксида азота [8].

Холодовой стресс выступает как триггер оксидативного и репликативного истощения [4]. Длительное холодовое воздействие активирует симпато-адреналовую систему и механизмы термогенеза, преимущественно в бурой жировой ткани [9]. Эта энергозатратная адаптация сопровождается стойкой гиперсекрецией кортизола и катехоламинов, а также интенсификацией митохондриального дыхания, что ведет к повышенной генерации реактивных форм кислорода и развитию хронического оксидативного стресса [4]. У коренного населения исторически сформировались генетические механизмы адаптации (например, в генах *UCP1* и *CPT1A*), оптимизирующие энергоэффективность термогенеза [5, 6]. Их отсутствие у пришлого населения повышает метаболическую стоимость адаптации, увеличивая репликативную нагрузку на клетки, создавая предпосылки для ускоренного укорочения теломер — ключевых маркеров репликативного старения [10, 11], а также прогрессирующих взаимосвязанных изменений, которые реализуются через типовые

Ответственный автор — Олег Андреевич Савченко
Corresponding author — Oleg A. Savchenko
E-mail: Savchenkooa1969@mail.ru



PRISMA-методология отбора исследований для систематического обзора

патологические процессы, такие как гипер-, дис-, атрофия, гипер-, мета-, дисплазия, инволюция, необратимое и обратимое повреждение клеток, апоптоз, некроз, клеточное старение, воспаление, фиброз [12].

В периоды полярного дня высокоинтенсивное ультрафиолетовое излучение спектра *B* оказывает повреждающее воздействие на ДНК посредством образования циклобутановых пиримидиновых димеров [13]. Хроническая активация систем репарации ДНК, координируемых белком p53, является мощным индуктором клеточного старения (сенесценции) [11]. Индивидуальные особенности в генах репарации могут определять различную устойчивость генома жителей Арктики к кумулятивным повреждениям [14].

Полярная ночь обусловливает выраженный дефицит витамина *D*, сывороточный уровень которого у населения часто соответствует глубокой недостаточности [15–19]. Витамин *D*, являясь стероидным гормоном, регулирует транскрипцию сотен генов, участвующих в пролиферации, дифференцировке, апоптозе и поддержании целостности генома. Его дефицит коррелирует с более короткой длиной теломер лейкоцитов и рассматривается как независимый прогеронтогенный фактор [20, 21]. Нарушение циркадных ритмов (десинхроноз) приводит к дезинтеграции работы центральных и периферических молекулярных часов, что проявляется митохондриальной дисфункцией, нарушением метаболического гомеостаза и усилением оксидативного стресса [22–24].

Наиболее опасной особенностью арктических природно-климатических условий является не изолированное, а их комбинированное воздействие, эффект которого значительно превышает сумму отдельных влияний. Экспериментальные исследования на животных моделях, имитирующих сочетанное влияние холода, вибрации, шума и химических агентов, характерных для производственной среды, демонстрируют синергическое усиление прогеронтогенных эффектов. Это проявляется в достоверном укорочении теломер [24], выраженных дистрофических изменениях в органах-мишенях (печени, почках, миокарде) и глубоких системных метаболических нарушениях, соответствующих картине ускоренного старения [22, 25]. Подобные данные служат прямым обоснованием того, что реальная среда Арктики является мощным промотором ускоренного старения [26, 27].

Направления профилактики по данным проанализированных исследований. На основе обобщения данных включенных исследований выделены основные направления профилактики, подтвержденные экспериментальными и популяционными работами.

1. Нутритивная коррекция включает комплекс мероприятий по восполнению дефицита витамина *D* с контролем уровня 25(OH)D и последующей персонифицированной дотацией холекальциферола (D_3) в дозах, соответствующих клиническим рекомендациям для северных регионов [21, 28]; реализацию антиоксидантной и противовоспалительной защиты с восполнением потребности в витаминах *C* и *E*, микроэлементах-кофакторах (селене, цинке, меди), биофлавоноидах и ω-3-полиненасыщенных жирных кислот [29, 30]. Экспериментально подтверждена эффективность витаминно-минеральных комплексов в снижении маркеров оксидативного стресса у лабораторных животных в условиях, приближенных к арктическим [25, 30]; обосновано включение в рацион янтарной кислоты и таурина [31–33].

2. Технологическая и эргономическая защита включает использование специальной одежды с системами климат-контроля, пассивных экзоскелетов, динамического контроля за уровнями воздействия факторов производственной среды и трудового процесса [34].

3. Коррекция циркадных ритмов посредством регулярного использования светотерапевтических устройств (лампы полного спектра, ~10 000 люкс) в утренние часы в период полярной ночи способствует ресинхронизации циркадных ритмов, улучшая качество сна, когнитивные функции и психоэмоциональное состояние [35].

4. Предиктивно-персонализированный подход требует интеграции в систему медицинского обеспечения оценки индивидуальной восприимчивости к арктическому стрессу [36]. Методология должна базироваться на генетическом профилировании (полиморфизмы генов, связанных с метаболизмом витамина *D*, антиоксидантной защитой, репарацией ДНК), оценке адаптационного потенциала кардиореспираторной системы (вариабельности сердечного ритма, данных стресс-тестов), определении индекса коморбидности, предиктивном моделировании рисков здоровью и срыва адаптации. Такой подход позволяет формировать для каждого работника индивидуальный профилактический план [36].

Сводный анализ включенных исследований. В таблице представлен анализ ключевых исследований 2010–2025 гг., наглядно демонстрирующих связь

между выявленными патогенетическими механизмами «арктического» старения и мерами профилактики, изученными в оригинальных работах.

Полученные результаты согласуются с концепцией, согласно которой экстремальные природно-климатические факторы Арктики создают уникальную среду с выраженным прогеронтогенным потенциалом. Обсуждаемый синергизм факторов объясняет высокую скорость развития возрастассоциированных изменений у неадаптированного контингента по сравнению с жителями умеренных широт.

Обобщенные данные проанализированных исследований свидетельствуют о том, что комплекс превентивных мер должен носить многоуровневый и персонализированный характер, воздействуя на различные звенья патогенеза. Его основу составляет патогенетическая нутритивная коррекция, направленная на устранение специфических дефицитов (витамина *D*, антиоксидантов, ω-3-полиненасыщенных жирных кислот, таурина) и модуляцию ключевых молекулярных механизмов старения. Технологическая защита (активная терморегуляция, снижение физической нагрузки)

Сводный анализ оригинальных исследований, посвященных механизмам ускоренного старения и мерам профилактики в Арктической зоне

Авторы, год, номер ссылки в списке источников	Тип исследования / модель	Изучаемые факторы / вмешательства	Ключевые результаты, связанные со старением	Изученные меры профилактики
Revich B., Shaposhnikov D., 2010 [2]	Популяционное (экологическое)	Экстремально низкие температуры	Повышенная смертность, нагрузка на сердечно-сосудистую систему	Необходимость технологической защиты от холода
Ветошкин А.С. и др., 2019 [3]	Популяционное (вахтовые работники)	Нарушение ритма освещенности (полярная ночь/день)	Развитие десинхроноза, нарушение сна, снижение когнитивных функций	Применение светотерапии (лампы полного спектра)
Лысенко В.И., 2020 [4]	Обзор экспериментальных данных	Оксидативный стресс как неспецифический фактор	Установлена роль оксидативного стресса в патогенезе повреждений при стрессе	Антиоксидантная терапия как патогенетическое звено
Clemente F.J. et al., 2014 [6]	Популяционно-генетическое	Генетическая адаптация (CPT1A) у коренных народов	Наличие адаптивных аллелей, оптимизирующих метаболизм жиров	Обоснование для персонализированной оценки генетических рисков у пришлого населения
Li L. et al., 2019 [9]	Экспериментальное (молекулярное)	Механизмы термогенеза в бурой жировой ткани	Активация термогенеза ведет к повышенному потреблению кислорода и генерации реактивных форм кислорода	Целевые метаболические корректоры
Richards J.B. et al., 2007 [19]	Популяционное (когортное)	Уровень витамина D в сыворотке крови	Прямая корреляция между уровнем 25(OH)D и длиной теломер лейкоцитов	Коррекция дефицита витамина *D*
Савченко О.А., Новикова И.И., 2025 [22]		Комбинированное воздействие факторов среды (физических и химических)	Укорочение теломер, дистрофические изменения в органах-мишенях, системные метаболические нарушения	–
Савченко О.А., Новикова И.И., Савченко О.А., 2025 [24]	Экспериментальное (животная модель)	Изолированное и комбинированное влияние физических и химических факторов	Доказанное синергическое влияние на укорочение теломер	Необходимость комплексной технологической защиты
Новикова И.И. и др., 2024 [25]		Обогащение рациона витаминно-минеральным комплексом в арктических условиях	Снижение маркеров оксидативного стресса, улучшение морфологических показателей	Нутритивная поддержка (витаминно-минеральные комплексы)
Holick M.F. et al., 2011 [28]	Клинические рекомендации	Дефицит витамина *D*	Установлены критерии диагностики, лечения и профилактики дефицита	Обоснование для дотации витамина *D* в северных регионах
Lobo V. et al., 2010 [29]	Обзор	Роль антиоксидантов	Систематизированы данные о защитной роли антиоксидантов	Включение антиоксидантов в схему нутритивной поддержки
Новикова И.И. и др., 2023 [33]	Пилотное исследование (люди)	Включение витаминно-минерального комплекса в рацион работников Арктики	Улучшение субъективных показателей здоровья, тенденция к нормализации биохимических маркеров	Практическая апробация нутритивной поддержки в реальных условиях
Самарская Н.А., Ильин С.М., Симанович С.В., 2023 [34]	Экономико-гигиеническое	Высокотехнологичные средства индивидуальной защиты	Обоснование экономической и медицинской эффективности	Внедрение технологической защиты как обязательный элемент
Чащин М.В. и др., 2025 [36]	Методологическое / популяционное	Оценка состояния здоровья вахтовых работников	Обоснование необходимости персонализированного подхода на основе генетического и фенотипического профилирования	Парадигма медицины 4П (превентивной, персонализированной, предиктивной, партисипативной)

и светокоррекция циркадных ритмов — необходимые элементы, снижающие нагрузку на адаптационные системы.

Отличительной чертой комплекса мер является акцент на персонализацию, что соответствует современной парадигме медицины 4П (превентивной, персонализированной, предиктивной, партисипативной). Предиктивно-персонализированный подход требует интеграции в систему медицинского обеспечения оценки индивидуальной восприимчивости к арктическому стрессу, представляет собой новое качество профилактической медицины в Арктике. Внедрение предиктивной оценки, основанной на генетических и фенотипических маркерах, позволит перейти от скрининга явной патологии и лечения последствий к превентивному управлению здоровьем на донозологическом этапе.

Важным ограничением для широкого внедрения представленных мер является недостаток масштабных лонгитюдных исследований, валидирующих эффективность конкретных профилактических схем именно в арктических условиях. Перспективы дальнейшей работы связаны с проведением таких исследований для оценки эффективности профилактических схем в естественных условиях Арктической зоны Российской Федерации и валидации биомаркеров «арктического» старения, а также с разработкой адекватных экспериментальных моделей для углубленного изучения молекулярных механизмов. Синтез достижений геронтологии, нутрициологии, генетики и цифровых технологий в рамках персонализированного подхода становятся ключом к сохранению здоровья и профессионального долголетия человека в условиях стратегического освоения Арктики.

Заключение. Систематический анализ показал, что ведущими молекулярно-клеточными механизмами преждевременного старения в Арктической зоне являются оксидативный стресс, укорочение теломер, дефицит витамина *D* и десинхроноз. В качестве основных направлений профилактики, обоснованных проанализированными исследованиями, выделены следующие: (1) персонифицированная нутритивная коррекция (витамин D_3, антиоксиданты, ω-3-полиненасыщенные жирные кислоты, таурин, янтарная кислота); (2) технологическая защита (терморегулируемая спецодежда, экзоскелеты); (3) светотерапия для коррекции циркадных ритмов; (4) предиктивный скрининг (генетические и функциональные маркеры) с формированием индивидуального плана профилактики. Таким образом, обобщенные данные литературы свидетельствуют о том, что реализация перечисленных мер является необходимым условием снижения рисков преждевременного старения и сохранения профессионального долголетия в Арктической зоне Российской Федерации.

Конфликт интересов. Работа выполнена в рамках государственного задания ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «Научное обоснование специфики воздействия природно-климатических факторов, характерных для Арктической зоны, на особенности процессов клеточного старения и мер профилактики, снижающих риски преждевременного старения» (на 2026–2030 гг.).

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

References (Список источников)

1. Provorova AA, Smirennikova EV, Ukhanova AV Population health in the Russian Arctic: problems, challenges, solutions. Arctic and North. 2024;55:161-81. (In Russ.) Проворова А.А., Смиренникова Е.В., Уханова А.В. Здоровье населения российской Арктики: проблемы, вызовы и пути их решения. Арктика и Север. 2024;55:161-81. DOI:10.37482/issn2221-2698.2024.55.161

2. Revich B, Shaposhnikov D. Extreme temperature episodes and mortality in Yakutsk, East Siberia. Rural Remote Health. 2010;10(2):1338. DOI:10.22605/RRH1338

3. Vetoshkin AS, Shurkevich NP, Gapon LI, et al. The role of natural light rhythm in the development of desynchronosis in the conditions of rotational shiftwork in the Arctic. The Siberian Medical Journal. 2019;34(4):91-100. (In Russ.) Ветошкин А.С., Шуркевич Н.П., Гапон Л.И. и др. Роль ритма природной освещенности в формировании десинхроноза в условиях заполярной вахты. Сибирский медицинский журнал. 2019;34(4):91-100. DOI:10.29001/2073-8552-2019-34-4-91-100

4. Lysenko VI. Oxidative stress as a non-specific factor of organ damage pathogenesis (review of literature and own data). Emergency Medicine. 2020;16(1):24-35. (In Russ.) Лысенко В.И. Оксидативный стресс как неспецифический фактор патогенеза органных повреждений (обзор литературы и собственных исследований). Медицина неотложных состояний. 2020;16(1):24-35. DOI:10.22141/2224-0586.16.1.2020.196926

5. Savchenko OA, Novikova II, Plotnikova OV. On occupational factors and premature aging (literature review). Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal. 2024;44(3):41-8. (In Russ.) Савченко О.А., Новикова И.И., Плотникова О.В. О производственных факторах и преждевременном старении (обзор литературы). Сибирский научный медицинский журнал. 2024;44(3):41-8. DOI:10.18699/SSMJ20240304

6. Clemente FJ, Cardona A, Inchley CE, et al. A selective sweep on a deleterious mutation in CPT1A in Arctic populations. Am J Hum Genet. 2014;95(5):584-9. DOI:10.1016/j.ajhg.2014.09.016

7. Talykova LV, Bykov VR. Research on the effects of professional exposure in the Arctic zone (Literature Review). Russian Arctic. 2021;14:41-53. (In Russ.) Талыкова Л.В., Быков В.Р. Исследование эффектов профессионального воздействия в условия Арктической зоны (обзор литературы). Российская Арктика. 2021;14:41-53. DOI:10.24412/2658-4255-2021-3-00-04

8. Siervo M, Stephan BC, Feelisch M, et al. Measurement of in vivo nitric oxide synthesis in humans using stable isotopic methods: A systematic review. Free Radic Biol Med. 2011;51(4):795-804. DOI:10.1016/j.freeradbiomed.2011.05.032

9. Li L, Li B, Li M, Speakman JR. Switching on the furnace: Regulation of heat production in brown adipose tissue. Mol Aspects Med. 2019;68:60-73. DOI:10.1016/j.mam.2019.07.005

10. Aviv A. Telomeres and human aging: facts and fibs. Sci Aging Knowledge Environ. 2004;2004(51):pe43. DOI:10.1126/sageke.2004.51.pe43

11. Rufini A, Tucci P, Celardo I, et al. Senescence and aging: the critical roles of p53. Oncogene. 2013;32(43):5129-43. DOI:10.1038/onc.2012.640

12. Solovev IA, Shaposhnikov MV, Melerzanov AV, et al. Aging as a complex of typical pathophysiological processes. Medical News of North Caucasus. 2019;14(1.2):272-7. (In Russ.) Соловьев И.А., Шапошников М.В., Мелерзанов А.В. и др. Старение как комплекс универсальных патофизиологических процессов. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2019;14(1.2):272-7. DOI:10.14300/mnnc.2019.14033

13. Fraikin GY, Belenikina NS, Rubin AB. Photochemical processes to cellular DNA damage by UV radiation of different wavelengths: Biological consequences. Molecular Biology. 2024;58(1):3-21. (In Russ.) Фрейкин Г.Ю., Беленикина Н.С., Рубин А.Б. Фотохимические процессы, приводящие к повреждению клеточной ДНК ультрафиолетовым излучением различной длины волны: биологические последствия. Молекулярная биология. 2024;58(1):3-21. DOI:10.31857/S0026898424010019

14. Vorobyeva NA, Vorobyeva AI. Cytochrome P-450 and VKORC1 genetic polymorphisms in nenets — an indigenous ethnic group in the Arctic. Human Ecology. 2020;9:11-7. (In Russ.) Воробьева Н.А., Воробьева А.И. Распространенность полиморфизма генов системы цитохрома Р-450 и VKORC1 у ненцев — коренного населения Арктики. Экология человека. 2020;9:11-7. DOI:10.33396 / 1728-0869-2020-9-11-17

15. Avdeeva VA, Suplotova LA, Pigarova EA, et al. Vitamin D deficiency in Russia: the first results of a registered, non-interventional study of the frequency of vitamin D deficiency and insufficiency in various geographic regions of the country. Problems of Endocrinology (Moscow). 2021;67(2):84-92. (In Russ.) Авдеева В.А., Суплотова Л.А., Пигарова Е.А. и др.

Дефицит витамина D в России: первые результаты регистрового неинтервенционного исследования частоты дефицита и недостаточности витамина *D* в различных географических регионах страны. Проблемы эндокринологии (Москва). 2021;67(2):84-92. DOI:10.14341/probl12736

16. Lantsev IE, Gostishcheva EV. Modern Views on the role of vitamin D in the human body. Scientific Review. Medical Sciences. 2022;5:39-45. (In Russ.) Ланец И.Е., Гостищева Е.В. Современные взгляды на роль витамина *D* в организме человека. Научное обозрение. Медицинские науки. 2022;5:39-45. DOI:10.17513/srms.1288

17. Petrenya N, Lamberg-Allardt C, Melhus M. Vitamin D status in a multi-ethnic population of northern Norway: The SAMINOR 2 Clinical Survey. Public Health Nutr. 2020;23(7):1184-95. DOI:10.1017/S1368980018003816

18. Holick MF. Vitamin D deficiency. N Engl J Med. 2007;357(3):266-81. DOI:10.1056/NEJMra070553

19. Richards JB, Valdes AM, Gardner JP, et al. Higher serum vitamin D concentrations are associated with longer leukocyte telomere length in women. Am J Clin Nutr. 2007;86(5):1420-5. DOI:10.1093/ajcn/86.5.1420

20. Manella G, Asher G. The circadian nature of mitochondrial biology. Front Endocrinol (Lausanne). 2016;7:162. DOI:10.3389/fendo.2016.00162

21. López-Armada MJ, Riveiro-Naveira RR, Vaamonde-García C, et al. Mitochondrial dysfunction and the inflammatory response. Mitochondrion. 2013;13(2):106-18. DOI:10.1016/j.mito.2013.01.003

22. Savchenko OA, Novikova II. Evaluation of the influence of production factors on the state of internal organs of model animals in a 180-day experiment. Siberian Scientific Medical Journal. 2025;45(1):109-21. (In Russ.) Савченко О.А., Новикова И.И. Оценка влияния производственных факторов на состояние внутренних органов модельных животных в 180-дневном эксперименте. Сибирский научный медицинский журнал. 2025;45(1):109-21. DOI:10.18699/SSMJ20250112

23. Gampawar P, Schmidt R, Schmidt H. Telomere length in healthy and pathological aging: A systematic review and meta-analysis. Ageing Res Rev. 2022;80:101679. DOI:10.1016/j.arr.2022.101679

24. Savchenko OA, Novikova II, Savchenko OA. Comparative assessment of the isolated effect of physical and chemical factors on the relative length of telomeres in laboratory animals under model conditions. Health Risk Analysis. 2025;1:106-13. (In Russ.) Савченко О.А., Новикова И.И., Савченко О.А. Сравнительная оценка изолированного влияния физических и химических факторов на относительную длину теломер лабораторных животных в модельных условиях. Анализ риска здоровью. 2025;1:106-13. DOI:10.21668/health.risk/2025.1.10

25. Novikova II, Romanenko SP, Savchenko OA, et al. Effect of vitamin and mineral complex enrichment of diet on physiological parameters and behavioral reactions of laboratory animals in experimental conditions of the Arctic zone. Sanitary Doctor. 2024;5:363-74. (In Russ.) Новикова И.И., Романенко С.П., Савченко О.А. и др. Влияние обогащения рациона витаминно-минеральным комплексом на физиологические показатели и поведенческие реакции лабораторных животных в экспериментальных условиях Арктической зоны. Санитарный врач. 2024;5:363-74. DOI:10.33920/med-08-2405-03

26. Deputat IS, Deryabina IN, Nekhoroshkova AN, Gribanov AV. Influence of the climatic and ecological conditions of the North on the aging processes. Journal of Medical and Biological Research. 2017;5(3):5-17. (In Russ.) Депутат И.С., Дерябина И.Н., Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В. Влияние климатоэкологических условий Севера на процессы старения. Журнал медико-биологических исследований. 2017;5(3):5-17. DOI:10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.5

27. Strazhesko ID, Yesakova AP, Akopyan AA, et al. Basic epigenetic mechanisms of aging. Problems of Geroscience. 2023;2:88-93. (In Russ.) Стражеско И.Д., Есакова А.П., Акопян А.А. и др. Эпигенетика старения: основные механизмы. Проблемы геронауки. 2023;2:88-93. DOI:10.37586/2949-4745-2-2023-88-93

28. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: An Endocrine Society clinical practice guideline. J Clin Endocrinol Metab. 2011;96(7):1911-30. DOI:10.1210/jc.2011-0385

29. Lobo V, Patil A, Phatak A, et al. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. Pharmacogn Rev. 2010;4(8):118-26. DOI:10.4103/0973-7847.70902

30. Calder PC. Omega-3 fatty acids and inflammatory processes: From molecules to man. Biochem Soc Trans. 2017;45(5):1105-15. DOI:10.1042/BST20160474

31. Qaradakhi T, Gadanec LK, McSweeney KR, et al. The anti-inflammatory effect of taurine on cardiovascular disease. Nutrients. 2020;12(9):2847. DOI:10.3390/nu12092847

32. Petrova MM, Shimokhina NYu. Contemporary view of the role of taurine in the therapy of metabolic disorders. Experimental and Clinical Gastroenterology. 2022;198(2):148-58. (In Russ.) Петрова М.М., Шимохина Н.Ю. Современный взгляд на роль таурина в терапии метаболических нарушений. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2022;198(2):148-58. DOI:10.31146/1682-8658-ecg-198-2-148-158

33. Novikova II, Romanenko SP, Semenikhina MV, et al. Evaluation of the inclusion of a vitamin and mineral complex in the diet of employees working in the Arctic zone. Russian Arctic. 2023;5(3):40-7. (In Russ.) Новикова И.И., Романенко С.П., Семенихина М.В. и др. Оценка включения витаминно-минерального комплекса в рацион организационного питания работающих в условиях Арктической зоны. Российская Арктика. 2023;5(3):40-7. DOI:10.24412/2658- 4255-2023-3-40-47

34. Samarskaya NA, Ilyin SM, Simanovich SV. Economic aspect of high-tech and innovative personal protective equipment. Russian Journal of Labour Economics. 2023;10(2):343-56. (In Russ.) Самарская Н.А., Ильин С.М., Симанович С.В. Экономический аспект применения высокотехнологичных и инновационных средств индивидуальной защиты. Экономика труда. 2023;10(2):343-56. DOI:10.18334/et.10.2.116983

35. Plitnick B, Figueiro MG, Wood B, Rea MS. The effects of red and blue light on alertness and mood at night. Light Res Technol. 2010;42(4):449-58. DOI:10.1177/1477153509360887

36. Chashchin MV, Samoylova EP, Gapon LI, et al. Current approaches of personalized medicine to the assessment of the health status of workers engaged in shift work in the Far North. Russian journal of occupational health and industrial ecology. 2025;65(8):490-502. (In Russ.) Чащин М.В., Самойлова Е.П., Гапон Л.И. и др. Актуальные подходы персонализированной медицины к оценке состояния здоровья работников, занятых на работах вахтовым методом на Крайнем Севере. Медицина труда и промышленная экология. 2025;65(8):490-502. DOI:10.31089/1026-9428-2025-65-8-490-502

Статья поступила в редакцию 16.01.2026; одобрена после рецензирования 15.05.2026; принята к публикации 19.06.2026.
The article was submitted 16.01.2026; approved after reviewing 15.05.2026; accepted for publication 19.06.2026

Информация об авторах:

Олег Андреевич Савченко *— ведущий научный сотрудник отдела токсикологии с санитарно-химической лабораторией, кандидат биологических наук, Savchenkooa1969@mail.ru, ORCID 0000-0002-7110-7871;* ***Ирина Игоревна Новикова*** *— директор, профессор, доктор медицинских наук, novikova_ii@niig.su, ORCID 0000-0003-1105-471X;* ***Сергей Павлович Романенко*** *— заместитель директора по науке, кандидат медицинских наук, romanenko_sp@niig.su, ORCID 0000-0003-1375-0647;* ***Елена Леонидовна Потеряева*** *— главный научный сотрудник отдела гигиенических исследований; заведующая кафедрой неотложной терапии с эндокринологией и профпатологией, профессор, доктор медицинских наук, sovetmedin@yandex.ru, ORCID 0000-0002-1422-4211.*

Information about the authors:

Oleg A. Savchenko *— Leading Researcher of the Toxicology Department with the Sanitary-Chemical Laboratory, PhD, Savchenkooa1969@mail.ru, ORCID 0000-0002-7110-7871;* ***Irina I. Novikova*** *— Director, DSc, novikova_ii@niig.su, ORCID 0000-0003-1105-471X;* ***Sergey P. Romanenko*** *— Deputy Director for Scientific Work, PhD, Professor, romanenko_sp@niig.su, ORCID 0000-0003-1375-0647;* ***Elena L. Poteryaeva*** *— Chief Researcher of the Department of Hygienic Research; Head of the Department of Emergency Therapy with Endocrinology and Occupational Pathology, Professor, DSc, sovetmedin@yandex.ru, ORCID 0000-0002-1422-4211.*

УДК 614.2:617.7-036.2(470.324)
EDN: PPPJUM
https://doi.org/10.15275/ssmj2203385

Оригинальная статья
Original article

СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

***А.А. Крыжановская*[1, 2], *Ю.Е. Антоненков*[1]**

[1]*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Воронеж, Россия*
[2]*БУЗ ВО «Воронежская областная клиническая офтальмологическая больница», Воронеж, Россия*

STATE AND FORECAST OF THE DEVELOPMENT OF THE OPHTHALMOLOGICAL SERVICE IN THE VORONEZH REGION

***A.A. Kryzhanovskaya*[1, 2], *Yu.E. Antonenkov*[1]**

[1]*Voronezh State Medical University n. a. N.N. Burdenko, Voronezh, Russia*
[2]*Voronezh Regional Clinical Ophthalmological Hospital, Voronezh, Russia*

Для цитирования: *Крыжановская А.А., Антоненков Ю.Е.* Состояние и прогноз развития офтальмологической службы Воронежской области. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 385-391. EDN: PPPJUM. https://doi.org/10.15275/ssmj2203385

Аннотация. *Цель:* оценить состояние офтальмологической службы Воронежской области, установить основные причины выявленных проблем и определить прогноз дальнейшего развития ситуации. *Материал и методы.* Проанализированы отчеты 32 районных больниц Воронежской области за 2020–2025 гг. Авторами разработан и рассчитан интегральный показатель проблемности (K_{probl}), который учитывает обеспеченность врачами-офтальмологами, медицинским оборудованием, качество диспансеризации детского и взрослого населения. *Результаты.* Анализ выявил 3 устойчивых территориальных кластера с критическим уровнем проблемности (K_{probl}≥2,3): южный, центрально-восточный и восточный. Среди преимущественно периферийных районов, где штаты укомплектованы менее чем наполовину, высокий уровень проблемности отмечен в 92% случаев. Выявлена прямая сильная связь между укомплектованностью штатов и итоговым значением показателя K_{probl} (r=0,87). При сопоставимом оснащении территории существенно различаются по качеству диспансерной работы, что указывает на организационно-управленческий характер проблем. За 2020–2025 гг. ситуация ухудшилась в 35% районов. Среднесрочный прогноз до 2030 г. показывает устойчивый рост среднеобластного показателя K_{probl} с 1,68 в 2025 г. до 1,92 – к 2030 г. *Заключение.* Проблемы офтальмологической службы области распределены по территории неравномерно и ассоциированы с диспропорциями в обеспечении кадрами периферийных районов. Отсутствие целевого кадрового обеспечения и адресных управленческих решений может привести к нарастанию территориальных различий.

Ключевые слова: офтальмологическая служба, территориальное различие, кадровый дефицит, прогноз, интегральный показатель проблемности, Воронежская область

For citation: *Kryzhanovskaya AA, Antonenkov YuE.* State and forecast of the development of the ophthalmological service in the Voronezh region. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 385-391. (In Russ.) EDN: PPPJUM. https://doi.org/10.15275/ssmj2203385

Abstract. *Objective:* to assess the state of the ophthalmological service in the Voronezh region, identify the main causes of identified problems, and forecast further development. *Material and methods.* Reports from 32 district hospitals in the Voronezh Region for 2020–2025 were analyzed. The authors developed and calculated an integral indicator of problemativeness (K_{probl}), which accounts for the availability of ophthalmologists, medical equipment, and the quality of dispensary examinations for children and adults. *Results.* The analysis identified 3 stable territorial clusters with a critical level of problem severity (K_{probl}≥2.2): southern, central-eastern, and eastern. Among predominantly peripheral areas where states are staffed by less than half, a high level of problem severity was observed in 92% of cases. A direct strong relationship was found between the staffing level of states and the final value of the K_{probl} indicator (r=0.87). With comparable equipment, the territories differ significantly in terms of the quality of dispensary work, which indicates an organizational and management nature of the problems. Between 2020 and 2025, the situation deteriorated in 35% of the districts. The medium-term forecast until 2030 shows a steady growth of the average regional indicator K_{probl} from 1.68 in 2025 to 1.92 by 2030. *Conclusion.* Problems of the regional ophthalmological service are unevenly distributed across the territory and are associated with systemic imbalances in personnel provision in peripheral areas. The most disadvantaged are the southern, central-eastern, and eastern districts; without targeted staffing measures and differentiated management, the situation will deteriorate.

Keywords: ophthalmological service, territorial differences, staff shortage, forecast, integral indicator of problem severity, Voronezh region

© Крыжановская А.А., Антоненков Ю.Е., 2026

Введение. Офтальмологическая помощь входит в число важнейших направлений системы здравоохранения, поскольку напрямую влияет на качество жизни населения и уровень предотвратимой инвалидизации. По мере роста распространенности глазных заболеваний, старения населения и повышения требований к доступности специализированной медицинской помощи устойчивость региональных офтальмологических служб приобретает все большее значение. На практике равный доступ к качественному офтальмологическому обслуживанию на всей территории субъектов Российской Федерации ограничивают территориальная неравномерность ресурсного обеспечения, кадровый дефицит, недостаточная оснащенность медицинским оборудованием, пробелы в организации профилактической работы [1, 2].

Оценка и прогнозирование состояния офтальмологической службы на региональном уровне связаны с особыми трудностями, поскольку проблемы распределяются по территориям неравномерно и зависят от множества взаимосвязанных факторов. Традиционные методы анализа, при которых отдельные показатели рассматриваются изолированно, не дают целостного представления о различиях между территориями и не позволяют обосновать адресные управленческие решения [3]. Именно поэтому для повышения эффективности управления здравоохранением на региональном уровне требуется интегральный инструментарий, который объединяет комплексную оценку состояния службы с прогнозированием ее дальнейшего развития.

Цель — оценить состояние офтальмологической службы Воронежской области, установить основные причины выявленных проблем и определить прогноз дальнейшего развития ситуации.

Материал и методы. В основу исследования положена комплексная методика, предназначенная для интегральной оценки состояния офтальмологической службы Воронежской области, анализа территориальных различий и последующего прогнозирования. Для анализа использовали отчеты 32 районных больниц (РБ) Воронежской области за 2020–2025 гг. В состав изученных данных вошли количественные и качественные показатели, распределенные по 4 основным блокам.

Первый блок отражает кадровую обеспеченность и включает укомплектованность штата врачей-офтальмологов и среднего медицинского персонала. Второй — характеризует материально-техническое оснащение, в том числе наличие диагностического и лечебного оборудования для приема взрослых и детей. Третий — охватывает организацию и результаты профилактических осмотров (диспансеризации) детского населения. Четвертый блок посвящен организации и результатам диспансеризации взрослого населения, включая выявляемость глаукомы и показатели инвалидизации.

Состояние офтальмологической службы оценивали с помощью интегрального показателя — общего коэффициента проблемности — K_{probl}. Он позволяет перейти от разрозненных статистических сведений к комплексной характеристике службы. Расчет выполняли по взвешенной балльной системе, в которой учитывались 4 указанных блока:

$$K_{prob} = \sum \left(B_i \times W_i \right) + K_{ort} \ ,$$

где B обозначает балл по блоку, W — вес соответствующего блока, а K_{ort} –корректировочный коэффициент — учитывает дефекты отчетности. Максимальное значение K_{probl} составляет 3,0. Для обеспечения объективности оценки каждый блок оценивается по шкале от 0 до 3 баллов. Критерии балльной оценки представлены в таблице.

При расчете итоговой суммы баллов методика учитывает несоответствия в данных через отдельную корректировку, которая отражает полноту и непротиворечивость сведений в годовых отчетах. За каждые 10% отсутствующих либо противоречивых данных в годовых отчетах итоговую сумму баллов увеличивают на 0,2–0,5 балла. Поправка зависит от доли затронутых показателей и их значимости для оценки. Ее максимальный размер равен 0,5 балла. Такой порядок расчета связывает информационный вакуум с системной дисфункцией управления, поэтому отсутствие сведений в отчетности учитывают при формировании итоговой оценки. Территориальные различия анализировали в QGIS 3.28. Тренды прогнозировали в Statistica 13.0 методом экспоненциального сглаживания Хольта — Винтерса.

Результаты. Методику апробировали, после чего получили следующие результаты.

1. Территориальные закономерности. Анализ картограмм за 2025 г. выявил выраженную зональность проблем (рис. 1). Идентифицированы 3 устойчивых кластера с критическим уровнем коэффициента ($K_{probl} \geq 2,3$):

южный кластер (районы, граничащие с Ростовской областью);

Окско-Донской кластер (левобережные районы Окско-Донской низменности к востоку от Воронежа);

восточный кластер (районы, прилегающие к Волгоградской области).

При этом районы с низким K_{probl} (<1,5) образовали вокруг областного центра «стабильное кольцо». Такая пространственная конфигурация подтверждает положительное влияние близости к ресурсному ядру региона.

2. Количественная оценка динамики. В 2020–2025гг. состояние офтальмологической службы существенно ухудшилось в 35% районов, то есть в 11 из 32 территорий (см. рис. 2 на с. 388), причем эти территории почти полностью совпали с ранее выявленными проблемными кластерами, что указывает на накопление негативного потенциала. Улучшение отмечено только в 16% районов, или в 5 из 32. Анализ средних значений за 6 лет (см. рис. 3 на с. 388) подтвердил системный характер территориальных различий. Даже минимальные значения коэффициента в проблемных зонах не опускались ниже среднего уровня.

3. Анализ драйверов. Корреляционный анализ показал, что ведущим фактором, определяющим итоговую оценку, является кадровый дефицит (коэффициент корреляции с K_{probl} составил r=0,87). Установлено, что в районах, где укомплектованность штатов составляет менее 50%, в 92% случаев фиксируется высокий итоговый уровень проблемности.

4. Прогнозная оценка. Результаты моделирования (см. рис. 4 на с.388) указывают на инерционное развитие ситуации. Среднеобластной показатель снизился в 2025 г. до 1,68, однако в последующие годы будет устойчиво расти и достигнет 1,79 в 2026 г., 1,84 – в 2027 г., 1,87 – в 2028 г., 1,89 – в 2029 г. и 1,92 – к 2030 г. При сохранении текущих подходов

Ответственный автор — Алина Александровна Крыжановская
Corresponding author — Alina A. Kryzhanovskaya
E-mail: kryzhalina@mail.ru

Критерии балльной оценки блоков интегрального показателя

Блок	Вес	Критерий оценки, балл
Кадровый дефицит	0,3	0: Укомплектованность >80%. 1: Укомплектованность 50–80%. 2: Укомплектованность 25–50%. 3: Укомплектованность <25%, наличие вакансии или декретного отпуска ключевого специалиста
Дефицит оборудования	0,2	0: Оснащенность >80% от потребности. 1: Оснащенность 60–80%. 2: Оснащенность 40–60%. 3: Оснащенность <40% или отсутствие ключевого оборудования
Проблемы с детской диспансеризацией	0,3	0: Данные соответствуют норме или отсутствуют. 1: Выявлена 1 проблема (например, низкий процент выявления патологий). 2: Выявлено 2 проблемы. 3: Выявлено 3 и более проблем или зафиксирован случай выхода ребенка на инвалидность по зрению
Проблемы со взрослой диспансеризацией	0,2	0: Данные соответствуют норме или отсутствуют. 1: Выявлена 1 проблема. 2: Выявлено 2 проблемы. 3: Выявлено 3 и более проблем или нулевая выявляемость глаукомы при проведенных осмотрах

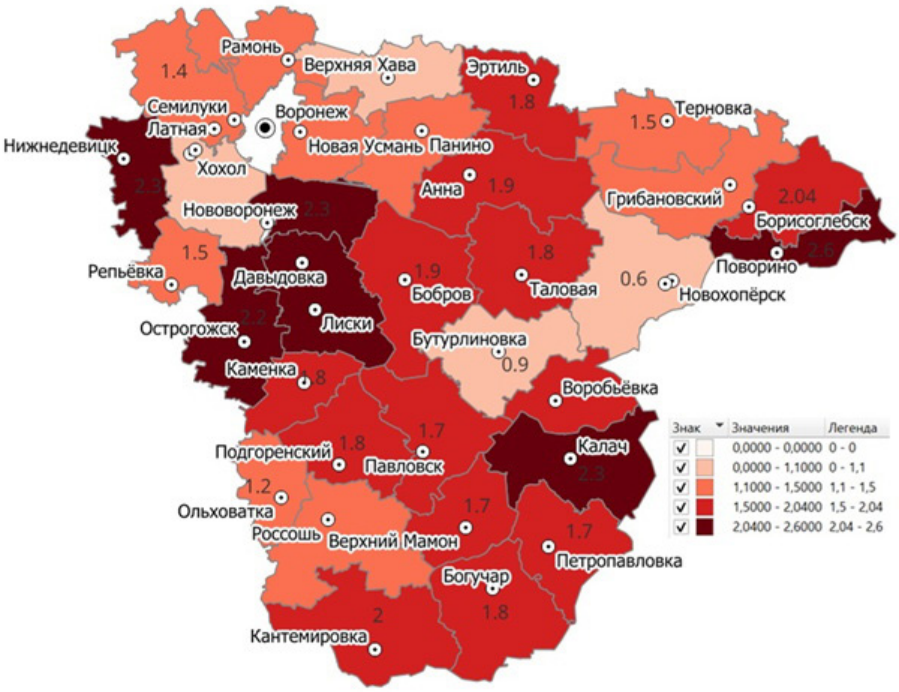


Рис. 1. Территориальные закономерности выраженности зональности проблем

к управлению службой территориальные различия продолжат постепенно увеличиваться. В 9 районах, то есть в 28% их общего числа, K_{probl} вырастет более чем на 0,3 балла за год (см. рис. 5 на с.389). Существенный разброс сохраняется уже в 2026 г. При среднем областном значении 1,79 отдельные районы достигнут 2,82 балла, что подтверждает выраженную территориальную дифференциацию.

5. Классификация территорий. На основе синтеза данных районы были распределены на 4 стратегические группы:

группа 1 (критическая): районы кластеров с негативным прогнозом;

группа 2 (риска): средний уровень проблем при нейтральном прогнозе;

группа 3 (стабильная): низкий уровень проблем, пригодный для тиражирования практик;

группа 4 (неоднозначная): районы с прошлым улучшением, но негативным будущим трендом.

Чтобы подтвердить работоспособность алгоритма и проверить его чувствительность, подробно проанализировали 3 характерных кейса по данным за 2021 г.

Кейс 1. Низкий уровень проблем, Бутурлиновская РБ, 1,5. В этом районе методика продемонстрировала высокую чувствительность к единичным значимым событиям. При отсутствии части сведений о кадрах и оборудовании блок детской диспансеризации получил максимальные 3 балла, поскольку выявляемость патологий оказалась в 5,7 раза ниже среднеобластного уровня, составив 2,5% против 14,3%, при этом был зафиксирован случай детской инвалидности. Корректировка снизила риск завышения оценки при неполной отчетности и сохранила достоверность итогового показателя.

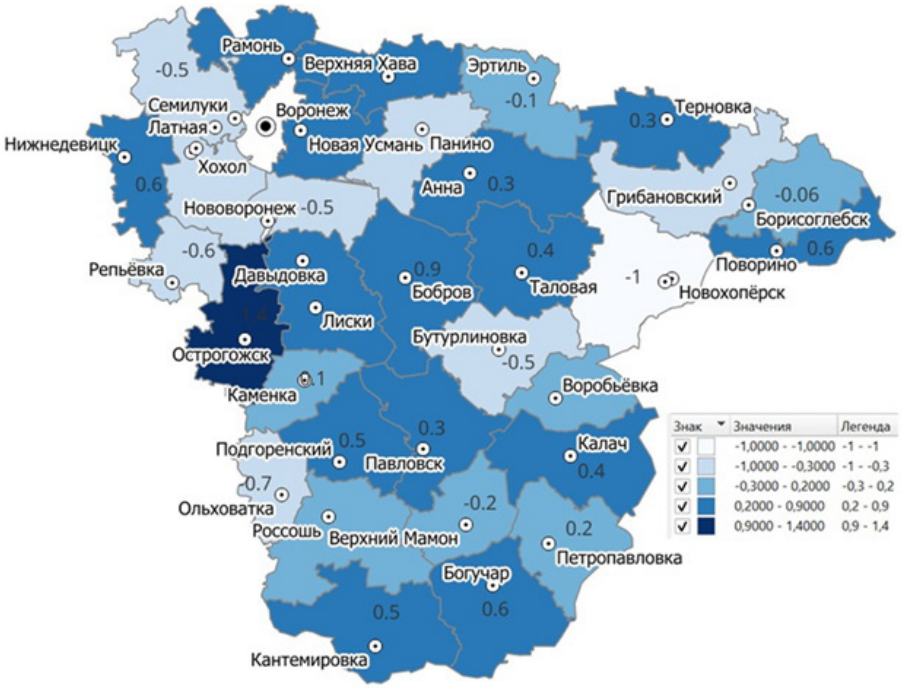


Рис. 2. Количественная оценка динамики состояния офтальмологической службы Воронежской области в 2020–2025 гг.

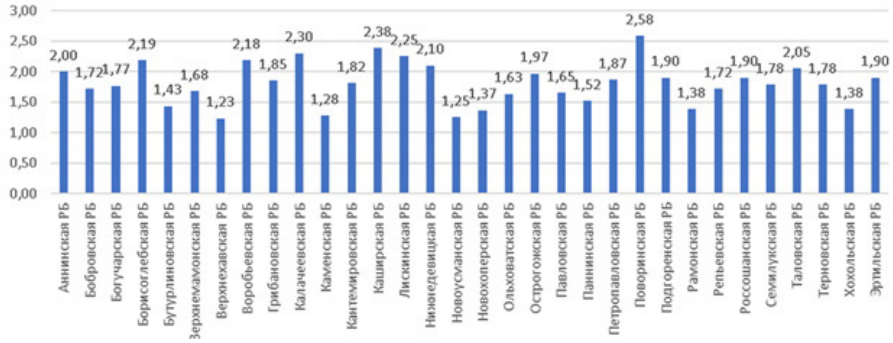


Рис. 3. Анализ средних значений состояния офтальмологической службы Воронежской области в 2020–2025 гг.

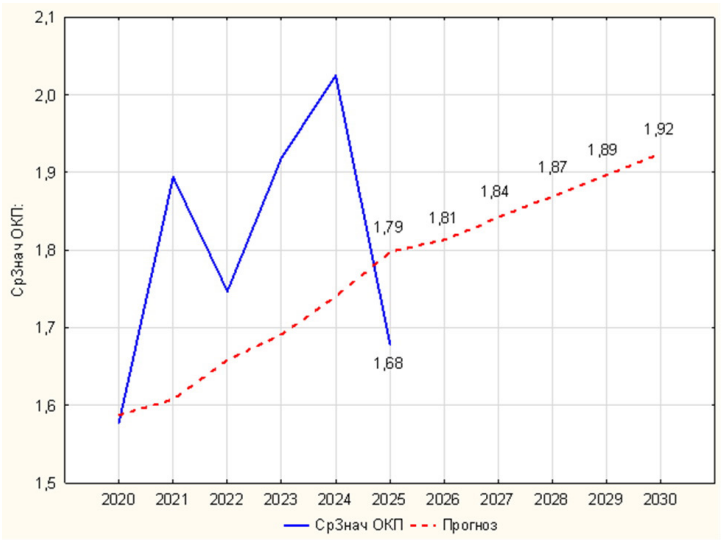


Рис. 4. Прогнозная оценка по результатам моделирования состояния офтальмологической службы Воронежской области

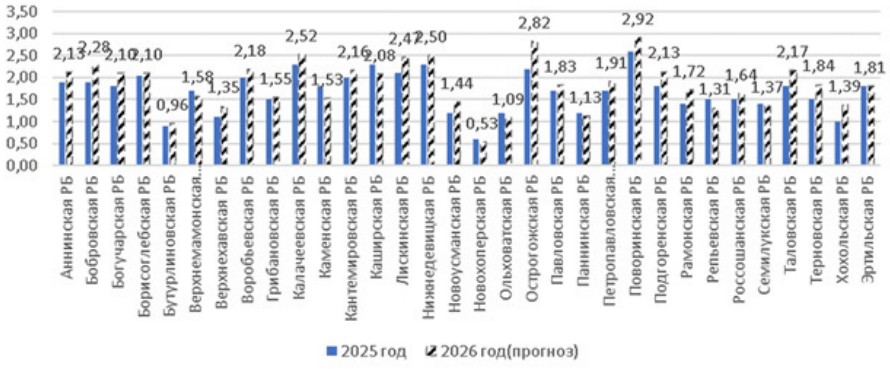


Рис. 5. Прогнозируемое значение K_{probl} в 2026 г. по отношению к показателю 2025 г.

Кейс 2. Относится к группе со средним уровнем проблем; для Новохоперской РБ итоговое значение составило 1,5. Анализ выявил сочетание кадрового дефицита, при укомплектованности 57,1%, с организационными сбоями. Оснащенность оборудованием достигала примерно 75%, однако при осмотре 1478 человек глаукому не выявили ни разу. Вместе с высоким коэффициентом инвалидизации, равным 1,31, этот результат обусловил 3 балла по блоку взрослой профилактики. Расхождение в 25% отчетных показателей автоматически снизило итоговое значение еще на 0,4 балла.

Кейс 3. Высокий уровень проблем в Воробьевской РБ оценивается в 2,3 балла. Район испытывает совокупное воздействие ресурсных и организационных дефицитов. Штат укомплектован только на 36,4%, а учреждения оснащены оборудованием на критическом уровне. Для взрослых показатель составляет 36,4%, для детей он достигает 43,4%.

Блок взрослой диспансеризации получил 3 балла. Показатель инвалидизации достиг 3,08 при среднем значении по области 0,83, тогда как данные о выявляемости глаукомы отсутствуют. Несоответствие отчетности охватывает 15% показателей, потому в расчет включена дополнительная корректировка на 0,5 балла. Сумма рассчитывается по формуле 0,6+0,6+0+0,6+0,5 и равна 2,3. Полученное значение соответствует критическому уровню и требует приоритетного вмешательства.

Обсуждение. Применение индексного метода для оценки состояния региональных систем здравоохранения получает широкое подтверждение в современной литературе [4, 5]. Как отмечают авторы [6], интегральные выражения дают числовое отражение кадровой ситуации и служат основой для разработки оптимальных способов решения проблем с учетом социально-экономического развития региона. Такая связь прослеживается и в российских данных. Наши данные о критическом влиянии кадрового фактора в Воронежской области (r=0,87) согласуются с общероссийской статистикой, согласно которой в 2023–2024 гг. дефицит врачей-офтальмологов в первичном звене сохраняется на стабильно высоком уровне и составляет приблизительно 19,5–19,9 тыс. специалистов по стране [7–10]. Данная ситуация обусловлена неравномерным распределением кадровых ресурсов между центральными и периферийными территориями, высокой нагрузкой на действующих специалистов, а также недостаточной эффективностью мер по закреплению кадров в сельских и отдаленных районах. Подобные факторы, включая недостатки планирования численности персонала и разрыв между инвестиционной политикой и реальными кадровыми возможностями, эксперты называют ключевыми драйверами стагнации в периферийных кластерах [11–14].

В ходе моделирования с помощью геоинформационных систем обнаружились значительные различия между городскими и сельскими территориями, что подтверждает вывод о поздней диагностике социально значимых заболеваний, включая глаукому и возрастную макулярную дегенерацию, в удаленных районах, где отсутствуют специализированное оборудование и необходимые кадры [15–20].

В Окско-Донском кластере выявленная нами аномалия проявилась особенно резко, поскольку уровень выявляемости патологий оказался в 5,7 раза ниже среднеобластного, что указывает на критический дефицит ресурсов. При таком дефиците система переходит в режим «формальной отчетности». Полученный результат подтверждает выводы о необходимости внедрять телеофтальмологию и программы превентивного скрининга для сокращения территориального разрыва в доступности помощи.

Полученные результаты показывают, что трудности офтальмологической службы региона связаны прежде всего с организационно-управленческими условиями, а не с объемом доступных ресурсов. Районы с сопоставимой оснащенностью демонстрируют принципиально разные значения показателя, поскольку кадровая укомплектованность и качество профилактической работы заметно различаются. В Новохоперской РБ при оснащенности примерно 75% показатель равен 1,5. Такое значение связано с нулевой выявляемостью глаукомы при 1478 осмотрах. Воробьевская РБ при оснащенности 36–43% и укомплектованности кадрами 36,4% достигает критического уровня 2,3. Одного расширения материальной базы недостаточно для снижения проблемности, если кадровый вопрос остается нерешенным и диспансерная работа не налажена.

Отдельного внимания требует прогнозная динамика. Расчетный среднесрочный тренд, отражающий рост среднеобластного значения с 1,68 в 2025 г. до 1,92 к 2030 г., показывает, что при сохранении текущих подходов разрыв между благополучными и проблемными территориями будет увеличиваться медленно, но устойчиво. Само по себе снижение среднеобластного значения до 1,68 в 2025 г. улучшения не подтверждает. Его объясняет главным образом разнонаправленная динамика районов, поэтому системного оздоровления службы этот показатель не отражает. Такая картина согласуется с выводами о воспроизводстве территориальных диспропорций при отсутствии адресного управления, даже если отдельные территории демонстрируют локальные

успехи [16–20]. Полученные данные пригодны для организации помощи.

Четыре стратегические группы районов, включая критическую группу, группу риска, стабильную и неоднозначную, позволяют перейти от единых областных программ к управленческим решениям, учитывающим территориальные различия. В критической группе приоритет получают целевое кадровое наполнение и восстановление диспансерной работы. Стабильная группа служит основой для тиражирования успешных практик, а в неоднозначной группе требуется мониторинг, который позволит не допустить ухудшения ситуации. Такой подход соответствует современным представлениям о территориальном планировании специализированной медицинской помощи и подходит для других ее видов.

Заключение. Проведенное исследование показало территориальную неоднородность развития офтальмологической службы Воронежской области, причем различия особенно ясно проявляются при сопоставлении выделенных кластеров. Наиболее неблагополучными остаются южный, Окско-Донской и восточный кластеры, где значение показателя устойчиво превышает критический порог 2,3. Районы, прилегающие к областному центру, формируют «стабильное кольцо» с низким уровнем проблемности (<1,5). Их расположение подтверждает решающую роль близости к ресурсному ядру региона.

Основной причиной неблагополучия остается кадровый дефицит. Связь между укомплектованностью штатов и итоговым значением показателя достигла r=0,87. В районах, где штат заполнен менее чем наполовину, высокий уровень проблемности фиксируется в 92% случаев. Сопоставление отдельных территорий показывает, что трудности связаны с ресурсами, организацией работы и управлением. Даже при сопоставимом оснащении районы заметно различаются по качеству диспансерного наблюдения и выявляемости патологий.

Прогноз до 2030 г. складывается неблагоприятно. Среднеобластное значение, снизившееся в 2025 г. до 1,68, согласно модели, будет устойчиво расти и достигнет 1,79 в 2026 г., 1,84 – в 2027 г., 1,87 – в 2028 г., 1,89 – в 2029 г. и 1,92 – к 2030 г. В 9 районах, или 28% от их общего числа, прогнозируется прирост более чем на 0,3 балла за год. При сохранении текущих подходов к управлению территориальные различия будут постепенно нарастать.

Полученные результаты обосновывают переход от общеобластных программ к дифференцированному управлению офтальмологической службой, при котором для территорий критической группы приоритетом должны стать оснащение, целевое кадровое наполнение и восстановление профилактической работы. Разработанная методика расчета доказала чувствительность к территориальным и организационным дисфункциям, позволяет объективно интерпретировать даже неполные отчетные данные и допускает масштабирование для других видов специализированной медицинской помощи в субъектах РФ.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Ввиду специфики статьи — не требуется.

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

References (Список источников)

1. Antonenkov YuE, Kryzhanovskaya AA. Analysis of ophthalmological morbidity and risk factors for its formation. Scientific Almanac. 2023;7-2(105):41-3. (In Russ.) Антоненков Ю.Е., Крыжановская А.А. Анализ офтальмологической заболеваемости и факторы риска ее формирования. Научный альманах. 2023;7-2(105):41-3. EDN:ZBVPXZ

2. Kryzhanovskaya AA. Organization of ophthalmological assistance to the rural population of the Voronezh region. Graduate Readings — 2023: Young Scientists in Medicine. Priority areas of science in achieving technological sovereignty: Sat. materials All-Russia. scientific-practical. conf. with international participation (Samara, October 25, 2023). Samara: Standard, 2024; p. 284-5. (In Russ.) Крыжановская А.А. Организация офтальмологической помощи сельскому населению Воронежской области. Аспирантские чтения — 2023: молодые ученые — медицине. Приоритетные направления науки в достижении технологического суверенитета : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Самара, 25 окт. 2023 г.). Самара: Стандарт, 2024; с. 284-5.

3. Neroyev VV. Eye care management in Russian Federation. Vestnik Oftalmologii. 2014;130(6):8-12. (In Russ.) Нероев В.В. Организация офтальмологической помощи населению Российской Федерации. Вестник офтальмологии. 2014;130(6):8-12. EDN:THPQQB

4. On the approval of the list of equipment for equipping and re-equipping medical organizations in the implementation of regional programs to modernize primary healthcare: Order No. 1379n of the Ministry of Health of the Russian Federation dated December 28, 2020. URL: https://base.garant.ru/400302364/ (15 Oct 2025). (In Russ.) Об утверждении перечня оборудования для оснащения и переоснащения медицинских организаций при реализации региональных программ модернизации первичного звена здравоохранения: приказ Министерства здравоохранения РФ от 28 декабря 2020 г. №1379н. URL: https://base.garant.ru/400302364/ (дата обращения: 15.10.2025).

5. Healthcare of the Voronezh region in 2021: Statistical collection. Voronezh: Voronezhstat; 2022. 120 p. (In Russ.) Здравоохранение Воронежской области в 2021 году: стат. сб. Воронеж: Воронежстат, 2022; 120 с.

6. Khodakova OV, Senotrusova YuE. Using the index method to assess the primary health care staffing. Russian Journal of Preventive Medicine. 2024;27(11):27-33. (In Russ.) Ходакова О.В., Сенотрусова Ю.Е. Применение индексного метода для оценки кадрового обеспечения первичной медико-санитарной помощи. Профилактическая медицина. 2024;27(11):27-33. DOI:10.17116/profmed20242711127

7. Mazharov VN, Semenova TV, Reshetnikov VA, et al. Analysis of staffing issues in the health care system and solutions to them (the example of Stavropol Krai): A retrospective analytical descriptive study. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2025;32(2):69-77. (In Russ.) Мажаров В.Н., Семенова Т.В., Решетников В.А. и др. Анализ проблем кадрового обеспечения системы здравоохранения и пути их решения (на примере Ставропольского края): ретроспективное аналитическое описательное исследование. Кубанский научный медицинский вестник. 2025;32(2):69-77. DOI:10.25207/1608-6228-2025-32-2-69-77

8. Zhilina NM, Vlasenko AE, Chechenin GI. The analysis of indices of public health of large industrial center of siberia using informational technologies and modern analysis techniques. Health Care of the Russian Federation. 2017;61(4):172-7. (In Russ.) Жилина Н.М., Власенко А.Е., Чеченин Г.И. Изучение показателей общественного здоровья крупного промышленного центра Сибири с использованием информационных технологий и современных методов анализа. Здравоохранение Российской Федерации. 2017;4:172-7. DOI:10.18821/0044-197X-2017-61-4-172-177

9. Methodology for monitoring the effectiveness of health services: Guidelines. Nizhny Novgorod: NNSU, 2008; 68 p. (In Russ.) Методика мониторинга эффективности оказания медицинских услуг: руководство. Н. Новгород: ННГУ, 2008; 68 с.

10. Regarding the provision of clarifications on the application of the methodology for assessing the efficiency of resource use in medical organizations based on the performance of medical functions, indicators of bed capacity utilization, and its new version: letter from the Ministry of Health of Russia dated September 22, 2025, No. 31-2/I/2-19014. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/412688017/ (30 Oct 2025). (In Russ.) О направлении разъяснений по применению методики оценки эффективности использования ресурсов медицинских организаций на основе выполнения функции врачебной должности, показателей использования коечного фонда и

ее новой редакции: письмо Минздрава России от 22.09.2025 №31-2/И/2-19014. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/412688017/ (дата обращения: 30.10.2025).

11. On the approval of performance indicators for federal state institutions under the jurisdiction of the Ministry of Health of the Russian Federation and their heads: Order No. 387n of the Ministry of Health of Russia dated April 29, 2020. URL: https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdrava-rossii-ot-29042020-n-387n-ob-utverzhdenii/ (30 Oct 2025). (In Russ.) Об утверждении показателей эффективности деятельности федеральных государственных учреждений, находящихся в ведении Министерства здравоохранения Российской Федерации, и их руководителей: приказ Минздрава России от 29.04.2020 №387н. URL: https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzdrava-rossii-ot-29042020-n-387n-ob-utverzhdenii/ (дата обращения: 30.10.2025).

12. Egorov EA, Alekseev VN, Aklaeva NA. Ophthalmology: National leadership. Moscow: GEOTAR-Media, 2013; 944 p. (In Russ.) Егоров Е.А., Алексеев В.Н., Аклаева К.К. Офтальмология: национальное лидерство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013; 944 с.

13. Libman ES, Shakhova EV. State and dynamics of blindness and disability due to pathology of the eye in Russia. Materials of the VII Congress of Ophthalmologists of Russia. Moscow, 2000; p. 209-14. (In Russ.) Либман Е.С., Шахова Е.В. Состояние и динамика слепоты и инвалидности вследствие патологии органа зрения в России. Тез. Докл. VII съезда офтальмологов России. М., 2000; с. 209-14.

14. Libman ES. Epidemiological characteristics of glaucoma. Glaucoma. 2009;(1):2-3. (In Russ.) Либман Е.С. Эпидемиологическая характеристика глаукомы. Глаукома. 2009;(1):2-3.

15. World report on vision. Geneva: World Health Organization, 2019; 180 p.

16. Potapchik EG. Overview of Russian and global long-term healthcare forecasts. Health Care Organization. 2023;67(3):187-94. (In Russ.) Потапчик Е.Г. Обзор российских и мировых долгосрочных прогнозов в сфере здравоохранения (обзор литературы). Здравоохранение Российской Федерации. 2023;67(3):187-94. DOI:10.17816/nb638031

17. Sheiman IM. Personnel shortages in healthcare: Causes and solutions. Public Administration Issues. 2025;4:110-38. (In Russ.) Шейман И.М. Кадровый дефицит в здравоохранении: Причины и пути преодоления. Вопросы государственного и муниципального управления. 2025;4:110-38. DOI:10.17323/1999-5431-2025-0-4-110-138

18. Nesterov AP. Primary glaucoma. Moscow: Medicine, 1995; 256 p. (In Russ.) Нестеров А.П. Первичная глаукома. М.: Медицина, 1995; 256 с.

19. Kurysheva NI, Brezhnev AY, Kapkova SG. The prevalence of pseudoexfoliative glaucoma in the Central and Central-Chernozem regions of Russia. Glaucoma. 2008;(3):11-5. (In Russ.) Курышева Н.И., Брежнев А.Ю., Капкова С.Г. Распространенность псевдоэксфолиативной глаукомы в Центральном и Центрально-Черноземном регионах России. Глаукома. 2008;(3):11-5. EDN:JUZUZP

20. Fayzrakhmanov RR, Pavlovskiy OA, Martynov AO, Saraeva SN. Surgical treatment outcomes of resistant diabetic macular edema. Saratov Medical Journal. 2025;6(3):e0303. DOI:10.15275/sarmj.2025.0303

Статья поступила в редакцию 05.02.2026; одобрена после рецензирования 30.07.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 05.02.2026; approved after reviewing 30.07.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Алина Александровна Крыжановская *— аспирант кафедры «Управление в здравоохранении», врач-офтальмолог, kryzhalina@mail.ru;* ***Юрий Евгеньевич Антоненков*** *— профессор кафедры физической и реабилитационной медицины, гериатрии Института дополнительного профессионального образования, доцент, доктор медицинских наук, rhsvjd55@mail.ru, ORCID 0000-0001-5836-9597.*

Information about the authors:

Alina A. Kryzhanovskaya *— Post-Graduate Student of the Department of "Management in Healthcare", ophthalmologist, kryzhalina@mail.ru;* ***Yuri E. Antonenkov*** *— Professor of the Departments of Physical and Rehabilitation Medicine and Geriatrics of the Institute of Postgraduate Education, Associate Professor, DSc, rhsvjd55@mail.ru, ORCID 0000-0001-5836-9597.*

УДК 614.2:004:528.9
EDN: QUVKSW
https://doi.org/10.15275/ssmj2203391

Обзор
Review

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

С.И. Мазилов[1], Н.О. Осипов[1, 2], Н.Е. Комлева[1, 3], М.В. Поздняков[1], А.А. Чехонацкий[3], Д.М. Пучиньян[3]

[1]Саратовский медицинский научный центр гигиены ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, Саратов, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
[3]ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR MONITORING NON-COMMUNICABLE DISEASES: METHODOLOGICAL APPROACHES (SYSTEMATIC REVIEW)

S.I. Mazilov[1], N.O. Osipov[1, 2], N.E. Komleva[1, 3], M.V. Pozdnyakov[1], A.A. Chekhonatsky[3], D.M. Puchinyan[3]

[1]Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Saratov, Russia
[2]Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia
[3]V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: ***Мазилов С.И., Осипов Н.О., Комлева Н.Е., Поздняков М.В., Чехонацкий А.А., Пучиньян Д.М.*** **Географические информационные системы для мониторинга заболеваемости неинфекционными заболеваниями: методические подходы (систематический обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 391-399. EDN: QUVKSW. https://doi.org/10.15275/ssmj2203391**

© Мазилов С.И., Осипов Н.О., Комлева Н.Е., Поздняков М.В., Чехонацкий А.А., Пучиньян Д.М., 2026

Аннотация. *Цель:* систематизировать методологические подходы к применению геоинформационных систем в мониторинге заболеваемости неинфекционными заболеваниями и выявить условия, необходимые для перехода от разрозненных исследовательских проектов к системному инструменту поддержки управленческих решений в общественном здравоохранении. *Методика написания обзора.* Проведен поиск литературы в базах PubMed, Google Scholar, eLibrary.ru, «КиберЛенинка» за 2018–2025 гг. После скрининга в итоговый анализ включено 32 полнотекстовые публикации, отобранные в соответствии с блок-схемой PRISMA (Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses — «Предпочтительные элементы отчетности для систематических обзоров и метаанализов»). *Заключение*. Методология геоинформационных систем в мониторинге неинфекционных заболеваний эволюционировала от картографирования до геопространственного искусственного интеллекта, а международный опыт показывает, что успех определяется стандартизацией данных и централизацией платформ, а не сложностью алгоритмов. В России, несмотря на методологический задел, геоинформационные системы не стали системным инструментом, и для перехода необходимы стандарты пространственных данных в Единой государственной информационной системе здравоохранения, пилотная интеграция данных Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзора) и медицинской статистики, подготовка кадров в области геоинформатики.

Ключевые слова: геоинформационная система, неинфекционное заболевание, пространственный анализ, эпидемиология

For citation: *Mazilov SI, Osipov NO, Komleva NE, Pozdnyakov MV, Chekhonatsky AA, Puchinyan DM.* Geographic information systems for monitoring non-communicable diseases: Methodological approaches (systematic review). Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 391-399. (In Russ.) EDN: QUVKSW. https://doi.org/10.15275/ssmj2203391

Abstract. *Objective:* to systematize methodological approaches to the use of geographic information systems in monitoring non-communicable diseases and to identify the conditions required to move from fragmented research projects to a systematic decision-support tool in public health. *Review methodology.* A literature search was conducted in PubMed, Google Scholar, eLIBRARY.RU and CyberLeninka for 2018–2025. After screening, 32 full-text publications were included in the final analysis; studies were selected in accordance with the PRISMA flow diagram (Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses). *Conclusion.* The methodology of geographic information systems in the monitoring of non-communicable diseases has evolved from cartography to geospatial artificial intelligence, and international experience shows that success is determined by data standardization and platform centralization rather than by algorithmic complexity. In Russia, despite a methodological foundation, geographic information systems have not been adopted as a systemic tool; a transition requires standards for spatial data in the Unified State Health Information System, pilot integration of data from Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) and medical statistics, and the training of personnel in geoinformatics.

Keywords: geographic information system, noncommunicable disease, spatial analysis, epidemiology

Введение. В современной эпидемиологической ситуации хронические неинфекционные заболевания (НИЗ) являются ведущей причиной смертности и инвалидизации населения в мировом масштабе [1, 2]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, к НИЗ относятся болезни системы кровообращения (БСК), хронические заболевания легких, сахарный диабет (СД) 2-го типа (СД 2), онкологические заболевания и ожирение, и на их долю ежегодно приходится примерно 74% всех смертей, причем основное бремя ложится на страны с низким и средним уровнями дохода [1]. Существенную роль в развитии НИЗ играют факторы окружающей среды: загрязнение атмосферного воздуха, воды, воздействие тяжелых металлов и рост заболеваемости бронхиальной астмой, онкологическими заболеваниями и врожденными аномалиями [3]. Данные о здоровье населения и факторах среды имеют четкую географическую привязку, а их распределение часто носит кластерный характер. Традиционные статистические методы, не учитывающие пространственного контекста, недостаточны для выявления скрытых закономерностей. Геоинформационные системы (ГИС) позволяют интегрировать, визуализировать и анализировать разнородные данные в их географической проекции [4]. ГИС объединяет картографию и многомерный статистический анализ, представляя информацию в наглядной форме [5].

Современные ГИС поддерживают сложные методы пространственно-временного анализа, включая идентификацию «горячих точек» (hot spot analysis) заболеваемости, геостатистическое моделирование распространения загрязняющих веществ и оценку доступности медицинской помощи для населения [6]. Это превращает ГИС в незаменимый инструмент для органов здравоохранения и исследователей, позволяя перейти от констатации фактов к проактивному выявлению территорий повышенного риска, планированию целевых профилактических мероприятий и обоснованию управленческих решений в области санитарно-эпидемиологического благополучия и экологической политики [7]. Следовательно, разработка и совершенствование методических подходов к использованию ГИС для мониторинга НИЗ является высокоактуальной междисциплинарной задачей, направленной на снижение глобального бремени хронической патологии.

Ранее уже предпринимались попытки обобщить опыт применения ГИС в медицине и общественном здоровье, однако существующие обзоры имеют ряд ограничений, не позволяющих считать проблему методического обеспечения мониторинга НИЗ решенной. Так, работа 2018 г. У.С. Джамединовой и соавт. [5] представляет собой вводный, ознакомительный обзор на тему ГИС в здравоохранении, в ней отсутствует систематическое описание ключевых методов пространственной эпидемиологии, не учитывается специфика различных групп НИЗ, а также не обсуждаются ограничения рассматриваемых методов. Более поздний обзор, выполненный в 2023 г. П.И. Ананченковой [4], посвящен зарубежному опыту и сфокусирован преимущественно на инструментах планирования и управления в организации здравоохранения, не раскрывая методические аспекты пространственного анализа заболеваемости. Публикация 2026 г. N. Stasinos и соавт. [6] охватывает применение ГИС в сфере общественного здоровья в целом, без специального акцента на методологии мониторинга именно НИЗ. Обзор 2025 г. H.S. Iyer и соавт. [8] ограничен узкой, хотя и перспективной

Ответственный автор — Святослав Игоревич Мазилов
Corresponding author — Svyatoslav I. Mazilov
E-mail: smazilov@yandex.ru

областью — использованием геопространственного искусственного интеллекта (geospatial artificial intelligence — GeoAI) для оценки воздействия окружающей среды на здоровье, и не дает общей картины методических подходов.

Таким образом, ни один из опубликованных к настоящему времени обзоров не содержит структурированного анализа всего спектра методических подходов — от описательной визуализации до аналитических систем GeoAI — применительно к задачам мониторинга НИЗ. Настоящая работа призвана восполнить этот пробел, систематизировав как отечественные, так и зарубежные исследования.

Цель — систематизировать методологические подходы к применению ГИС в мониторинге заболеваемости НИЗ и выявить условия, необходимые для перехода от разрозненных исследовательских проектов к системному инструменту поддержки управленческих решений в общественном здравоохранении.

Методика написания обзора. Проведен систематический обзор литературы в соответствии с рекомендациями PRISMA (Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses — «Предпочтительные элементы отчетности для систематических обзоров и метаанализов»). Поиск публикаций проводили в научных базах и онлайн-библиотеках PubMed (включая Medline), Google Scholar, eLibrary.ru, «КиберЛенинка» за период с 2018 по 2025 г. с использованием следующих ключевых слов и их комбинаций: «геоинформационные системы в общественном здравоохранении» (geographic information systems), «геоинформационные системы в медицине» (health information systems), «мониторинг заболеваемости» (public health surveillance), «пространственный анализ заболеваемости» (spatial analysis), «факторы окружающей среды» (environmental exposure), «геостатистическое моделирование» (geostatistics). При выборе нозологий руководствовались рекомендациями отечественной и зарубежной литературы, в соответствии с которыми к основным хроническим НИЗ относятся БСК, злокачественные новообразования, болезни органов дыхания (хроническая обструктивная болезнь легких и бронхиальная астма) и СД 2 [1, 9]. В перечень анализируемых НИЗ не вошли онкологические, которые являются отдельной масштабной проблемой и в данной работе не рассматривались.

Критерии включения: оригинальные исследования, систематические обзоры и метаанализы, опубликованные в рецензируемых изданиях с 2018 по 2025 г.; работы, в которых ГИС использовались для мониторинга, анализа или прогнозирования заболеваемости хроническими НИЗ; исследования, содержащие пространственный анализ данных; публикации на русском или английском языках, доступ к которым открыт либо возможен через библиотечные системы.

Критерии исключения: исследования, посвященные исключительно инфекционным заболеваниям или онкологическим заболеваниям (как отдельной группе НИЗ); работы, в которых ГИС применялись только для визуализации без какого-либо пространственно-статистического анализа; публикации с дублирующимися данными; работы с низким качеством описания методологии (не позволяющим воспроизвести анализ) или отсутствием количественных результатов.

В первоначальную выборку из 1764 найденных статей были отобраны 421. Далее были исключены 350 статей, не включающих ключевые слова в лексическом значении, соответствующем тематике данной работы, и 39 неполнотекстовых статей. В результате отобрано 32 полнотекстовые публикации, удовлетворяющие указанным критериям. Схема отбора публикаций для проведения данного обзора приведена на рис. 1.



Рис. 1. Схема отбора публикаций для проведения обзора

Результаты обзора. Одним из фундаментальных применений ГИС в мониторинге НИЗ является визуализация пространственного распределения заболеваемости и выявление «горячих точек» (кластеров). Современные пространственно-статистические методы позволяют не только отображать показатели заболеваемости на карте, но и статистически оценивать достоверность кластеризации, поэтому ГИС служат незаменимым инструментом в эпидемиологии НИЗ, позволяя перейти от анализа усредненных показателей к исследованию пространственных закономерностей и детерминант здоровья на уровне конкретных территорий, открывают перспективы пространственно-ориентированного прогнозирования и превентивного управления.

Ряд исследований, выполненных в разных странах, воспроизводит единую закономерность: интеграция в ГИС эпидемиологических, демографических и социально-экономических данных позволяет выявлять территории с повышенным бременем НИЗ. В Бразилии A.B.D. Santos и соавт. в 2023 г. установили пространственно-временные кластеры смертности от БСК [10], В Саудовской Аравии A. Murad и B.F. Khashoggi в 2020 г. выявили районы с высокой распространенностью диабета, астмы и гипертонии [11]. Вместе с тем исследование с применением многомасштабной географически взвешенной регрессии (MGWR) в США показало, что ведущие факторы риска не универсальны: ожирение ассоциировано с диабетом на востоке и юге страны, тогда как курение и употребление алкоголя характерны преимущественно на ее севере [12]. Таким образом, ГИС-анализ подтверждает пространственную неоднородность НИЗ, но подчеркивает, что значимость конкретных факторов зависит от регионального контекста.

Отечественные исследования подтверждают ту же закономерность: в Воронежской области пространственный анализ позволил классифицировать

районы по уровню цереброваскулярных заболеваний и выявить территории повышенного риска [13], а в Камчатском крае выявлен устойчивый рост доли БСК в структуре общей заболеваемости взрослого населения с выраженными территориальными различиями [14]. Аналогичная неоднородность смертности от БСК зафиксирована в Перу [15].

Воспроизводимость подобных результатов в разных социально-экономических и географических условиях указывает на то, что пространственная кластеризация БСК является не случайным артефактом, а фундаментальной характеристикой эпидемиологического процесса, которую необходимо учитывать при планировании профилактических программ.

Исследования различаются по пространственному масштабу, что позволяет оценить универсальность закономерностей. На локальном уровне (Северная Калифорния) кластеры высокой распространенности преддиабета ассоциированы с низким уровнем дохода, низким уровнем образования, а также высоким уровнем безработицы и доли населения, получающего Medicaid [16]. На глобальном уровне анализ смертности от СД 2 в 203 странах выявил кластеризацию высоких показателей преимущественно в островных и малых государствах, а пространственная регрессия показала значимое влияние расходов на здравоохранение, обеспеченности врачами и загрязнения воздуха внутри помещений. При всем том на страновом уровне обнаружены неожиданные обратные корреляции с атмосферным загрязнением и потреблением алкоголя [17], что противоречит ряду локальных исследований и подчеркивает опасность прямой экстраполяции выводов между разными уровнями агрегирования данных. Однако оба исследования показали, что плохое социально-экономическое положение (бедность, низкое образование, ограниченный доступ к ресурсам) надежно предсказывает возникновение географически сконцентрированных очагов НИЗ.

Значительная часть исследований посвящена оценке влияния атмосферных загрязнителей на здоровье, и в большинстве из них подтверждается связь между качеством воздуха и неблагоприятными исходами. Интеграция данных мониторинга окружающей среды, клинико-эпидемиологических показателей и географической привязки в ГИС позволила выявить локальные зоны экологического риска для здоровья в Дели [18], пространственные связи между промышленным загрязнением воздуха и рисками низкой массы тела при рождении в США [19], а также возможное влияние пер-и полифторалкильных веществ на сердечно-сосудистые риски [20]. Эти результаты согласуются между собой, указывая на то, что точечные источники загрязнения формируют повышенный риск в непосредственной близости, однако специфические загрязнители и сила эффекта варьируют в зависимости от состава выбросов и характеристик популяции.

Китайские исследования демонстрируют эволюцию методологических подходов: от интегрированных пространственных моделей городской среды до гибридных решений с применением машинного обучения. В одном из таких исследований показано, что увеличение зеленых зон и снижение загрязнения воздуха коррелируют с уменьшением распространенности гипертонии и СД 2, тогда как высокая плотность дорожной сети, напротив, повышает риск хронических болезней [21]. В другой работе объединили пространственные индикаторы с моделями машинного обучения и построили прогнозные модели распространенности СД 2, гипертонии и дислипидемии [22]. Сопоставление этих работ свидетельствует о постепенном смещении акцента от констатации связей к построению прогностических моделей, что повышает практическую ценность ГИС-анализа.

Отечественные работы подтверждают воспроизводимость выявленных закономерностей. Так, в исследовании 2019 г. Ю.В. Кольдибековой и соавт. с помощью ГИС установлено, что хроническая экспозиция промышленных выбросов (включая взвешенные частицы — PM_{10}, $PM_{2,5}$ и оксиды металлов) повышает заболеваемость органов дыхания у детей в 1,8 раза по сравнению с контрольной территорией [23]. Аналогичные подходы применены и в исследовании, выполненном на базе Воронежского государственного университета для оценки динамики заболеваемости во Вьетнаме [24]. Таким образом, связь загрязнения воздуха с респираторной патологией подтверждается в разных географических и социально-экономических условиях, что усиливает доказательную базу.

Перспективным направлением является использование ГИС не только для анализа текущей ситуации, но и для сценарного моделирования эффекта экологических вмешательств. В работе 2022 г. Н.В. Звонковой и соавт. данные о выбросах загрязняющих веществ промышленными объектами Москвы сопоставлялись с индексами сравнительной неканцерогенной опасности и показателями заболеваемости органов дыхательной системы, что позволило построить математическую модель, пригодную для ориентировочного прогнозирования эффекта экологической модернизации в разных возрастных группах [25]. Подобные модели могут быть адаптированы к разным органам и системам, что позволяет заранее планировать и внедрять профилактические меры, направленные на изменения в окружающей среде.

Исследование 2020 г. Б.З. Белашева и соавт. расширяет спектр анализируемых факторов, включая геомагнитные возмущения и загрязнение городских почв. Авторы обнаружили, что магнитные бури ассоциированы с увеличением числа вызовов скорой помощи по поводу инфаркта миокарда и стенокардии, а суточные циклы обращаемости могут объясняться влиянием транспортных выхлопов, однако связи с загрязнением городских почв тяжелыми металлами не выявлено [26]. Этот результат подчеркивает, что не все факторы окружающей среды одинаково значимы, и ГИС-анализ должен быть дополнен тщательным отбором потенциальных предикторов с учетом их биологической правдоподобности.

В масштабном российском исследовании, включавшем 83 региона, проведенном в 2008–2017 гг., установлены более чем 20-кратные межрегиональные различия заболеваемости СД 1 и выявлены значимые корреляции с плотностью дорожной сети, объемами атмосферных выбросов и количеством автобусов [27]. Авторы интерпретируют эти связи через роль твердых пылевых частиц, содержащих алюмосиликаты и другие иммуномодулирующие компоненты, способных усиливать аутоиммунные реакции [27]. Работа демонстрирует то, что ГИС-анализ применим не только для анализа заболеваемости основных социально значимых хронических НИЗ, но и для изучения пространственных закономерностей болезней с менее очевидной средовой детерминацией.

В исследовании на уровне отдельного района города Томска в пространственную модель были включены как данные о концентрациях атмосферных загрязнителей, так и данные об уровнях переменных электрических полей промышленной частоты. Наиболее значимая связь заболеваемости БСК

выявлена именно с электрической составляющей электромагнитного поля [28]. Это указывает на то, что спектр средовых факторов, потенциально влияющих на развитие НИЗ, шире, чем обычно рассматривается, и ГИС позволяют интегрировать нетрадиционные виды экспозиций для проверки новых гипотез.

Помимо экологических, существенную роль играют социальные и поведенческие факторы, и ГИС позволяют оценить их пространственную неоднородность. В Эфиопии пространственное моделирование выявило значимые ассоциации распространенности НИЗ у мужчин с возрастом, регионом, уровнем образования, семейным положением, религией, родом занятий и доступом к средствам массовой информации [29]. Этот результат показывает, что социальные факторы здоровья распределены неравномерно и могут формировать территории повышенного риска. Такие районы следует учитывать при разработке и планировании профилактических мер.

Исследование в США демонстрирует, как характеристики среды могут влиять на поведенческие факторы риска: кластеры высокой распространенности ожирения и низкой физической активности локализованы преимущественно в сельских округах, тогда как городские районы характеризуются лучшей доступностью медицинских учреждений и возможностей для физических упражнений. Регрессионный анализ подтвердил отрицательную связь ожирения с плотностью врачей первичной помощи и наличием мест для занятий спортом, положительную — с гиподинамией [30]. Эти данные подчеркивают роль пространственного планирования городской среды в формировании рисков НИЗ.

В африканских странах выявлены сходные ассоциации: в Замбии вероятность ожирения у женщин репродуктивного возраста повышали возраст, высокий уровень благосостояния, проживание в городе, наличие автомобиля и использование контрацептивов, причем распространенность метаболических нарушений имела выраженную пространственную неоднородность [31]. Исследование, охватившее все страны Африки к югу от Сахары, воспроизвело эти результаты в более широком масштабе [32]. Согласованность данных из разных регионов Африки указывает на устойчивость социально-экономических предикторов ожирения и целесообразность использования ГИС для мониторинга факторов риска НИЗ в условиях ограниченных ресурсов.

ГИС применимы и для изучения распространенности самих поведенческих факторов риска. Значимым психосоциальным фактором риска развития многих хронических НИЗ считаются расстройства сна [33]. В Бангладеш во время пандемии COVID-19 пространственный анализ выявил региональную неоднородность продолжительности сна, причем в районах с высокой заболеваемостью чаще наблюдались отклонения от рекомендуемых норм, ассоциированные с безработицей, социальной изоляцией, экономическими трудностями и депрессией [34]. Это демонстрирует возможность использования ГИС для косвенной оценки психосоциальных рисков, которые традиционно сложно картографировать.

Примером нетрадиционного использования ГИС является мониторинг злоупотребления опиоидами на основе анализа сточных вод и пространственного моделирования канализационной сети [35]. Такой подход позволяет выявлять локальные паттерны потребления наркотиков и применения антидотов на уровне городских районов, что может быть адаптировано для оценки распространенности поведенческих факторов риска НИЗ в режиме, близком к реальному времени.

ГИС также эффективны для анализа географических неравенств в доступе к медицинской помощи при НИЗ. Так, байесовское геостатистическое моделирование в Перу показало значительные разрывы в охвате медико-санитарной помощью между прибрежными и джунглевыми провинциями, причем внутрирегиональные различия оказались сопоставимы с межрегиональными [36]. Подобный подход может быть использован для мониторинга охвата программами профилактики и лечения НИЗ и для выявления территорий, где доступ к помощи ограничен, что особенно важно в странах с выраженным социально-экономическим неравенством.

Современные ГИС-методы позволяют перейти от описания текущей ситуации к прогнозированию будущих тенденций распространенности НИЗ. Ключевым инструментом служит географически взвешенная регрессия (geographically weighted regression — GWR) и ее многомасштабный вариант (MGWR), который продемонстрировал свою эффективность при анализе пространственной нестационарности факторов риска БСК и СД 2 в США. [12]. Именно MGWR позволил выявить, что значимость отдельных факторов (ожирение, курение, алкоголь) существенно различается по регионам, что невозможно уловить стандартными глобальными моделями.

Байесовское моделирование в сочетании с пространственной автокорреляцией использовано для проекции бремени СД в Китае на 2020–2030 гг. Прогнозируется рост распространенности с 8,2 до 9,7%, причем выявлены устойчивые географические кластеры высокого и низкого бремени данной болезни [37]. Такие проекции позволяют заранее определить регионы, требующие усиления профилактических программ, и оценить будущие экономические затраты на их реализацию.

Новым этапом развития является внедрение в геопространственный анализ методов машинного обучения и инструментов анализа больших данных для пространно-временного моделирования воздействия факторов окружающей среды на здоровье, что создает новое междисциплинарное направление — GeoAI. Последний позволяет интегрировать разнородные источники — спутниковые и наземные наблюдения, данные о качестве воздуха и воды, картографию городской среды и электронные медицинские записи –и строить высокоразрешенные карты экспозиции и прогнозы зон экологического риска. За счет применения современных алгоритмов обучения системы могут выявлять скрытые и нелинейные связи между характеристиками урбанизированной среды и показателями заболеваемости. Вместе с тем методы GeoAI требуют тщательной валидации, учета пространственных и временных смещений, прозрачности моделей и строгого соблюдения этических норм при работе с персональными и чувствительными данными [8]. Эта оговорка важна, поскольку подчеркивает, что переход к автоматизированным прогнозным системам не отменяет необходимости эпидемиологической интерпретации результатов.

Развитие веб-ориентированных ГИС-платформ открывает новые возможности для мониторинга НИЗ в реальном времени. Опыт пандемии COVID-19 ускорил внедрение таких систем на глобальном уровне, продемонстрировав их способность отслеживать распространение заболеваний в режиме реального времени, интегрировать разнородные данные для комплексной оценки ситуации, моделировать сценарии вмешательств и оценивать их эффективность,

а также прогнозировать «горячие точки» с использованием геостатистики и машинного обучения [38]. Вместе с тем, как отмечается в обзоре X. Shi и H. Lin, несмотря на значительное расширение геопространственных приложений в здравоохранении, сохраняются нерешенные проблемы: интеграция разнородных источников, защита конфиденциальности и доступность технологий для стран с ограниченными ресурсами [39]. Это ограничивает глобальное внедрение таких систем и подчеркивает необходимость стандартизации применяемых подходов.

Основные методы применения ГИС для мониторинга заболеваемости ХНИЗ приведены в таблице.

Проведенный анализ демонстрирует отчетливую методологическую эволюцию применения ГИС в мониторинге НИЗ: от дескриптивного картографирования и выявления кластеров к комплексному пространственному моделированию и использованию GeoAI. Этот сдвиг согласуется с выводами K. Hu и соавт., которые отмечают, что за последние 5 лет (2020–2025 гг.) методы пространственной эпидемиологии, ранее ориентированные преимущественно на инфекционные заболевания, все активнее применяются для анализа хронических болезней [40]. При этом важно сопоставить возможности разных методологических подходов. Дескриптивные методы (пространственная автокорреляция, LISA, Getis-Ord Gi) эффективны для выявления территорий повышенного риска и генерации гипотез, но не позволяют оценивать причинно-следственные связи. Географически взвешенная регрессия (GWR/MGWR) частично решает эту задачу, однако ее результаты чувствительны к выбору пространственного масштаба и набора предикторов. Методы машинного обучения и GeoAI обеспечивают высокую прогностическую точность и способность улавливать нелинейные взаимодействия, но часто выступают как «черный ящик», что затрудняет интерпретацию для эпидемиологов и лиц, принимающих решения. Таким образом, выбор подхода должен определяться конкретной задачей: для поиска кластеров достаточно дескриптивных методов, для оценки вклада факторов — GWR, а для прогнозирования и автоматизированного мониторинга оправдано применение GeoAI при условии валидации и прозрачности моделей.

Современные пространственные модели действительно позволяют интегрировать данные об окружающей среде, социально-экономических факторах и образе жизни в единые прогностические системы, что создает основу для адресной профилактики, учитывающей локальную комбинацию факторов риска. Однако следует подчеркнуть, что переход от аналитических моделей к реальным системам поддержки принятия решений требует не только технической готовности, но и наличия качественных сопоставимых данных, а также институциональных механизмов их использования.

Необходимость осторожного отношения к результатам автоматизированных моделей наглядно иллюстрирует работа 2022 г. B. Borman и соавт. Авторы проанализировали несколько сценариев, смоделированных активно внедряемой властями Новой Зеландии системой Environmental Health Intelligence New Zealand (EHINZ), и показали, что при определенных допущениях модель выдавала биологически малоправдоподобные или даже абсурдные результаты,

Характеристика основных геоинформационных систем для мониторинга неинфекционных заболеваний

Анализируемые данные	Основные методы анализа, ссылка на источник	Изучаемые заболевания
Медико-демографические данные заболеваемости и смертности	Тематическое картографирование [13], пространственно-временной анализ [10, 14, 17], анализ динамики [13, 15], Moran's I [10, 17], LISA [10], Joinpoint-регрессия [10, 17], байесовское сглаживание [10], ArcGIS [15, 17], QGIS [10, 14], TerraView [10] / Thematic mapping, spatiotemporal analysis, time course analysis, Moran's I, LISA, Joinpoint regression, Bayesian smoothing, ArcGIS, QGIS, TerraView	БСК [14], цереброваскулярные заболевания [10, 13], ишемическая болезнь сердца [10], гипертоническая болезнь [10], СД 2[17]
Клинические данные пациентов	Картографирование случаев [16], hot spot analysis [16, 20], Getis-Ord Gi [16, 20], корреляционный и регрессионный анализ [20, 26], Global Moran's I [16, 20], ArcGIS [16, 20], QGIS [26] / Case mapping, hot spot analysis, Getis-Ord Gi, Global Moran's I, correlation and regression analysis, ArcGIS, QGIS	Ишемическая болезнь сердца [26], СД 2 [16], гиперхолестеринемия, атеросклероз [20]
Экологические данные мониторинга	Оценка экспозиции [19], IDW-интерполяция [18], гигиеническая оценка риска [23], HQ/HI [23], HRI [25], корреляционный анализ и регрессионный анализ [18, 19, 25, 27], сценарное моделирование [25], ArcGIS [18, 25]	БСК, болезни органов дыхания [23, 25], бронхит [23], бронхиальная астма [23], СД 1 [27], низкая масса тела при рождении [19], острые респираторные симптомы [18]
Социально-демографические и поведенческие данные	Пространственное картографирование [30, 31, 34], Global Moran's I [29, 32], Anselin Local Moran's I [30], SaTScan [29, 32], Getis-Ord Gi [32], Kriging [32], OLS-регрессия [30], многоуровневая логистическая регрессия [32], GSEM [29], ArcGIS [29, 30, 32, 34], QGIS [31]	Ожирение, избыточная масса тела, недостаточная масса тела, анемия, физическая неактивность, нарушения сна, употребление алкоголя и табака как факторы риска НИЗ [29, 30, 31, 32, 34]
Спутниковые и дистанционные данные	NDVI-анализ [21], 5D-модель городской среды [21], сеточный анализ, пространственная автокорреляция [21], интерполяция [28], корреляционный анализ [21, 28], метод главных компонент [28], регрессионное моделирование [21, 28], QGIS [28]	БСК, гипертоническая болезнь [21], СД 2 [21], инсульт [28], инфаркт мозга [28], дислипидемия, метаболические нарушения
Разнородные пространственные данные и GeoAI	Машинное обучение [22, 8], XGBoost [22, 8], Random Forest [22, 8], LightGBM [22], MLP [22], SHAP [22], PCA [22], k-means [22], spatial lag model, StoryMap [41], dashboards [41], ArcGIS [35, 41], QGIS [24]	НИЗ [8], СД 2 [22], гипертоническая болезнь [22], дислипидемия [22], болезни органов дыхания [24], нарушения сна [8], опиоидная экспозиция [35], метаболические нарушения [22], экологически обусловленные риски здоровья [41]

которые, будучи принятыми некритично, могли бы привести к ошибочным управленческим решениям [41]. Этот пример подчеркивает, что любые прогнозные ГИС-модели должны проходить внешнюю валидацию на независимых данных, а их допущения — явно анализироваться на предмет соответствия эпидемиологическим знаниям. Таким образом, доверие к инструментам GeoAI должно быть условным и сопровождаться обязательной интерпретацией результатов специалистом.

Несмотря на значительный прогресс, практическая ценность ГИС-мониторинга НИЗ ограничена рядом фундаментальных проблем, которые необходимо учитывать как при интерпретации опубликованных результатов, так и при планировании новых систем. Во-первых, сохраняется проблема качества и сопоставимости исходных данных: различия в классификациях, стандартах регистрации, полноте охвата и точности геокодирования могут вносить систематические ошибки, которые способны искажать результаты даже самых сложных пространственных моделей. Во-вторых, выраженная пространственная нестационарность факторов риска, выявленная в нескольких исследованиях, ограничивает возможность переноса моделей из одного региона в другой без их адаптации. В-третьих, методы GeoAI и машинного обучения, обладая высокой прогностической точностью, часто не обеспечивают достаточной интерпретируемости, что затрудняет их использование в клинической и управленческой практике. В-четвертых, этические и правовые аспекты работы с персональными геопривязанными данными до сих пор не решены, особенно в странах с недостаточно развитым законодательством о защите информации. В-пятых, неравномерность технологического развития и доступности вычислительных ресурсов создает барьер для внедрения сложных геопространственных моделей в странах с низким и средним уровнем дохода, где бремя НИЗ часто наиболее велико.

Приведенные ограничения не отменяют высокого потенциала ГИС, но определяют условия, при которых он может быть реализован на практике. Во-первых, для преодоления фрагментации данных и повышения их сопоставимости необходима интеграция разрозненных ведомственных источников в единые межведомственные платформы. Опыт создания таких систем уже имеется: One CDC Data Platform (США), NHS Digital (Великобритания), Nationale Gesundheitsdatenplattform (Германия), а также Единая государственная информационная система в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ, Российская Федерация). Однако само по себе наличие платформы не гарантирует качества пространственного анализа: необходима стандартизация методик геокодирования, гармонизация классификаций и протоколов обмена данными. Во-вторых, методы пространственного анализа должны быть включены в рутинный инструментарий эпидемиологических служб не как экзотическое дополнение, а как обязательный компонент при планировании и оценке профилактических программ. Это требует разработки методических рекомендаций и обучения специалистов практическому применению ГИС. В-третьих, для ответственного внедрения GeoAI необходимо сформулировать принципы валидации и интерпретируемости моделей, а также этические нормы использования геопривязанных персональных данных, особенно в межведомственном обмене. Только при соблюдении этих условий ГИС смогут трансформироваться из исследовательского инструмента в реальный механизм поддержки управленческих решений, направленных на снижение бремени НИЗ и устранение неравенства в здоровье.

Заключение. Проведенный обзор показал, что методология применения ГИС в мониторинге НИЗ прошла несколько этапов — от картографирования заболеваемости до пространственно-временного моделирования и попыток интеграции методов машинного обучения. Накопленный в Канаде, Новой Зеландии и США опыт свидетельствует: решающую роль играет не сложность алгоритмов, а качество инфраструктуры — единые стандарты геокодирования, централизованные платформы и подготовленные кадры. Именно это, а не отдельные аналитические инструменты, позволяет встроить пространственный анализ в повседневную работу органов здравоохранения.

В России, несмотря на наличие методологического задела, формируемого в научных центрах Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзора), ГИС пока не стали системным инструментом. Разрозненность ведомственных данных, отсутствие единой платформы, сопоставимой с CDC/ATSDR OneMap, и ограниченная подготовка специалистов в области пространственной эпидемиологии — эти барьеры носят преимущественно организационный, а не технологический характер.

Представляется, что первоочередными шагами должны стать следующие: утверждение стандартов представления пространственных данных в ЕГИСЗ, запуск пилотных проектов по интеграции данных Роспотребнадзора и медицинской статистики на региональном уровне, а также включение основ геоинформатики в программы подготовки организаторов здравоохранения и эпидемиологов. Без этих мер даже наиболее совершенные аналитические методы останутся инструментом отдельных исследовательских групп, не влияя на принятие решений.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

References (Список источников)

1. WHO. Noncommunicable diseases. Fact sheets. URL: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases (18 Sept 2026).

2. Brauer M, Roth GA, Aravkin AY, et al. Global burden and strength of evidence for 88 risk factors in 204 countries and 811 subnational locations, 1990–2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. Lancet. 2024;403(10440):2162-203. DOI:10.1016/S0140-6736(24)00933-4

3. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJR, et al. The Lancet Commission on pollution and health. Lancet. 2018;391(10119):430. DOI:10.1016/S0140-6736(17)32817-9

4. Ananchenkova PI. Geo-information systems and their use in healthcare organization: review of foreign studies. *Remedium*. 2023;27(2):183-6. (In Russ.) Ананченкова П.И. Геоинформационные системы и их использование в организации здравоохранения: обзор зарубежных исследований. Ремедиум. 2023;27(2):183-6. DOI:10.32687/1561-5936-2023-27-2-183-186

5. Jamedinova U, Shaltynov A, Konabekov B, et al. Application of geoinformation systems in health care: Literary review. Nauka i Zdravookhraneniye=Science & Healthcare. 2018;6(20):9-47. (In Russ.) Джамединова У.С., Шалтынов А.Т., Конабеков Б.Е. и др. Применение геоинформационных систем в здравоохранении: обзор литературы. Наука и здравоохранение. 2018;6(20):9-47. EDN:YUDGRV

6. Stasinos N, Tsatsaris A, Plakas S, et al. Geo-enabling public health: A systematic review of GIS applications. Adv Exp Med Biol. 2026;1487:201-11. DOI:10.1007/978-3-032-03398-7_21

7. Kirby RS, Delmelle E, Eberth JM. Advances in spatial epidemiology and geographic information systems. Ann Epidemiol. 2017;27(1):1-9. DOI:10.1016/j.annepidem.2016.12.001

8. Iyer HS, Karasaki S, Yi L, et al. Harnessing Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) for environmental epidemiology: A narrative review. Curr Environ Health Rep. 2025;12(1):34. DOI:10.1007/s40572-025-00497-4

9. Drapkina OM, Kontsevaya AV, Kalinina AM, et al. 2022 Prevention of chronic non-communicable diseases in the Russian Federation. National guidelines. Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika=Cardiovascular Therapy and Prevention. 2022;21(4):3235. (In Russ.) Драпкина О.М., Концевая А.В., Калинина А.М. и др. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний в Российской Федерации. Национальное руководство 2022. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022;21(4):3235. DOI:10.15829/1728-8800-2022-3235

10. Santos ABD, Bezerra AM, Machado LDS, et al. Temporal-spatial analysis of mortality from cardiovascular diseases in the State of Ceará, Brazil, between 2009–2019. Rev Bras Epidemiol. 2023;26:e230060. DOI:10.1590/1980-549720230060

11. Murad A, Khashoggi BF. Using GIS for disease mapping and clustering in Jeddah, Saudi Arabia. ISPRS Int J Geoinf. 2020;9(5):e328. DOI:10.3390/ijgi9050328

12. Cui W, Hu N, Zhang S, et al. Analyzing spatial variations of heart disease and type-2 diabetes: A multi-scale geographically weighted regression approach. Comput Urban Sci. 2022;2:e34. DOI:10.1007/s43762-022-00059-6

13. Korovin EN, Sereda IV. Classification of districts of the Voronezh region by cerebrovascular diseases based on geoinformation technologies. In: Software engineering: Modern trends in development and application. Proceedings of the 3rd All-Russian conference dedicated to the 55th anniversary of South-West State University, Kursk, March 11–12, 2019. Kursk: University Book, 2019; p. 41-5. (In Russ.) Коровин Е.Н., Середа И.В. Классификация районов Воронежской области по цереброваскулярным заболеваниям на основе геоинформационных технологий. Программная инженерия: современные тенденции развития и применения сборник материалов 3-й Всероссийской конференции, посвященной 55-летию ЮЗГУ, Курск, 11–12 марта 2019 г. Курск: Университетская книга, 2019; с. 41-5.

14. Pogorelov AR. The regional monitoring of territorial differences in population morbidity of circulatory system diseases. Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny. 2023;31(5):984-9. (In Russ.) Погорелов А.Р. Региональный мониторинг территориальных различий заболеваемости населения болезнями системы кровообращения. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2023;31(5):984-9. DOI:10.32687/0869-866X-2023-31-5-984-989

15. Moya-Salazar J, Marín EA, Palomino-Leyva CB, et al. Geospatial analysis of cardiovascular mortality before and during the COVID-19 pandemic in Peru: Analysis of the national death registry to support emergency management in Peru. Front Cardiovasc Med. 2024;11:1316192. DOI:10.3389/fcvm.2024.1316192

16. Thomas TW, Duru OK, Yassin M, et al. Identifying pre-diabetes 'hotspots' in Northern California using geospatial analysis: opportunities to target diabetes prevention strategies and improve health equity. BMJ Open. 2024;14(12):e087274. DOI:10.1136/bmjopen-2024-087274

17. Xu Z, Feng J, Xing S, et al. Global trends and spatial drivers of diabetes mellitus mortality, 1990–2019: A systematic geographical analysis. Front Endocrinol (Lausanne). 2024;15:1370489. DOI:10.3389/fendo.2024.1370489

18. Yadav R, Nagori A, Mukherjee A, et al. Geographic information system-based mapping of air pollution & emergency room visits of patients for acute respiratory symptoms in Delhi, India (March 2018 – February 2019). Indian J Med Res. 2022;156(4&5):648-58. DOI:10.4103/ijmr.IJMR_136_21

19. Gong X, Huang Y, Duong J, et al. Industrial air pollution and low birth weight in New Mexico, USA. J Environ Manage. 2023;348:119236. DOI:10.1016/j.jenvman.2023.119236

20. Morgan S, Mottaleb MA, Kraemer MP, et al. Effect of lifestyle-based lipid lowering interventions on the relationship between circulating levels of per-and polyfluoroalkyl substances and serum cholesterol. Environ Toxicol Pharmacol. 2023;98:104062. DOI:10.1016/j.etap.2023.104062

21. Zhao T, Zhang A, Liu Y, et al. The effect of the urban built environment on the prevalence rate of chronic diseases in the community neighborhood level: A case study in Qingdao, China. BMC Public Health. 2025;25(1):3085. DOI:10.1186/s12889-025-24301-y

22. Liu J, Liu C, Liu Z, et al. Spatial analysis of air pollutant exposure and its association with metabolic diseases using machine learning. BMC Public Health. 2025;25(1):831. DOI:10.1186/s12889-025-22077-9

23. Koldibekova YuV, Zemlyanova MA, Ignatova AM, et al. Assessment of the risk for health disorders in children who live in a territory of the zone of exposure to production of metallurgical aluminum. Gigiena i Sanitariya=Hygiene and Sanitation, Russian journal. 2019;98(2):135-41. (In Russ.) Кольдибекова Ю.В., Землянова М.А., Игнатова А.М. и др. Оценка риска нарушений состояния здоровья у детей, проживающих в зоне влияния производства металлургического глинозема. Гигиена и санитария. 2019;98(2):135-41. DOI:10.18821/0016-9900-2019-98-2-135-141

24. Nguyen TH, Nesterov YA, Kurolap SA. Application of GIS and Google Trends Index to assess the dynamics of morbidity associated with environmental conditions in Northeastern Vietnam. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2025;1:144-9. (In Russ.) Нгуен Ч.Х., Нестеров Ю.А., Криволап С.А. Применение ГИС и индекса GoogleTrends для оценки динамики заболеваемости, связанной с экологическими условиями на территории северо-восточного Вьетнама. Вестник ВГУ. Сер.: География. Геоэкология. 2025;1:144-9. DOI:10.17308/geo/1609-0683/2025/1/144-149

25. Zvonkova NV, Loktionov OA, Kondrateva OE. Assessment of reduced respiratory diseases in the Moscow population morbidity as a result of the implementation of the best available technology. Ekologiya Cheloveka=Human Ecology. 2022;29(4):263-73. (In Russ.) Звонкова Н.В., Локтионов О.А., Кондратьева О.Е. Оценка потенциала снижения уровня заболеваемости органов дыхания населения города Москвы в результате внедрения наилучших доступных технологий. Экология человека. 2022;29(4):263-73. DOI:10.17816/humeco81240

26. Belashev BZ, Krutskikh NV, Gerasimova AA. Magnetic storms and pattern of emergency ambulance calls in Petrozavodsk. Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN. 2020;7:5-18. (In Russ.) Белашев Б.З., Крутских Н.В., Герасимова А.А. Магнитные бури и картина вызовов скорой помощи в Петрозаводске. Труды Карельского научного центра РАН. 2020;7:5-18. DOI: 10.17076/mat1220

27. Soprun LA, Akulin IM, Utehin VI, et al. Urbanization-related factors of the incidence of type I diabetes. Biosfera. 2018:10(4):282-92. (In Russ.) Сопрун Л.А., Акулин И.М., Утехин В.И. и др. Связанные с урбанизацией факторы заболеваемости сахарным диабетом первого типа. Биосфера. 2018:10(4):282-92. DOI:10.24855/biosfera.v10i4.464

28. Belyanin IM, Kartashev AG. Modeling the impact of urban environmental factors on human health. Cifra. Biologicheskie Nauki. 2025;2(6):1-6. (In Russ.) Белянин И.М., Карташев А.Г. Моделирование влияния факторов городской среды на здоровье человека. Cifra. Биологические науки. 2025;2(6):1-6. DOI:10.60797/BIO.2025.6.2

29. Kebede SA, Weldesenbet AB, Tusa BS. Spatial distribution and factors associated with risky health behavior among adult males aged 15–59 years in Ethiopia: Generalized structural equation modeling. Front Psychiatry. 2022;13:688336. DOI:10.3389/fpsyt.2022.688336

30. Aljabri D. Associations between obesity, physical inactivity, healthcare capacity, and the built environment: Geographic information system analysis. J Multidiscip Health. 2022;15:689-704. DOI:10.2147/JMDH.S345458

31. Shumba S, Jacobs C, Kapembwa M, et al. Spatial analysis and associated factors of underweight, overweight and obesity among non-pregnant women of reproductive age in Zambia. Afr Health Sci. 2024;24(3):292-301. DOI:10.4314/ahs.v24i3.33

32. Getnet M, Sisay WS, Alem AZ. Spatial distribution and associated factors of co-occurrence of overweight/obesity and Anemia among women in the reproductive age in sub-Saharan Africa: A multilevel analysis, DHS 2016–2021. PLoS One. 2024;19(4):e0299519. DOI:10.1371/journal.pone.0299519

33. Pyrikova NV, Osipova IV, Antropova ON, Gerasimenko NV. Sleep disorders and leading chronic non-communicable diseases risk factors in locomotive crew workers. The Russian Journal of Preventive Medicine. 2025;28(10):41-7. (In Russ.) Пырикова Н.В., Осипова И.В., Антропова О.Н., Герасименко Н.В. Нарушения сна и ведущие факторы риска хронических неинфекционных заболеваний у работников локомотивных бригад. Профилактическая медицина. 2025;28(10):41-7. DOI:10.17116/profmed20252810141

34. Al-Mamun F, Hussain N, Sakib N, et al. Sleep duration during the COVID-19 pandemic in Bangladesh: A GIS-based large sample survey study. Sci Rep. 2023;13(1):3368. DOI:10.1038/s41598-023-30023-1

35. Endo N, Ghaeli N, Duvallet C, et al. Rapid assessment of opioid exposure and treatment in cities through robotic collection and chemical analysis of wastewater. J Med Toxicol. 2020;16(2):195-203. DOI:10.1007/s13181-019-00756-5

36. Ferreira LZ, Utazi CE, Huicho L, et al. Geographic inequalities in health intervention coverage — mapping the composite coverage index in Peru using geospatial modelling. BMC Public Health. 2022;22:2104. DOI:10.1186/s12889-022-14371-7

37. Liu J, Liu M, Chai Z, et al. Projected rapid growth in diabetes disease burden and economic burden in China: A spatio-temporal study from 2020 to 2030. Lancet Reg Health West Pac. 2023;33:100700. DOI:10.1016/j.lanwpc.2023.100700

38. Fry R, Hollinghurst J, Stagg HR, et al. Real-time spatial health surveillance: Mapping the UK COVID-19 epidemic. Int J Med Inform. 2021;149:104400. DOI:10.1016/j.ijmedinf.2021.104400

39. Shi X, Lin H. Introduction: Advances in geospatial analysis for health research. Annals of GIS. 2020;26(3):217-8. DOI:10.1080/19475683.2020.1800900

40. Hu K, Li C, Yang X, et al. From infectious diseases to chronic diseases: The paradigm shift of spatial epidemiology in disease prevention and control. Front Public Health. 2025;13:1698964. DOI:10.3389/fpubh.2025.1698964

41. Borman B, Haenfling C, Kowalik-Tait A, Hipgrave P. Environmental Health Intelligence New Zealand (EHINZ): Intelligence for public health action. Res Health Serv Reg. 2022;1(1):9. DOI:10.1007/s43999-022-00009-z

Статья поступила в редакцию 04.07.2026; одобрена после рецензирования 17.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 04.07.2026; approved after reviewing 17.08.2026; accepted for publication 29.08.2026

Информация об авторах:

Святослав Игоревич Мазилов *— старший научный сотрудник отдела медико-профилактических и инновационных технологий, кандидат биологических наук, smazilov@yandex.ru, ORCID 0000-0002-8220-145X;* ***Никита Олегович Осипов*** *— магистрант Института прикладных информационных технологий и коммуникаций; младший научный сотрудник отдела медико-профилактических и инновационных технологий, 20inustice02@gmail.com, ORCID 0009-0002-3955-7781;* ***Наталия Евгеньевна Комлева*** *— заместитель руководителя по научной работе, профессор кафедры неврологии, доктор медицинских наук, NEKomleva@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4099-9368;* ***Михаил Валерьевич Поздняков*** *— заведующий лабораторией инновационных методов в медицине, кандидат физико-математических наук, mpozdnyakov@yandex.ru, ORCID 0000-0002-2067-3830;* ***Андрей Анатольевич Чехонацкий*** *— заведующий кафедры нейрохирургии, доцент, доктор медицинских наук, fax-1@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3327-1483;* ***Даниил Миронович Пучиньян*** *— научный сотрудник отдела инновационных проектов в травматологии и ортопедии Научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии, доктор медицинских наук, профессор, puchinyan@mail.ru, ORCID 0000-0001-9515-8342.*

Information about the authors:

Svyatoslav I. Mazilov *— Senior Researcher of the Department of Medical, Preventive and Innovative Technologies, PhD, smazilov@yandex.ru, ORCID 0000-0002-8220-145X;* ***Nikita O. Osipov*** *— Master Student of the Institute of Applied Information Technologies and Communications; Junior Researcher of the Department of Medical, Preventive and Innovative Technologies, 20inustice02@gmail.com, ORCID 0009-0002-3955-7781;* ***Nataliia E. Komleva*** *— Deputy Head for Research Work; Professor of the Department of Neurology, DSc, NEKomleva@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4099-9368;* ***Michail V. Pozdnyakov*** *— Head of the Laboratory of Innovative Methods in Medicine, PhD (Physical and Mathematical), mpozdnyakov@yandex.ru, ORCID 0000-0002-2067-3830;* ***Andrei A. Chekhonatsky*** *— Head of the Department of Neurosurgery, Associate Professor, DSc, fax-1@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3327-1483;* ***Daniil M. Puchinyan*** *— Research Associate of the Department of Innovative Projects in Traumatology and Ortopedics of the Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Professor, DSc, puchinyan@mail.ru, ORCID 0000-0001-9515-8342.*

УДК 614.44(048.83)
EDN: TRGBVB
https://doi.org/10.15275/ssmj2203399

Обзор
Review

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БОРЬБЫ С ПАНДЕМИЕЙ COVID-19 (СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

В.В Роюк[1], В.А. Решетников[1], Н.Г. Коршевер[2], С.А. Сидельников[2], А.И. Доровская[2]

[1]ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет)» Минздрава России, Москва, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

ORGANIZATIONAL MECHANISMS FOR IMPROVING THE FIGHT AGAINST THE COVID-19 PANDEMIC (SYSTEMATIC REVIEW)

V.V. Royuk[1], V.A. Reshetnikov[1], N.G. Korshever[2], S.A. Sidelnikov[2], A.I. Dorovskaja[2]

[1]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia
[2]V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: *Роюк В.В., Решетников В.А., Коршевер Н.Г., Сидельников С.А., Доровская А.И.* Организационные механизмы совершенствования борьбы с пандемией COVID-19 (систематический обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 399-406. EDN:TRGBVB. https://doi.org/10.15275/ssmj2203399

Аннотация. *Цель:* проведение критического анализа различных организационных механизмов совершенствования борьбы с пандемией COVID-19 и определение приоритетного. *Методика написания обзора.* Выполнен

© Роюк В.В., Решетников В.А., Коршевер Н.Г., Сидельников С.А., Доровская А.И., 2026

в соответствии с положениями руководства PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Использовались базы данных PubMed, Google Scholar, Web of Science, eLibrary, CyberLeninka. Глубина поиска — 2020–2025 гг. Из первоначально отобранных 561 публикации выбраны 16 наиболее релевантных, рассматривающих 6 различных организационных механизмов. Механизмы сравнивали по 7 авторским критериям. *Заключение.* Приоритетным организационным механизмом совершенствования борьбы с пандемией COVID-19 является комплексный механизм межсекторального взаимодействия, функционирование которого обеспечивают адекватная методологическая база, соблюдение принципов совершенствования и требований к цифровизации, учет специфических для условий пандемии COVID-19, особенностей межсекторального взаимодействия, использование инструментов информационно-вычислительной поддержки и технологического подхода.

Ключевые слова: организационный механизм совершенствования, борьба с пандемией COVID-19, межсекторальное взаимодействие

For citation: *Royuk VV, Reshetnikov VA, Korshever NG, Sidelnikov SA, Dorovskaja AI.* Organizational mechanisms for improving the fight against the COVID-19 pandemic (systematical review). Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 399-406. (In Russ.) EDN: TRGBVB. https://doi.org/10.15275/ssmj2203399

Abstract. *Objective:* to conduct a critical analysis of various organizational mechanisms for improving the fight against the COVID-19 pandemic and to identify the priority one. *Review methodology.* The review was carried out in accordance with the provisions of the PRISMA guidelines. The following databases were used: PubMed, Google Scholar, Web of Science, eLibrary, CyberLeninka. The search depth covers the period from 2020 to 2025. Of the initially selected 561 publications, 16 most relevant ones were chosen — they examine 6 different organizational mechanisms. The mechanisms were compared using 7 author-defined criteria. *Conclusion.* The priority organizational mechanism for improving the fight against the COVID-19 pandemic is a comprehensive mechanism of intersectoral interaction, the functioning of which is ensured by an adequate methodological foundation, adherence to improvement principles and digitalization requirements, consideration of the specific features of intersectoral interaction in the context of the COVID-19 pandemic, and the use of information and computing support tools and a technological approach.

Keywords: organizational mechanism for improvement, fight against the COVID-19 pandemic, intersectoral cooperation

Введение. Пандемия, вызванная вирусом SARS-CoV-2 (COVID-19), показала, что борьба с опасными инфекциями по-прежнему актуальна и имеет непосредственное отношение к обеспечению биологической и национальной безопасности страны. При этом общепризнана, закреплена в нормативных правовых актах [1–5] и нашла отражение в научных исследованиях [6–9] целесообразность осуществления соответствующего взаимодействия различных секторов государства и общества (межсекторального взаимодействия). В то же время организационные аспекты этого процесса, как правило, анализировались фрагментарно, а их реализация осуществлялась преимущественно эмпирическим путем.

Решение подобных глобальных проблем предполагает объективный выбор соответствующего организационного механизма. В ряде публикаций представлены организационные механизмы борьбы с пандемией COVID-19, однако их сравнение для определения наиболее целесообразного не проводилось.

Перечисленные обстоятельства обусловили *цель* исследования, которая заключалась в проведении критического анализа различных организационных механизмов совершенствования борьбы с пандемией COVID-19 и определении приоритетного.

Методика написания систематического обзора. Выполнен с использованием стандартизированных способов отбора и проверки результатов исследований в соответствии с положениями руководства PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses — предпочтительные элементы отчетности для систематических обзоров и метаанализа). Использовали базы данных PubMed, Google Scholar, Web of Science, eLibrary, CyberLeninka. Был поставлен исследовательский вопрос: «Какой организационный механизм совершенствования предпочтительнее использовать в борьбе с пандемией COVID-19». Под таким механизмом понимали систему научно обоснованных согласованных действий различных акторов государства и общества (межсекторальное взаимодействие), направленных на противодействие распространению высоковирулентной инфекции, лечение пациентов и минимизацию последствий. Содержание данной дефиниции определило выбор основных критериев включения в поиск, исключения из него и сравнительной оценки выявленных в публикациях вариантов рассматриваемого механизма.

Так, критериями включения явились глубина поиска (с 2020 по 2025 г.) и соответствие ключевым словам («организационный механизм совершенствования», «борьба с пандемией COVID-19», «межсекторальное взаимодействие»). Критериями исключения были работы, не относящиеся к рассматриваемой проблематике, а также изданные ранее 2020 г.

Для сравнительной оценки выявленных в публикациях вариантов искомого механизма использовали следующие авторские критерии:

1. Применение адекватной методологической базы.
2. Полнота реализации межсекторального взаимодействия (население, его селективные категории; перечень секторов и детерминант здоровья, их значимость, удельный вес деятельности и мера влияния).
3. Определение статистической значимости полученных результатов, в том числе оказания медицинской помощи.
4. Конструирование и использование критериально-диагностического инструментария.
5. Проектирование и реализация технологического подхода.
6. Создание единого информационного пространства.
7. Наглядность представления предлагаемого механизма.

При проведении систематического обзора реализовались его классические этапы: определение главного вопроса; поиск информации; отбор и критическая оценка качества релевантных публикаций; извлечение и анализ данных; интерпретация результатов.

Анализировали не только исследования с положительными или статистически значимыми результатами, но и работы с отрицательными или несущественными данными.

Коммуникацию с авторами публикаций не проводили.

На рис. 1 представлен процесс отбора публикаций — блок-схема PRISMA.

Ответственный автор — Натан Григорьевич Коршевер
Corresponding author — Nathan G. Korshever
E-mail: korshever@bk.ru

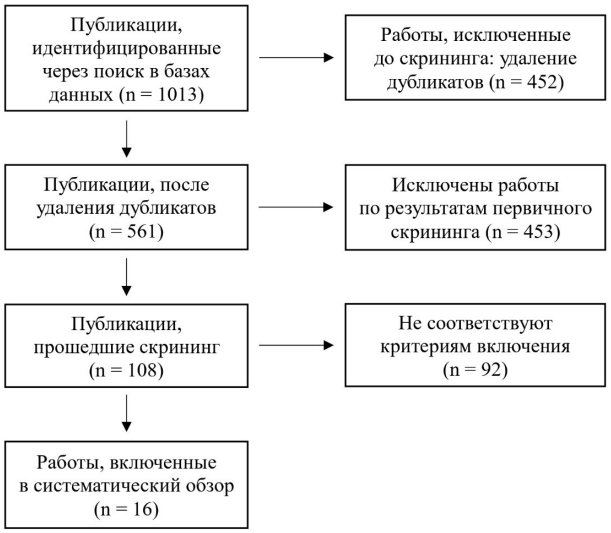


Рис. 1. Отбор статей для обзора в соответствии с PRISMA-методологией

Видно, что из первоначально отобранной 561 публикации выбраны 16 наиболее релевантных.

Результаты. В ходе выполнения систематического обзора была подготовлена сводная таблица, в которой представлены различные организационные механизмы совершенствования борьбы с пандемией новой коронавирусной инфекции (COVID-19) [10–25].

Результаты анализа представленных в сводной таблице публикаций подтвердили целесообразность обоснования механизма совершенствования борьбы с данным высоковирулентным инфекционным заболеванием с реализацией взаимодействия различных акторов, то есть межсекторального взаимодействия.

В то же время в большей части исследований (15 из 16) выявлены следующие несоответствия критериям оценки альтернативных вариантов:

исследования проводились без имплементации адекватной методологической базы, что обязательно при решении важных и сложных проблем охраны здоровья населения;

задействовался неполный спектр заинтересованных акторов, не учитывались особенности различных (селективных) категорий населения, относительно которых конкретный механизм будет функционировать, не исследовались количественные характеристики как секторов, так и детерминант здоровья;

не проводилось определение статистической значимости полученных результатов, в том числе оказания медицинской помощи;

не разрабатывался соответствующий критериально-диагностический инструментарий, без использования которого невозможно оценить исходное состояние исследуемого процесса, значит, осуществление его совершенствования;

не использовались преимущества информационных технологий;

недостаточная наглядность представления полученных результатов.

Из таблицы (с. 402) следует, что приоритетный организационный механизм совершенствования борьбы с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19), который в полной мере отражает суть межсекторального взаимодействия и не содержит перечисленных недостатков, предложен в работе 2025 г. В.В. Роюка [25], схема которого представлена на рис. 2.

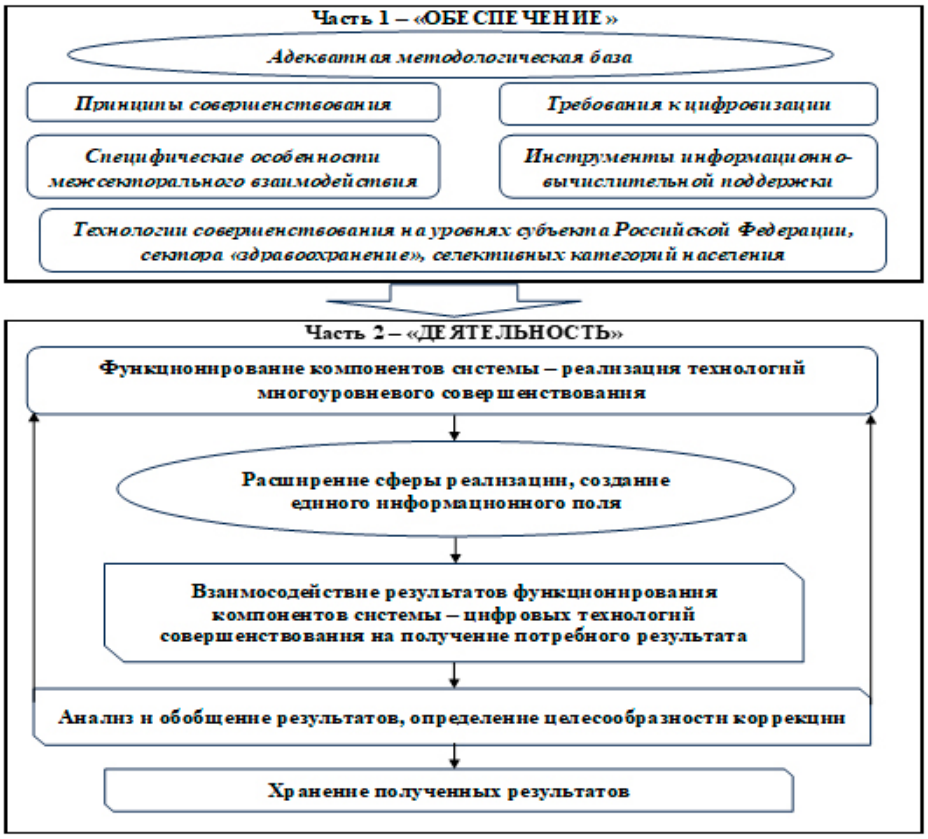


Рис. 2. Механизм совершенствования межсекторального взаимодействия по борьбе с пандемией COVID-19 [25]

Организационные механизмы совершенствования борьбы с пандемией новой коронавирусной инфекции (COVID-19)

Публикация (первый/единственный автор, год, библиографическая ссылка)	Организационный механизм борьбы с COVID и его характеристики	Соответствие критериям оценки альтернативных вариантов
Сарманаев С.Х., 2021 [10]; Черкасов А.И., 2022 [11]; Berger E., 2020 [12]; Knauer N.J., 2020 [13]	В качестве механизма борьбы с пандемией COVID-19 рассмотрен зарубежный опыт взаимодействия различных уровней публичной власти с сильным федеральным присутствием. Констатируется, что эффективность нормативного правового регулирования взаимодействия уровней публичной власти в федерациях в условиях пандемии COVID-19 опирается на учет 3 институциональных факторов: компетентности всех элементов; политической нейтральности системы защиты населения от чрезвычайных ситуаций; последовательного отказоустойчивого регулирования взаимодействия публичных институтов, применимого вне зависимости от конкретных сценариев развития угроз национальной безопасности. Декларируется целесообразность оптимальной организации принятия управленческих решений в условиях противодействия пандемии путем реализации комплексного межведомственного подхода с сильным федеральным присутствием, а также мониторинга возможных долгосрочных последствий пандемии COVID-19	1. Методологическая база исследования не представлена. 2. Признается целесообразность межсекторального подхода (как общепризнанной взаимосвязи между частью или частями различных слоев или секторов государства и общества, которая установлена для принятия мер, осуществления действий по рассматриваемой проблеме) и его совершенствования. Сделан акцент на федеральном присутствии, перечень заинтересованных акторов неконкретный и неполный («различные уровни публичной власти»). Количественные характеристики секторов не исследовались. Детерминанты здоровья не анализировались. 3. Статистическая значимость полученных результатов, в том числе оказания медицинской помощи, не определялась. 4. Декларируется необходимость мониторинга последствий пандемии, но критериально-диагностический инструментарий не разрабатывался. 5. Технологический подход не реализовался. 6. Единое информационное пространство не рассматривалось. 7. Предлагаемый механизм наглядно не представлен
Мафуанг С., 2021 [14]	Исследован механизм политической и экономической интеграции стран Европы в условиях пандемии COVID-19, определены преимущества над ассоциацией государств Азии. При этом механизмы Европейского Союза в первую очередь ориентированы на экономику, и европейская политика финансовой помощи была достаточно эффективной. АСЕАН (Association of South East Asian Nations — Ассоциация государств Юго-Восточной Азии) имеет ряд институциональных политических и финансовых ограничений, что сказывается на эффективности принимаемых мер	1. Методологическая база исследования не представлена. 2. Признается целесообразность межсекторального подхода и его совершенствования. Основное внимание уделено сравнительному анализу политической и экономической интеграции стран Европы и ассоциацией государств Азии. Предметная деятельность конкретных заинтересованных секторов, за исключением вопросов финансирования, не анализировалась. Детерминанты здоровья не рассматривались. 3. Статистическая значимость полученных результатов, в том числе оказания медицинской помощи, не определялась. 4. Критериально-диагностический инструментарий не разрабатывался. 5. Технологический подход не реализовался. 6. Единое информационное пространство не рассматривалось 7. Предлагаемый механизм наглядно не представлен

Продолжение табл.

Публикация (первый/единственный автор, год, библиографическая ссылка)	Организационный механизм борьбы с COVID и его характеристики	Соответствие критериям оценки альтернативных вариантов
Капицын В.М., 2022 [15]; Абрамов А.В., 2022 [16]; Пашин М.М., 2022 [17]; Liu Q., 2020 [18]; Qian Y., 2020 [19]; Yan P., 2020 [20]; Yang X., 2020 [21]	Показано, что **мобилизационные механизмы** в борьбе с COVID-19 включают в себя политическую волю, проводимую с помощью многоуровневой системы мер, повышающих доверие граждан к власти, консолидирующих их с целью совместных действий для выполнения срочных общих задач. Волевые усилия инициируют процедуры принятия своевременных и оптимальных решений по нахождению и использованию соответствующих финансовых, организационных, информационных, духовных и кадровых ресурсов. Проведена сравнительная комплексная оценка эффективности политико-административных инструментов и механизмов мобилизационного характера, применяемых различными странами в условиях пандемии COVID-19 для выработки оптимальных моделей предупреждения и нейтрализации эпидемиологических (биологических) угроз, а также смягчения их социально-политических и экономических последствий. Определено, что исследование подобных биологических угроз, их последствий и способов противодействия таковым требует междисциплинарного подхода, объединяющего методы политологии, социологии, социальной психологии, географии, правоведения, семиотики, экономики, медицины. Установлено, что при разработке и введении мер противодействия пандемии COVID-19 и определении степени их строгости правительства принимают в расчет институциональные характеристики и в значительной степени ориентируются на них. При этом наблюдается переоценка государствами собственного потенциала и эффективности принимаемых защитных и ограничительных мер. Представлена экспертная оценка мобилизационных механизмов государства, которые положительно сказались на динамике борьбы с пандемией, и выделены инструменты, которые должны быть применены в будущем для дальнейшей модернизации политики в области охраны здоровья (распространение опыта медицинских работников на международное сообщество, развитие профилактического направления и реформирование системы общественного здоровья, адресная финансовая поддержка разным слоям населения)	1. Методологическая база исследования не представлена. 2. Признается целесообразность межсекторального подхода и его совершенствования. Основное внимание уделено мобилизационным механизмам, нахождению и использованию соответствующих финансовых, организационных, информационных, духовных и кадровых ресурсов, целесообразности междисциплинарного подхода. Заинтересованные акторы не конкретизируются. Детерминанты здоровья не рассматриваются. 3. Представлена экспертная оценка мобилизационных механизмов государства, которые положительно сказались на динамике борьбы с пандемией, но без определения статистической значимости полученных результатов, в том числе оказания медицинской помощи. 4. Критериально-диагностический инструментарий не разрабатывался. 5. Технологический подход не реализовался. 6. Единое информационное пространство не формировалось. 7. Предлагаемые мобилизационные механизмы наглядно не представлены
Мальдонадо Репетто А., 2020 [22]; Горовенко С.В., 2023 [23]	Рассматриваются **механизмы обеспечения населения актуальной медицинской информацией**, уделяется внимание отношению граждан к COVID-19 и к действиям властей по борьбе с пандемией. Установлена необходимость пересмотра существующих механизмов противодействия распространению опасных заболеваний с обязательным учетом мнения медицинских работников, государственной поддержкой и совершенствованием действующего законодательства, в том числе относительно проведения вакцинации населения. Приводятся данные о государственных структурах, задействованных в разработке соответствующих стратегий и протоколов, принятых правовых актах.	1. Методологическая база исследования не представлена. 2. Признается целесообразность межсекторального подхода и его совершенствования. Основное внимание уделено обеспечению населения медицинской информацией, целесообразности учета мнения медицинских работников. Приводится перечень задействованных заинтересованных государственных структур, хотя он и неполный. Детерминанты здоровья не рассматривались. 3. Определение статистической значимости полученных результатов, в том числе оказания медицинской помощи, не проводилось. 4. Критериально-диагностический инструментарий не разрабатывался. 5. Технологический подход не реализовался. 6. Единое информационное пространство не рассматривалось. 7. Предлагаемые механизмы наглядно не представлены

Окончание табл.

Публикация (первый/единственный автор, год, библиографическая ссылка)	Организационный механизм борьбы с COVID и его характеристики	Соответствие критериям оценки альтернативных вариантов
Федонников В.В., 2024 [24]	Проанализированы **механизмы антикризисного государственного управления**. Для России в числе основных проблем названы недостаточная эффективность местного самоуправления и слабый учет потребностей населения. Для Китая оказалось характерным принятие политических решений в ущерб экономике, недостаточная работа с общественным мнением	1. Методологическая база исследования не представлена. 2. Признается целесообразность межсекторального подхода и его совершенствования. Основное внимание уделено сравнительному анализу эффективности местного самоуправления, потребностей населения, принятия политических и экономических решений. Предметная деятельность конкретных заинтересованных секторов не исследовалась. Детерминанты здоровья не рассматривались. 3. Определение статистической значимости полученных результатов, в том числе оказания медицинской помощи, не проводилось. 4. Критериально-диагностический инструментарий не разрабатывался. 5. Технологический подход не реализовался. 6. Единое информационное пространство не рассматривалось. 7. Предлагаемые механизмы наглядно не представлены
Роюк В.В., 2025 [25]	Предложенный **комплексный механизм межсекторального взаимодействия** представляет собой систему, функционирование которой обеспечивают адекватная методологическая база, соблюдение принципов совершенствования и требований к цифровизации, учет специфических для условий пандемии COVID-19 особенностей межсекторального взаимодействия, использование инструментов информационно-вычислительной поддержки и технологического подхода. Реализация последнего осуществляется в рамках единого информационного поля путем взаимосодействия результатов использования цифровых технологий совершенствования на уровнях субъекта Российской Федерации, сектора «Здравоохранение» (деятельности перепрофилированных медицинских организаций) и селективных категорий населения (на примере военнослужащих воинских частей Министерства обороны РФ), позволяющего расширить сферы использования, в том числе до федерального уровня. Как при получении результатов на уровнях субъекта РФ, сектора «Здравоохранение» и селективной категории населения, так и в случаях расширенной реализации рассматриваемого механизма осуществляется обратная связь и деятельность его компонентов корригируется	1. В качестве методологической базы исследования предметно (с указанием ее приложения ко всем блокам механизма) реализована теория функциональных систем. Например, в блок «Принципы совершенствования» (их 12) включено 3 принципа системного подхода, а именно изоморфизма, иерархии и мультипараметрического взаимодействия, а также такое первичное фундаментальное свойство системы, как мультипликативность. 2. Признается целесообразность межсекторального подхода и его совершенствования, которое реализуется как в отношении населения субъекта РФ в целом, так и его селективных категорий на примере военнослужащих воинских частей Министерства обороны РФ. Установлены перечни заинтересованных секторов (23 для региона и 24 – воинских частей), а также детерминант здоровья (37 относительно населения и 40 – военнослужащих), их специфические значимость, удельный вес деятельности и мера влияния. 3. Проведен анализ статистической значимости полученных результатов (характеристик заинтересованных акторов и детерминант здоровья, оказания медицинской помощи, в частности деятельности перепрофилированных медицинских организаций, в том числе летальности с осуществлением систематического обзора и метаанализа). 4. Разработан критериально-диагностический инструментарий — автоматизированные способы многовекторной оценки успешности межсекторального взаимодействия по борьбе с пандемией COVID-19 и аналогичные многокритериальной оценки в воинских частях и деятельности перепрофилированных медицинских организаций, а также способ прогнозирования госпитальной летальности на базе установленных ее предикторов. 5. Разработаны цифровые технологии совершенствования борьбы с пандемией COVID-19 (компоненты рассматриваемой системы) — на уровнях субъекта РФ, воинских частей Министерства обороны РФ и сектора «Здравоохранение». 6. Обосновано создание единого информационного пространства. 7. Предлагаемый механизм наглядно представлен в виде схемы, состоящей из двух частей: «Обеспечение» и «Деятельность»

О преимуществе указанного механизма свидетельствуют результаты проведенного систематического обзора и метаанализа летальности от COVID-19 [26], в который включены данные о деятельности перепрофилированных медицинских организаций, функционирующих в его рамках.

Опыт формирования данного механизма полезно использовать при ликвидации других пандемий, безусловно, с учетом специфики, обусловленной конкретной опасной инфекцией. Такое изменение вполне реально, так как предложенный автоматизированный критериально-диагностический инструментарий носит так называемый «открытый характер» — компьютерные программы без особого труда могут быть адаптированы к условиям другой критической эпидемической ситуации (отличной от COVID-19). Это относится и к перспективам дальнейшего изучения проблемы организации и совершенствования межсекторального взаимодействия — расширению круга исследования селективных групп населения, например, представителей других силовых ведомств, мигрантов.

Заключение. Приоритетным организационным механизмом совершенствования борьбы с пандемией COVID-19 комплексный механизм межсекторального взаимодействия, функционирование которого обеспечивают адекватная методологическая база, соблюдение принципов совершенствования и требований к цифровизации, учет специфических для условий пандемии COVID-19, особенностей межсекторального взаимодействия, использование инструментов информационно-вычислительной поддержки и технологического подхода. Опыт его формирования может быть использован при ликвидации других пандемий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

References (Список источников)

1. Constitution of the Russian Federation. Adopted by popular vote on December 12, 1993, with amendments approved during the nationwide vote on July 1, 2020. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (2 Dec 2025). (In Russ.) Конституция Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 года. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/ (дата обращения: 02.12.2025).

2. Federal Law “On Biological Safety in the Russian Federation” dated 30.12.2020 No. 492-FZ. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400056868/ (2 Dec 2025). (In Russ.) Федеральный закон «О биологической безопасности в Российской Федерации» от 30.12.2020 №492-ФЗ. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400056868/ (дата обращения: 02.12.2025).

3. On the Fundamentals of Public Health Care in the Russian Federation: Federal Law dated 21.11.2011 No. 323-FZ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (2 Dec 2025). (In Russ.) Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон от 21.11.2011 №323-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения: 02.12.2025).

4. On Amending the List of Diseases that Pose a Risk to Others: Government Decree No. 66 dated January 31, 2020. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_344366/ (2 Dec 2025). (In Russ.) О внесении изменения в перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих: постановление Правительства РФ от 31.01.2020 №66. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_344366/ (дата обращения: 02.12.2025).

5. On the National Security Strategy of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 400, dated 02.07.2021. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/ (2 Dec 2025). (In Russ.) О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: указ Президента РФ от 02.07.2021 №400. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/ (дата обращения: 02.12.2025).

6. Archakov V, Bankovsky A, Savkov P. Ensuring biological safety: experience in the context of modern challenges and threats. The Science and Innovations. 2021;10(224):21-9. (In Russ.) Арчаков В., Баньковский А., Савков П. Обеспечение биологической безопасности: зарубежный опыт в контексте современных вызовов и угроз. Наука и инновации. 2021;10(224):21-9. EDN:QSIPIR

7. Vasilyeva TP, Moskvicheva L, Benislavskaya OA, et al. Readiness for intersectoral cooperation to preserve health of megalopolis population. Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine. 2023;31(2):1159-64. (In Russ.) Васильева Т.П., Москвичева Л.И., Бенеславская О.А. и др. Готовность участников к межсекторальному здоровьесбережению населения мегаполиса. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2023;31(2):1159-64. DOI:10.32687/0869-866X-2023-31-S2-1159-1164

8. Pekshev AV. Unified cross-industry approaches to appropriate biosecurity. Courier of Kutafin Moscow State Law University (MSAL). 2020;5:74-82. (In Russ.) Пекшев А.В. Формирование единых межотраслевых подходов к надлежащему обеспечению биологической безопасности. Вестник Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). 2020;5:74-82. DOI:10.17803/2311-5998.2020.69.5.074-082

9. Rednikova TV. Biosecurity law in the context of national security: new threats and countermeasures. Legal Studies. 2023;2:1-10. (In Russ.) Редникова Т.В. Правовое обеспечение биологической безопасности в контексте национальной безопасности страны: новые угрозы и меры противодействия. Юридические исследования. 2023;2:1-10. DOI:10.25136/2409-7136.2023.2.39687

10. Sarmanaev SH, Gololobova TV, Suranova TG, et al. Practical and functional research of the interaction of levels of public authority in federal states in the context of the new coronavirus infection (covid-19) pandemic: assessments and prospects. Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine. 2022;29(S1):713-9. (In Russ.) Сарманаев С.Х., Гололобова Т.В., Суранова Т.Г. и др. Практико-функциональное исследование взаимодействия уровней публичной власти в федеративных государствах в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19): оценки и перспективы. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2022;29(S1):713-9. DOI:10.32687/0869-866X-2021-29-s1-713-719

11. Cherkasov AI. The problem of interaction of public authorities of different levels in the fight against the COVID-19 pandemic in federal states. Gosudarstvo i parvo = State and Law. 2022;(5):132-41. (In Russ.) Черкасов А.И. Проблема взаимодействия органов публичной власти различных уровней в условиях борьбы с пандемией COVID-19 в федеративных государствах. Государство и право. 2022;(5):132-41. DOI:10.31857/S102694520019863-0

12. Berger E, Reupert AE. The COVID-19 pandemic in Australia: Lessons learnt. Psychol. Trauma. 2020;12(5):17-28. DOI:10.1037/tra0000722

13. Knauer NJ. The COVID-19 pandemic and federalism: Who decides? New York University Journal of Legislation and Public Policy. 2020;23:1-29. DOI:10.2139/ssrn.3599239

14. Mafuang S. Factors of Asean and EU institutional failure: A comparative analysis of mechanisms in the COVID-19 responses. Political Science Issues. 2021;11(10(74)):2972-81. (In Russ.) Мафуанг С. Факторы институциональных неудач АСЕАН и ЕС: сравнительный анализ механизмов в борьбе с COVID-19. Вопросы политологии. 2021;11(10(74)):2972-81. DOI:10.35775/PSI.2021.74.10.034

15. Kapitsyn VM, Emelyanova NN, Karateev AYu, Wang Ya. Local self-government of China in the system of mobilization mechanisms to counter covid-19 (case of Wuhan). Public Administration. E-journal (Russia). 2022;90:44-58. (In Russ.) Капицын В.М., Емельянова Н.Н., Каратеев А.Ю., Ван Я. Местное самоуправление Китая в системе мобилизационных механизмов противодействия COVID-19 (кейс г. Ухань). Государственное управление: Электронный вестник. 2022;90:44-58. DOI:10.24412/2070-1381-2022-90-44-58

16. Abramov AV, Bozoyan TR, Dashkina IV, et al State mobilization mechanisms in the policy of countering the covid-19 pandemic. Russian Social and Humanitarian Journal. 2022;1:8-48. (In Russ.) Абрамов А.В., Бозоян Т.Р., Дашкина И.В. и др. Мобилизационные механизмы государств в политике противодействия пандемии COVID-19. Вестник Московского государственного областного университета. 2022;1:8-48. DOI:10.18384/2224-0209-2022-1-1107

17. Pashin MM. Modernization of health policy in Chile during the COVID-19 pandemic. Political Science Issues. 2022;12(8(84)):2682-6. (In Russ.) Пашин М.М. Модернизация политики здравоохранения в Чили в период пандемии новой коронавирусной инфекции. Вопросы политологии. 2022;12(8(84)):2682-6. DOI:10.35775/PSI.2022.84.8.014

18. Liu Q, Luo D, Haase JE, et al. The experiences of health-care providers during the COVID-19 crisis in China: A qualitative study. Lancet Global Health. 2020;8(6):e790-8. DOI:10.1016/S2214-109X(20)30204-7

19. Qian Y, Hanser A. How did Wuhan residents cope with a 76-day lockdown? Chin Sociol Rev. 2020;53(2):55-86. DOI:10.1080/21620555.2020.1820319

20. Yan P, Schroeder R. Variations in the adoption and use of mobile social apps in everyday lives in urban and rural China. Mobile Media & Communication. 2020;8(3):318-41. DOI:10.1177/2050157919884718

21. Yang X, Peng L. Focusing on health-care providers' experiences in the COVID-19 crisis. Lancet Global Health. 2020;8(6):E740-1. DOI:10.1016/S2214-109X(20)30214-X

22. Maldonado Repetto A, Rooth TV. The COVID-19 pandemic in Yucatán: Strategies for combating and implementing. Medical Anthropology and Bioethics. 2020;2(20):4. (In Russ.) Мальдонадо Репетто А., Роот Т.В. Пандемия COVID-19 на Юкатане: стратегии борьбы и их реализации. Медицинская антропология и биоэтика. 2020;2(20):4. DOI:10.33876/2224-9680/2020-2-20/04

23. Gorovenko SV. Improving the mechanism for counteracting the spread of diseases that are dangerous to the public. International Research Journal. 2023;6(132):109. (In Russ.) Горовенко С.В. Совершенствование механизма противодействия распространению заболеваний, представляющих опасность для окружающих. Международный научно-исследовательский журнал. 2023;6(132):109. DOI:10.23670/IRJ.2023.132.140

24. Fedonnikov VV, Kagarmanova AI. Mechanisms of anti-crisis public management during a pandemic: The example of Russia and China. Political Science Issues. 2024;14(4):1306-14. (In Russ.) Федонников В.В., Кагарманова А.И. Механизмы антикризисного государственного управления в условиях пандемии на примере России и Китая. Вопросы политологии. 2024;14(4):1306-14. DOI:10.35775/PSI.2024.104.4.013

25. Royuk VV. Scientific justification of the mechanism for improving intersectoral cooperation in combating the novel coronavirus pandemic (COVID-19). DSc diss. Moscow, 2025; 376 p. (In Russ.) Роюк В.В. Научное обоснование механизма совершенствования межсекторального взаимодействия по борьбе с пандемией новой коронавирусной инфекции (COVID-19): дис. … д-ра мед. наук. М., 2025; 376 с.

26. Fomin VV, Royuk VV, Reshetnikov VA, et al. Analysis of in-hospital mortality of patients with new coronavirus infection (COVID-19) of Clinical Centre of Sechenov University. I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald. 2023;31(3):381-90. (In Russ.) Фомин В.В., Роюк В.В., Решетников В.А. и др. Анализ внутрибольничной летальности у пациентов с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) Клинического центра Сеченовского университета. Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова. 2023;31(3):381-90. DOI:10.17816/PAVLOVJ569334

Статья поступила в редакцию 20.01.2026; одобрена после рецензирования 17.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 20.01.2026; approved after reviewing 17.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Валерий Валериевич Роюк *— профессор кафедры «Высшая школа управления здравоохранением» Института лидерства и управления здравоохранением, доцент, доктор медицинских наук, vvroyuk@mail.ru, ORCID 0000-0002-4966-3767;* ***Владимир Анатольевич Решетников*** *— заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения им. Н.А. Семашко Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана, профессор, доктор медицинских наук, resh1960@mail.ru, ORCID 0000-0002-7853-7356;* ***Натан Григорьевич Коршевер*** *— профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения (с курсами правоведения и истории медицины), профессор, доктор медицинских наук, korshever@bk.ru, ORCID 0000-0002-5545-6844;* ***Сергей Алексеевич Сидельников*** *— заведующий кафедрой мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, доцент, доктор медицинских наук, ssidelnikov@mail.ru, ORCID 0000-0002-9913-5364;* ***Анастасия Игоревна Доровская*** *— доцент кафедры общественного здоровья и здравоохранения (с курсами правоведения и истории медицины), кандидат медицинских наук, stushaspa@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5773-975X.*

Information about the authors:

Valeriy V. Royuk *— Professor of the Higher School of Healthcare Management of the Institute of Healthcare Leadership and Management, Associate Professor, DSc, vvroyuk@mail.ru, ORCID 0000-0002-4966-3767;* ***Vladimir A. Reshetnikov*** *— Head of the N.A. Semashko Department of Public Health and Healthcare of the F.F. Erisman Institute of Public Health, Professor, DSc, resh1960@mail.ru, ORCID 0000-0002-7853-7356;* ***Natan G. Korshever*** *— Professor of the Department of Public Health and Healthcare Organization (with courses in Law and History of Medicine), Professor, DSc, korshever@bk.ru, ORCID 0000-0002-5545-6844;* ***Sergey A. Sidelnikov*** *— Head of the Department of Mobilization Training of Healthcare and Disaster Medicine, Associate Professor, DSc, ssidelnikov@mail.ru, ORCID 0000-0002-9913-5364;* ***Anastasia I. Dorovskaya*** *— Assistant Professor of the Department of Public Health and Healthcare (with courses in law and medical history), PhD, stushaspa@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5773-975X.*

УДК 614.23:378.14
EDN: TTZDCW
https://doi.org/10.15275/ssmj2203407

Оригинальная статья
Original article

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ: ЧАТ-БОТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ОТРАБОТКИ ДИАЛОГА «ВРАЧ – ПАЦИЕНТ»

П.А. Хохлов[1], А. Брител[2], Н.А. Исаева[1], А.Д. Левицкая[2], И.В. Новокрещенов[2], А.В. Осипова[2]

[1]ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», Калуга, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICAL EDUCATION: CHATBOTS AS A TOOL FOR PRACTICING THE DOCTOR – PATIENT DIALOGUE

P.A. Khokhlov[1], A. Britel[2], N.A. Isaeva[1], A.D. Levitskaya[2], I.V. Novokreshchenov[2], A.V. Osipova[2]

[1]Kaluga State University n. a. K.E. Tsiolkovski, Kaluga, Russia
[2]V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: *Хохлов П.А., Брител А., Исаева Н.А., Левицкая А.Д., Новокрещенов И.В., Осипова А.В.* Искусственный интеллект в медицинском образовании: чат-боты как инструмент отработки диалога «врач — пациент». Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 407-411. EDN: TTZDCW. https://doi.org/10.15275/ssmj2203407

Аннотация. *Цель:* проведение комплексного сравнительного анализа возможностей современных чат-ботов с искусственным интеллектом (ИИ) в контексте моделирования профессионального диалога между врачом и пациентом при первичном клиническом опросе. *Материал и методы.* Проведен сравнительный анализ трех ведущих языковых моделей — GigaChat, DeepSeek и ChatGPT — на примере симуляции пациента с холециститом. Оценка выполнена по критериям реалистичности симптоматики, логики диалога, естественности поведения и дидактической полезности. *Результаты.* Наиболее полную и жизнеподобную имитацию продемонстрировал чат-бот DeepSeek, в то время как GigaChat и ChatGPT оказались эффективны на базовом уровне, но требуют доработки сценариев для продвинутого обучения. Подчеркивается, что ИИ-технологии следует рассматривать не как замену традиционным методам обучения, а как вспомогательный инструмент, расширяющий возможности практической подготовки в безопасной и адаптивной образовательной среде. *Заключение.* Создание специализированных медицинских коммуникативных модулей на базе существующих платформ ИИ обеспечивает разработку и применение образовательных технологий в медицине, сочетающих преимущества ИИ с профессиональными требованиями к подготовке медицинских кадров.

Ключевые слова: искусственный интеллект, чат-бот, медицинское образование, коммуникативная компетентность, диалог «врач — пациент»

For citation: *Khokhlov PA, Briteel A, Isaeva NA, Levitskaya AD, Novokreshchenov IV, Osipova AV.* Artificial intelligence in medical education: Chatbots as a tool for practicing the doctor — patient dialogue. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 407-411. (In Russ.) EDN: TTZDCW. https://doi.org/10.15275/ssmj2203407

Abstract. *Objective:* to conduct a comprehensive comparative analysis of the capabilities of modern chatbots with artificial intelligence (AI) in the context of simulating a professional dialogue between a doctor and a patient during an initial clinical interview. *Material and methods*. A comparative analysis of three leading language models — GigaChat, ChatGPT, and DeepSeek — was conducted using the example of simulating a patient with cholecystitis. The evaluation was based on the criteria of realistic symptoms, dialogue logic, natural behavior, and didactic usefulness. *Results*. The most complete and lifelike simulation was demonstrated by the DeepSeek chatbot, while GigaChat and ChatGPT were effective at a basic level but require further development of scenarios for advanced training. It is emphasized that AI technologies should not be viewed as a replacement for traditional teaching methods, but rather as an auxiliary tool that enhances practical training in a safe and adaptive educational environment. *Conclusion*. The creation of specialized medical communication modules based on existing artificial intelligence platforms ensures the development and application of educational technologies in medicine that combine the advantages of artificial intelligence with professional requirements for the training of medical personnel.

Keywords: artificial intelligence, chatbots, medical education, communicative competence, doctor — patient dialogue

Введение. Профессиональная коммуникация в здравоохранении представляет собой системообразующий элемент медицинской практики, непосредственно влияющий на безопасность пациентов и качество оказываемой помощи. Данный процесс интегрирует три взаимосвязанных аспекта: информационный (передачу и интерпретацию клинических данных), управленческий (совместное принятие медицинских решений) и межличностный (построение доверительных отношений в системе «врач–пациент–родственники») [1].

Современная клиническая практика предъявляет повышенные требования к коммуникативной компетентности медицинских специалистов [2]. Эффективное взаимодействие между врачом и пациентом представляет собой сложный динамический процесс, требующий не только профессиональных знаний, но и развитых навыков вербальной и невербальной коммуникаций.

В контексте медицинского образования формирование коммуникативных компетенций сталкивается с рядом системных ограничений. Методы обучения, основанные на работе с симулированными пациентами, обладают существенными недостатками, главным из которых является дефицит практических возможностей для отработки навыков [3]. Ограниченное количество учебных часов, выделяемых на коммуникативную подготовку, не позволяет в полной мере охватить все многообразие клинических ситуаций, с которыми сталкивается медицинский работник в реальной практике.

Психологический аспект обучения заслуживает особого внимания: первичный контакт с реальными

Ответственный автор — Анна Дмитриевна Левицкая
Corresponding author — Anna D. Levitskaya
E-mail: levickie@mail.ru

© Хохлов П.А., Брител А., Исаева Н.А., Левицкая А.Д., Новокрещенов И.В., Осипова А.В., 2026

пациентами часто сопровождается повышенным уровнем тревожности у студентов-медиков, что негативно сказывается на качестве клинического взаимодействия. Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) предлагают инновационные решения указанных проблем [4]. Согласно положениям «Национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 года» данная технология отнесена к числу ключевых драйверов глобального экономического роста и катализатора инновационных процессов во всех сферах научной деятельности, включая образовательную систему.

Цель — проведение комплексного сравнительного анализа возможностей современных ИИ-чат-ботов в контексте моделирования профессионального диалога между врачом и пациентом при первичном клиническом опросе.

Материал и методы. В качестве объектов исследования выбраны три категории языковых моделей: GigaChat (компания «Сбер», архитектура: Mixture of Experts (MoE) и Multi-head Latent Attention (MLA), Multi-Token Prediction (MTP), Россия), ChatGPT (от компании OpenAI, на базе архитектуры Generative Pre-trained Transformer — GPT-4, США), а также DeepSeek (архитектура: MoE и MLA, Китай). Выбор указанных систем обусловлен их технологической продвинутостью, адаптивностью, доступностью и распространенностью.

Основной акцент исследования сосредоточен на оценке двух взаимосвязанных аспектов: способности искусственных интеллектуальных систем к воспроизведению клинически значимого диалога, соответствующего профессиональным медицинским стандартам, и потенциальной применимости данных технологий в системе медицинского образования. При этом анализ проводится по многоуровневой системе критериев, включающей как содержательные, так и формальные параметры взаимодействия.

В рамках данного исследования моделирование первичного опроса осуществляется в соответствии со структурированным вариантом.

На начальном этапе каждому из анализируемых ИИ чат-ботов был задан единый промпт — формализованный запрос к ИИ, выполняющий функцию интерфейса взаимодействия между пользователем и нейросетевой моделью для генерации релевантного и предсказуемого результата [5], содержащий всю необходимую для дальнейшей работы базовую информацию: *«Представь, что ты — пациент, который обращается к врачу с жалобами и признаками, соответствующими холециститу. Я врач, к которому ты пришел, и мне необходимо поставить данный диагноз, который ты не должен озвучивать — только характерные признаки и жалобы. Разыграй со мной диалог. Напиши свою начальную реплику-приветствие. При этом наводящие вопросы буду задавать я, поэтому твоя первая реплика не должна содержать информацию о том, что беспокоит. Твоя задача — отвечать на мои вопросы».*

Экспериментальная часть данного исследования построена на инновационной модели взаимодействия, где ИИ (в роли пациента) имитирует заданные клинические случаи различной степени сложности, а обучающиеся медицинских специальностей (в роли врачей) отрабатывают профессиональные коммуникативные навыки. Данный подход позволяет создать контролируемую образовательную среду для поэтапного формирования клинического мышления. Качество имитации оценивалось по трем параметрам. Первый — насколько естественно и реалистично ИИ отвечает (симптомы, хронология, поведение). Второй — логика диалога и умение адаптироваться к репликам «врача». Третий — полезность для студентов-медиков.

Результаты. Сравнительная характеристика моделей по выделенным критериям представлена в таблице. Далее приведены наиболее показательные различия между чат-ботами.

При заданных одинаковых условиях наиболее полной и естественной оказалась имитация, где ИИ-чат-бот DeepSeek детально описал симптомы: боль с иррадиацией, рвоту, субфебрилитет, изменения стула и мочи. Однако важнее другое: бот добавил поведенческие маркеры — сутулость и реакцию на кашель. В реальной практике врачи это ценят. ИИ-чат-бот ChatGPT корректно передал ключевые симптомы, включая семейный анамнез, но не добавил ни поведенческих нюансов, ни дополнительных диагностических маркеров. При этом бот адекватно, хотя и шаблонно, отреагировал на нестандартный вопрос о путешествиях, что демонстрирует его способность отклонять нерелевантные темы. Наименее информативный диалог продемонстрировал ИИ-чат-бот GigaChat, который ограничился базовыми жалобами (боль в подреберье, иррадиация), но упустил важные детали (температура, рвота, изменения мочи/стула), необходимые для грамотной постановки диагноза. Кроме того было выявлено, что модели GigaChat и ChatGPT тяготеют к представлению типичных, «учебных» сценариев, лишенных индивидуальных особенностей пациента, что делает диалог менее «живым»и чрезмерно упрощенным для обучающихся.

Несмотря на вариативность результатов, в ходе исследования был выявлен ряд общих недостатков, характерных для всех рассматриваемых моделей. Опишем их в самом общем виде в качестве возможной операциональной установки для проектирования учебных сценариев последующего уровня сложности. Так, к числу системных недостатков, воспроизводимых вне зависимости от выбранной платформы, относятся следующие.

Дефицит невербальной и паравербальной составляющей. Ответы ИИ ограничены вербальным каналом, что исключает отработку навыков интерпретации позы, мимики, темпа речи и пауз — значимых диагностических маркеров в реальном приеме.

Отсутствие встречной коммуникативной активности. ИИ-пациент не проявляет собственной вопросной инициативы (о прогнозе, альтернативных методах лечения, сроках восстановления), тогда как в клинической практике такие запросы являются нормой.

Избыточная информационная предсказуемость. Модели тяготеют к линейному и полному раскрытию симптоматики без сокрытия, преувеличения, забывания или противоречий, что снижает диагностическую сложность сценария.

Дословная привязка к промпту. Симптомы и детали, заложенные в исходное задание, воспроизводятся с минимальной вариативностью, без

Сравнительная характеристика анализируемых чат-ботов с искусственным интеллектом

Чат-бот	Критерий			Проблемы использования	Общая оценка
	оценка реалистичности и естественности ответов ИИ	анализ структуры диалога и логики ответов	оценка полезности для обучения студентов-медиков		
GigaChat	Качественное представление типичных симптомов, имитация постепенного нарастания симптоматики, отсутствие избыточной драматизации (логичная реакцию на лечение)	Корректная последовательность изложения жалоб, адекватная реакция на вопросы врача	Позволяет отработать базовый опрос, учит формулировать четкие вопросы, показывает, что не все пациенты дают развернутые ответы — иногда нужно «вытягивать» информацию	Анамнез недостаточно детализирован (передана базовая клиническая картина, но без глубины и вариативности), отсутствуют поведенческие маркеры, пациент слишком «идеален» (нет попыток задать встречные вопросы)	Требует доработки промпта для продвинутого уровня
ChatGPT	Передает достаточную для постановки диагноза информацию, но без избыточной детализации, пациент «удобный» — не задает встречных вопросов, не выражает тревоги	Адекватно, но шаблонно реагирует на неожиданные вопросы, не нарушая логику диалога, но и не добавляя ему естественности	Позволяет отработать базовый опрос, учит отсеивать нерелевантную информацию, демонстрирует важность семейного анамнеза	Демонстрируется недостаточно сложный случай для дифференциальной диагностики, нет имитации «трудного» пациента, упущены важные диагностические маркеры	Пригоден для обучения основам опроса, но требует доработки для отработки работы с более сложными пациентами
DeepSeek	Достоверно воспроизводит: правдоподобную симптоматику, естественную хронологию развития симптомов, поведенческие детали, контекст анамнеза	Эффективно поддерживает логику диалога, не нарушая естественность и не «перегружая» ответы избыточной информацией	Полезен в контексте развития клинического мышления, тренировки запоминаемости вопросов, имитации работы с «неидеальным» пациентом	Отсутствие невербальных сигналов, предсказуемость ответов	Эффективен как тренажер для первичного обучения, но требует дополнения реальными клиническими практиками для отработки работы с пациентами

эффекта естественного «рассеивания» в ходе диалога, что делает ответы механистичными.

Отсутствие временно́й динамики. ИИ-симуляции не поддерживают развитие симптоматики во времени или ее регресс на фоне терапии, что ограничивает использование тренажеров для отработки навыков динамического наблюдения.

Перечисленные ограничения не носят фатального характера и частично преодолеваются посредством усложнения промптов и поэтапного ввода информации, однако их учет необходим при планировании дидактических сценариев.

Обсуждение. Полученные результаты подтверждают возможность использования современных моделей ИИ в системе медицинского симуляционного обучения. Это, на наш взгляд, ключевой момент. Тем не менее выявленные различия указывают на разную степень их готовности к решению специфических дидактических задач. Так, DeepSeek пригоден для отработки комплексного опроса с анализом деталей анамнеза, тогда как GigaChat и ChatGPT целесообразно применять на начальных этапах обучения для формирования базовых навыков сбора жалоб и работы с неожиданными вопросами соответственно. Отметим, что в нашем исследовании ни один из диалогов не имитировал «трудного» пациента (например, того, кто путается в показаниях, преувеличивает симптомы или, наоборот, скрывает их), проработка взаимодействия с которым на этапе обучения является крайне важным элементом. Излишняя лаконичность и готовность предоставлять ответы без уточняющих вопросов со стороны врача снижают диагностическую ценность диалога. Использование таких моделей на старших курсах может привести к формированию упрощенного представления о диагностическом процессе, где диагноз ставится на основе поверхностного скрининга, а не глубокой дифференциальной диагностики. Данный пробел связан со способностью прямолинейного восприятия ИИ-чат-ботами промпта и нивелируется с помощью наполнения изначального «задания» необходимыми деталями и алгоритмами с целью повышения жизнеподобия и сложности формируемого в процессе взаимодействия с ИИ-чат-ботом диалога [5].

Практическая реализация данного подхода предполагает модификацию промпта по нескольким направлениям. К числу эффективных приемов относится введение эмоциональной окраски, например указание на тревожность пациента, сопровождающуюся склонностью переспрашивать; усложнение анамнеза за счет включения сопутствующих заболеваний; имитация различных поведенческих типажей (эгоцентричный, зависимый, пациент с низкой медицинской грамотностью, истерический и т.д.). Дополнительную реалистичность обеспечивает внесение неожиданных деталей, в частности указание на предшествующий прием антибиотиков.

Как нам кажется, выбор конкретной модели ИИ должен зависеть от этапа обучения. На младших курсах, где целью является освоение структуры анамнеза, оправдано использование более предсказуемых моделей (GigaChat, ChatGPT). На старших курсах целесообразно применение моделей с более высоким уровнем вариативности и реализма

(DeepSeek), способных имитировать неидеальную коммуникацию.

Эффективность использования ИИ-симуляторов в медицинском образовании напрямую зависит от качества конструирования промптов. Последние должны включать демографические (возраст, пол), коммуникативные (уровень грамотности, эмоциональный статус) и поведенческие характеристики пациента. Отсутствие указанных параметров приводит к получению усредненных, клинически стерильных ответов, не обладающих достаточным симуляционным потенциалом. Например, при создании образа тревожного пациента в промпт необходимо закладывать такие поведенческие паттерны, как склонность к драматизации и привычка перебивать врача вопросами о возможных серьезных заболеваниях.

Принципиальное значение имеет поэтапное раскрытие анамнестической информации. Ключевые симптомы не должны предъявляться одновременно в начале диалога; их последовательное проявление в ответ на уточняющие вопросы стимулирует студента к логически выстроенному опросу. Кроме того, промпт целесообразно дополнять описанием невербального поведения (паузы, эмоциональные реакции, жестикуляция), что повышает реалистичность взаимодействия и способствует формированию у обучающихся навыков интерпретации невербальных сигналов.

Дидактическая ценность моделирования определяется спектром клинических компетенций, подлежащих отработке. Разрабатываемые сценарии могут быть ориентированы на фильтрацию избыточной информации, ведéние пациентов с низкой медицинской грамотностью, дифференциальную диагностику, выявление умышленно скрываемых фактов либо действия в неотложных состояниях. Каждый из перечисленных сценариев требует специфической проработки параметров промпта.

Полученные выводы согласуются с данными других исследователей. В работе [6] показано, что применение ИИ оптимизирует временные затраты на коммуникацию в диаде «врач — пациент». Исследования [7, 8] свидетельствуют о возможности использования ИИ для выявления дефицитов знаний и повышения когнитивной вовлеченности обучающихся. Однако применительно к задаче симуляции пациента ключевым фактором, определяющим успешность обучения, является не выбор конкретной платформы, а качество промптирования. При этом технологии ИИ не могут рассматриваться в качестве замены традиционным формам клинической подготовки.

Их роль следует определять как мощный вспомогательный инструмент, который, при грамотном использовании, способен существенно расширить и обогатить образовательный процесс [9]. ИИ-симуляторы особенно ценны для формирования базовых навыков сбора анамнеза, отработки алгоритмов клинического мышления и преодоления первоначального психологического барьера у студентов перед взаимодействием с реальными пациентами.

Отдельно скажем о выявленной в ходе исследования способности моделей к контекстно-зависимому взаимодействию и адаптации к уровню подготовки пользователя. Это открывает перспективы для создания персонализированных систем обучения, способных автоматически подстраивать сложность клинических случаев под индивидуальные потребности каждого студента. Однако реализация этого потенциала требует серьезной методической работы по стандартизации промптов, разработке критериев оценки и интеграции ИИ-тренажеров в существующие образовательные программы.

Подведем итог: современные ИИ-технологии открывают новые возможности в медицинском образовании, но их эффективное использование требует комплексного подхода, учитывающего как технические особенности систем, так и дидактические принципы формирования клинических компетенций. Дальнейшее развитие данного направления должно быть направлено на создание гибридных обучающих сред, где преимущества ИИ будут органично сочетаться с традиционными методами клинической подготовки

Если смотреть вперед, то перспективным выглядит создание специализированных медицинских модулей на базе существующих платформ ИИ, ключевыми параметрами которых являются необходимый объем медицинских знаний, особенности диалоговых алгоритмов и система обратной связи. Это создает основу для разработки следующего поколения образовательных технологий в медицине, сочетающих преимущества ИИ с профессиональными требованиями к подготовке медицинских кадров.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Ввиду специфики статьи — не требуется.

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

References (Список источников)

1. Isaeva NA, Xoxlova DA, Xoxlov PA. Ways to overcome difficulties in teaching foreign medical students the basics of professional communication. Novoe v psixologo-pedagogicheskix issledovaniyax. 2025;1(76):118-34. (In Russ.) Исаева Н.А., Хохлова Д.А., Хохлов П.А. Способы преодоления трудностей в обучении иностранных студентов-медиков основам профессиональной коммуникации. Новое в психолого-педагогических исследованиях. 2025;1(76):118-34. DOI:10.51944/20722516_2025_1_000

2. Gunkel DJ. Communication and artificial intelligence: Opportunities and challenges for the 21st century. Communication +1. 2012;1(Iss. 1). DOI:10.7275/R5QJ7F7R

3. Aleynikova DV. Revisiting the problem of Human — AI communication. Vestnik of Moscow State Linguistic University. Education and Teaching. 2023;3(848):9-15. (In Russ.) Алейникова Д.В. К проблеме общения человека с искусственным интеллектом. Вестник Московского государственного лингвистического университета. Образование и педагогические науки. 2023;3(848):9-15. DOI:10.52070/2500-3488_2023_3_848_9

4. Etzrodt K, Gentzel P, Utz S, Engesser S. Human-machine-communication: Introduction to the special issue. 2022;67:439-48. DOI:10.1007/s11616-022-00754-8

5. Seidametova ZS. Prompts for teaching to the effective use of ai code generators. Information and Computer Technologies in Economics, Education, and the Social Sphere. 2023;4(42):86-93. (In Russ.) Сейдаметова З.С. Промпты для обучения эффективному использованию AI-генераторов кода. Информационно-компьютерные технологии в экономике, образовании и социальной сфере. 2023;4(42):86-93. EDN:VFXIIC

6. Korobko AI, Orlova NV, Bonkalo TI, Shmeleva SV. Artificial intelligence in higher medical education. Contemporary Higher Education: Innovative Aspects. 2023;15:3(61):20-8. (In Russ.) Коробко А.И., Орлова Н.В., Бонкало Т.И., Шмелева С.В. Искусственный интеллект в высшем медицинском

образовании. Современная высшая школа: инновационный аспект. 2023;15:3(61):20-8. EDN:JVAXMU

7. Shobonov NA, Bulaeva MN, Zinov`eva SA. Artificial intelligence in education. Problems of Modern Teacher Education. 2023;79-4:288-90. (In Russ.) Шобонов Н.А., Булаева М.Н., Зиновьева С.А. Искусственный интеллект в образовании. Проблемы современного педагогического образования. 2023;79-4:288-90. EDN:IPRJAG

8. Kostikova LP, Esenina NE, Olkov AS. Artificial intelligence in the educational process of a modern university: Results of a student survey. Koncept. 2025;2:93-109. (In Russ.) Костикова Л.П., Есенина Н.Е., Ольков А.С. Искусственный интеллект в образовательном процессе современного университета: результаты опроса студентов. Концепт. 2025;2:93-109. DOI:10.24412/2304-120X2025-11022

9. Guzman AL, Lewis SC. Artificial intelligence and communication: A human-machine communication research agenda. New Media & Society. 2020;22(1):70-86. DOI:10.1177/1461444819858691

Статья поступила в редакцию 20.04.2026; одобрена после рецензирования 15.06.2026; принята к публикации 19.06.2026.
The article was submitted 20.04.2026; approved after reviewing 15.06.2026; accepted for publication 19.06.2026.

Информация об авторах:

Павел Александрович Хохлов *— студент, khpaul7@gmail.com, ORCID 0009-0001-7742-1095;* ***Айя Брител*** *— студентка, ayabritel2@gmail.com;* ***Нина Александровна Исаева*** *— заведующая кафедрой русского языка как иностранного, доцент, доктор педагогических наук, isaeva178@mail.ru, ORCID 0000-0003-1422-004X;* ***Анна Дмитриевна Левицкая*** *— старший преподаватель кафедры русского и латинского языков, levickie@mail.ru, ORCID 0000-0002-5713-9981;* ***Игорь Вениаминович Новокрещенов*** *— доцент кафедры экономики и управления здравоохранением и фармацией, доцент, кандидат педагогических наук, igor15nov@rambler.ru, ORCID 0000-0001-9609-8302;* ***Анна Вячеславовна Осипова*** *— ассистент кафедры экономики и управления здравоохранением и фармацией, goncharenkoanna2002@mail.ru, ORCID 0009-0009-9039-638X.*

Information about the authors:

Pavel A. Khokhlov *— Student, khpaul7@gmail.com, ORCID 0009-0001-7742-1095;* ***Aya Britel*** *— Student, ayabritel2@gmail.com;* ***Nina A. Isaeva*** *— Head of the Department of Russian as a Foreign Language, Associate Professor, DSc, isaeva178@mail.ru, ORCID 0000-0003-1422-004X;* ***Anna D. Levitskaya*** *— Senior Lecturer of the Department of Russian and Latin Languages, levickie@mail.ru, ORCID 0000-0002-5713-9981;* ***Igor V. Novokreshchenov*** *— Assistant Professor of the Economics and Management of Healthcare and Pharmacy, Associate Professor, PhD, igor15nov@rambler.ru, ORCID 0000-0001-9609-8302;* ***Anna V. Osipova*** *— Instructor of the Department of Economics and Management of Healthcare and Pharmacy, goncharenkoanna2002@mail.ru, ORCID 0009-0009-9039-638X.****12.04.2026).***

УДК 611.08
EDN: UNNJRA
https://doi.org/10.15275/ssmj2203412

Оригинальная статья
Original article

АСИММЕТРИЯ ФОРМЫ ПРОКСИМАЛЬНОГО СЕГМЕНТА ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ У ПРАВШЕЙ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА

Д.Н. Бахматов

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет», Волгоград, Россия

SHAPE ASYMMETRY OF THE PROXIMAL UPPER LIMB SEGMENT IN RIGHT-HANDED YOUNG ADULTS

D.N. Bakhmatov

Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Для цитирования: *Бахматов Д.Н.* Асимметрия формы проксимального сегмента верхней конечности у правшей юношеского возраста. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 412-418. EDN: UNNJRA. https://doi.org/10.15275/ssmj2203412

Аннотация. *Цель:* оценить билатеральную асимметрию формы видимого в латеральной норме контура проксимального сегмента верхней конечности (ПСВК) у правшей юношеского возраста. *Материал и методы.* Проведен анализ фотографий правого и левого ПСВК в латеральной норме у 32 практически здоровых правшей в возрасте 18–20 лет. По внешнему контуру на каждом изображении размещали 70 контурных полуметок (semilandmarks); их координаты после прокрустова наложения анализировали путем дисперсионного анализа прокрустовых координат, анализа главных компонент, анализа канонических вариат с разделением на 2 группы по полу. *Результаты.* Статистически значимых различий центроидного размера между правой и левой сторонами не выявлено (p=0,085), тогда как эффект стороны для формы был статистически значимым (p<0,001), что указывает на направленную билатеральную асимметрию формы ПСВК. Анализ главных компонент использовался как описательный метод визуализации основных направлений вариабельности формы: первая главная компонента объяснила 52,3% дисперсии и визуально разделяла правые и левые конфигурации. Анализ канонических вариат по полу выявил статистически значимые различия формы между девушками и юношами (расстояние Махаланобиса — 5,0769; p<0,001). *Заключение.* У правшей юношеского возраста билатеральные различия ПСВК проявляются преимущественно через форму, а не через центроидный размер; при этом половой фактор также связан с различиями формы ПСВК.

Ключевые слова: геометрическая морфометрия, билатеральная асимметрия формы, проксимальный сегмент верхней конечности, анатомия человека, правша

For citation: *Bakhmatov DN.* Shape asymmetry of the proximal upper limb segment in right-handed young adults. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 412-418. (In Russ.) EDN: UNNJRA. https://doi.org/10.15275/ssmj2203412

Abstract. *Objective:* to assess bilateral shape asymmetry of the visible lateral-view contour of the proximal upper limb segment (PULS) in right-handed young adults. *Material and methods.* Lateral-view photographs of the PULS were analyzed in 32 practically healthy right-handed individuals (64 limbs in total) aged 18–20 years. Seventy semilandmarks were placed along the outer contour of each image; following Procrustes superimposition, their coordinates were analyzed using analysis of variance of Procrustes coordinates, principal component analysis, and canonical variate analysis stratified by sex. *Results.* No statistically significant differences in centroid size between the right and left sides were found (p=0.085), whereas the side effect for shape was significant (p<0.001), indicating directional bilateral shape asymmetry of the PULS. Principal component analysis was used as a descriptive method for visualizing the main directions of shape variability: principal component 1 accounted for 52.3% of the variance and visually separated the right and left configurations. Additional sex-based canonical variate analysis revealed statistically significant shape differences between young women and young men (Mahalanobis distance=5.0769; p<0.001). *Conclusion.* In right-handed young adults, bilateral differences in the PULS manifest primarily through shape rather than centroid size; additionally, sex is associated with differences in PULS shape.

Keywords: geometric morphometrics, bilateral shape asymmetry, proximal upper limb segment, human anatomy, right-handed

© Бахматов Д.Н., 2026

Введение. Изучение билатеральной асимметрии представляет собой одну из фундаментальных проблем современной морфологии, имеющую существенное значение как для понимания общих принципов организации биологических систем, так и для решения прикладных задач в медицине и антропологии [1]. Верхняя конечность человека демонстрирует выраженный структурный полиморфизм, обусловленный сложным взаимодействием генетических факторов и функциональных нагрузок, связанных с функциональной латерализацией организма. Анатомическая сложность проксимального отдела верхней конечности и прилежащей области плечевого пояса, включающей костные структуры, мышечные комплексы и соединительнотканные компоненты, делает данный регион идеальной моделью для исследования взаимосвязи между функциональной латерализацией и морфологическими адаптациями [2].

Актуальность исследования морфологической асимметрии области плеча и плечевого пояса определяется несколькими аспектами. С клинической точки зрения понимание нормальных параметров асимметрии необходимо для разработки объективных критериев диагностики патологических состояний, включая импиджмент-синдром, нестабильность плечевого сустава и другие дегенеративные поражения [3]. В спортивной медицине анализ асимметрии позволяет оптимизировать тренировочные процессы, проектировать специализированное оборудование и разрабатывать индивидуальные программы коррекции мышечного дисбаланса [4]. Согласно данным систематического обзора и метаанализа 87 исследований, правая конечность в среднем на 6,7% сильнее левой, а доминирующая конечность на 11,6% превосходит недоминирующую, однако эта величина варьирует в зависимости от типа движения и исследуемого сустава [5]. Исследования в этой области проводятся среди разных возрастных и профессиональных групп, что подчеркивает актуальность данного аспекта в анатомии и антропологии [6].

Традиционные методы морфометрического анализа, основанные на измерении линейных размеров и угловых характеристик, обладают существенными ограничениями при изучении сложных пространственных преобразований формы [7]. В этом контексте применение методов геометрической морфометрии открывает новые возможности для количественного анализа целостной морфологической структуры независимо от масштаба и положения объекта [8, 9]. Метод прокрустова наложения ориентиров позволяет оценивать различия формы после удаления эффектов положения, ориентации и масштаба, что принципиально важно при анализе направленной и флуктуирующей асимметрии. Интегрированные программные пакеты, такие как комплекс программ TPS и MorphoJ, обеспечивают обработку морфометрических данных и визуализацию паттернов изменчивости формы, которые могут быть недоступны для традиционных линейных измерений.

В последние годы геометрическая морфометрия активно применяется в антропологии, эволюционной биологии и медицине для анализа морфологических адаптаций, онтогенетических изменений и популяционной вариабельности [8, 9]. Анализ морфологии костей нижних конечностей у детей с использованием метода Procrustes выявил комплексные пространственные трансформации формы в процессе роста, демонстрируя превосходство этого метода над традиционными линейными измерениями [10]. Геометрическая морфометрия успешно применяется во многих комплексных антропометрических исследованиях [11, 12].

Таким образом, комплексное исследование морфологической асимметрии сегментов верхней конечности [13–18] с применением методов геометрической морфометрии представляет собой актуальную научную задачу, решение которой может внести существенный вклад как в фундаментальное понимание принципов билатеральной асимметрии в контексте функциональной латерализации организма, так и в развитие прикладных аспектов медицины, спортивной антропологии и медицинской реабилитации.

Цель — оценить билатеральную асимметрию формы видимого в латеральной норме контура проксимального сегмента верхней конечности (ПСВК) у правшей юношеского возраста.

Материал и методы. В исследовании добровольно приняли участие 32 человека юношеского возраста (возраст участников составил 18–20 лет), что обеспечивало минимизацию возрастных морфологических изменений, связанных с процессами инволюции, при одновременном завершении основных ростовых процессов. В работе применена возрастная периодизация, принятая в 1965 г. на симпозиуме Академии педагогических наук Союза Советских Социалистических Республик (юношеский возраст для мужского пола — от 17 до 21 года, для женского пола — от 16 до 20 лет). Все участники предоставили информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Половой состав группы включал 23 (72%) девушки и 9 (28%) юношей. Для исключения влияния фактора моторной доминанты на морфологические характеристики в исследование включали исключительно правшей, что подтверждалось результатами стандартизированного опросника функциональной мануальной асимметрии [13]. Критериями исключения служили наличие в анамнезе травматических повреждений верхних конечностей, хронических заболеваний опорно-двигательного аппарата, а также врожденных аномалий развития.

Протокол получения изображений предусматривал фотографирование видимого в латеральной норме внешнего контура ПСВК при естественном положении верхней конечности вдоль туловища с полным мышечным расслаблением. Выбранная латеральная норма позволяла зафиксировать внешний контур исследуемой области, включающий латеральную проекцию проксимального отдела плеча и прилежащей дельтовидной области. Для каждого участника последовательно выполнялись отдельные снимки ПСВК справа и слева в идентичных условиях освещения, дистанции съемки и ориентации тела.

Полученные фотографии стандартизировали: приводили к единому пространственному разрешению (960×1280 пикселей), выполняли зеркальную инверсию изображений одной стороны для обеспечения сопоставимости правых и левых контуров, после чего каждому изображению присваивали

Ответственный автор — Дмитрий Николаевич Бахматов
Corresponding author — Dmitry N. Bakhmatov
E-mail: german.strasse@mail.ru

уникальное название. На каждом изображении в программе tpsDig2 вдоль внешнего контура ПСВК размещали 70 контурных полуметок (semilandmarks) на равном расстоянии друг от друга (рис. 1). Достаточное количество полуметок (70) было подобрано эмпирическим путем.



Рис. 1. Контурные полуметки (semilandmarks), нанесенные по внешнему контуру проксимального сегмента верхней конечности в программе tpsDig2

Координаты полуметок, экспортированных в единый tps-файл, были перенесены в программу MorphoJ 1.07a для последующей классификации данных (то есть присвоения каждому образцу характеристики «право» или «лево»и порядкового номера участника), проверки данных на нормальность распределения и наличия «выбросов» (команда «find outliers»), прокрустова выравнивания (команда «procrustes fit») и статистического анализа: создания ковариационной матрицы, анализа главных компонент (principal component analysis — PCA), дисперсионного анализа прокрустовых координат (Procrustes analysis of variance — Procrustes ANOVA), анализа канонических вариат (canonical variate analysis — CVA).

PCA был использован как описательный метод снижения размерности и визуализации основных направлений вариабельности формы в пространстве прокрустовых координат. Для визуальной интерпретации первой главной компоненты (principal component 1 – PC1) применяли визуализацию с помощью трансформационной решетки тонкопластинного сплайна при сопоставлении консенсусной конфигурации и конфигурациями, соответствующими отрицательному и положительному направлениям PC1.

Следующим этапом проводили Procrustes ANOVA. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05. Procrustes ANOVA позволяет оценить вклад следующих факторов (источников вариации): Individual (межиндивидуальные различия), Side (различия между правой и левой стороной по всей выборке) и Ind×Side (взаимодействие факторов «Individual»и «Side»). Для каждого фактора программа вычисляет суммы квадратов (SS), средние квадраты (MS), степени свободы (df), F-статистику и уровень значимости p. Анализ проводится отдельно для 2 характеристик: центроидного размера (centroid size) и формы (shape).

Для centroid size: SS (sum of squares — сумма квадратов отклонений centroid size от соответствующих по рассматриваемым эффектам средних значений; отражает сколько вариации объяснено тем или иным фактором), MS (mean square — средний квадрат отклонений centroid size, приходящийся на одну степень свободы для рассматриваемого эффекта, по сути это SS, деленное на df, отражает среднюю дисперсию по рассматриваемому источнику вариации), df (degrees of freedom, число степеней свободы, связанное с соответствующим источником вариации), F (F-статистика, то есть показатель, показывающий насколько вариация, вызванная эффектом, больше случайной вариации (ошибки)), p (p-value, p-значение — это вероятность при справедливости нулевой гипотезы получить значение статистики F не меньше наблюдаемого) [8, 19, 20].

Для формы интерпретация показателей отличается от centroid size: SS отражает сумму квадратов прокрустовых расстояний/вариацию прокрустовых координат, связанную с соответствующим источником вариации. Фактор Individual характеризует различия между индивидуальными консенсусными конфигурациями ПСВК, фактор Side — систематическое различие между консенсусными конфигурациями правой и левой сторон по выборке, а взаимодействие Individual×Side — индивидуально-специфическую праволевостороннюю вариацию. MS представляет собой средний квадрат соответствующего источника вариации, то есть SS, деленную на число степеней свободы [8, 19, 20].

Результаты. Первая главная компонента (PC1 — principal component 1) объяснила 52,3% дисперсии. Собственное значение (eigenvalue) PC1 составило 0,0005608, существенно превышая значения последующих компонент. Вторая главная компонента (PC2) с собственным значением 0,00021955 объяснила дополнительно 20,5% дисперсии, а третья компонента (PC3) с собственным значением 0,00008152 – 7,6% (рис. 2). Кумулятивная доля дисперсии, объясненная первыми 3 главными компонентами, достигает 80,4%. В пространстве PC1–PC2 правые и левые конфигурации визуально разделялись преимущественно вдоль PC1 (рис. 3).

На графике PC1–PC2 построены 95%-е доверительные эллипсы для групповых средних значений, то есть центров групп правых и левых наблюдений в пространстве первых 2 главных компонент. Эти эллипсы отражают неопределенность положения групповых центров в плоскости PC1–PC2 при доверительном уровне 95%. Разделение эллипсов вдоль PC1 использовано как визуальная иллюстрация праволевосторонних различий формы (рис. 3).

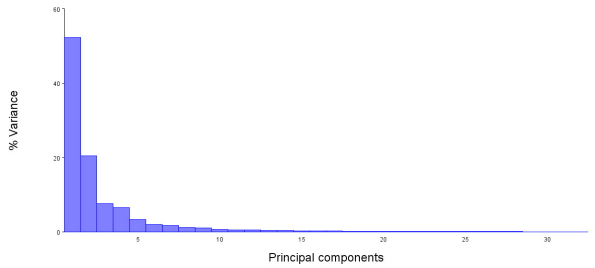


Рис. 2. Распределение дисперсии по главным компонентам

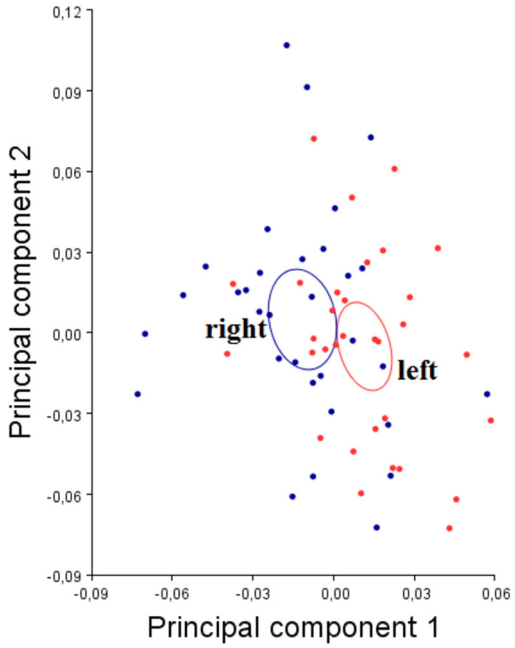


Рис. 3. Расположение правых и левых наблюдений в пространстве первых 2 главных компонент с 95%-ми доверительными эллипсами для групповых средних значений (центроидов), отражающими неопределенность положения групповых центроидов в плоскости PC1–PC2

На рис. 4 локальное искривление трансформационной решетки, построенной на основе тонкопластинного сплайна, наблюдается в нескольких участках внешнего контура ПСВК. Наиболее выраженная зона искривления расположена в нижнем отделе контура, преимущественно в области полуметок №32–36, с вовлечением соседних полуметок №31 и 37–38. На реальной верхней конечности этот

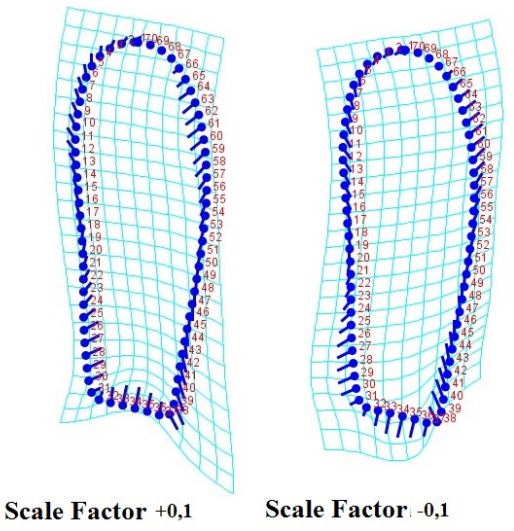


Рис. 4. Деформация трансформационной решетки при сопоставлении консенсусной конфигурации проксимального сегмента верхней конечности с конфигурациями, соответствующими отрицательному и положительному направлениям первой главной компоненты (PC1). Трансформационная решетка построена на основе тонкопластинного сплайна; отрицательное направление вдоль оси PC1 преимущественно соответствует правым наблюдениям, положительное — левым

участок соответствует дистальному переходу внешнего контура мягких тканей ПСВК к области локтевого сустава, включая зону проекции локтевого отростка. Дополнительная зона искривления определяется в верхнем отделе контура, ориентировочно в области полуметок №1–8 и 64–70. Этот участок соответствует наружному рельефу дельтовидной области и переходу плечевого пояса к проксимальному отделу верхней конечности. Менее выраженные, но визуально заметные изменения решетки также прослеживаются на боковых участках контура, преимущественно в области полуметок №8–23 и 52–64. Эти зоны соответствуют передне-и заднелатеральному рельефу мягких тканей дельтовидной и плечевой областей.

Результаты Procrustes ANOVA отражены в таблице.

Результаты Procrustes ANOVA представлены отдельно для размера центроида (centroid size, CS) и формы (shape). Для размера центроида фактор Individual статистически значим (F=7,27; p<0,001), что указывает на межиндивидуальные различия общей размерной характеристики конфигураций ПСВК. Эффект стороны для размера центроида не достигает

Результаты Procrustes analysis of variance

Effect	*SS*	*MS*	*Df*	*F*	*p*
Centroid size					
Individual	582639,441937	18794,820708	31	7,27	<0,001
Side	8165,19015	8165,190152	1	3,16	0,085
Ind * Side	80147,222951	2585,394289	31	–	
Shape					
Individual	0,19078384	0,0000452523	4216	8,03	<0,001
Side	0,01058233	0,0000778112	136	13,81	<0,001
Ind * Side	0,02375295	0,0000056340	4216	–	

уровня статистической значимости (F=3,16; p=0,085), следовательно, праволевосторонние различия размера центроида в исследуемой выборке статистически не подтверждаются.

Для формы (shape) фактор Individual также статистически значим (F=8,03; p<0,001), что отражает межиндивидуальные различия формы ПСВК. Для формы выявлен статистически значимый эффект стороны (F=13,81; p<0,001), соответствующий направленной билатеральной асимметрии формы, то есть систематическому различию между правой и левой сторонами по всей выборке в целом. Взаимодействие Individual×Side отражает индивидуально-специфическую праволевостороннюю вариацию, то есть различия выраженности праволевосторонних отклонений между участниками.

Таким образом, отсутствие статистически значимых праволевосторонних различий центроидного размера при наличии статистически значимого эффекта стороны для формы указывает, что билатеральные различия ПСВК в исследуемой группе проявляются преимущественно через конфигурацию видимого внешнего контура, а не через общую размерную характеристику. С учетом двумерного фотографического протокола эти различия следует интерпретировать как различия формы внешнего контура мягких тканей исследуемой области, а не как прямое описание пространственных взаимоотношений костно-мышечных структур.

Для дополнительной оценки половых различий формы ПСВК выполнен CVA по прокрустовым координатам с группировкой наблюдений по полу. Поскольку сравнивали 2 группы, была получена 1 каноническая вариата (CV1), представляющая собой линейную комбинацию прокрустовых координат, обеспечивающую наилучшее разделение половых групп (рис. 5).

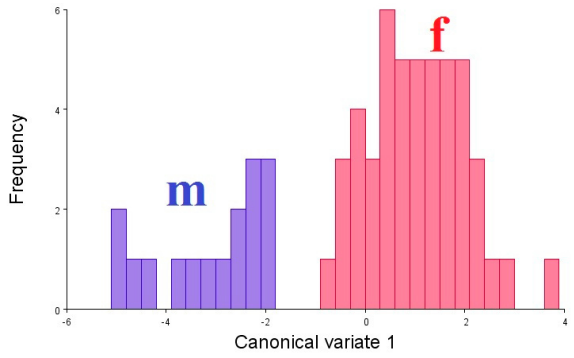


Рис. 5. Частоты наблюдений форм проксимального сегмента верхней конечности у участников мужского (*m*) и женского (*f*) пола вдоль оси первой канонической вариаты (CV1)

Расстояние Махаланобиса между центрами половых групп, рассчитанное в рамках CVA по прокрустовым координатам, составило 5,0769. По результатам пермутационного теста с 10 000 итераций различия статистически значимы (p<0,001). Этот результат указывает на наличие межгрупповых различий формы ПСВК между девушками и юношами в исследуемой выборке. Для качественной интерпретации выявленных половых различий использована визуализация с помощью трансформационной решетки, построенной на основе тонкопластинного сплайна, при сопоставлении общей консенсусной конфигурации ПСВК с конфигурациями, соответствующими положительному и отрицательному направлениям оси CV1 (рис. 6).

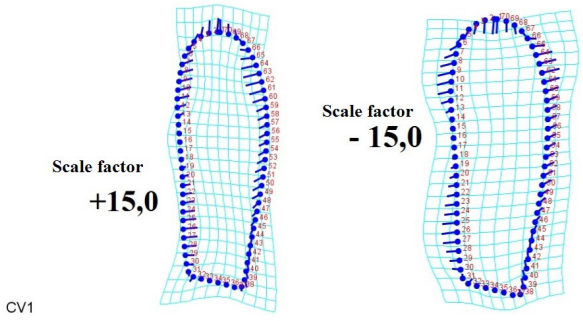


Рис. 6. Деформация трансформационной решетки при сопоставлении консенсусной конфигурации проксимального сегмента верхней конечности с конфигурациями, соответствующими положительному и отрицательному направлениям оси первой канонической вариаты (CV1)

Положительное направление CV1 соответствует конфигурации, более характерной для юношей, отрицательное — для девушек. Для наглядности использован масштаб визуализации, заданный в программе MorphoJ (коэффициент масштабирования ±15,0); поэтому рисунок следует интерпретировать как схему направлений локальных различий формы (через визуализацию деформации трансформационной решетки), а не как прямое измерение величины анатомического смещения. Наиболее выраженные различия визуализируются в проекции мягкотканного рельефа дельтовидной области, дистального отдела переднего контура плеча и заднелатерального контура ПСВК.

Обсуждение. Несмотря на свою актуальность, тема билатеральной асимметрии (как в морфологическом, так и функциональном аспектах) рассмотрена относительно небольшим числом исследователей. Прежде всего полученные результаты вписываются в глобальный контекст изучения моторной латерализации, подтверждая, что функциональное предпочтение одной из сторон тела находит свое отражение в морфологии опорно-двигательного аппарата [1, 5]. Однако ключевым и наиболее ценным результатом, требующим углубленного анализа, является тот факт, что выявленная асимметрия реализуется преимущественно через изменение формы, а не абсолютных размеров сегмента. Среди работ отечественных авторов, использующих геометрическую морфометрию для анализа верхней конечности, следует упомянуть исследование [17], в которых на примере пястных костей впервые была продемонстрирована возможность количественной оценки формы кисти и выявлены половые различия центроидного размера, а также работу [18], показавшую отсутствие связи формы кисти с соматотипом. Однако эти исследования касались исключительно дистального отдела верхней конечности — кисти. Вопрос о морфологической асимметрии ПСВК у здоровых лиц с применением геометрической морфометрии до настоящего времени не рассматривался.

Отсутствие значимых различий в размере (centroid size; p=0,085) при выраженных различиях формы (p<0,001) позволяет предположить, что в юношеском

возрасте, после завершения основных ростовых процессов, морфологический ответ на функциональные нагрузки может проявляться преимущественно в конфигурации видимого контура тканей, а не в изменении общего размера. Этот вывод согласуется с данными онтогенетических исследований. В одной из работ [14] показано, что прирост мышечной массы верхней конечности и ее звеньев (плеча и предплечья) у лиц обоего пола происходит неравномерно и гетерохронно, достигая пиковых значений в пубертатный период. К 20 годам темпы прироста существенно замедляются, и морфологические изменения переходят в фазу стабилизации и тонкой адаптации. Полученные в настоящем исследовании данные об отсутствии выраженных размерных различий, но наличии праволевосторонних различий формы дополняют эту картину. Метаанализ силовой асимметрии верхних конечностей [5] показал то, что доминирующая конечность в среднем сильнее недоминирующей, однако величина эффекта варьирует в зависимости от сустава и типа движения. В этом контексте выявленная асимметрия формы ПСВК может рассматриваться как возможный морфологический коррелят функциональной латерализации, но не как прямое доказательство ее механизма.

Характер выявленной асимметрии, вероятно, отражает адаптацию не только костного, но и в значительной степени мышечно-связочного аппарата к повседневной функциональной нагрузке. Эта гипотеза косвенно согласуется с исследованиями, использующими метод биоимпедансного анализа [2]. Авторы показали, что у более чем ½ участников наблюдается статистически значимая функциональная асимметрия мышечной и жировой массы конечностей, что связывается с преимущественным использованием одной стороны в бытовых двигательных актах. Косвенным подтверждением пластичности мягких тканей служат и исследования, проводимые с участием спортсменов. В работах, посвященных волейболистам [15], было обнаружено, что с увеличением спортивного стажа происходит не усугубление, а выравнивание коэффициента асимметрии мышечной массы верхних конечностей. У единоборцев формируются специфические профили состава тела [16]. В отличие от выраженных спортивных паттернов, выявленная асимметрия у правшей, не занимающихся направленно (и в том числе профессионально) каким-то видом спорта, может характеризовать более умеренно выраженный популяционный паттерн праволевосторонних различий формы.

Вместе с тем следует указать на некоторые ограничения исследования. Использование двумерных изображений в латеральной норме позволяет зафиксировать внешний контур исследуемой области, но не отображает полную трехмерную конфигурацию костно-мышечных структур. Кроме того, половой состав выборки был неравномерным (23 девушки и 9 юношей). Проведенный CVA позволил оценить межгрупповые различия формы по полу, однако не заменяет отдельного анализа взаимодействия пола и стороны, который требует расширенной выборки и может быть предметом самостоятельного исследования. Для получения более полной информации о пространственной организации асимметрии целесообразно применение методов трехмерной морфометрии на основе 3D-сканирования либо компьютерной или магнитно-резонансной томографии с 3D-реконструкцией.

Заключение. Методами геометрической морфометрии показано, что у правшей юношеского возраста праволевосторонние различия ПСВК проявляются преимущественно через форму видимого внешнего контура, а не через центроидный размер. Procrustes ANOVA выявил статистически значимый эффект стороны для формы (F=13,81; p<0,001), что соответствует направленной билатеральной асимметрии формы. PCA использовался как описательный метод визуализации основных направлений вариабельности формы и показал разделение форм правых и левых ПСВК преимущественно вдоль PC1. Проведенный CVA по полу выявил статистически значимые различия формы ПСВК между девушками и юношами (расстояние Махаланобиса 5,0769; p<0,001), что указывает на необходимость учитывать половой фактор при интерпретации праволевосторонней асимметрии. Полученные данные могут быть использованы в медицинской антропологии, спортивной медицине и медицинской реабилитации при дальнейшем изучении морфологической вариабельности и функциональной латерализации верхней конечности.

Конфликт интересов отсутствует.

Вклад автора. Идея, разработка дизайна исследования, сбор материала с последующей его обработкой и статистическим анализом, подготовка публикации.

Информированное согласие на публикацию. Пациенты подписали форму добровольного информированного согласия на публикацию медицинской информации.

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

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

References (Список источников)

1. Zatsiorsky VM, Prilutsky BI. Biomechanics of skeletal muscles. Champaign: Human Kinetics, 2012; 536 p.

2. Orudzhova GA, Nesterov DI. On the use of bioimpedance analysis to assess morphofunctional asymmetry in female students of a northern medical university. In: Proceedings of International Morphological Forum “Stalingradskaya siren’”. Volgograd, 2025; p. 231-4. (In Russ.) Оруджова Г.А., Нестеров Д.И. К вопросу о применении биоимпедансного анализа для оценки морфофункциональной асимметрии у студенток северного медицинского вуза. Сб. материалов Международного морфологического форума «Сталинградская сирень». Волгоград, 2025; с. 231-4. EDN:HQJKSA

3. Knudson D. Fundamentals of biomechanics. Switzerland: Springer, 2021; 252 p.

4. Dedik AV. Limb bone bilateral asymmetry among the Tobol-Irtysh Tatars. Vestnik Antropologii = Herald of Anthropology. 2021;(2):292-310. (In Russ.) Дедик А.В. Билатеральная асимметрия длинных костей скелета у тоболо-иртышских татар. Вестник антропологии. 2021;(2):292-310. DOI:10.33876/2311-0546/2021-54-2/292-310

5. Foley RCA, Callaghan DH, Forman GN et al. A comprehensive scoping review and meta-analysis of upper limb strength asymmetry. Sci Rep. 2025;15(1):4636. DOI:10.1038/s41598-025-87413-w

6. Vybornaya KV, Radzhabkadiyev RM, Nikityuk DB. Some aspects of asymmetry of upper limb development in children playing tennis. Trends in the Development of Science and Education. 2021;(78-2):149-51. (In Russ.) Выборная К.В., Раджабкадиев Р.М., Никитюк Д.Б. Некоторые аспекты асимметрии развития верхних конечностей у детей, занимающихся теннисом. Тенденции развития науки и образования. 2021;(78-2):149-51. DOI:10.18411/trnio-10-2021-81

7. Bakhmatov DN. On the issue of morphological asymmetry of the upper limb in young adults. In: Proceedings of Regional scientific and practical conference for postgraduate students and applicants “Postgraduate Readings” (“Aspirantskiye

chteniya"). Volgograd: VolgSMU Publishing House, 2025: p. 50-5. (In Russ.) Бахматов Д. Н. К вопросу о морфологической асимметрии верхней конечности у лиц юношеского возраста. Сб. статей Региональной научно-практической конференции для аспирантов и соискателей «Аспирантские чтения». Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2025; с. 50-5. EDN:LRHRJW

8. Vasil'yev AG, Vasil'yeva IA, Shkurikhin AO. Geometric morphometry: from theory to practice. Moscow: Partnership of Scientific Publications KMK, 2018; 471 p. (In Russ.) Васильев А.Г., Васильева И.А., Шкурихин А.О. Геометрическая морфометрия: от теории к практике. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018; 471 с.

9. Klingenberg CP. MorphoJ: An integrated software package for geometric morphometrics. Mol Ecol Resour. 2011;11(2):353-7. DOI:10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x

10. Tomaszewski R, Dajka J. Procrustes analysis of a shape of pediatric supracondylar humerus fractures. Sci Rep. 2024;14(1):13353. DOI:10.1038/s41598-024-64347-3

11. Zhang Y, Schepartz LA. Three-dimensional geometric morphometric studies of modern human occipital variation. PLoS One. 2021;16(1):e0245445. DOI:10.1371/journal.pone.0245445

12. Lois Zlolniski S, Torres-Tamayo N, García-Martínez D, et al. 3D geometric morphometric analysis of variation in the human lumbar spine. Am J Phys Anthropol. 2019;170(3):361-72. DOI:10.1002/ajpa.23918

13. Khokhlov NA, Bol'shakova SP, Kovyazina MS, et al. Functional manual asymmetry questionnaire "MSU-2013". Moscow: Genesis, 2013; 28 p. (In Russ.) Хохлов Н.А., Большакова С.П., Ковязина М.С. и др. Опросник функциональной мануальной асимметрии «МГУ-2013». М.: Генезис, 2013; 28 с.

14. Safonenkova EV. Ontogenetic changes of expressiveness of muscular weight of upper extremity and its links among men and women. Uchenye Zapiski Universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2013;2(96):153-7. (In Russ.) Сафоненкова Е.В. Онтогенетические изменения выраженности мышечной массы верхней конечности и ее звеньев у лиц мужского и женского пола. Ученые записки Университета имени П.Ф. Лесгафта. 2013;2(96):153-7.

15. Kuchin RV, Nenenko ND, Chernitsyna NV, et al. Muscle mass asymmetry rating in body segments versus sports experience of junior volleyball players. Theory and Practice of Physical Culture. 2022;(2):86-7. (In Russ.) Кучин Р.В., Нененко Н.Д., Черницына Н.В. и др. Асимметрия мышечной массы отдельных сегментов тела у волейболистов в зависимости от спортивного стажа. Теория и практика физической культуры. 2022;(2):86-7. EDN:YJRLTY

16. Saraykin DA, Khusnutdinova AA, Pavlova VI, et al. Adaptation of professional athletes to various physical loads by means of body composition changes. Human. Sport. Medicine. 2018;18(3):47-59. (In Russ.) Сарайкин Д.А., Хуснутдинова А.А., Павлова В.И. и др. Формирование адаптации спортсменов высокой квалификации к физическим нагрузкам разных видов спорта путем изменения соотношения компонентов тела. Человек. Спорт. Медицина. 2018;18(3):47-59. DOI:10.14529/hsm180305

17. Ermolenko AS, Filippova EN, Khayrullin RM, et al. The study of sexual differences of metacarpus of the human hand by method of geometrical morphometry. Morphological Newsletter. 2015;1:43-8. (In Russ.) Ермоленко А.С., Филиппова Е.Н., Хайруллин Р.М. и др. Исследование половых различий пясти рук человека методом геометрической морфометрии. Морфологические ведомости. 2015;1:43-8. DOI:10.20340/mv-mn.2015.0(1):43-48

18. Ermolenko AS, Selivanova ES. The geometric morphometry results: hand shape and body type are not interrelated. Morphological Newsletter. 2024; 32(2): ID-869. (In Russ.) Ермоленко А.С., Селиванова Е.С. Результаты геометрической морфометрии: форма кисти и соматотип не взаимосвязаны. Морфологические ведомости. 2024;32(2):ID-869. DOI:10.20340/mv-mn.2024.32(2).869

19. Johnson RA, Wichern DW. Applied multivariate statistical analysis. 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2007; 773 p.

20. Dryden IL, Mardia KV. Statistical shape analysis with applications in R. 2nd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2016; 496 p.

Статья поступила в редакцию 26.12.2025; одобрена после рецензирования 17.06.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 26.12.2025; approved after reviewing 17.06.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторе:

Дмитрий Николаевич Бахматов *— аспирант, ассистент кафедры анатомии, german.strasse@mail.ru, ORCID 0009-0007-3368-8533.*

Information about the author:

Dmitry N. Bakhmatov *— Post-Graduate Student, Instructor of the Department for Anatomy, german.strasse@mail.ru, ORCID 0009-0007-3368-8533.*

УДК 572.73+572.743+572.746+611.714.1
EDN: VEULGQ
https://doi.org/10.15275/ssmj2203418

Оригинальная статья
Original article

НЕПРЕДНАМЕРЕННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ МОЗГОВОГО ЧЕРЕПА ЧЕЛОВЕКА, КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕТОДИКА ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ

К.В. Соловьев[1], И.В. Гайворонский[1–3], О.А. Фомкина[4], А.А. Зайченко[4]

[1]ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» Минобрнауки России, Санкт-Петербург, Россия
[3]ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
[4]ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

UNINTENTIONAL DEFORMATIONS OF THE HUMAN NEUROCRANIUM, CLASSIFICATION AND METHODS FOR THEIR DETECTION

K.V. Solovyev[1], I.V. Gaivoronsky[1–3], O.A. Fomkina[4], A.A. Zaichenko[4]

[1]Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia
[2]Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia
[3]Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia
[4]V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

© Соловьев К.В., Гайворонский И.В., Фомкина О.А., Зайченко А.А., 2026

Для цитирования: *Соловьев К.В., Гайворонский И.В., Фомкина О.А., Зайченко А.А.* Непреднамеренные деформации мозгового черепа человека, классификация и методика их выявления. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 418-426. EDN: VEULGQ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203418

Аннотация. *Цель:* определить встречаемость деформаций мозгового черепа, разработать единую классификацию и методику их выявления. *Материал и методы.* Исследовали 1183 черепа европеоидной расы из коллекции Военно-медицинской академии. Рассчитывали поперечно-продольный, высотно-продольный и высотно-поперечный указатели. Для характеристики деформаций мозгового черепа использовали разработанную авторами интегративную краниометрическую методику, суть которой заключается в определении формы мозгового отдела по перечисленным указателям. *Результаты.* Предложенный подход позволил выделить 27 интегрированных форм, часть из которых ассоциированы с деформациями. Встречаемость деформаций составила: синостозных — 2,1%, позиционных (колыбельных) — 6,6%; асимметричных — 13,0%. Нами предложена классификация деформаций мозгового черепа с учетом интегрированной формы, включающая не только синостозные, но также позиционные и преднамеренные варианты. Долихохамеакро-, долихоортоакро-, мезогипсиакро-, брахигипсиакрокранные формы характерны для КС. Гипербрахигипсиметрио- и ультрабрахигипситапейнокранные формы характерны для черепов с выраженными позиционными деформациями. *Заключение.* Позиционные деформации встречались в 3 раза чаще КС, в то время как асимметрия могла сочетаться с другими видами деформаций. Разработанная классификация позволяет подтвердить наличие деформаций, влияющих на форму мозгового черепа. Методика интегративной оценки черепа дополняет возможности краниоскопической оценки деформаций.

Ключевые слова: форма мозгового черепа, деформация мозгового черепа, краниосиностоз, интегрированная краниометрическая форма

For citation: *Solovyev KV, Gaivoronsky IV, Fomkina OA, Zaichenko AA.* Unintentional deformations of the human neurocranium, classification and methods for their detection. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 418-426. (In Russ.) EDN: VEULGQ. https://doi.org/10.15275/ssmj2203418

Abstract. *Objective:* to determine the occurrence of cranial deformities, to develop a unified classification and methodology for their detection. *Material and methods.* 1,183 Caucasian skulls from the collection of the Military Medical Academy were examined. The transverse-longitudinal, altitude-longitudinal and altitude-transverse indicators were calculated. To characterize the deformities of the neurocranium, an integrative craniometric technique developed by the authors was used, the essence of which is to determine the shape of the cerebral region according to the listed indices. *Results.* This approach allows us to identify 27 integrated shapes, some of which are associated with deformations. The incidence of deformities was: synostosis — 2.1%, positional (lullaby) — 6.6%; asymmetric — 13.0%. We have proposed a classification of cranial deformities based on the integrated shape, including not only synostosis, but also positional and intentional variants. Dolicho-hame-acro-, dolicho-ortho-acro-, meso-hypsi-acro, brachy-hypsi-acrocranial forms are characteristic of craniosynostoses. Hyper-brachy-hypsi-metrio- and ultra-brachy-hypsi-tapeinocranial forms are characteristic of skulls with pronounced positional deformities. *Conclusion.* Positional deformations were 3 times more common than craniosynostoses, while asymmetry could be combined with other types of deformations. The developed classification allows us to confirm the presence of deformities affecting the shape of the neurocranium. The method of integrative assessment of the skull complements the possibilities of cranioscopic assessment of deformities.

Keywords: cranial configuration, cranial deformities, craniosynostos, integrated craniometric shape

Введение. Череп человека является притягательным объектом для морфологического исследования. Закономерности строения и корреляции между элементами его конструкции занимают краниологов уже более 150 лет. За данный промежуток времени отечественными и зарубежными антропологами, судебными медиками, анатомами накоплен обширный материал, характеризующий строение черепа в норме, в то время как его деформации практически не освещены ни в классических учебниках отечественной анатомии XX–XXI вв. исследователей В.Н. Тонкова, М.Г. Привеса, М.Р. Сапина, И.В. Гайворонского, ни в специальных монографиях, в частности В.С. Сперанского [1], ни в анатомической номенклатуре [2]. Тем не менее некоторые разновидности деформаций (например, плагиокрания) встречаются более чем 10% случаев в исследованных краниологических сериях [3]. Далеко не всегда деформация обусловлена преждевременным синостозированием швов свода черепа. Как указывают А.В. Громов и А.А. Казарницкий, в некоторых краниологических сериях позиционные теменно-затылочные (колыбельные) деформации составляют более 30% случаев выборки [4]. Большинство краниологических исследований включают разделение черепов на 3 группы только по одному поперечно-продольному указателю (в зависимости от величины которого выделяют брахи-, мезо- и долихокранов).

Согласно мысли Е.В. Перервы [5], деформации мозгового отдела черепа следует разделять на 2 большие условные группы: преднамеренные и непреднамеренные (случайные или казуальные). Преднамеренные деформации традиционно изучают антропологи, поскольку подобные обычаи искусственного изменения формы головы известны не только у древних, но и у современных народов по всему земному шару [5]. Непреднамеренные деформации черепа следует разделить на 2 подгруппы: синостозные (краниосиностозы — КС) и позиционные (колыбельные) изменения формы.

Синостозные деформации — актуальная медицинская проблема [6–8], особенно в педиатрии и травматологии. По времени возникновения КС разделяют на первичные (врожденные) и вторичные (приобретенные). Врожденные КС нуждаются в обязательной хирургической коррекции, поскольку их следствиями являются повышение внутричерепного давления, чувствительные, двигательные и дыхательные расстройства центрального генеза [8]. Вторичные КС являются следствием нарушения обменных процессов, в том числе рахита и гипотиреоза, и могут проявляться в подростковом или юношеском возрастах. По морфологии КС разделяют на простые (преждевременное зарастание

Ответственный автор — Кирилл Владимирович Соловьев
Corresponding author — Cyril V. Solovyev
E-mail: kirill_solovik@mail.ru

только одного из швов свода черепа) и сложные (преждевременное синостозирование сразу нескольких швов крыши черепа) [6]. Этиопатогенез простых КС не известен вплоть до настоящего времени, однако имеются сведения, что ведущую роль в процессе его возникновения отводят мутациям в генах, кодирующих синтез белков FGF — fibroblast growth factor (фактор роста фибробластов) и TGF-β — transforming growth factor beta (трансформирующий фактор роста β), определяющих темпы и характер интрамембранозного окостенения свода черепа эмбриона [7, 9]. Сложные КС, как правило, являются компонентами определенных синдромов — так называемые синдромальные КС (синдромы Аперта, Крузона, Пфайфера и др.), наследуются по аутосомно-доминантному типу, встречаются в структуре патологических изменений черепа значительно реже изолированных преждевременных заращений отдельных швов [7, 9]. Простые, или несиндромальные, КС встречаются значительно чаще синдромальных: в 60% всех случаев обнаруживается сагиттальный синостоз, в 25% — венечный, в 15% — метопический (лобный), в 2% — лямбдовидный синостозы [6,8].

Следует обратить внимание на термин «краниостеноз», которым иногда подменяют термин «краниосиностоз». Краниостенозом называют такую деформацию, при которой значительно уменьшается объем мозгового черепа, ограничивая тем самым активно растущий и развивающийся головной мозг. Краниостенозы, как правило, возникают вследствие синдромальных синостозов и являются частными вариантами микрокрании (микроцефалии). Как было показано в одной из наших предыдущих работ [3], объем черепа при наличии КС не уменьшается, а остается средним за счет компенсаторного роста костей в стороны, противоположенные направлению заросшего шва.

Позиционные деформации являются актуальной антропологической проблемой. Подобные изменения формы — так называемые случайные модификации, возникающие вследствие пребывания ребенка грудного возраста длительное время в определенном положении в колыбели. Отечественные антропологи предлагают выделять затылочный и теменно-затылочный варианты колыбельных деформаций [4, 5, 10], что соответствует зарубежным терминам obelionic и occipital molding. Антропологи указывают, что позиционные (колыбельные) деформации ограничивают рост и развитие черепа в длину, и тем самым влияют на черепной (поперечно-продольный) указатель, внося вклад в эволюционную тенденцию к брахикефализации [4].

Особое место в структуре деформаций занимают асимметричные черепа (так называемая плагиокрания, или плагиоцефалия). Подобные изменения формы встречаются довольно часто (более 10%) и могут быть следствием синостозной деформации, колыбельной модификации или же возникать без видимых на то причин.

В подавляющем большинстве современных краниологических работ не всегда исключались из исследуемых выборок объекты с позиционными и асимметричными деформациями, следовательно, не исключены ошибки при составлении дизайна краниологических исследований.

Цель — определить встречаемость деформаций мозгового черепа, разработать единую классификацию и методику их выявления.

Материал и методы. Проведено ретроспективное наблюдательное краниологическое исследование, в ходе которого было исследовано 1183 черепа представителей европеоидной расы, юношеского, первого и второго зрелого возрастов из собрания фундаментального анатомического музея кафедры нормальной анатомии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова [11]. Наличие на черепе деформаций не являлось критерием его исключения из выборки.

Из состава краниологической коллекции Б.А. Долго-Сабурова для исследования взято 747 объектов, из краниологической коллекции В.Л. Грубера — 436 объектов. На черепах из обеих серий определяли частоту встречаемости деформаций мозгового отдела. Далее проводили морфометрическое исследование выявленных из обеих коллекций черепов только с синостозными и позиционными деформациями.

Для выявления деформаций мозгового черепа, помимо стандартного краниоскопического исследования, использовали разработанную авторами статьи интегративную краниометрическую методику, сущность которой заключалась в определении интегрированной измерительной формы мозгового черепа на основании поперечно-продольного, высотно-продольного и высотно-поперечного указателей.

При помощи толстотного циркуля с приостренными браншами согласно рекомендациям В.П. Алексеева и Г.Ф. Дебеца на черепах измеряли наибольшие длину черепа (продольный диаметр, Мартин 1), ширину черепа (поперечный диаметр, Мартин 17) и высоту от базиона до брегмы (Мартин 17) [12]. На основании величин данных размеров рассчитывали значения поперечно-продольного, или черепного (ППрУ) высотно-продольного (ВПрУ) и высотно-поперечного (ВПУ) указателей (индексов) [12].

ППрУ рассчитывали по формуле M8/M1×100%, где M8 – поперечный диаметр, M1 – продольный диаметр. В зависимости от значения указателя (по руководству R. Martin и K. Saller) форму определяли как долихокранную (ППрУ<75,0), мезокранную (75,0≤ППрУ<80,0) или брахикранную (ППрУ≥80,0) [13].

ВПрУ рассчитывали по формуле M17/M1×100%, где M17 – высотный диаметр, M1 – продольный диаметр. В зависимости от значения указателя (по руководству R. Martin и K. Saller) форму определяли как хамекранную (ВПрУ<70,0), ортокранную (70,0≤ППрУ<75,0) или гипсикранную (ППрУ≥75,0) [13].

ВПУ рассчитывали по формуле M17/M8×100%, где M17 – высотный диаметр, M8 – поперечный диаметр. В зависимости от значения указателя (по руководству R. Martin и K. Saller) форму определяли как тапейнокранную (ВПрУ<92,0), метриокранную (92,0≤ППрУ<98,0) или акрокранную (ППрУ≥98,0) [13].

Далее рассчитывали интегрированную краниометрическую форму (ИКФ) мозгового черепа по всем черепным индексам. Такие расчеты предусматривают выделение 27 теоретически возможных вариантов формы черепа, например

брахиортометриокранную, мезогипсиакрокранную, долихохаметапейнокранную.

Первичную группировку данных осуществляли в программе Microsoft Excel в зависимости от вида деформации. Проверку распределения параметров на соответствие нормальному проводили при помощи критерия Шапиро — Уилка с использованием онлайн-платформы datanovia.com. Установленное соответствие нормальному распределению позволило при помощи средств описательной статистики для морфометрических размеров мозгового черепа рассчитать среднее значение (*M*) и его стандартную ошибку (*SD*).

Результаты. Встречаемость деформаций мозгового черепа составила 25 синостозных (2,11%), 78 позиционных (6,59%) и 154 асимметричных (13,01%) деформации. В частности, простой венечный КС обнаружен на 3 (0,25%) черепах, сагиттальный КС — на 7 (0,59%) черепах, сложный КС сагиттального и обоих чешуйчатых швов — на 5 (0,42%) черепах, сложный КС венечного и сагиттального швов — на 20 (1,69%) черепах.

Результаты морфометрии мозгового отдела черепов с преждевременным синостозированием продольно расположенных швов представлены в табл. 1.

При преждевременном зарастании только сагиттального шва череп увеличивается в переднезаднем и вертикальном направлениях. При синостозировании сагиттального и чешуйчатых швов возможности роста черепа вверх резко ограничены. Средние значения продольного диаметра составили 188,54±2,44 мм, поперечного диаметра — 130,38±1,43 мм, высотного диаметра — 133,00±1,60 мм. Такие черепа характеризуются очень большими категориями продольного диаметра и очень малыми категориями поперечного диаметра. При краниоскопическом исследовании такие черепа напоминают перевернутую кверху дном ладью или челнок (за счет сильно выступающих лба и затылка) — так называемая скафокрания (от греч. scaphe — челнок). Довольно часто на таких черепах (на 9 из 13 объектах) наблюдаются крайне выраженные височные линии, а также некая «приталенность» в области птерионов, за счет чего в вертикальной норме свод черепа приобретает сходство с силуэтом восьмерки, так называемая клинокрания (от греч. kline — ложе) или седловидная деформация. Как правило, краниометрическая форма согласно черепному указателю — долихокранная (ППрУ<75), гипердолихокранная (ППрУ<70) и ультрадолихокранная (ППрУ<65). ИКФ по ВПрУ и ВПУ изменялась в зависимости от количества синостозированных швов: при изолированном преждевременном зарастании сагиттального шва чаще встречалась ортоакрокранная конфигурация, при сочетанном зарастании сагиттального и чешуйчатых швов — хамеакрокранная. Следует

Таблица 1

Морфометрические параметры и указатели черепов с преждевременным зарастанием продольно расположенных швов свода

Вид деформации	Размеры мозгового черепа, мм (категория дана по таблицам Г.Ф. Дебеца)			Указатели мозгового черепа, % (градация дана по Р. Мартину)		
	М1	М8	М17	ППрУ	ВПрУ	ВПУ
Простой сагиттальный КС	171 (очень малый)	123 (крайне малый)	131 (малый)	71,9 (долихо)	76,6 (гипси)	106,5 (акро)
	185 (большой)	140 (средний)	136 (средний)	75,7 (мезо)	73,5 (орто)	97,1 (метрио)
	194 (очень большой)	132 (очень малый)	136 (средний)	68,0 (долихо)	70,1 (орто)	103,0 (акро)
	190 (большой)	135 (малый)	136 (средний)	71,1 (долихо)	71,6 (орто)	100,7 (акро)
	171 (очень малый)	133 (очень малый)	141 (большой)	77,8 (мезо)	82,5 (гипси)	106,0 (акро)
	199 (очень большой)	132 (очень малый)	141 (большой)	66,3 (долихо)	70,9 (орто)	106,8 (акро)
	191 (очень большой)	135 (малый)	141 (большой)	70,7 (мезо)	73,8 (орто)	104,4 (акро)
Сочетание сагиттального и чешуйчатого билатерального синостозов	192 (очень большой)	122 (крайне малый)	128 (малый)	63,5 (долихо)	66,7 (хаме)	104,9 (акро)
	194 (очень большой)	130 (очень малый)	130 (малый)	67,0 (долихо)	67,0 (хаме)	100,0 (акро)
	194 (очень большой)	131 (очень малый)	129 (малый)	67,5 (долихо)	66,5 (хаме)	98,5 (акро)
	183 (средний)	129 (очень малый)	125 (очень малый)	70,5 (мезо)	68,3 (хаме)	96,9 (метрио)
	194 (очень большой)	129 (очень малый)	128 (малый)	66,5 (долихо)	66,0 (хаме)	99,2 (акро)
	193 (очень большой)	124 (очень малый)	127 (малый)	64,2 (долихо)	65,8 (хаме)	102,4 (акро)

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 приведены данные морфометрии (и их характеристики) для каждого конкретного черепа с наличием деформации.

обратить внимание, что в 3 случаях сочетанный сагиттально-чешуйчатый КС сочетался с орбитальным гипертелоризмом. На рис. 1 изображены черепа скафокранной (простой сагиттальный КС) и клинокранной (сочетанный сагиттальный и билатеральный чешуйчатый КС) конфигураций.



Рис. 1. Характерные формы мозгового отдела черепа при преждевременном зарастании:
а — сагиттального шва, так называемая скафокрания (ладьевидный череп); *б* — сагиттального и чешуйчатого швов, так называемая клинокрания (седловидный череп), выраженный орбитальный гипертелоризм

Результаты морфометрии мозгового отдела черепов с преждевременным синостозированием венечного и сагиттального швов представлены в табл. 2.

При изолированном синостозировании только венечного шва череп компенсаторно увеличивается в задневерхнем направлении. При преждевременном зарастании венечного и сагиттального швов возможности роста черепа вперед, вверх и назад резко ограничены. Средние значения наибольшей длины черепа составили 163,08±1,93 мм, наибольшей ширины — 135,62±1,33 мм, высотного диаметра — 135,85±1,43 мм. Подобные черепа характеризуются очень малыми размерами продольного диаметра и, как правило, малыми размерами поперечного диаметра. При краниоскопическом исследовании такие черепа могут обладать разнообразными формами: напоминать пирамиду, так называемая оксикрания (от греч. oxys — острый); иметь округлые формы, так называемая трохокрания (от греч. trocheos — округленный) или напоминать усеченный конус, так называемая туррикрания (от греч. turros — башня) или акрокрания (от греч. akron — мыс, уступ). Последний термин представляется нам несколько неудачным, поскольку этим же термином обозначается одна из категорий ВПУ. Черепа с наличием только венечного КС характеризуются очень покатым лбом, так называемая лобная платикрания (от греч. platos — плоский), или гипсикрания. Последний термин также

Таблица 2

Морфометрические параметры и указатели черепов с преждевременным зарастанием венечного и сагиттального швов свода из коллекции В.Л. Грубера

Вид деформации	Размеры мозгового черепа, мм (категория дана по таблицам Г.Ф. Дебеца)			Указатели мозгового черепа, % (градация дана по Р. Мартину)		
	М1	М8	М17	ППрУ	ВПрУ	ВПУ
Простой венечный КС	155 (крайне малый)	135 (малый)	131 (малый)	87,1 (брахи)	84,5 (гипси)	97,0 (акро)
	160 (крайне малый)	132 (очень малый)	135 (средний)	82,5 (брахи)	84,4 (гипси)	102,3 (акро)
	162 (очень малый)	131 (очень малый)	126 (очень малый)	80,9 (брахи)	77,8 (гипси)	96,2 (акро)
Сочетание сагиттального и венечного синостозов: башенные (туррикрания) и округлые (трохокрания) черепа	155 (крайне малый)	135 (малый)	139 (большой)	87,1 (брахи)	89,7 (гипси)	103,0 (акро)
	161 (очень малый)	145 (большой)	143 (очень большой)	90,1 (брахи)	88,8 (гипси)	98,6 (акро)
	151 (крайне малый)	134 (малый)	132 (средний)	88,7 (брахи)	87,4 (гипси)	98,5 (акро)
	161 (очень малый)	132 (очень малый)	139 (большой)	82,0 (брахи)	86,3 (гипси)	105,3 (акро)
	174 (малый)	146 (большой)	142 (большой)	83,9 (брахи)	81,6 (гипси)	97,3 (метрио)
	165 (очень малый)	136 (малый)	142 (большой)	82,4 (брахи)	86,1 (гипси)	104,4 (акро)
	165 (очень малый)	136 (малый)	130 (малый)	82,4 (брахи)	78,8 (гипси)	95,6 (метрио)
	170 (очень малый)	137 (малый)	136 (средний)	80,6 (брахи)	80,0 (гипси)	99,3 (акро)
Конические черепа (оксикрания)	171 (очень малый)	131 (очень малый)	135 (средний)	76,6 (мезо)	78,9 (гипси)	103,1 (акро)
	170 (очень малый)	133 (очень малый)	136 (средний)	78,2 (мезо)	80,0 (гипси)	102,3 (акро)

неудачен, поскольку является градацией ВПрУ, а, следовательно, характерен и для нормальных, не деформированных черепов. ИКФ по трем указателям конических черепов определялась как мезогипсиакрокранная, в то время для остальных форм были характерны брахигипсиакрокранные конфигурации. При изолированном синостозировании венечного шва и при сочетанном зарастании венечного и сагиттального швов ИКФ одинаковая.

Результаты морфометрии черепов с теменно-затылочной (обелионной) и затылочной деформациями предположительно колыбельной этиологии представлены в табл. 3.

Черепа с наличием позиционных теменно-затылочных и затылочных деформаций весьма короткие, форма свода напоминает очертания квадрата в вертикальной норме. Средние значения наибольшей длины черепа составили: 160,83±3,25 мм, наибольшей ширины — 142,50±2,25 мм, высотного диаметра — 133,17±2,47 мм. При краниоскопическом исследовании подобных черепов в теменной области на уровне обелионного сегмента (S3) сагиттального шва обнаруживается плоская площадка, в 2 случаях наблюдалась небольшая впадина. Краниометрическая форма согласно черепному указателю гипербрахикранная (ППрУ>85) и ультрабрахикранная (ППрУ>90). ИКФ определялась как брахигипсиметриокранная или брахигипситапейнокранная.

На рис. 2 изображены черепа окси-и акрокранной (сочетанный венечно-сагиттальный КС) конфигураций, с лобной платикранией (простой венечный КС) и теменно-затылочной платикранией (позиционной деформацией).

В результате краниоскопических и краниометрических исследований черепов с деформациями мы предлагаем следующий вариант их единой классификации с учетом ИКФ (см.рис. 3 на с.425).

Например, для черепов с простым сагиттальным КС характерна долихоакрокранная ИКФ, что обусловлено малыми и очень малыми величинами ширины черепа при больших и очень больших величинах продольного и высотного диаметров. Краниометрическая форма по ВПрУ у таких черепов варьирует между орто-и гипсикранными конфигурациями. Для сложного КС, проявляющегося облитерацией сагиттального и обоих чешуйчатых швов, наиболее характерна долихохамеакрокранная ИКФ (дословно: длинный низкий высокий череп). Зарастание сагиттального шва блокирует рост черепа в ширину, а чешуйчатых — в высоту. Таким образом, нормальные пропорции черепа нарушаются, в результате чего при интеграции разных высотных указателей (ВПрУ



Рис. 2. Характерные формы мозгового отдела черепа при преждевременном зарастании:
а — венечного шва, так называемая лобная платикрания, или сфенокрания (уплощение лобной области черепа); *б* — венечного и сагиттального швов с уплощением темени, так называемая туррикрания (башенный череп); *в* — венечного и сагиттального швов, так называемая оксикрания (конический череп, или «сахарная голова»); *г* — позиционная деформация, так называемая затылочная платикрания (уплощение теменно-затылочной области)

Таблица 3

Морфометрические параметры и указатели черепов с позиционными деформациями предположительно колыбельной этиологии из коллекции В.Л. Грубера

Вид деформации	Размеры мозгового черепа, мм (категория дана по таблицам Г.Ф. Дебеца)			Указатели мозгового черепа, % (градация дана по Р. Мартину)		
	M1	M8	M17	ППрУ	ВПрУ	ВПУ
Позиционные теменно-затылочные и затылочные деформации	169 (очень малый)	144 (средний)	139 (большой)	85,2 (брахи+)	82,2 (гипси)	96,53 (метрио)
	166 (очень малый)	144 (средний)	140 (большой)	86,7 (брахи+)	84,3 (гипси)	97,22 (метрио)
	152 (крайне малый)	136 (малый)	127 (малый)	89,5 (брахи+)	83,5 (гипси)	93,38 (метрио)
	150 (крайне малый)	136 (малый)	126 (очень малый)	90,7 (брахи++)	84,0 (гипси)	92,65 (метрио)
	162 (очень малый)	150 (большой)	136 (средний)	92,6 (брахи++)	83,9 (гипси)	90,67 (тапейно)
	166 (малый)	145 (большой)	131 (малый)	87,3 (брахи+)	78,9 (гипси)	90,34 (тапейно)

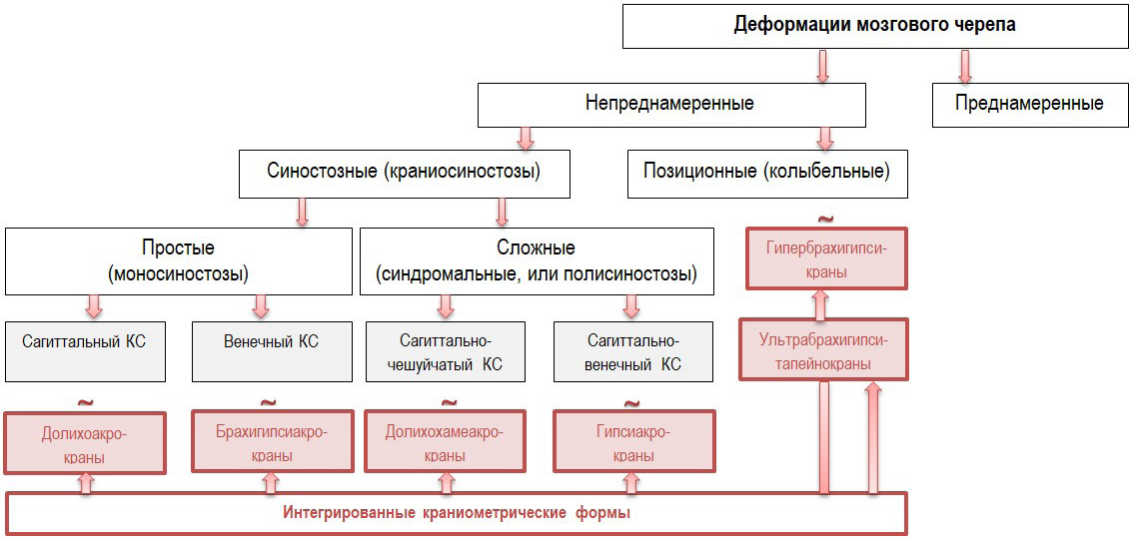


Рис. 3. Классификация деформаций мозгового отдела черепа с учетом их интегрированной краниометрической формы. Преднамеренные деформации — зона интереса антропологов, синостозные — зоны интереса медиков, позиционные — зона стыка научных интересов медиков и антропологов. Важное уточнение: любая из непреднамеренных деформаций может сочетаться с асимметрией (плагиокранией). Знак «~» означает соответствие вида деформации определенной интегрированной краниометрической форме черепа

и ВПУ) получаются противоположенные градации («хаме» — низкий, «акро» — высокий). Подобные ИКФ позволяют исследователю заподозрить на черепе наличие деформаций.

Обсуждение. В отечественных источниках литературы сведения о деформациях мозгового черепа крайне обрывочные. Малое количество работ по данному направлению объясняется очень низкими частотами встречаемости таких деформаций (0,5–2,5%) в краниологических коллекциях.

Как указывают антропологи Я.Я. Рогинский и И.Г. Левин, выделяют следующие разновидности аномальных форм черепа: скафо-, акро-, тригоно-, сфено-, клино-, плати-, пахи-и плагиокефалия [14]. Ими дается краткое пояснение для каждого термина, ограничивающееся 1–2 предложениями, описывающими форму мозгового черепа при той или иной деформации. Следует отметить, что морфометрические данные и иллюстративный материал у этих авторов отсутствуют.

Мы считаем, что первое и наиболее подробное описание деформаций мозгового черепа с иллюстративным материалом было сделано Р. Вирховым в 1862 г., он же предложил ряд терминов для обозначения этих редких, аномальных форм, а также свой вариант классификации, разделив черепа на макро- и микрокранов, а также на долихо- и брахикранов, выделив в составе последних 2 групп формы, вызываемые преждевременным зарастанием швов [15]. На кафедре нормальной анатомии Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова сохранился каталог 1888 г., составленный профессором А.И. Таренецким, в котором названия деформаций черепа указаны именно согласно упомянутой нами классификации Р. Вирхова: сфено-, лепто-, клино-, пахи-, окси-, плати-, трохо- и плагиоцефалы. В монографии по истории кафедры А.И. Таренецкий указывает, что собранные В.Л. Грубером препараты с деформациями мозгового черепа никогда не были им описаны и открыто опубликованы [16]. В настоящей работе со стороны авторов предпринимается первая попытка не только продемонстрировать те редчайшие формы черепа, возникающие вследствие деформаций, хранящиеся в составе фундаментального музея кафедры, но и предложить их единую классификацию с учетом интегрированной формы (см. рис. 3).

Нами найдена только одна аналогичная работа, выполненная на коллекции препаратов из коллекции музея «Вролик» (The Museum Vrolik) в Амстердаме [17]. Авторы упомянутой статьи проанализировали богатые коллекции музея на предмет наличия в их составе деформаций мозгового черепа, в том числе КС. Только в этой работе нами были обнаружены фотографические изображения деформированных черепов в 3 проекциях, а также рентгенограммы, сделанные с них. Морфометрические исследования также отсутствовали.

В ходе анализа литературы нам удалось обнаружить 3 статьи, в которых представлены варианты классификаций синостозных деформаций [6–8]. В этих исследованиях предложено разделение КС на простые и сложные, несиндромальные (спорадическая аномалия) и синдромальные (наследуемые преимущественно по аутосомно-доминантному принципу). Плагиоцефалия рассматривается как следствие преждевременного зарастания участка лямбдовидного или венечного швов, а не как самостоятельная форма деформаций. Статья L.S. Governale примечательна тем, что в ней демонстрируются реконструкции черепов детей с различными видами КС с помощью компьютерной томографии [7].

Позиционные и асимметричные деформации зарубежными авторами подробно не рассматриваются, однако встречаются работы, посвященные дифференциальному диагнозу между синостозными и позиционными деформациями [17, 18]. При этом ряд исследователей свидетельствуют, что количество новорожденных с КС за последние десятилетия неуклонно растет [7, 8].

Как указывает В.Н. Звягин [20], частота встречаемости преждевременно заросших продольных швов колеблется в пределах от 0,8 до 2,0%, поперечных швов — 1,3 до 1,4%, что соответствует нашим данным только отчасти. Сочетанная облитерация поперечных и продольных швов по В.Н. Звягину — от 2,4 до 3,0%, нами получены сходные результаты. Плагиокрания,

согласно его данным, встречалась значительно реже — в 4,3–5,0%. Подобные расхождения могут быть объяснены отсутствием четких критериев для выделения косых черепов: нельзя с уверенностью сказать, какую степень асимметрии следует считать нормальной, а какую — патологической?

По данным В.Н. Звягина, венечный КС, проявляющийся сфеноцефалией, встречается в 0,4%, согласно L. Bolk — в 0,3%, по нашим данным — в 0,25% случаев. Сагиттальный КС, проявляющийся скафокранией, встречается по В.Н. Звягину в 2,2%, по L. Bolk — в 2,5%, по нашим данным — в 0,6% случаев. Сочетанный венечно-сагиттальный КС, проявляющийся различными аномальными формами: окси-, турри-, трохокранией — наблюдается по В.Н. Звягину в 0,4% случаев, в то время как в наших сериях такие деформации наблюдались в 1,7% случаев.

Хочется обратить внимание на то, что не всегда наличие синостоза приводит к появлению аномальных форм черепа. В ходе исследования нами были встречены черепа с сагиттальным КС, имеющие нормальные параметры, определяющиеся согласно ППрУ как мезокраны и даже как брахикраны (рис. 4). Аналогичные наблюдения были сделаны и В.Н. Звягиным. Можно предположить, что появление аномальных форм обусловлено не только преждевременным зарастанием швов свода черепа.

Анализ абсолютных и относительных морфометрических характеристик и краниоскопические наблюдения показали следующее.

Долихохамеакрокранная ИКФ оказалась характерна для черепов с наличием сложного сагиттально-чешуйчатого КС. Только при такой деформации высотные указатели показывают, казалось бы, взаимоисключающие друг друга варианты: хамеакро, то есть низко-высокий череп. Действительно, за счет сагиттального синостоза продольный диаметр черепа достигает очень больших категорий, в то время как высотный диаметр остается в пределах средних значений. Следовательно, по ВПрУ такой череп расценивается как низкий. В то время как чешуйчатый синостоз сковывает рост черепа в ширину, поэтому для данной деформации характерны очень малые категории поперечного размера при средних значениях высотного диаметра, вследствие чего по ВПУ такой череп будет расценен, наоборот, как высокий.

Долихоортоакрокранная ИКФ и ее вариации характерны для черепов с простым сагиттальным КС.

При скафо-и клинокрании средние значения продольного диаметра черепа (188,54±2,44 мм) на 5 мм больше стандарта, рассчитанного Г.Ф. Дебецем (181±3 мм), поперечного диаметра (130,38±1,43 мм) на 11 мм меньше стандарта (141,5±2,5 мм).

Мезогипсиакрокранная ИКФ встречалась только у конических черепов, так называемых оксикранов. На наш взгляд данные черепа нуждаются в исследовании генетического материала, поскольку их форма крайне напоминает деформации головы, вызываемые синдромом Аперта (Apert).

Брахигипсиакрокранная ИКФ характерна для черепов с преждевременным синостозированием только венечного шва и сочетанным синостозированием венечного и сагиттального швов. При этом конфигурация черепа описывается как сфено-, турри-и трохокрания. Хочется отметить, что в некоторых работах (и даже в клинических рекомендациях по лечению несиндромальных КС у детей) указывается, что при таком КС череп становится брахикранным. Это верно только отчасти, поскольку мозговой отдел продолжает компенсаторно расти в задневерхнем направлении.

При окси-, турри- и трохокрании средние значения продольного диаметра черепа (163,08±1,93 мм) на 18 мм меньше стандарта, а поперечного диаметра (135,62±1,33 мм) на 6 мм меньше стандарта.

Брахигипсиметрио-и брахигипситапейнокранные ИКФ характерны для черепов с уплощением затылочного и теменного отдела, так называемая платикрания. Средние значения продольного диаметра при данном виде деформации составили 160,83±3,25 мм, что на 21 мм меньше стандарта, величины поперечного и высотного диаметров находятся в пределах вариации средних стандартных значений.

Заключение. Проведенное исследование позволило выявить в составе краниологических коллекций синостозные (КС), позиционные (колыбельные) и асимметричные деформации. Общая частота встречаемости деформаций составила 17,2%, причем в 4,5% случаев деформации сочетались с асимметрией. Позиционные изменения формы встречались в 3 раза чаще КС. Предложенная классификация деформаций, основанная на оценке ИКФ мозгового черепа, включает КС, позиционные, асимметричные и преднамеренные деформации. Для КС характерны долихохамеакро-, долихоортоакро-, мезогипсиакро-, брахигипсиакрокранные формы. Для выраженных позиционных деформаций — гипербрахигипсиметрио- и ультрабрахигипситапейнокранные формы. Необходимо отметить, что при преждевременном зарастании только сагиттального шва череп может иметь как нормальную форму, так и деформацию, описываемую в литературе как скафо- или клинокрания. Таким образом, методика интегративной оценки черепа дополняет и объективизирует возможности



Рис. 4. Вариации формы мозгового отдела черепа при простом сагиттальном краниосиностозе: *а* — ультрадолихокраны; *б* — гипердолихокраны; *в* — собственно долихокраны; *г* — мезокраны; *д* — брахикраны. Первые два черепа могут быть описаны как скафокраны (длинные узкие «ладьевидные» черепа)

краниоскопического подхода при выявлении деформаций мозгового отдела.

Конфликт интересов отсутствует.

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

Информированное согласие на публикацию. Ввиду специфики статьи — не требуется.

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

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

References (Список источников)

1. Speranskiy V.S. Osnovy meditsinskoy kraniologii. Moscow: Meditsina, 1988; 288 p. (In Russ.) Сперанский В.С. Основы медицинской краниологии. М.: Медицина, 1988; 288 с.

2. Kolesnikov LL, Ed. Terminologia Anatomica: Mezhdunarodnaya anatomicheskaya terminologiya (s ofitsialnym spiskom russkikh ekvivalentov). Moscow: Meditsina, 2003; 424 p. (In Russ.) Колесников Л.Л., ред. Terminologia Anatomica: Международная анатомическая терминология (с официальным списком русских эквивалентов). М.: Медицина, 2003; 424 с.

3. Gaivoronsky IV, Solovyev KV, Kirillova MP Cranioscopic and craniometric characteristics of the adult neurocranium in normal and deformed states. Morphology. 2025;163(4):339-52. (In Russ.) Гайворонский И.В., Соловьев К.В., Кириллова М.П. Краниоскопические и краниометрические характеристики мозгового черепа взрослого человека в норме и при деформациях. Морфология. 2025;163(4):339-52. DOI:10.17816/morph.677566

4. Gromov AV, Kazarnitskiy AA. K voprosu o vliyanii zatylochno-temennoy deformatsii na cherepnoy ukazatel. Radlovskiy sbornik: Nauchnyye issledovaniya i muzeynyye proyekty MAE RAN. Moscow, 2011; p. 206-11. (In Russ.) Громов А.В., Казарницкий А.А. К вопросу о влиянии затылочно-теменной деформации на черепной указатель. Радловский сборник: Научные исследования и музейные проекты МАЭ РАН. М., 2011; с. 206-11. EDN:RJOLAN

5. Pererva EV. X-ray examination of deformed skulls from the Golden Horde period in the Lower Volga region (paleopathological aspect). Bulletin of Archaeology, Anthropology and Ethnography. 2015;2(29):98-114. (In Russ.) Перерва Е.В. Рентгенологическое исследование деформированных черепов золотоордынского времени с территории Нижнего Поволжья (палеопатологический аспект). Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2015;2(29):98-114.

6. Kabbani H, Raghuveer TS. Craniosynostosis. Am Fam Physician. 2004;69(12):2863-70. PMID:15222651

7. Governale LS. Craniosynostosis. Pediatr Neurol. 2015;53(5):394-401. DOI:10.1016/j.pediatrneurol.2015.07.006

8. Kajdic N, Spazzapan P, Velnar T. Craniosynostosis — Recognition, clinical characteristics, and treatment. Bosn J Basic Med Sci. 2018;18(2):110-6. DOI:10.17305/bjbms.2017.2083

9. Yapijakis C, Pachis N, Sotiriadou T, et al. Molecular mechanisms involved in craniosynostosis. *In Vivo*. 2023;37(1):36-46. DOI:10.21873/invivo.13052

10. Gromov AV, Kazarnitsky AA, Pugacheva EV, et al. Artificial cranial deformation: Typology and geometric morphometrics. *Camera Praehistorica*. 2025;2(15):106-19. (In Russ.) Громов А.В., Казарницкий А.А., Пугачева Е.В. и др. Искусственная деформация черепа: типология и геометрическая морфометрия. *Camera Praehistorica*. 2025;2(15):106-19. DOI:10.31250/2658-3828-2025-2-106-119

11. Gaivoronsky IV, Solovyov KV. Craniological collections of the department of normal anatomy of the Military Medical Academy — the national treasure and unique base for scientific research. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2022;18(4):596-603. (In Russ.) Гайворонский И.В., Соловьев К.В. Краниологические коллекции кафедры нормальной анатомии Военно-медицинской академии — национальное достояние и уникальная база для научных исследований. Саратовский научно-медицинский журнал. 2022;18(4):596-603. EDN:FUFTZY

12. Alekseev VP, Debets GF. Craniometry. Methodology of anthropological research. Moscow: Nauka, 1964; 128 p. (In Russ.) Алексеев В.П., Дебец Г.Ф. Краниометрия. Методика антропологических исследований. М.: Наука, 1964; 128 с.

13. Martin R, Saller K. Lehrbuch der anthropologie in systematischer darstellung mit besonderer berucksichtigung der anthropologischen methoden. Band I. Dritte, vollig umgearbeitete und erweiterte auflage. Stuttgart: Gustav Fischer verlag, 1957; 661 p.

14. Roginskiy YaYa, Levin IG. Antropologiya. 3-e izdaniye, pererabotannoye i dopolnennoye. Moscow: Vysshaya shkola, 1978; 528 p. (In Russ.) Рогинский Я.Я., Левин И.Г. Антропология. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1978; 528 с.

15. Virchow R. Gesammelte Abhandlungen zur wissenschaftlichen Medicin. Frankfurt am Main: Hamm, G. Grote'sche buchhandlung, 1862; 1024 s.

16. Tarenetsky A.I. The Department and Museum of Normal Anatomy of the Imperial Military Medical (formerly Medical-Surgical) Academy in Saint Petersburg over 100 years (historical essay). Saint Petersburg: K.L. Rikker Publishing House, 1895; 344 p. (In Russ.) Таренецкий А.И. Кафедра и музей нормальной анатомии Императорской Военно-медицинской (бывшей Медико-хирургической) академии в Санкт-Петербурге за 100 лет (исторический очерк). СПб.: Изд-во К.Л. Риккер, 1895; 344 с.

17. Oostra RJ, van der Wolk S, Maas M, Hennekam RC. Malformations of the axial skeleton in the museum Vrolik: II: Craniosynostoses and suture-related conditions. Am J Med Genet A. 2005;136A(4):327-42. DOI:10.1002/ajmg.a.30769

18. Huang MH, Gruss JS, Clarren SK, et al. The differential diagnosis of posterior plagiocephaly: True lambdoid synostosis versus positional molding. Plast Reconstr Surg. 1996;98(5):765-74; discussion 775-6. DOI:10.1097/00006534-199610000-00001

19. Mulliken JB, Vander Woude DL, Hansen M, et al. Analysis of posterior plagiocephaly: Deformational versus synostotic. Plast Reconstr Surg. 1999;103(2):371-80. DOI:10.1097/00006534-199902000-00003

20. Zvyagin VN. Premature closure of cranial sutures from a forensic medical perspective. Forensic Medical Examination. 1976;19(3):18-23. (In Russ.) Звягин В.Н. Преждевременное зарастание черепных швов в судебно-медицинском аспекте. Судебно-медицинская экспертиза. 1976;19(3):18-23. EDN:XXTQNF

Статья поступила в редакцию 08.06.2026; одобрена после рецензирования 16.06.2026; принята к публикации 19.06.2026.
The article was submitted 08.06.2026; approved after reviewing 16.06.2026; accepted for publication 19.06.2026.

Информация об авторах:

Кирилл Владимирович Соловьев *— аспирант кафедры нормальной анатомии, kirill_solovik@mail.ru, ORCID 0000-0001-5527-0495;* ***Иван Васильевич Гайворонский*** *— заведующий кафедрой нормальной анатомии, профессор, доктор медицинских наук, i.v.gaivoronsky@mail.ru, ORCID 0000-0002-6836-5650;* ***Ольга Александровна Фомкина*** *— доцент кафедры анатомии человека им. В.С. Сперанского, доцент, доктор медицинских наук, oafomkina@mail.ru, ORCID 0000-0002-1516-0504;* ***Александр Анатольевич Зайченко*** *— профессор кафедры анатомии человека им. В.С. Сперанского, профессор, доктор медицинских наук, zaichenko1958@mail.ru, ORCID 0000-0003-3683-6507.*

Information about the authors:

Kirill V. Solovyev *— Post-Graduate Student of the Department of Normal Anatomy, kirill_solovik@mail.ru, ORCID 0000-0001-5527-0495;* ***Ivan V. Gaivoronsky*** *— Head of the Department of Normal Anatomy, Professor, DSc, i.v.gaivoronsky@mail.ru, ORCID 0000-0002-6836-5650;* ***Olga A. Fomkina*** *— Assistant Professor of the Department of Human Anatomy n. a. V.S. Speransky, Associate Professor, DSc, oafomkina@mail.ru, ORCID 0000-0002-1516-0504;* ***Alexander A. Zaichenko*** *— Professor of the Department of Human Anatomy n. a. V.S. Speransky, Professor, DSc, zaichenko1958@mail.ru, ORCID 0000-0003-3683-6507.*

УДК 616.441-006.6
EDN: ZWPSGR
https://doi.org/10.15275/ssmj2203427

Оригинальная статья
Original article

КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ИНДЕКСА KI-67 ПРИ МЕДУЛЛЯРНОЙ КАРЦИНОМЕ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Е.В. Бондаренко[1], М.В. Балясин[2], А.П. Першина-Милютина[1], Х.Х. Магомедов[1], К.Ш. Дзампаева[1], Д.В. Калинин[3, 4]

[1]ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии им. акад. И.И. Дедова» Минздрава России, Москва, Россия
[2]ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», Москва, Россия
[3]ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, Москва, Россия
[4]ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского» (ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского), Москва, Россия

CLINICOPATHOLOGICAL SIGNIFICANCE OF THE KI-67 INDEX IN MEDULLARY THYROID CARCINOMA ASSESSED BY AUTOMATED DIGITAL IMAGE ANALYSIS

E.V. Bondarenko[1], M.V. Balyasin[2], A.P. Pershina-Miliutina[1], Kh.Kh. Magomedov[1], K.Sh. Dzampaeva[1], D.V. Kalinin[3, 4]

[1]I.I. Dedov National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow, Russia
[2]Peoples' Friendship University of Russia n. a. Patrice Lumumba (RUDN University), Moscow, Russia
[3]A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russia
[4]Moscow Regional Research and Clinical Institute ("MONIKI"), Moscow, Russia

Для цитирования: *Бондаренко Е.В., Балясин М.В., Першина-Милютина А.П., Магомедов Х.Х., Дзампаева К.Ш., Калинин Д.В.* Клинико-морфологическая значимость индекса Ki-67 при медуллярной карциноме щитовидной железы с применением цифрового анализа изображений. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 427-436. EDN: ZWPSGR. https://doi.org/10.15275/ssmj2203427

Аннотация. *Цель:* оценить клинико-морфологическую значимость индекса Ki-67 при медуллярной карциноме щитовидной железы (МКЩЖ) с использованием автоматизированного цифрового анализа иммуногистохимических изображений. *Материал и методы.* Проведено ретроспективное одноцентровое исследование 102 пациентов с гистологически подтвержденной МКЩЖ (2020–2024 гг.). Ki-67 определяли автоматизированно с помощью конвейера инстанс-сегментации ядер (Cellpose-SAM, InstanSeg) с постобработкой в QuPath. Пациентов стратифицировали на группы Ki-67<5% и Ki-67≥5%; показатели сравнивали критериями Манна — Уитни и Фишера с поправкой Бонферрони. *Результаты.* Из 102 пациентов 12 (11,8%) имели Ki-67≥5%. В этой группе чаще выявлялись мужской пол (58,3% против 23,3%; *p*=0,017), более высокий индекс массы тела (*p*=0,005), а также лимфатическая (66,7% против 21,3%; *p*=0,002), сосудистая (58,3% против 15,9%; *p*=0,003) и периневральная (25,0% против 2,3%; *p*=0,012) инвазии. После поправки Бонферрони значимыми оставались лимфатическая и сосудистая инвазии. Модель InstanSeg достигла F1-score 0,774. *Заключение*. Повышение Ki-67≥5% при МКЩЖ ассоциировано с агрессивным инвазивным фенотипом. Цифровой анализ обеспечивает воспроизводимую оценку Ki-67 и перспективен для стандартизации диагностики.

Ключевые слова: медуллярная карцинома щитовидной железы, Ki-67, цифровая патология, глубокое обучение, нейроэндокринная опухоль, иммуногистохимия

For citation: *Bondarenko EV, Balyasin MV, Pershina-Miliutina AP, Magomedov KhKh, Dzampaeva KSh, Kalinin DV.* Clinicopathological significance of the Ki-67 index in medullary thyroid carcinoma assessed by automated digital image analysis. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 427-436. (In Russ.) EDN: ZWPSGR. https://doi.org/10.15275/ssmj2203427

Abstract. *Objective:* to evaluate the clinical and morphological significance of the Ki-67 index in medullary thyroid carcinoma (MTC) using automated digital analysis of immunohistochemical images. *Materials and methods.* A retrospective single-centre study included 102 patients with histologically confirmed MTC (2020–2024). Ki-67 was determined automatically using a nuclei instance-segmentation pipeline (Cellpose-SAM, InstanSeg) with post-processing in QuPath. Patients were stratified into Ki-67<5% and Ki-67≥5% groups; variables were compared using the Mann — Whitney U test and the Fisher exact test with Bonferroni correction. *Results.* Of 102 patients, 12 (11.8%) had Ki-67≥5%. This group

© Бондаренко Е.В., Балясин М.В., Першина-Милютина А.П., Магомедов Х.Х., Дзампаева К.Ш., Калинин Д.В., 2026

more frequently showed male sex (58.3% *vs* 23.3%; *p*=0.017), higher body mass index (*p*=0.005), and lymphatic (66.7% *vs* 21.3%; *p*=0.002), vascular (58.3% *vs* 15.9%; p=0.003) and perineural (25.0% *vs* 2.3%; *p*=0.012) invasion. After Bonferroni correction, lymphatic and vascular invasion remained significant. The InstanSeg model reached an F1-score of 0.774. *Conclusion.* A Ki-67 index≥5% in MTC is associated with an aggressive invasive phenotype. Digital image analysis provides reproducible Ki-67 assessment and is promising for standardising diagnosis.

Keywords: medullary thyroid carcinoma, Ki-67, digital pathology, deep learning, neuroendocrine tumour, immunohistochemistry

Введение. Медуллярная карцинома (МКЩЖ) щитовидной железы (ЩЖ) представляет собой нейроэндокринную опухоль, происходящую из парафолликулярных С-клеток ЩЖ и характеризующуюся выраженной клинико-морфологической гетерогенностью; на ее долю приходится от 1 до 5% всех злокачественных новообразований ЩЖ [1, 2]. Несмотря на относительно низкую распространенность, МКЩЖ отличается вариабельным клиническим течением — от индолентных форм до агрессивных вариантов с ранним лимфо- и гематогенным метастазированием [3]. В настоящее время основным методом лечения остается хирургический, однако прогноз заболевания существенно различается даже среди пациентов со сходными стадиями TNM (tumor, nodus, metastasis), что указывает на необходимость поиска дополнительных морфологических и молекулярных маркеров стратификации риска [4].

В последние годы значительное внимание уделяется оценке пролиферативной активности опухоли. Рекомендованным маркером ее оценки является Ki-67 – ядерный белок, экспрессируемый в фазах активного клеточного цикла [5]. Согласно Международной системе градации медуллярной карциномы щитовидной железы (International Medullary Thyroid Carcinoma Grading System — IMTCGS), индекс Ki-67≥5%, наличие опухолевого некроза и митотический индекс ≥5 митозов на 2 мм^2 рассматриваются как критерии высокозлокачественной (high-grade) МКЩЖ, причем для установления этой степени достаточно хотя бы одного из них [6]. В основополагающей работе B. Xu и соавт. в изучаемой когорте была выявлена доля high-grade МКЩЖ (примерно 24,8%) и ее корреляция со сниженной общей выживаемостью, болезнь-специфической выживаемостью, выживаемостью без отдаленных метастазов и без локорегионарных рецидивов [6]. Сходные результаты получены при независимой переоценке другими авторами [7, 8], что подтвердило прогностическую состоятельность предложенной системы. При этом во всех исследованиях наиболее часто встречающимся параметром стадирования являлся показатель Ki-67, однако ни в одном из них не проводилась изолированная оценка этого параметра как предиктора неблагоприятного течения.

Показано, что повышение индекса Ki-67 ассоциировано со снижением общей и безрецидивной выживаемости, развитием отдаленных метастазов и более агрессивным течением заболевания [6, 7]. Вместе с тем оценка Ki-67 при МКЩЖ остается методологически неоднородной. Использование различных подходов к подсчету, вариабельность иммуногистохимических (ИГХ) протоколов и интерпретации существенно ограничивают воспроизводимость результатов и их сопоставимость между исследованиями. Несмотря на то что межнаблюдательная согласованность оценки Ki-67 в рамках IMTCGS оказалась высокой [9], наибольшие расхождения закономерно возникают вблизи порогового значения 5%.

В исследовании S. Nadeem и соавт. оценивались и сравнивались различные методы подсчета Ki-67 [10]. Принимая во внимание неоднозначность показателей при разных техниках и длительность «ручного» подсчета даже опытными специалистами, авторы стремились найти более быструю и не менее точную альтернативу, в том числе с помощью машинных ассистентов (DeepLIIF, Leica Aperio Nuclear). Все вспомогательные методы имели практически идеальную корреляцию с «ручным» подсчетом, однако трудности возникали в случаях с Ki-67 в диапазоне от 3 до 7%; в спорных ситуациях «ручной» подсчет остается обязательным [10]. Помимо этого, авторами обнаружено, что более высокий индекс сопряжен с худшим прогнозом вне зависимости от метода анализа, тогда как корреляции уровня пролиферации Ki-67 с соматическими или герминальными мутациями *RET* (REarranged during Transfection) и *RAS* (Retrovirus Associated DNA Sequences**)** не отмечено [10].

В связи с этим особый интерес представляет применение методов цифровой патологии и автоматизированного анализа изображений. Использование алгоритмов инстанс-сегментации и моделей глубокого обучения потенциально позволяет повысить объективность и стандартизировать количественную оценку Ki-67 при МКЩЖ [11]. Однако число исследований, посвященных автоматизированному анализу индекса Ki-67 именно при данной опухоли, остается ограниченным.

Растущая популярность использования машинного обучения в диагностике и ведéнии пациентов связана со значительным облегчением рутинных задач в практике современного врача. Так, в работе A. Dy и соавт. был применен инструмент для оценки пролиферативной активности Ki-67 при раке молочной железы: одни и те же специалисты анализировали случаи с помощью встроенного ассистента и без него, и точность определения индекса Ki-67 оказалась значимо выше при использовании машинных ассистентов [12]. Хотя данный подход невозможно напрямую перенести на МКЩЖ, он указывает на целесообразность новых работ по автоматизации вычисления Ki-67. Открытая программная платформа для количественного анализа цифровых изображений QuPath не является нейронной сетью, тем не менее в нее могут быть интегрированы различные модели глубокого обучения. Преимущества такого подхода перед рядом альтернативными решениями подтверждены независимыми исследованиями. При сопоставлении нескольких платформ цифрового анализа изображений, включая QuPath, показана высокая межплатформенная и межоператорская воспроизводимость количественной оценки Ki-67 (коэффициент внутриклассовой корреляции до 0,97) [13]. В отдельной работе, посвященной именно нейроэндокринным опухолям, предложены и клинически валидированы оптимальные настройки автоматизированного подсчета Ki-67 средствами QuPath, что подтверждает применимость данной платформы для опухолей рассматриваемого гистогенеза [14]. Кроме того, систематический обзор и метаанализ, посвященный нейроэндокринным неоплазиям, продемонстрировал, что цифровые методы подсчета Ki-67 в целом обеспечивают более высокую стандартизацию и воспроизводимость по сравнению с ручным подсчетом [15]. Совокупность этих данных наряду с открытым исходным кодом, широким распространением

Ответственный автор — Екатерина Владимировна Бондаренко
Corresponding author — Ekaterina V. Bondarenko
E-mail: bondarenko.ekaterina@endocrincentr.ru

в патоморфологическом сообществе и возможностью гибкой интеграции сторонних TorchScript-моделей сегментации (в том числе InstanSeg) обосновывает выбор QuPath в качестве программной среды постобработки в настоящем исследовании.

Следует подчеркнуть, что ни один метод машинного подсчета не может заменить оценку врачом-специалистом и рассматривается только как помощник, повышающий точность и ускоряющий проводимый анализ [12].

Цель — оценить клинико-морфологическую значимость индекса Ki-67 при МКЩЖ с использованием автоматизированного цифрового анализа ИГХ-изображений.

Материал и методы. ***Дизайн исследования.*** Проведено ретроспективное одноцентровое клинико-морфологическое исследование пациентов с МКЩЖ с последующим цифровым анализом ИГХ-экспрессии Ki-67. Группы формировались по уровню пролиферативной активности опухоли (Ki-67<5% и Ki-67≥5%).

Место и время проведения исследования. Исследование выполнено на базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии им. академика И.И. Дедова» Минздрава России (далее — ФГБУ «НМИЦ эндокринологии им. акад. И.И. Дедова» Минздрава России). Период включения пациентов: с 2020 по 2024 г.

Изучаемая популяция и критерии отбора. Изучалась одна популяция — пациенты с гистологически подтвержденной МКЩЖ. Выборка формировалась путем сплошного включения наблюдений, удовлетворявших критериям отбора.

Критерии включения:

гистологически подтвержденная МКЩЖ;

наличие архивного операционного материала;

доступные клинические и морфологические данные;

возможность проведения ИГХ-исследования Ki-67 и последующего цифрового анализа изображений.

Критерии исключения:

недостаточное качество гистологических препаратов;

выраженные артефакты окрашивания;

отсутствие достаточного объема опухолевой ткани для анализа.

Методы. *Иммуногистохимическое исследование.* ИГХ-исследование проводили на автоматизированном иммуногистостейнере Leica Bond III (Leica Biosystems Melbourne Pty Ltd., Австралия) по стандартным протоколам, рекомендованным производителем. Для ИГХ-анализа использовали моноклональные антитела к Ki-67 (клон MIB-1, разведение 1:150; Dako, Дания). Все результаты первично были оценены с помощью микроскопа Leica DM4000 (Leica Microsystems, Германия) в ручном режиме. Подсчет индекса пролиферативной активности по Ki-67 проводили в «горячих» точках. Далее цифровые изображения выбранных областей препаратов получали с помощью камеры Leica DFC490 при увеличениях 200 и 400; для препаратов при увеличении 200 размер изображения составлял 3264×2448 пикселей.

Программно-аппаратная платформа цифрового анализа. Эксперименты проводились на рабочей станции под управлением ОС Windows (Intel Core i7/i9 13-го или 14-го поколения, ~4,45–5,25 ГГц). Среда разработки — Anaconda (conda), язык Python. Основные библиотеки: Cellpose-SAM (подготовка масок) [16], InstanSeg (финальная инстанс-сегментация) [17] и QuPath (постобработка и измерения, скрипты на Groovy/Java) [18].

Формирование датасета. Использовались цифровые препараты срезов, окрашенных антителами к Ki-67, сканированные при увеличении 200. Датасет составил 73 изображения при увеличении 200. Из каждого изображения извлекались патчи размером 512×512 пикселей; итоговый обучающий набор содержал 2555 пар «изображение — маска». Для разрешения при увеличении 400 отдельная модель не обучалась: применялась модель при увеличении 200 с даунсемплингом в среде QuPath, что обеспечивало приемлемое качество сегментации. Размер патча 512×512 пикселей выбран как компромисс между объемом контекстной информации и стабильностью обучения; значение пиксельного размера задано равным 0,25 мкм/px, что соответствует оптической калибровке сканера при увеличении 200.

Итеративная разметка масок (Cellpose-SAM). Разметку масок ядер проводили в несколько итераций для максимального охвата вариабельности препаратов: (1) инициализация — запуск Cellpose-SAM на исходных изображениях для получения первичных масок ядер; (2) обучение базовой модели — на 73 центрально кадрированных патчах 256×256 пикселей обучена первая модель Cellpose (100 эпох); (3) применение и коррекция — модель применялась ко всем изображениям целиком, артефакты сегментации устранялись вручную; (4) итеративное переобучение — на полных изображениях проводилось обновление масок и повторное обучение с нарастающим включением скорректированных данных вплоть до достижения приемлемого качества; финальная модель Cellpose обучалась 250 эпох.

Обучение модели InstanSeg. InstanSeg — алгоритм инстанс-сегментации на основе эмбеддингов, обеспечивающий высокую точность и эффективность (снижение времени обработки не менее чем на 60% по сравнению с аналогами) и полную переносимость через TorchScript-сериализацию [17]. Применялась «агрессивная» аугментация (отражения, ротации, вариации яркости и контраста, эластичные деформации), компенсирующая ограниченный объем аннотированных данных. Ключевые гиперпараметры обучения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Ключевые гиперпараметры обучения модели InstanSeg

Параметр	Значение	Обоснование
Число эпох	350	Обеспечивает сходимость при имеющемся объеме датасета
Размер батча (batch size)	4	Ограничение объема VRAM; стабильный градиент
Тип аугментации	«агрессивная» (heavy)	Компенсация малого размера датасета
Размер тайла	512 px	Стандарт для гистологических патчей
Пиксельный размер	0,25 мкм/px	Калибровка для увеличения 200×
Цель (target)	N (ядра)	Сегментация ядер

Примечание. VRAM — видеопамять; px — пиксель; N (nuclei) — режим сегментации ядер.

Метрика качества и постобработка в QuPath. В качестве основной метрики использовался F1-score (среднее гармоническое точности и полноты) для задачи инстанс-сегментации ядер, вычисляемый на тестовой выборке (15% датасета) после каждой эпохи; данная метрика стандартна для оценки детекции и сегментации клеток в цифровой патологии. Дополнительно отслеживались train loss и test loss. Из 2555 пар «изображение — маска» тестовую выборку (15%) составили 383 пар, обучающую — оставшиеся 85% (≈2172 пары). Разбиение на обучающую и тестовую подвыборки проводилось на уровне исходных изображений: все патчи, относящиеся к одному исходному изображению, целиком попадали либо в обучающую, либо в тестовую подвыборку, что исключало пересечение между ними.

После экспорта финальной модели InstanSeg производилась ее интеграция с QuPath через соответствующее расширение [18]. В среде QuPath разработаны отдельные скрипты для препаратов при увеличениях 200 и 400, осуществляющие запуск сегментации на полных изображениях, измерение морфометрических параметров ядер (площадь, периметр, интенсивность DAB-канала), бинарную классификацию ядер на Ki-67-позитивные и Ki-67-негативные, а также экспорт результатов измерений в табличном формате.

Анализ в подгруппах. Пациенты были распределены на 2 группы в зависимости от уровня изучаемого ядерного белка: Ki-67<5% и Ki-67≥5%. Пороговое значение 5% выбрано в соответствии с IMTCGS, где Ki-67≥5% рассматривается как один из критериев высокозлокачественной МКЩЖ [6].

Статистический анализ. Статистический анализ проведен с использованием языка программирования R v.4.2.2 (R Foundation for Statistical Computing, Австрия) и пакета Statistica 12 (TIBCO Software Inc., США). Описательная статистика количественных данных представлена в виде медиан и интерквартильных размахов (*Me* [Q_1; Q_3]), качественных — в виде абсолютных (абс.) и относительных частот (%). Сравнение 2 независимых групп по количественным данным выполняли с помощью критерия Манна — Уитни (*U*-критерия); по категориальным признакам — с помощью двустороннего точного критерия Фишера и критерия Фишера — Фримена — Холтона. Критический уровень статистической значимости принят равным 0,05. При множественных сравнениях применялась поправка Бонферрони путем коррекции критического уровня значимости. Величины *p* приведены как целое и тысячные.

Статистическому сравнению подвергались исключительно клинико-морфологические группы Ki-67<5% и Ki-67≥5% (табл. 2). Сравнение между пациентами «с гистологически подтвержденным диагнозом»и «без подтверждения» не проводилось, поскольку гистологическая верификация МКЩЖ являлась обязательным критерием включения для всех 102 пациентов исследования.

Этическая экспертиза. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ эндокринологии им. акад. И.И. Дедова» Минздрава России (протокол №1 от 15.01.2025).

Результаты. ***Характеристика выборки.*** В исследование включены 102 пациента с МКЩЖ, среди которых 28 (27,5%) мужчин и 74 (72,5%) женщины. Медиана возраста пациентов составила 54 года [41; 65], медиана индекса массы тела (ИМТ) — 27,75 кг/м^2 [23,35; 32,0]. По данным ультразвукового исследования наиболее часто определялась категория EU-TIRADS 5 (European Thyroid Imaging Reporting and Data System) — у 67 (69,1%) пациентов; медиана максимального размера опухолевого узла составила 12 мм [9; 19]. Согласно цитологической классификации Bethesda, преобладали категории Bethesda V — 49 (52,7%) и Bethesda VI — 34 (36,6%).

Распределение пациентов по классификации TNM (8-е издание) было представлено преимущественно ранними стадиями: T1a — 46 (45,1%), T1b — 36 (35,3%), T2 – 13 (12,7%), T3a — 5 (4,9%), T3b — 1 (1,0%), T4 – 1 (1,0%). Метастатическое поражение регионарных лимфатических узлов (N1a/N1b) выявлено у 31 (30,7%) пациента. Лимфатическая инвазия (L1) определялась у 27 (26,7%) пациентов, сосудистая инвазия (V1) — у 21 (21,0%), перineвральная инвазия (Pn1) — у 5 (5,1%). Медиана индекса Ki-67 в общей выборке составила 1,35% [0,63; 2,2].

Клинико-морфологические параметры в зависимости от уровня Ki-67. Для оценки клинико-морфологической значимости индекса Ki-67 пациенты были распределены на 2 группы: Ki-67≥5% (*n*=12) и Ki-67<5% (*n*=90). Медиана Ki-67 в группе ≥5% составила 7,4% [5,8; 12,1], в группе <5% — 1,05% [0,6;

Таблица 2

Клинико-морфологические характеристики пациентов с медуллярной карциномой щитовидной железы в зависимости от уровня индекса Ki-67

Показатель, абс. (%)*	Ki-67		*p*
	≥5% (*n*=12)	<5% (*n*=90)	
Мужской пол	7 (58,3)	21 (23,3)	0,017
ИМТ, кг/м^2	33,4 [29,9; 35,5]	26,75 [23,2; 31,5]	0,005
Стадия T3a–T4	3 (25,0)	4 (4,4)	–
N1b	5 (41,7)	12 (13,5)	–
Лимфатическая инвазия (L1)	8 (66,7)	19 (21,3)	0,002
Сосудистая инвазия (V1)	7 (58,3)	14 (15,9)	0,003
Перineвральная инвазия (Pn1)	3 (25,0)	2 (2,3)	0,012

Примечание. *Кроме 2-й строки ИМТ — данные представлены как *Me* [Q_1; Q_3]. Сравнение качественных показателей выполнено с помощью двустороннего точного критерия Фишера, количественных — посредством критерия Манна — Уитни. После поправки Бонферрони статистически значимыми оставались различия по лимфатической и сосудистой инвазиям. «–» — различие статистически не значимо. T, N — категории классификации TNM (8-е издание); L1 – лимфатическая инвазия; V1 – сосудистая инвазия; Pn1 – перineвральная инвазия.

1,8]. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 2.

У пациентов с Ki-67≥5% чаще встречался мужской пол — 58,3% против 23,3% в группе Ki-67<5% (p=0,017). Медиана ИМТ в группе Ki-67≥5% была выше — 33,4 кг/м^2 [29,9; 35,5] против 26,75 кг/м^2 [23,2; 31,5] (p=0,005). При анализе распространенности опухолевого процесса отмечена тенденция к более высокой частоте местнораспространенных форм: стадии T3a–T4 определены у 25,0% пациентов группы Ki-67≥5% и у 4,4% пациентов группы Ki-67<5%. Метастатическое поражение лимфатических узлов категории N1b также чаще встречалось при Ki-67≥5% — у 41,7% против 13,5%.

Наиболее выраженные различия выявлены при оценке признаков инвазивного опухолевого роста. Лимфатическая инвазия (L1) определялась у 66,7% пациентов с Ki-67≥5% и только у 21,3% пациентов с Ki-67<5% (p=0,002). Сосудистая инвазия (V1) выявлялась у 58,3% против 15,9% (p=0,003), перineвральная инвазия (Pn1) — у 25,0% против 2,3% (p=0,012). После поправки Бонферрони статистически значимыми сохранялись различия по лимфатической и сосудистой инвазиям, что свидетельствует о взаимосвязи повышенной пролиферативной активности опухоли с признаками агрессивного инвазивного фенотипа.

Наблюдение за данной группой пациентов было на протяжении от 1 до 180 мес с оценкой уровня кальцитонина крови. Уровень кальцитонина ≥10 пг/мл отмечался у 62% (5 человек) пациентов с Ki-67≥5% и у 15 % (10 человек) пациентов с Ki-67<5%. Несмотря на то что p=0,007, отмечается тенденция к различию между группами, свидетельствующая об отсутствии биохимической ремиссии у пациентов с более высоким уровнем пролиферативной активности опухоли.

Результаты цифрового анализа изображений: динамика обучения. Обучение модели InstanSeg проводилось в течение 350 эпох; функция потерь устойчиво снижалась на протяжении всего процесса. Наилучший F1-score на тестовой выборке достиг 0,774 на эпохе 300, при этом минимальный test loss зафиксирован в той же точке. Начальное значение train loss составило 5,34, финальное — 0,55 (снижение примерно в 9,8 раза).

Сходимость и стабильность. В диапазоне эпох 15–50 наблюдалось быстрое снижение потерь и одновременный рост F1-score с 0,487 до ~0,73. После эпохи 50 обе кривые потерь приобрели стабильно плоский профиль с умеренными флуктуациями, характерными для процедур с агрессивной аугментацией и малым размером батча. На последних 50 эпохах (300–350) среднее значение F1-score составило 0,766±0,004, что свидетельствует о достижении плато и отсутствии существенного переобучения. Сближение кривых train loss и test loss подтверждает удовлетворительную генерализующую способность модели на ненаблюдавшихся данных.

Качество и визуализация сегментации. Достигнутый максимальный F1-score 0,774 соответствует уровню, типичному для специализированных моделей инстанс-сегментации в гистологии, обученных на ограниченных датасетах с агрессивной аугментацией. Качественный анализ выходных масок подтверждает прогрессирующее улучшение сегментации: на эпохе 0 наблюдались грубые нечеткие контуры с многочисленными ложноположительными объектами, тогда как к эпохе 299–300 контуры ядер стали четкими, перекрывающиеся объекты разграничены, а ложные детекции сведены к минимуму. InstanSeg, в отличие от моделей на основе скользящего окна, реализует разграничение перекрывающихся ядер через эмбеддинговое пространство, что особенно актуально для высокопролиферирующих опухолей с плотно упакованными клетками.

Интеграция в рабочий процесс QuPath. Финальная модель экспортирована в формате расширения InstanSeg для QuPath. Скрипты на Groovy обеспечивают пакетную обработку сканов при увеличении 200 и 400, автоматическое извлечение морфометрических и колориметрических признаков ядер и расчет индекса Ki-67 на уровне отдельных областей интереса (region of interest, ROI) и целых сканов. Примеры сегментации ядер и результатов измерений при увеличении 200 представлены на рис. 1 и 2 на с. 432, при увеличении 400 – на рис. 3 и 4 на с. 433. Применение модели к препаратам при увеличении 400 без дообучения (посредством даунсемплинга внутри QuPath) демонстрирует приемлемую точность, что свидетельствует об удовлетворительной генерализующей способности обученной модели. Ключевые параметры эксперимента обобщены в табл. 3.

Обсуждение. Полученные результаты согласуются с растущим массивом данных, подтверждающих

Таблица 3

Ключевые параметры эксперимента по автоматизированной сегментации

Параметр	Значение
Объем датасета (изображения)	73 (×200)
Объем датасета (патчи 512×512 пикселей)	2 555 пар «изображение — маска»
Архитектура	InstanSeg (инстанс-сегментация на основе эмбеддингов)
Число эпох обучения	350
Лучший F1-score (тест)	0,774 (эпоха 300)
Финальный F1-score (эпоха 350)	0,764
Среднее F1 (эпохи 300–350)	0,766±0,004
Снижение train loss	5,34 → 0,55 (× ~9,8)
Снижение test loss	4,51 → 0,41 (× ~11)
Разрешение применения	×200 (нативное), ×400 (даунсемплинг)
Среда постобработки	QuPath + расширение InstanSeg

Примечание. px — пиксель; F1-score — среднее гармоническое точности и полноты; train/test loss — значения функции потерь на обучающей и тестовой выборках соответственно.

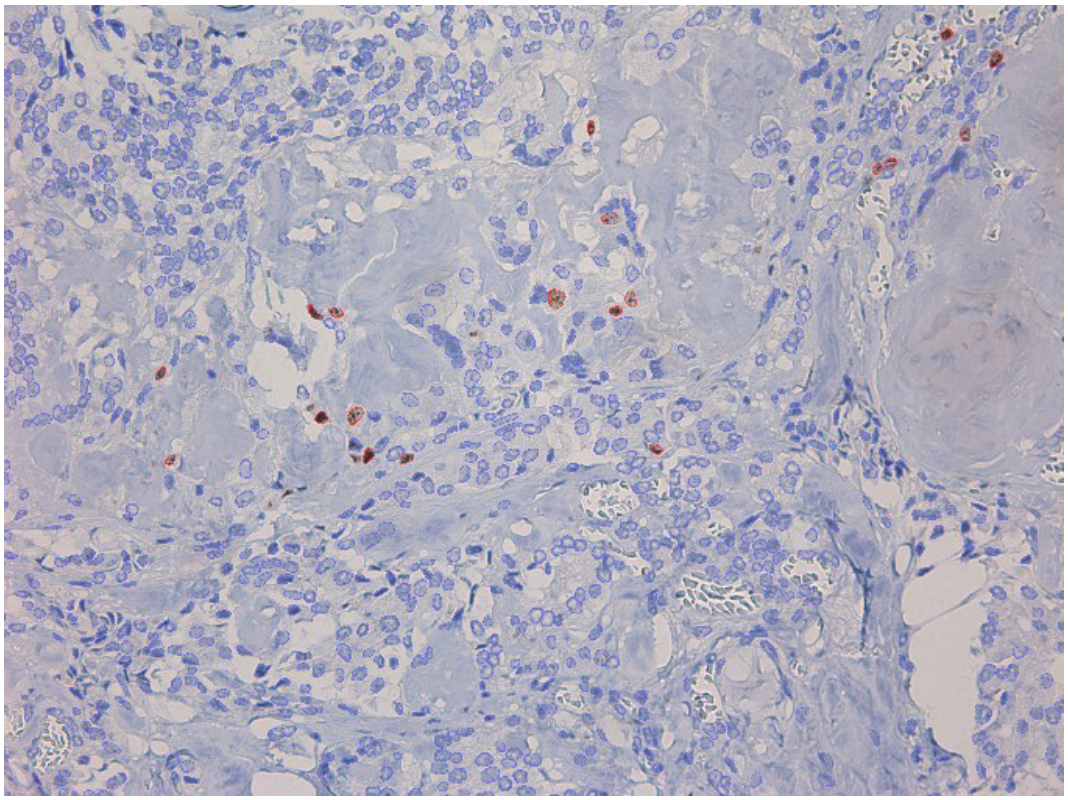


Рис. 1. Пример сегментации ядер, ×200. Ki-67-позитивные (темноядерные) и Ki-67-негативные клетки идентифицируются раздельно. Здесь и далее рис. 2–4: все изображения получены авторами, ранее не публиковались

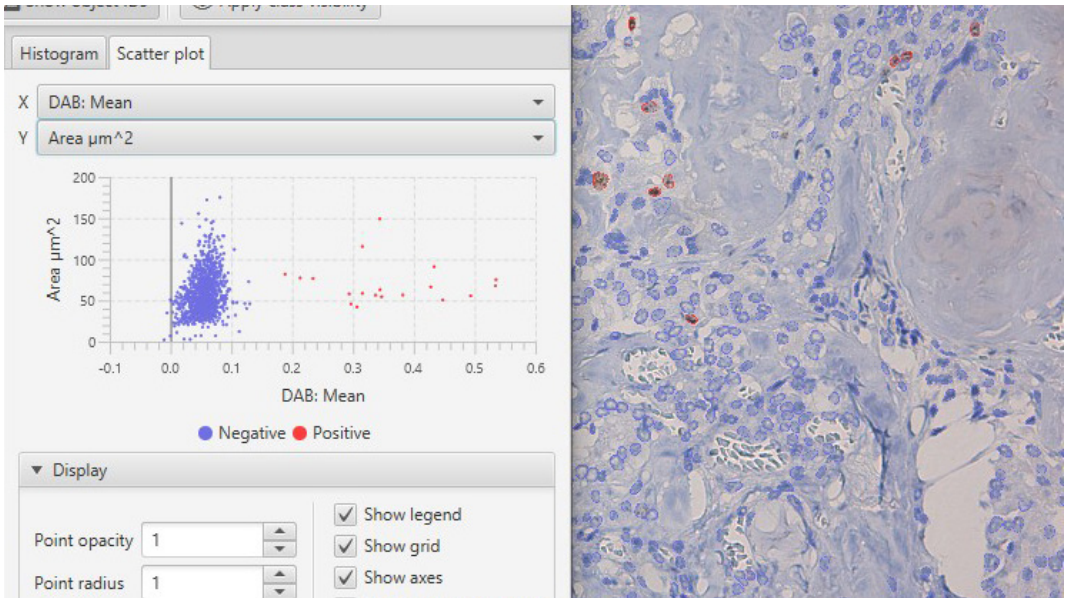


Рис. 2. Пример результатов измерений, ×200

прогностическую роль пролиферативной активности при МКЩЖ. В основополагающем многоцентровом исследовании B. Xu и соавт. (327 пациентов) высокозлокачественная МКЩЖ, определяемая в том числе по Ki-67≥5%, выявлялась в 24,8% случаев и независимо ассоциировалась со снижением общей, болезнь-специфической, безметастатической и безрецидивной выживаемости [6]. В нашей выборке доля пациентов с Ki-67≥5% составила 11,8%, что ниже, чем в исходной когорте IMTCGS и в ряде валидационных работ, где она варьировала от 15 до 48% [7, 8, 19, 20]. Это различие, вероятно, отражает преобладание ранних стадий заболевания в нашей выборке, набранной в специализированном центре.

Особое значение имеет выявленная нами связь Ki-67≥5% с сосудистой и лимфатической инвазиями. Аналогичные ассоциации недавно описаны в китайской когорте (140 пациентов) Z. Zhang и соавт., где Ki-67≥5% значимо коррелировал с большим размером опухоли, более высокой стадией T/N, бóльшим

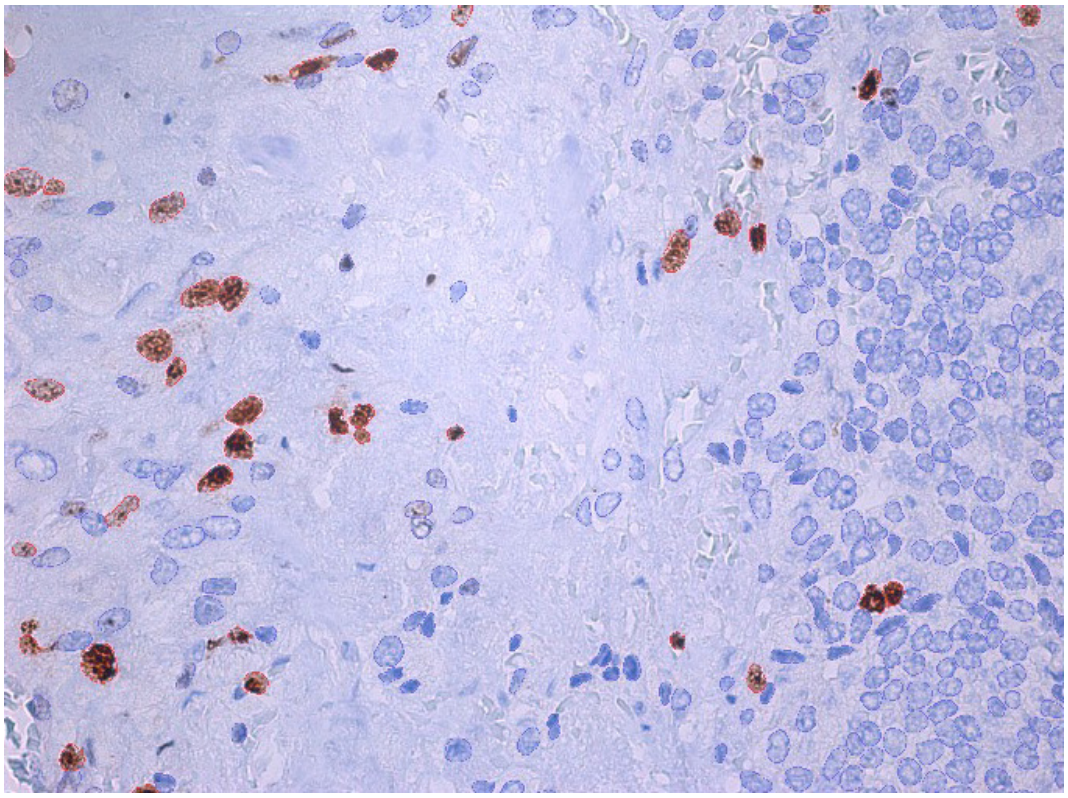


Рис. 3. Пример сегментации ядер, ×400 (модель обучена на препаратах ×200). DAB — 3,3′-диаминобензидин

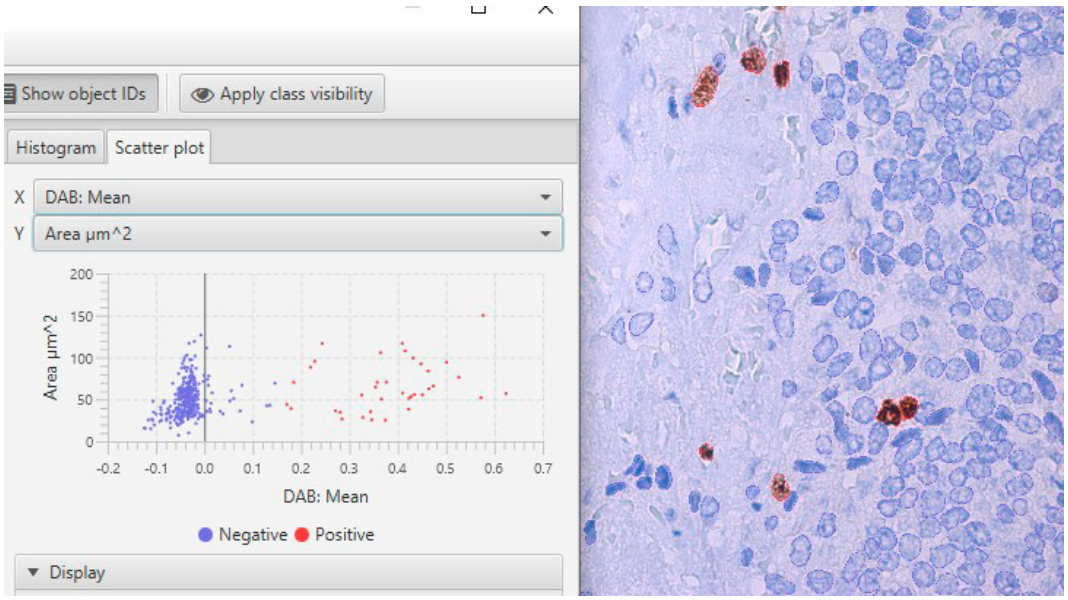


Рис. 4. Пример результатов измерений, ×400

объемом метастатического поражения лимфатических узлов и сосудистой инвазией [19]. Сопоставимые данные получены E.D. Rossi и соавт., показавшими корреляцию экспрессии Ki-67 с размером опухоли и сосудистой инвазией [21]. Эти результаты согласуются и с самим исследованием B. Xu и соавт., в котором сосудистая инвазия наряду с возрастом и стадией являлась независимым прогностическим фактором при многофакторном анализе [6]. Таким образом, связь повышенной пролиферативной активности с инвазивным фенотипом представляется устойчивой и воспроизводимой в географически различных когортах.

Вместе с тем литература неоднородна, и наши данные следует интерпретировать с осторожностью. В работе E. Vissio и соавт. (111 пациентов) при изолированном анализе ни митотический индекс, ни Ki-67 не коррелировали с рецидивом, тогда как самостоятельную прогностическую значимость демонстрировал лишь опухолевый некроз; прогностическая

ценность достигалась только при комбинировании параметров в рамках IMTCGS [8]. Сходным образом V. Rai и соавт. отметили дискордантность между долей опухолей с высоким Ki-67 (60%) и повышенной митотической активностью (20%) [20]. Эти наблюдения подчеркивают, что Ki-67 не следует рассматривать изолированно: оптимальная стратификация достигается при интеграции нескольких морфологических параметров. Данный подход реализован в прогностической номограмме Y.A. Aksoy и соавт., объединившей Ki-67, лимфоваскулярную инвазию, стадию и другие признаки и продемонстрировавшей высокую дискриминирующую способность (площадь под кривой — 0,94) [22]. Отсутствие в нашем исследовании данных о митотическом индексе и некрозе ограничивает возможность прямого отнесения наблюдений к категориям IMTCGS и является закономерным предметом дальнейшей работы.

Цифровой анализ изображений и автоматизация оценки Ki-67. Одной из основных проблем оценки Ki-67 при МКЩЖ остается межнаблюдательная вариабельность, особенно при пограничных значениях индекса пролиферации. Williams J.F. и соавт. показали высокую согласованность оценки Ki-67 в рамках IMTCGS (к Коэна 0,86) [9], однако наибольшие расхождения закономерно возникают вблизи порога 5%. S. Nadeem и соавт. при сравнении ручного подсчета с автоматизированными платформами получили почти идеальную корреляцию (к Коэна 0,88–0,98), но выявили расхождения именно в диапазоне Ki-67 3–7% — то есть вблизи порога, имеющего решающее значение для градации [10]. Это особенно важно, поскольку медиана Ki-67 в нашей общей выборке (1,35%) и пограничные значения у части пациентов попадают в зону наибольшей диагностической неопределенности.

Наши результаты согласуются с немногочисленными работами, посвященными цифровой оценке Ki-67 именно при МКЩЖ. D.B. Behrman и соавт. при сравнении цифрового анализа в QuPath с ручным подсчетом на 85 случаях МКЩЖ получили очень высокую корреляцию (R=0,989), при этом точность была выше в высокозлокачественных случаях (R=0,99), чем в низкозлокачественных (R=0,71); основными трудностями оставались оптимизация детекции клеток, перекрывающиеся ядра и тканевые артефакты [11] — те же ограничения, с которыми столкнулись и мы при разработке конвейера. J.A. Houpt и соавт. при оценке Ki-67 в нейроэндокринных опухолях желудочно-кишечного тракта показали, что цифровые методы (включая QuPath) повышают точность только в части случаев, а основными барьерами внедрения остаются временные затраты и корректный выбор «горячих точек» [23]. Полученный нами максимальный F1-score 0,774 для задачи инстанс-сегментации ядер соответствует значениям, типичным для специализированных моделей, обученных на ограниченных выборках, и согласуется с заявленным для InstanSeg преимуществом в эффективности при сопоставимой точности [17].

В настоящей работе использован многоэтапный алгоритм автоматизированной сегментации ядер с применением Cellpose-SAM, InstanSeg и программной среды QuPath. Применение автоматизированного анализа позволило минимизировать субъективность оценки и обеспечить воспроизводимый количественный подсчет Ki-67. Интеграция модели в QuPath обеспечивает возможность пакетной обработки полнослайдовых изображений (whole slide images) и потенциально может быть адаптирована для рутинной морфологической практики. При этом в полном соответствии с выводами цитируемых работ автоматизированный подсчет следует рассматривать как инструмент поддержки, а не замены экспертной оценки врача-патологоанатома, особенно в диапазоне пограничных значений Ki-67 [10, 12].

Клиническая значимость результатов. Несмотря на отсутствие статистически значимых различий по стадии TNM, в группе Ki-67≥5% отмечалась тенденция к более высокой частоте местнораспространенных форм и поражения лимфатических узлов категории N1b; вероятно, отсутствие статистической значимости связано с ограниченным числом пациентов с высоким Ki-67. Устойчивая ассоциация повышенного Ki-67 с лимфатической и сосудистой инвазиями имеет практическое значение, так как эти признаки сопряжены с риском метастазирования и могут учитываться при планировании объема хирургического вмешательства и интенсивности наблюдения. Вместе с тем более низкий уровень пролиферативной активности не исключает наличия сосудистой, периневральной инвазий или местного распространения, что подтверждает необходимость комплексной морфологической оценки, а не опоры на единственный маркер.

Ограничения исследования. Настоящее исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, оно выполнено в ретроспективном одноцентровом дизайне, что может ограничивать внешнюю валидность (обобщаемость) результатов и создавать риск систематической ошибки отбора в сторону ранних стадий. Во-вторых, число пациентов с Ki-67≥5% было относительно небольшим (n=12), что снижает статистическую мощность анализа отдельных клинико-морфологических параметров и могло привести к недооценке части ассоциаций (ошибке второго рода). В-третьих, отсутствие длительного клинического наблюдения, включая показатели общей и безрецидивной выживаемости, не позволяет в полной мере оценить влияние Ki-67 на долгосрочный прогноз. В-четвертых, в рамках данной работы не оценивались митотический индекс и опухолевый некроз, что не позволяет полностью воспроизвести категоризацию IMTCGS. Наконец, разработанная модель сегментации обучена на ограниченной одноцентровой выборке и требует внешней валидации; достигнутый F1-score (0,774), хотя и приемлем для ограниченного датасета, оставляет резерв для улучшения.

В качестве интегральной метрики точности сегментации использован F1-score (гармоническое среднее precision и recall); раздельные траектории precision и recall, а также поячейковые (per-object) показатели уверенности модели не сохранялись в едином отчете валидации и не могут быть достоверно представлены ретроспективно, что рассматривается как техническое ограничение текущего пайплайна и предмет доработки в дальнейших версиях конвейера. Кроме того, важно отметить, что проводилось межэкспертное сопоставление результатов автоматизированного анализа с независимой оценкой нескольких морфологов в пределах одного учреждения, тогда как коррекция масок выполнялась одним морфологом.

С учетом перечисленных ограничений можно полагать, что выявленные ассоциации скорее недооценивают, чем переоценивают истинную силу связи Ki-67 с инвазивным фенотипом.

Направления дальнейших исследований. Перспективным направлением представляется валидация разработанного автоматизированного алгоритма оценки Ki-67 на более крупных многоцентровых выборках с включением полнослайдовых изображений и расширением спектра морфологических параметров (митотический индекс, некроз) для полноценного воспроизведения IMTCGS. Особый интерес представляет интеграция цифровой патологии с молекулярными характеристиками МКЩЖ, включая *RET*-статус и другие генетические изменения, а также разработка комплексных прогностических моделей, объединяющих морфологические, молекулярные и клинические параметры с проспективной оценкой выживаемости.

Заключение. Проведенное исследование продемонстрировало клинико-морфологическую значимость индекса Ki-67 при МКЩЖ. Повышение Ki-67≥5% ассоциировалось с признаками агрессивного опухолевого поведения, включая лимфатическую, сосудистую и периневральную инвазии, причем различия по лимфатической и сосудистой инвазиям сохраняли статистическую значимость после поправки на множественные сравнения. Использование автоматизированного цифрового анализа изображений с применением моделей глубокого обучения позволило обеспечить воспроизводимую количественную оценку экспрессии Ki-67 и минимизировать субъективность морфологического анализа.

Полученное значение F1-score (0,774) следует интерпретировать как предварительный результат. Оно подтверждает принципиальную применимость подхода, однако не является достаточным основанием для замены экспертной морфологической оценки без последующей внешней валидации. Продемонстрированные результаты подтверждают перспективность применения Ki-67 в качестве компонента морфологической стратификации риска при МКЩЖ и демонстрируют потенциал цифровой патологии для стандартизации оценки пролиферативной активности опухоли. Для окончательной валидации клинической значимости Ki-67 необходимы дальнейшие многоцентровые исследования с расширением выборки и длительным периодом наблюдения.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведением исследования и публикацией настоящей статьи, за последние три года.

Вклад авторов. Бондаренко Е.В. — научное руководство, проведение исследования, редактирование рукописи; Балясин М.В. — разработка методологии (цифровой анализ изображений), визуализация; Першина-Милютина А.П. — курация данных, статистический анализ; Магомедов Х.Х. — анализ литературы, написание черновика рукописи; Дзампаева К.Ш. — анализ литературы, написание черновика рукописи; Калинин Д.В. — концептуализация, проведение исследования. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Информированное согласие на публикацию. Все представленные данные обезличены; персонально идентифицируемая информация и фотографии пациентов в статье не публикуются.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках государственного задания Минздрава России на 2026–2028 гг. «Платформа для принципиально нового пространственного, полного и единично-клеточного генетического и транскриптомного анализа диабета, онкологических и аутоиммунных заболеваний эндокринной системы и персонализации терапии» (регистрационный номер в домене «Наука и инновации» 126082524295-6).

Соответствие принципам этики. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ эндокринологии им. акад. И.И. Дедова» Минздрава России (протокол №1 от 15.01.2025). Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской декларации.

Заявление об оригинальности. При проведении исследования и подготовке статьи использованы данные, собранные авторами впервые; ранее опубликованные материалы (текст, изображения, данные) третьих лиц не использовались.

Доступность данных. Данные, полученные в настоящем исследовании, не могут быть размещены в открытом доступе по соображениям конфиденциальности (база данных содержит сведения о пациентах). Деперсонализированные данные могут быть предоставлены автором, ответственным за переписку, по обоснованному запросу.

Генеративный искусственный интеллект. В исследовательской части работы (количественная оценка индекса Ki-67) применялись модели глубокого обучения и инструменты цифровой патологии, описанные в разделе «Материалы и методы»: Cellpose-SAM, InstanSeg и программная среда QuPath. Указанные технологии использовались как вспомогательный инструмент сегментации и измерения; итоговая интерпретация результатов выполнена авторами. Генеративные технологии искусственного интеллекта для написания текста рукописи или подготовки иллюстраций не применялись.

Происхождение статьи и рецензирование. Статья представлена в инициативном порядке; рецензирование внешнее.

References (Список источников)

1. Medullary thyroid cancer: Clinical guidelines. Association of Oncologists of Russia, Russian Association of Endocrinologists. Moscow, 2024. (In Russ.) Медуллярный рак щитовидной железы: клинические рекомендации. Ассоциация онкологов России, Российская ассоциация эндокринологов. М., 2024.
2. Hernandez-Prera JC, Riddle N, Gonzalez RS, Asa SL. Endocrine and neuroendocrine tumors: Updates from the 5th edition of the World Health Organization “Blue Book”. Arch Pathol Lab Med. 2025;149(12):1114-35. DOI:10.5858/arpa.2024-0315-RA
3. Fugazzola L. Medullary thyroid cancer — an update. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab. 2023;37(1):101655. DOI:10.1016/j.beem.2022.101655
4. Wells SA Jr, Asa SL, Dralle H, et al. Revised American Thyroid Association guidelines for the management of medullary thyroid carcinoma. Thyroid. 2015;25(6):567-610. DOI:10.1089/thy.2014.0335
5. Scholzen T, Gerdes J. The Ki-67 protein: From the known and the unknown. J Cell Physiol. 2000;182(3):311-22. DOI:10.1002/(SICI)1097-4652(200003)182:3<311::AID-JCP1>3.0.CO;2-9
6. Xu B, Fuchs TL, Ahmadi S, et al. International Medullary Thyroid Carcinoma Grading System: A validated grading system for medullary thyroid carcinoma. J Clin Oncol. 2022;40(1):96-104. DOI:10.1200/JCO.21.01329
7. Lubin DJ, Behrman DB, Goyal S, et al. Independent validation of the international grading system for medullary thyroid carcinoma: A single institution experience. Mod Pathol. 2023;36(9):100235. DOI:10.1016/j.modpat.2023.100235
8. Vissio E, Maletta F, Fissore J, et al. External validation of three available grading systems for medullary thyroid carcinoma

in a single institution cohort. Endocr Pathol. 2022;33(3):359-70. DOI:10.1007/s12022-022-09719-z

9. Williams JF, Zhao M, Najdawi F, et al. Grading of medullary thyroid carcinoma: An interobserver reproducibility study. Endocr Pathol. 2022;33(3):371-7. DOI:10.1007/s12022-022-09718-0

10. Nadeem S, Hanna MG, Viswanathan K, et al. Ki67 proliferation index in medullary thyroid carcinoma: A comparative study of multiple counting methods and validation of image analysis and deep learning platforms. Histopathology. 2023;83(6):981-8. DOI:10.1111/his.15048

11. Behrman DB, Lubin DJ, Magliocca K, et al. Exploration of digital image analysis for Ki67 quantification in the grading of medullary thyroid carcinoma: A pilot study with 85 cases. Head Neck Pathol. 2023;17(3):638-46. DOI:10.1007/s12105-023-01564-8

12. Dy A, Nguyen NJ, Meyer J, et al. AI improves accuracy, agreement and efficiency of pathologists for Ki67 assessments in breast cancer. Sci Rep. 2024;14(1):1283. DOI:10.1038/s41598-024-51723-2

13. Acs B, Pelekanou V, Bai Y, et al. Ki67 reproducibility using digital image analysis: An inter-platform and inter-operator study. Lab Invest. 2019;99(1):107-17. DOI:10.1038/s41374-018-0123-7

14. Pai R, Karki S, Agarwal R, et al. Optimal settings and clinical validation for automated Ki67 calculation in neuroendocrine tumors with open source informatics (QuPath). J Pathol Inform. 2022;13:100141. DOI:10.1016/j.jpi.2022.100141

15. Luchini C, Pantanowitz L, Adsay V, et al. Ki-67 assessment of pancreatic neuroendocrine neoplasms: Systematic review and meta-analysis of manual *vs*. digital pathology scoring. Mod Pathol. 2022;35(6):712-20. DOI:10.1038/s41379-022-01055-1

16. Stringer C, Wang T, Michaelos M, Pachitariu M. Cellpose: A generalist algorithm for cellular segmentation. Nat Methods. 2021;18(1):100-6. DOI:10.1038/s41592-020-01018-x

17. Goldsborough T, Philps B, O'Callaghan A, et al. InstanSeg: An embedding-based instance segmentation algorithm optimized for accurate, efficient and portable cell segmentation. arXiv [preprint]. 2024;2408:15954. DOI:10.48550/arXiv.2408.15954

18. Bankhead P, Loughrey MB, Fernández JA, et al. QuPath: Open source software for digital pathology image analysis. Sci Rep. 2017;7(1):16878. DOI:10.1038/s41598-017-17204-5

19. Zhang Z, Yang Y, Dou Y, et al. Clinical pathological characteristics and prognostic analysis of 140 cases of medullary thyroid carcinoma: Validation of the international medullary thyroid carcinoma grading system in a Chinese cohort. Diagn Pathol. 2026;21(1):42. DOI:10.1186/s13000-026-01787-7

20. Rai V, Saha A, Mehta S, et al. International medullary thyroid carcinoma grading system: An Indian tertiary care centre experience. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2024;281(3):1571-9. DOI:10.1007/s00405-023-08341-x

21. Rossi ED, Raia S, Maratta M, et al. Immunohistochemical expression of Ki-67, INSM1, and SSTR2A in medullary thyroid carcinoma: Correlation with tumour size, vascular invasion, and biochemical outcome. Virchows Arch. DOI:10.1007/s00428-025-04018-4

22. Aksoy YA, Xu B, Viswanathan K, et al. Novel prognostic nomogram for predicting recurrence-free survival in medullary thyroid carcinoma. Histopathology. 2024;84(6):947-59. DOI:10.1111/his.15141

23. Houpt JA, Liu E, Wang H, et al. Determination of Ki-67 indices in neuroendocrine tumours of the gastrointestinal tract: The past, the present, and the future. Virchows Arch. 2024;486(5):1001-9. DOI:10.1007/s00428-024-03963-w

Статья поступила в редакцию 27.07.2026; одобрена после рецензирования 17.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 27.07.2026; approved after reviewing 17.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Екатерина Владимировна Бондаренко *— руководитель центра биобанкирования, врач-патологоанатом, доцент, кандидат медицинских наук, bondarenko.ekaterina@endocrincentr.ru, ORCID 0000-0003-2122-2297;* ***Максим Витальевич Балясин*** *— младший научный сотрудник Научно-образовательного ресурсного центра «Клеточные технологии», b.maxim4432@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3097-344X;* ***Анастасия Павловна Першина-Милютина*** *— руководитель группы управления данными, milyutina.anastasiya@endocrincentr.ru, ORCID 0000-0002-9462-8522;* ***Хамзат Хаджимурадович Магомедов*** *— ординатор, hamzat1008@gmail.com, ORCID 0009-0002-7243-2091;* ***Камила Шамильевна Дзампаева*** *— врач-эндокринолог, аспирант, Gadzhieva.Kamila@endocrincentr.ru, ORCID 0009-0003-5232-6440;* ***Дмитрий Валерьевич Калинин*** *— заведующий патолого-анатомическим отделением; заведующий кафедрой патологической анатомии и судебной медицины, кандидат медицинских наук, dmitry.v.kalinin@gmail.com, ORCID 0000-0001-6247-9481.*

Information about the authors:

Ekaterina V. Bondarenko *— Head of the Biobanking Centre, Pathologist, Associate Professor, PhD, bondarenko.ekaterina@endocrincentr.ru, ORCID 0000-0003-2122-2297;* ***Maxim V. Balyasin*** *— Junior Research Fellow of the Scientific and Educational Resource Centre for Cellular Technologies, b.maxim4432@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3097-344X;* ***Anastasiia P. Pershina-Miliutina*** *— Head of the Data Management Group, milyutina.anastasiya@endocrincentr.ru, ORCID 0000-0002-9462-8522;* ***Khamzat Kh. Magomedov*** *— Resident Physician of the Endocrinology Research Centre, hamzat1008@gmail.com, ORCID 0009-0002-7243-2091;* ***Kamila Sh. Dzampaeva*** *— Endocrinologist, Post-Graduate Student, Gadzhieva.Kamila@endocrincentr.ru, ORCID 0009-0003-5232-6440;* ***Dmitry V. Kalinin*** *— Head of the Department of Pathology; Head of the Department of Pathological Anatomy and Forensic Medicine, PhD, dmitry.v.kalinin@gmail.com, ORCID 0000-0001-6247-9481.*

УДК 616-073.7(47)(091):929
EDN: YFBXGD
https://doi.org/10.15275/ssmj2203437

ВКЛАД В МЕДИЦИНСКУЮ НАУКУ ПИОНЕРА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РЕНТГЕНОЛОГИИ Н.Е. ШТЕРНА

А.В. Еремин, М.Л. Чехонацкая, Е.Б. Илясова, О.А. Кондратьева, О.Г. Грешнова, Д.А. Бобылёв, И.А. Крючков, Д.М. Сероштанов, Д.А. Варюхина

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

THE CONTRIBUTION OF NIKOLAY E. STERN, A PIONEER OF RUSSIAN RADIOLOGY, TO MEDICAL SCIENCE

A.V. Eremin, M.L. Chekhonatskaya, E.B. Iljasova, O.A. Kondrateva, O.G. Greshnova, D.A. Bobylev, I.A. Kriuchkov, D.M. Seroshtanov, D.A. Varjuhina

V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: *Еремин А.В., Чехонацкая М.Л., Илясова Е.Б., Кондратьева О.А., Грешнова О.Г., Бобылёв Д.А., Крючков И.А., Сероштанов Д.М., Варюхина Д.А.* Вклад в медицинскую науку пионера отечественной рентгенологии Н.Е. Штерна. Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 437-444. EDN: YFBXGD. https://doi.org/10.15275/ssmj2203437

Аннотация. Статья посвящена одному из первых рентгенологов России профессору Н.Е. Штерну, который получил мировую известность. Представлены сведения из биографии исследователя, его деятельности как организатора практической и научной рентгенологии в Саратове и основателя одной из первых кафедр рентгенологии в стране.

Ключевые слова: первый рентгенолог России и Саратова, профессор Н.Е. Штерн, основатель кафедры рентгенологии, Саратовский медицинский институт

For citation: *Eremin AV, Chekhonatskaya ML, Iljasova EB, Kondrateva OA, Greshnova OG, Bobylev DA, Kriuchkov IA, Seroshtanov DM, Varjuhina DA.* The contribution of Nikolay E. Stern, a pioneer of Russian radiology, to medical science. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 437-444. (In Russ.) EDN: YFBXGD. https://doi.org/10.15275/ssmj2203437

Abstract. This article is dedicated to one of Russia's first radiologists, Professor Nikolay E. Stern, who gained worldwide renown. It presents information from the researcher's biography, his work as the organizer of practical and scientific radiology in Saratov, and his role as the founder of one of the first radiology departments in Russia.

Keywords: the first radiologist of Russia and Saratov, Professor Nikolay E. Stern, founder of the Department of Radiology, Saratov Medical Institute

Николай Ефимович Штерн (рис. 1 на с. 438) — ученый с мировым именем, внесший большой вклад в отечественную медицину, организацию и развитие рентгенологии в Саратове, родился 10 (23) сентября 1874 г. в Риге. Его отец работал в частной конторе счетоводом, был человеком многогранным: владел несколькими иностранными языками, писал стихи и очерки по истории Лифляндии. Мать занималась хозяйством и воспитанием четверых сыновей: Николая, Иоганна, Бернгардта и Макса, все они получили хорошее образование.

Николай Ефимович в 1895 г. с отличием окончил гимназию и поступил на медицинский факультет Императорского Юрьевского (ранее — Дерптского) университета (ныне — город Тарту, Эстония), который входил в десятку лучших учебных заведений Европы. Преподавание в университете велось на немецком языке, который Николай знал в совершенстве. Он делал большие успехи в учебе, но вне занятий приходилось зарабатывать на жизнь уроками гимназистам, сбором литературного материала для диссертантов различных факультетов университета. Впоследствии Н.Е. Штерн говорил, что эта

Ответственный автор — Марина Леонидовна Чехонацкая
Corresponding author — Marina L. Chekhonatskaya
E-mail: fax-1@yandex.ru

© Еремин А.В., Чехонацкая М.Л., Илясова Е.Б., Кондратьева О.А., Грешнова О.Г., Бобылёв Д.А., Крючков И.А., Сероштанов Д.М., Варюхина Д.А., 2026



Рис. 1. Профессор Н.Е. Штерн, основатель и заведующий кафедрой с 1935 по 1952 г.

работа в библиотеке сформировала его интерес к науке и была лучшей школой системного анализа. В 1896 г., через год после открытия В.К. Рентгеном Х-лучей, во время учебы в университете Николай Ефимович впервые заинтересовался совершенно новой наукой — рентгенологией. Этому помог случай — крупная катастрофа воинского поезда на железнодорожной станции Walk (Латвия), о которой Н.Е. Штерн вспоминал в автобиографии: «...студенты были мобилизованы для оказания помощи раненым, и на месте аварии я впервые увидел аппарат, в срочном порядке доставленный из Петербурга. Этот аппарат показался мне чудом из чудес. От него исходили невидимые лучи, благодаря которым медики заглядывали в организм пострадавшего…» [1]. В 1880–1890-е гг. в стране было неспокойно, начались покушения на царствующих особ, что явилось основанием для отчисления некоторых неблагонадежных студентов, в первую очередь тех, кто увлекался чтением А. Шопенгауэра, С. Кьеркегора и особенно Ф. Ницше. В число отчисленных студентов попал и Н.Е. Штерн, хотя и с правом восстановления. Для продолжения обучения родители отправили Николая в Вену к старшему брату Бернгардту. В Австрии также жил один из братьев их отца. К тому времени Н.Е. Штерн, проучившись в университете 5 лет, уже обладал определенными медицинскими знаниями, поэтому он примерно год работал в качестве экстерна в клинике профессора Германа Нотнагеля и Вильгельма Шлезингера. Там он особенно заинтересовался только что развернутым рентгеновским отделением, помня свои впечатления 1896 г. [1–4]. В этой клинике Николай Ефимович прошел обучение как рентгенолаборант, досконально изучив рентгеновский аппарат, фотолабораторное дело и особенности укладок пациентов, что очень пригодилось ему в дальнейшем.

В 1899 г. Н.Е. Штерн вернулся в Юрьев и продолжил учебу в университете, который он окончил 27 ноября 1900 г. Его Императорским Величеством Николаем II был подписан указ от 21 февраля 1901 г. о присвоении Н.Е. Штерну степени лекаря с отличием (рис. 2). В конце 1900 г. Н.Е. Штерн для усовершенствования уехал в Берлин и в Вену, где под руководством профессоров Боаса, Нотнагеля и Розенгейма изучал желудочно-кишечные заболевания и болезни обмена веществ; у профессоров Колле и Вайнтруда — бактериологию, выполнял лабораторные исследования [1–4]. В этом же 1900 г. Н.Е. Штерн женился в Риге на образованной, умной и красивой Берте Ильиничне Хельман из очень обеспеченной семьи. На ее приданое впоследствии Н.Е. Штерн купил рентгеновский аппарат, будучи на обучении в Германии. У Николая и Берты было двое детей. Старший сын Георгий стал доцентом политехнического института. Младший Виктор продолжил дело отца, став известным в стране рентгенологом и сменив на посту заведующего кафедрой рентгенологии Саратовского


ЕГО ИМПЕРАТОРСКАГО ВЕЛИЧЕСТВА

НИКОЛАЯ II

ЛЕКАРЯ СЪ ОТЛИЧІЕМЪ

Рис. 2. Указ Николая II от 1901 г. о присвоении Н.Е. Штерну степени лекаря с отличием

медицинского института (СМИ). В 1901 г. семья Николая Ефимовича переехала в Саратов, где у его супруги были дальние родственники.

Вся дальнейшая жизнь и деятельность Н.Е. Штерна с мая 1901 г. были связаны с городом Саратовом. Вначале Николай Ефимович получил должность санитарного врача Городского управления. С 1902 по 1906 г. Н.Е. Штерн находился на врачебной службе Рязанско-Уральской железной дороги, от которой был командирован в город Уральск для борьбы с холерой. В 1905–1909 гг. Н.Е. Штерн был практикующим врачом, сверхштатным сотрудником в городской больнице, одновременно работал в химико-бактериологической лаборатории и на бактериологической станции Губернского земства [1–4].

Даже такая многогранная деятельность не смогла заставить Николая Ефимовича забыть о своем давнем увлечении рентгенологией, которую он решил сделать своей профессией. Для получения углубленных знаний и повышения квалификации по новой специальности Н.Е. Штерн в 1909 г. отправился в Вену, Берлин и Париж, где под руководством первоклассных ученых — Гвидо Гольцкнехта, Макса Леви-Дорна, Мартина Гаудекка (ученика В.К. Рентгена), Антуана Беклера — изучал технику и клиническое применение рентгена. В 1911 г. в Вене у знаменитого профессора М. Гаудекка он ознакомился с новой рентгенологической методикой определения язвы желудка в виде симптома «ниши» и совместно с автором провел проверку этого симптома на обширном клиническом материале [1, 2, 5]. За время специализации и работы в различных клиниках Европы рентгенология еще больше увлекла Н.Е. Штерна и стала главным делом его жизни.

В 1910 г. Николай Ефимович обнаружил в Саратове богатый источник сернистых вод (он существует до сих пор) и организовал первую частную клинику под названием «Гигиенодиетическая лечебница для болезней внутренних, специально желудочно-кишечных и обмена веществ с электроводолечебным отделением». Именно там он открыл первый рентгеновский кабинет в Саратове, где работал и за рентгенолаборанта, и за врача. Он сам занимался обучением медсестер рентгенолаборантскому делу и врачей — рентгенологии. Рентгеновский аппарат с системой индуктора фирмы «Райнгер» для этого кабинета был куплен во время стажировки за границей на деньги из приданого Берты. Вскоре он открыл еще один кабинет в городской больнице (ныне ГАУЗ «Саратовская городская клиническая больница скорой медицинской помощи») [2, 6]. Всего за несколько лет Н.Е. Штерн добился авторитета в новой для всех области, заинтересовав таких видных профессоров университета, как В.И. Разумовский, Н.Н. Кириков, С.И. Спасокукоцкий, с которыми он подружился. Была заведена традиция по воскресеньям собираться в семье Штернов на вечера, где обсуждали профессиональные вопросы, играли в бридж и слушали музыку, при этом на рояле играл младший сын Виктор, Георгий — на виолончели, а партию скрипки исполнял отец семейства — Николай Ефимович Штерн, этим инструментом владел и его кумир — В.К. Рентген [2, 7].

После революции Николай Ефимович передал лечебницу государству, но оставался формальным хозяином и главным врачом до 1935 г. Со времени основания лечебницы Н.Е. Штерн обучал там медицинских сестер и врачей, а с 1912 г. университетские клиники стали направлять в кабинет Николая Ефимовича своих студентов и сотрудников для ознакомления с медицинской рентгенологией. Именно тогда Н.Е. Штерн и основал студенческий научный кружок, а в 1913 г. — первое в стране Общество рентгенологов [1, 2, 6–8].

С 1914 г. началась официальная преподавательская деятельность Н.Е. Штерна в университете, когда он получил от директора госпитальной терапевтической клиники профессора Д.О. Крылова приглашение занять должность сверхштатного ассистента на общественных началах без заработной платы для обучения рентгенологии. Однако работа была прервана начавшейся Первой мировой войной. Н.Е. Штерн был мобилизован врачом 245-го пехотного полка. Он проводил рентгенографию как раненым солдатам, так и медицинским работникам. В 1917 г. его освободили от службы в армии по болезни. Во время гражданской войны Н.Е. Штерн был главным врачом 8-го и 9-го лазаретов.

В 1919 г. возобновилась преподавательская деятельность Николая Ефимовича. Вплоть до 1925 г. он работал штатным ассистентом первой терапевтической кафедры, с 1926 г. занимал должность приват-доцента, а затем — доцента по рентгенологии и физиотерапии Саратовского государственного университета (СГУ), продолжив в этой должности обучение студентов и врачей до 1935 г. в (СМИ), отделившемся от СГУ в 1930 г.

С 1925/26 учебного года началось планомерное преподавание рентгенологии на IV и V курсах. Н.Е. Штерн вел занятия со студентами и врачами на курсах усовершенствования по рентгенологии и физиотерапии (последние — по приглашению профессора терапевта П.С. Григорьева), а также специальные занятия в кожной и детской клиниках по рекомендации профессора педиатра И.Н. Быстренина. Проблемой интегрированного обучения Н.Е. Штерн заинтересовал заведующего кафедрой нормальной анатомии СМИ профессора В.И. Бика, благодаря чему на этой кафедре в 1938 г. был оборудован рентгеновский кабинет и введен курс рентгеноанатомии [2, 9]. Николай Ефимович считал необходимым знание анатомии для рентгенолога, но и знание рентгенологии для анатома, сделав на эту тему несколько докладов и написав статью «Значение рентгенологии для анатомии» [1]. Следует отметить, что Н.Е. Штерн преподавал рентгенологию не только на русском языке, но и на немецком — в специальном отделении СМИ, которое готовило специалистов для Республики немцев Поволжья [1, 2].

В 1930 г. Н.Е. Штерн получил звание доцента по рентгенологии и физиотерапии, 20 октября 1934 г. советом СМИ он был избран профессором, а 20 февраля 1935 г. — утвержден в этом звании государственной квалификационной комиссией. По совокупности научных работ (на основании постановления Совета народных комиссаров СССР от 13 января 1934 г. №79 «Об ученых степенях и званиях») 4 июля 1935 г. приказом Народного комиссариата здравоохранения (Наркомздрава) Николаю Ефимовичу присуждена ученая степень доктора медицинских наук без защиты диссертации [1].

Н.Е. Штерн прилагал большие усилия для открытия отдельной кафедры рентгенологии начиная с 1930 г., когда только образовался СМИ. В январе 1934 г. Николая Ефимовича командировали в Москву для оформления вопроса об организации кафедры рентгенологии в СМИ, а с 27 апреля по 10 мая 1934 г. — в Москву и Ленинград для приема рентгеновского аппарата для кафедры. Впоследствии, по ходатайству в мае 1935 г. Всесоюзного съезда

рентгенологов перед Наркомздравом об учреждении в порядке исключения кафедры рентгенологии в СМИ с непременным условием, что возглавлять ее будет Н.Е. Штерн, кафедра была открыта — в первом из провинциальных городов [2, 10, 11]. С 9 по 24 мая 1936 г. Николай Ефимович был командирован в Москву и Ленинград для ознакомления с техникой дозиметрии. Н.Е. Штерн придавал большое значение радиационной безопасности при рентенодиагностической работе, об этом он неоднократно делал доклады и писал статьи [1, 3].

В связи с ухудшением состояния здоровья профессора Н.Е. Штерна его освободили от занимаемой должности заведующего кафедрой рентгенологии с 1 января 1952 г., и следующие 20 лет кафедрой руководил его сын В.Н. Штерн. На посту заведующего кафедрой рентгенологии СМИ Н.Е. Штерн оставался 17 лет — с 1935 по 1952 г. За время его руководства кафедра превратилась в одну из передовых в СМИ, выполняла все необходимые функции в системе медицинского образования, научной и диагностической работы.

В 1956 г. Николай Ефимович скончался и был похоронен на центральной аллее Воскресенского кладбища Саратова, неподалеку от Н.Г. Чернышевского, именем которого был назван университет, где началась педагогическая деятельность Н.Е. Штерна.

Н.Е. Штерн был первым и единственным преподавателем рентгенологии в СГУ и затем СМИ в течение 23 лет, до открытия кафедры по специальности. Он писал о необходимости систематического преподавания рентгенологии еще в 1922 г. [12]. Николай Ефимович с 1914 г. читал лекции, вел курс рентгенологии студентам IV курса медицинского факультета, практические занятия по физиотерапии (водо-, электро-, свето-терапии) и рентгенотерапии, курсы по усовершенствованию врачей по рентгенологии и физиотерапии, проводил клинико-рентгенологические разборы, исследовал пациентов и вел научную работу. За этот период под руководством профессора Н.Е. Штерна на кафедре рентгенологии СМИ подготовлена большая группа высококвалифицированных рентгенологов (более 125 врачей), среди которых — известный во всем мире ученый-рентгенолог профессор И.Л. Тагер, ставший в 1965 г. членом-корреспондентом Академии медицинских наук, а в 1975 г. — обладателем звания героя социалистического труда [3]. Сотрудники кафедры, врачи-рентгенологи и рентгенолаборанты Саратова и области были учениками Н.Е. Штерна, многие из них подготовлены в клинической ординатуре. Он был для них примером, многие затем стали высококвалифицированными специалистами, руководителями отделений рентгенодиагностики и рентгенотерапии в лечебно-профилактических учреждениях и отдела рентгенологии Саратовского научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии, главными специалистами Саратова и области, а В.Н. Штерн — профессором и заведующим кафедрой рентгенологии СМИ.

Николай Ефимович был первым и в течение нескольких лет единственным в Саратове рентгенологом, оставаясь все годы непревзойденным специалистом (рис. 3).

Примером могут служить статьи, в которых рассказывается о некоторых случаях из практики: во «Врачебной газете» 1907 г. №29 «Случай вскрытия гнойника желчного пузыря в почечную лоханку» [1], в газете «Саратовские известия» от 1927 г. — «Удаление эхинококка из легкого» [13]. В последней говорилось о том, что в факультетской хирургической клинике СМИ профессором С.Р. Миротворцевым была удалена из левого легкого большая эхинококковая киста, которая в течение 16 лет оставалась не распознанной, несмотря на то что пациент обследовался как в нашей стране, так и в Америке (Чикаго). Операция стала возможной только после того, как впервые эту кисту обнаружил при рентгенологическом исследовании Н.Е. Штерн.

Занимаясь со дня основания кафедры не только вопросами рентгенодиагностики, но и рентгенотерапии, Н.Е. Штерн организовал при кафедре онкологическое отделение, которое по приказу Министерства здравоохранения РСФСР в 1948 г. должно было увеличиться до 30 коек [14]. Сотрудники кафедры проводили поверхностную и глубокую рентгенотерапию вначале на рентгенотерапевтическом аппарате «Буревестник» 1-го выпуска пациентам с лимфогранулематозом, гемангиомами, меланомами и раком кожи, молочной железы и др. [1, 2]. По вопросам рентгенотерапии Николай Ефимович систематически выступал с докладами на различных конференциях и писал статьи, например, доклад с опубликованием «Какие результаты дала рентгено-и радиотерапия



Рис. 3. Н.Е. Штерн в рентгеновском кабинете

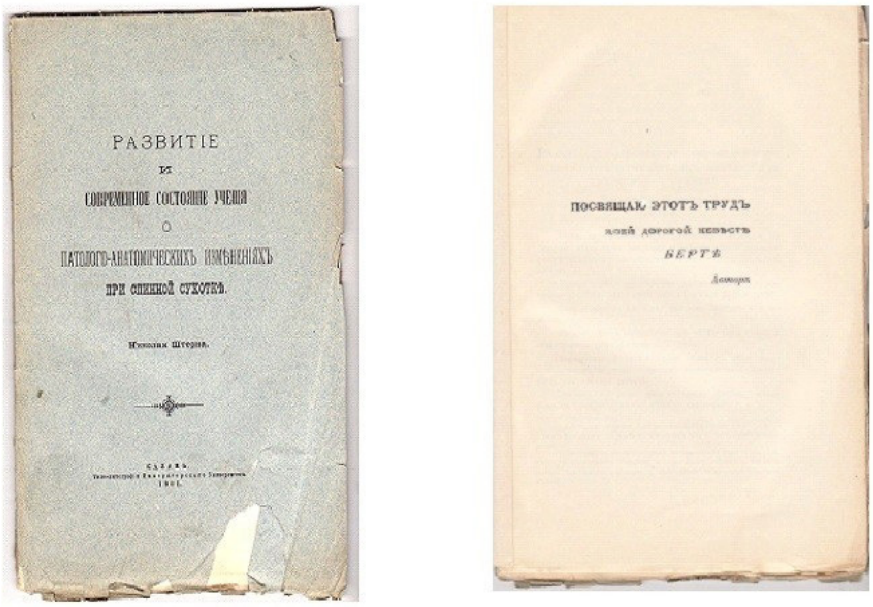


Рис. 4. Обложка и титульный лист первой монографии Н.Е. Штерна

злокачественных опухолей» на заседании Физико-медицинского общества Саратова 26 ноября 1925 г. [1].

Николай Ефимович Штерн рано стал активно заниматься научной работой — с 1901 г. Он говорил: «Настоящие ученые — не те, кто решают проблемы, а те, кто их замечает. Если проблема замечена, она рано или поздно будет решена. Важно любопытство и интерес» [2].

Н.Е. Штерном были опубликованы три монографии. Над первой из них — «Развитие и современное состояние учения о патологоанатомических изменениях при спинной сухотке» — он начал работать еще будучи студентом V курса, представив ее на конкурс при окончании Юрьевского университета. Приведенный список литературы включил 571 источник, с которыми автор знакомился в подлинниках на немецком, английском и французском языках. В этой работе Н.Е. Штерн использовал материал данных литературы и собственных исследований, произведенных в лаборатории известного патологоанатома Редлиха. Этот труд был удостоен золотой медали и по постановлению ученого совета университета издан отдельной монографией в Казани в 1901 г. [1–3, 15]. На титульном листе монографии, посвященной проблеме сифилиса, автором была сделана надпись: «Посвящаю этот труд моей дорогой невесте Берте» (рис. 4). Николай Ефимович продолжил заниматься темой сифилиса и неврогенных артропатий и позднее, делая доклады с их опубликованием, например, на обществе невропатологов Саратова 28 марта 1926 г. [1].

Вторая монография называлась «Холецистография», она вышла в свет в Саратове в 1926 г. Это была первая работа на русском языке, посвященная вопросу применения нового метода исследования рентгеновскими лучами желчного пузыря [1, 3].

В 1927 г. Н.Е. Штерн опубликовал третью монографию на тему «Диагностика и лечение легочного эхинококка», которая считается основной по данному вопросу и признана фундаментальной, в том числе в мировой литературе. Она была первой не только на русском, но и на иностранном языке [1, 2, 3].

К 40-летнему юбилею деятельности профессора Н.Е. Штерна в 1941 г. на кафедре рентгенологии СМИ был выпущен сборник трудов, собравший научные статьи с подробным описанием рентгенодиагностики различных заболеваний не только сотрудников кафедры и врачей из Саратова, но и две работы из Москвы от И.Л. Тагера, ученого с мировым именем, ученика Н.Е. Штерна. Этот сборник стал настольной книгой для врачей-рентгенологов [16].

Николаем Ефимовичем в отечественной и зарубежной периодической печати были опубликованы приблизительно 50 научных трудов, которые он написал без соавторов. Все они посвящены различным направлениям медицины и рентгенологии [1–3].

Учитывая характер трудовой деятельности Н.Е. Штерна, вначале его доклады на заседаниях Санитарного общества с их опубликованием касались вопросов гигиенического состояния Саратова с предложениями по его улучшению («Кумыс и его лечебное значение», санитарного исследования саратовского базарного молока, базарного кваса и др.) и инфекционных болезней («Влияние желудочного сока на холерные вибрионы» в немецком журнале Zentralblatt für Bakteriologie в 1904 г., «Значение рентгенологического исследования туберкулеза легких для наблюдения над динамикой процесса» и др.) [1, 3]. В 1927 г. Н.Е. Штерн сделал доклад по грязелечению при ишиасе на научной конференции врачей курорта «Эльтон» (протокол №1 от 13 июня 1927 г.), материалом для работы послужили наблюдения, собранные во время командировок на озеро Эльтон. Николай Ефимович писал: «Эльтон — благодарное поле для наблюдения и изучения». Доклад был опубликован, он имел большое практическое значение, на что указал профессор С.Р. Миротворцев в материалах конференции [1, 3, 17].

Некоторые доклады и статьи Н.Е. Штерна были посвящены клиническим вопросам заболеваний пищеварительных органов («Хирургическое лечение сужений привратника» в журнале «Русский врач» №50 1904 г., «Случай вскрытия гнойника желчного пузыря в почечную лоханку» в №29 «Врачебной газеты» 1907 г.) [1, 3]. В Саратове Николай Ефимович первым стал применять желудочный зонд, о чем был сделан доклад и опубликованы тематические статьи

[1, 18]. По его предложению хирургом А.Н. Сахаровым была произведена первая в Саратове и одна из первых в России операция гастроэнтероанастомоза [1, 3], написаны статьи по оперированному желудку («К казуистике оперативного лечения сужения привратника», «Изучение химизма желудка после резекции», «Исследование больных до и после операции», «Изучение функции оперированного желудка») [1, 3].

С 1924 г. научные работы Н.Е. Штерна освещали различные направления в рентгенологии [1, 3]. Это были вопросы радиационной безопасности («О вредном влиянии рентгеновских лучей на медперсонал», доклад 7 марта 1924 г. в Бюро секции врачей и 20 февраля 1924 г. на Медицинском обществе Саратова, статья в журнале «Вестник здравоохранения» 1924 г.) [1, 3]; общей рентгенологии («Современные достижения рентгенологии» по поводу 5-летия со дня смерти В.К. Рентгена — доклад на заседании Физико-медицинского общества 21 ноября 1928 г. и статья в журнале «Саратовский вестник здравоохранения» [19], «История рентгенологии в Саратовской области» и «История кафедры рентгенологии») [6, 10]; методов рентгенодиагностики («Рентгенография как новый метод исследования», энцефалография, «Значение пиелографии», «Бронхография как новый метод диагностики» в Клиническом журнале Саратовского медицинского института, 1930 г.) [1]; заболеваний легких («Рентгенодиагностика легочных нагноений» в Трудах научной сессии Саратовского медицинского института, «Рентгенодиагностика опухолей легких» и др.) [1]; желчных путей («К вопросу о холецистографии» в журнале №18 «Вестник современной медицины» 1927 г., «Дифференциальная диагностика желтух» и др.) [1]; желудочно-кишечного тракта («Рентгенодиагностика пищеводных пазух» в журнале «Вестник рентгенологии и радиологии», 1925 г., «Рентгенодиагностика оперированного желудка» в Трудах Международного съезда рентгенологов в Цюрихе, 1931 г., «Рентгенодиагностика язвенной болезни», «Ошибки рентгенодиагностики язвы желудка» в Трудах Всероссийского съезда рентгенологов в Ленинграде в 1936 г. и доклад на обществе хирургов Саратова в 1938 г.) [1, 20, 21]; костей и суставов («Техника рентгенологического исследования переломов», «Рентгенодиагностика суставных заболеваний и хронических заболеваний суставов» в Трудах Всесоюзного съезда рентгенологов в Киеве в 1926 г., «Болезнь Кёллера» в Клиническом журнале Саратовского университета (т. 1. №5, 1926 г.), «Рентгеновская структура коленного сустава», «Рентгенодиагностика сифилиса костей и суставов» в Трудах Международного съезда рентгенологов в Стокгольме в 1928 г., «Классификация суставных заболеваний с точки зрения рентгенологии» в журнале «Вестник здравоохранения Саратова», 1929 г.) [1]; профессиональных болезней («Рентгенодиагностика профессиональных болезней» — доклад на заседании Саратовского Физико-медицинского общества, посвященного 65-летию этого общества с его опубликованием [22], а также «Профессиональные заболевания пяточной кости у грузчиков» в Трудах Всесоюзного центра рентгенологов [1]); онкологических, гинекологических и урологических заболеваний («Современные проблемы рака и перспективы борьбы с ним» — доклад на заседаниях общества хирургов и общества гинекологов Саратова в 1929 г., «Рентгенодиагностика в гинекологии», «Диагностика заболеваний мочевых путей») [1].

Многие работы Н.Е. Штерна были связаны с эхинококкозом, поскольку Поволжье всегда было эндемично по этому заболеванию. Помимо известной во всем мире монографии «Диагностика и лечение легочного эхинококка» 1927 г., были доклады и статьи, например «Когда при легочном эхинококке нужно оперировать» в 52-м томе журнала «Вестник хирургии» 1928 г. и др. [1]. Н.Е. Штерн использовал для диагностики эхинококкоза и других заболеваний легких не только рентгеноскопию и рентгенографию, но также бронхографию, он применил ее впервые у пациентов в 1925 г., вторым после С.А. Рейнберга, который делал бронхографию на гусях [1, 3].

Под руководством Н.Е. Штерна были защищены кандидатские диссертации (В.Н. Штерном — в 1938 г., С.Б. Заковым — в 1940 г., А.Я. Петиновым — в 1941 г., А.А. Челноковой — в 1950 г.) и докторская диссертация (В.Н. Штерном — в 1954 г.). Даже в период Великой Отечественной войны под руководством Николая Ефимовича сотрудниками эвакогоспиталей выполнялся ряд диссертационных работ (Л. Шваб, А. Рязанский, Т. Сидорова).

Хорошо известна активная научно-общественная деятельность Н.Е. Штерна. С момента приезда в Саратов он принимал активное участие в работе Физико-медицинского и Санитарного обществ, а затем — Общества внутренней медицины и патологии Саратовского университета [1–3].

В 1903 г. по инициативе Николая Ефимовича Штерна с участием врачей В.И. Алмазова и П.Н. Соколова был организован Комитет для борьбы с туберкулезом [1, 3].

Н.Е. Штерн был не только участником всех Всесоюзных съездов рентгенологов, но и председателем, членом президиума. Так, в 1917 г. Н.Е. Штерн участвовал в I Всероссийском съезде рентгенологов и был избран членом президиума. В 1926 г. в Москве проходил IV Всесоюзный съезд рентгенологов, который избрал Н.Е. Штерна председателем и членом редакционной коллегии журнала «Вестник рентгенологии и радиологии» [1–3].

В 1928 г. Николай Ефимович был делегирован на I Международный съезд рентгенологов в Стокгольме, где СССР представляли всего четверо: Д. Рохлин, С. Рейнберг, Г. Хармандарьян и Н. Штерн. На съезде Н.Е. Штерн был избран в члены президиума, а также председателем одной из секций. Доклад Н.Е. Штерна по рентгенодиагностике сифилиса суставов вызвал большой интерес у аудитории. В доме Штернов до сих пор хранится толстая книга — альманах форума в Стокгольме, где были представлены досье на каждого участника и их портреты, в том числе Николая Ефимовича [1–3].

В 1934 г. Николай Ефимович получил индивидуальное приглашение от Наркомздрава СССР на IV Международный съезд рентгенологов с просьбой выступить со специальным докладом о рентгеновской картине оперированного желудка, что и было осуществлено.

С 15 по 18 мая 1941 г. Н.Е. Штерн был участником расширенной научной сессии Центрального рентгенологического, радиологического и ракового института Наркомздрава СССР [1–3].

Николай Ефимович Штерн был главным рентгенологом Саратовской области, а с начала и до конца Великой Отечественной войны — главным рентгенологом Управления эвакогоспиталями по Саратовской области, постоянным членом и председателем Санитарной комиссии при ученом совете Горздрава Саратова.

Н.Е. Штерн был первым и бессменным председателем основанного им в 1913 г. общества

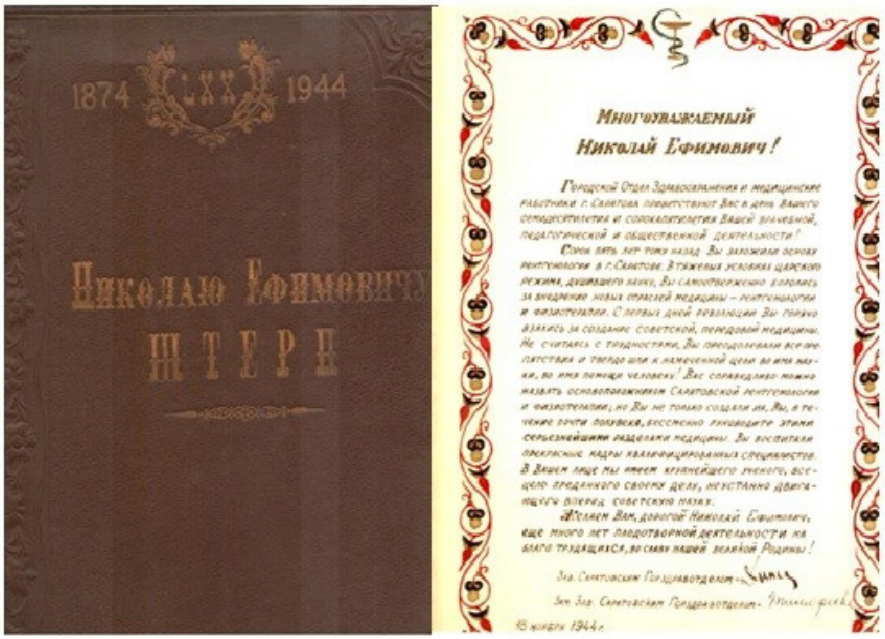


Рис. 5. Грамота Н.Е. Штерну от Саратовского Горздравотдела (1944)

рентгенологов Саратова, первого в стране объединения специалистов, а также общества физиотерапевтов. Он являлся членом президиума Всесоюзного общества рентгенологов, членом редакционной комиссии единственного в то время профессионального журнала «Вестник рентгенологии и радиологии».

За многолетний труд Н.Е. Штерн имел ряд поощрений, грамоты от Саратовского Облисполкома и Облздравотдела (1941 г.), от Наркомздрава СССР (1943 г.), грамоты в честь 70- летнего юбилея и 45-летия врачебной, педагогической и общественной деятельности как основателю рентгенологии в Саратове от Горздравотдела (1944 г.; рис. 5). В 1944 г. Н.Е. Штерн получил от Народного комиссариата путей сообщения СССР орден Трудового Красного Знамени.

Николай Ефимович Штерн остается в памяти всех специалистов по рентгенологии. Он создал первый рентгеновский кабинет в Саратове, один из первых студенческих кружков по специальности, первое в стране общество рентгенологов, первую кафедру рентгенологии в провинциальном городе, по его публикациям и архивным рентгенограммам его наблюдений до сих пор учатся студенты, ординаторы и врачи. Благодаря многогранной деятельности и научным трудам его знают не только в России, но и во всем мире. Имя Н.Е. Штерна носят основанные им общество рентгенологов (ныне — Ассоциация лучевых диагностов Саратова) и кафедра лучевой диагностики Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

References (Список источников)

1. Private affair of N.E. Stern. Archive Saratov State Medical University. Sv. 10. St. un. 3154. (In Russ.) Архив СГМУ. Личное дело Н.Е. Штерна. Св. 10. Ед. хр. 3154.

2. Chekhonatskaya ML, Ilyasova EB, Priezzheva VN, et al. Pages of the history of the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy named after N.E. Stern of the Saratov State Medical University. Ed. by V.M. Popkov. 3rd ed., correct. and ad. Saratov: Publishing House of SSMU, 2020; 300 p. (In Russ.) Чехонацкая М.Л., Илясова Е.Б., Приезжева В.Н. и др. Страницы истории кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии им. Н.Е. Штерна Саратовского государственного медицинского университета. Под ред. В.М. Попкова. 3-е изд., испр. и доп. Саратов: Изд-во Сарат. гос. мед. ун-та, 2020; 300 с.

3. Zavyalov AI, Priezdeva VN. The first head and founder of the Department of Radiology of Saratov Medical University, Professor N.E. Shtern (on the 140th anniversary of his birth). Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2014;10(4):697-700. (In Russ.) Завьялов А.И., Приезжева В.Н. Первый заведующий и основатель кафедры рентгенологии Саратовского медицинского университета профессор Н.Е. Штерн (к 140-летию со дня рождения). Саратовский научно-медицинский журнал. 2014;10(4):697-700.

4. Nushtaev I, Zavyalov A. Follower of the great X-ray. Med. Newspaper. 2005; October 14. (In Russ.) Нуштаев И., Завьялов А. Последователь великого Рентгена. Медицинская газета. 2005; 14 окт.

5. Priezzheva VN. History of the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy of Saratov Medical University. Actual problems of radiation diagnostics and radiation therapy: Collection of articles. Ed. by P.V. Glybochko. Saratov: Publishing House of SSMU, 2007; p. 3-7. (In Russ.) Приезжева В.Н. История кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии Саратовского медицинского университета. Актуальные проблемы лучевой диагностики и лучевой терапии: сб. ст. Под ред. П.В. Глыбочко. Саратов: Изд-во Сарат. гос. мед. ун-та, 2007; с. 3-7.

6. Stern NE. History of radiology in the Saratov region: Materials on the history of radiology in the USSR. Ed. and with a preface by the distinguished scientist Professor S.A.Reinberg. Moscow, 1948; p. 185-95 (In Russ.) Штерн Н.Е. История рентгенологии в Саратовской области. Материалы по истории рентгенологии в СССР: сб. ст. Под ред. С.А. Рейнберга. М., 1948; с. 185-95.

7. Lindenbraten LD. Essays on Russian radiology. Moscow, 1995; p. 48-9. (In Russ.) Линдебратен Л.Д. Очерки истории российской рентгенологии. М., 1995; с. 48-9.

8. Chekhonatskaya ML, Priezzheva VN, Ilyasova EB, et al. To the 100th anniversary of the Saratov Society of Radiologists. Radiology — practice. 2013;6:78-83. (In Russ.) Чехонацкая М.Л., Приезжева В.Н., Илясова Е.Б. и др. К 100-летию Саратовского общества рентгенологов. Радиология — практика. 2013;6:78-83.

9. Glybochko PV, Nikolenko VN. Saratov Anatomical School — 100 years (1909–2009). Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2009;5(3):297-309. (In Russ.) Глыбочко

П.В., Николенко В.Н. Саратовской анатомической школе — 100 лет (1909–2009). Саратовский научно-медицинский журнал. 2009;5(3):297-309.

10. Stern NE. History of the Department of Radiology of the Saratov Medical Institute. Materials on the history of radiology in the USSR. Ed. and with a preface by the distinguished scientist Professor S.A. Reinberg. Moscow, 1948; 41-6 (In Russ.) Штерн Н.Е. История кафедры рентгенологии Саратовского медицинского института. Материалы по истории рентгенологии в СССР: сб. ст. Под ред. С.А. Рейнберга. М., 1948; с. 41-6.

11. Glybochko PV, Ed. Professors and chiefs of the departments of the Saratov State Medical University (1909–2009). Saratov: Publishing House of SSMU, 2008. (In Russ.) Глыбочко П.В., ред. Профессора и заведующие кафедрами Саратовского государственного медицинского университета (1909–2009). Саратов: Изд-во Сарат. гос. мед. ун-та, 2008.

12. Stern NE. On the need for systematic teaching of radiology at Saratov University. Saratov Bulletin of Healthcare. 1922;11:53-4. (In Russ.) Штерн Н.Е. О необходимости систематического преподавания рентгенологии при Саратовском университете. Саратовский вестник здравоохранения. 1922;11:53-4.

13. Stern NE. Removal of echinococcus from the lung. Saratov News. 1927;284:4. (In Russ.) Штерн Н.Е. Удаление эхинококка из легкого. Саратовские известия. 1927;284:4.

14. Report of the Department of Radiology and Radiology of the Saratov Medical Institute for 1948/49. RSI SAAR. F. R-844. Inv. 3. St. un. 70. (In Russ.) Отчет кафедры рентгенологии и радиологии Саратовского медицинского института за 1948/49 год. ОГУ ГАСО. Ф. Р-844. Оп. 3. Ед. хр. 70.

15. Stern NE. The development and current state of the doctrine of pathoanatomic changes in spinal cord tabes. Kazan, 1901; 148 p. (In Russ.) Штерн Н.Е. Развитие и современное состояние учения о патолого-анатомических изменениях при спинной сухотке. Казань, 1901; 148 с.

16. Stern NE, Ed. Collection of works dedicated to the 40th anniversary of prof. N.E. Stern. Saratov: Publishing House of the Saratov Medical Institute, 1941; 307 p. (In Russ.) Штерн Н.Е., ред. Сборник трудов, посвященный 40-летнему юбилею проф. Н.Е. Штерна. Саратов: Изд-во Сарат. мед. ин-та, 1941; 307 с.

17. Stern NE. Mud treatment for sciatica: A report at the scientific conference of doctors of the resort “Elton” (protocol No. 1 of 06/13/2027). Saratov Bulletin of Healthcare. Saratov: Publishing House of the Gubzdravotdela, 1927; 8-9; p. 118-22. (In Russ.) Штерн Н.Е. Грязелечение при ишиасе: доклад на научной конференции врачей курорта «Эльтон» (протокол №1 от 13.06.2027). Саратовский вестник здравоохранения. Саратов: Изд-во Губздравотдела, 1927; 8-9; с. 118-22.

18. Stern NE. The centenary of the gastric probe: A report read at the Society of Internal Medicine and Pathology of Saratov University. Saratov Bulletin of Healthcare. Saratov: Publishing House of the Gubzdravotdela, 1926; 2; p. 81-4. (In Russ.) Штерн Н.Е. Столетие желудочного зонда: доклад, читанный на Обществе внутренней медицины и патологии Саратовского университета. Саратовский вестник здравоохранения. Саратов: Изд-во Губздравотдела, 1926; 2; с. 81-4.

19. Stern NE. Modern achievements of radiology: a report on 11/21/28 at a meeting of the Physico-Medical Society in Saratov on the occasion of the 5th anniversary of the death of Roentgen. Saratov Bulletin of Healthcare. Saratov: Publishing House of the Gubernatorial Department, 1928; 4-5; p. 93-9. (In Russ.) Штерн Н.Е. Современные достижения рентгенологии: доклад 21.11.28 г. на заседании Физико-медицинского общества в Саратове по поводу 5-летия со дня смерти Рентгена. Саратовский вестник здравоохранения. Саратов: Изд-во Губздравотдела, 1928; 4-5; с. 93-9.

20. Stern NE. X-ray diagnostics of the esophageal sinuses. Bulletin of Radiology and Radiology. 1925;3:171-4. (In Russ.) Штерн Н.Е. Рентгенодиагностика пищеводных пазух. Вестник рентгенологии и радиологии. 1925;3:171-4.

21. Stern NE. X-ray diagnostics of peptic ulcer disease. Peptic ulcer diseases: Collection of articles. Essentuki, 1947; p. 116-20. (In Russ.) Штерн Н.Е. Рентгенодиагностика язвенной болезни. Язвенные болезни: сб. ст. Ессентуки, 1947; с. 116-20.

22. Stern NE. X-ray diagnostics of occupational diseases. Saratov Bulletin of Healthcare. Saratov: Publishing House of the Gubzdravotdela, 1926; 2; 85-9. (In Russ.) Штерн Н.Е. Рентгенодиагностика профессиональных болезней. Саратовский вестник здравоохранения. Саратов: Изд-во Губздравотдела, 1926; 2; 85-9.

Статья поступила в редакцию 05.05.2026; одобрена после рецензирования 11.06.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 05.05.2026; approved after reviewing 11.06.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

А.В. Еремин *— ректор, доцент, доктор медицинских наук, meduniv@sgmu.ru, ORCID 0000-0002-0457-3303;* ***М.Л. Чехонацкая*** *— заведующая кафедрой лучевой диагностики им. проф. Н.Е. Штерна, заслуженный врач РФ, профессор, доктор медицинских наук, fax-1@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4507-9456;* ***Е.Б. Илясова*** *— доцент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н.Е. Штерна, доцент, кандидат медицинских наук, sgmu.iljasova@mail.ru, ORCID 0000-0003-2811-888X;* ***О.А. Кондратьева*** *— доцент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н.Е. Штерна, кандидат медицинских наук, okondr7@gmail.com, ORCID 0000-0003-2477-0790;* ***О.Г. Грешнова*** *— доцент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н.Е. Штерна, кандидат медицинских наук, ogreshnova@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6467-9700;* ***Д.А. Бобылёв*** *— доцент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н.Е. Штерна, кандидат медицинских наук, dreik2006@mail.ru, ORCID 0000-0002-1350-2566;* ***И.А. Крючков*** *— ассистент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н.Е. Штерна, kryuchkov-ia@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5436-4120;* ***Д.М. Сероштанов*** *— ассистент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н.Е. Штерна, danilaseroshtanov@yandex.ru;* ***Д.А. Варюхина*** *— ассистент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н.Е. Штерна, das4118@yandex.ru.*

Information about the authors:

Andrey V. Eremin *— Chancellor, Associate Professor, DSc, meduniv@sgmu.ru, ORCID 0000-0002-0457-3303;* ***Marina L. Chekhonatskaya*** *— Head of the Department of Radiology n. a. Prof. N.E. Stern, Honored Doctor of the Russian Federation, Professor, DSc, fax-1@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4507-9456;* ***Elena B. Iljasova*** *— Assistant Professor of the Department of Radiology n. a. Prof. N.E. Stern, PhD, Associate Professor, sgmu.iljasova@mail.ru, ORCID 0000-0003-2811-888X;* ***Olga A. Kondrateva*** *— Assistant Professor of the Department of Radiology n. a. Prof. N.E. Stern, PhD, okondr7@gmail.com, ORCID 0000-0003-2477-0790;* ***Olga G. Greshnova*** *— Assistant Professor of the Department of Radiology n. a. Prof. N.E. Stern, PhD, ogreshnova@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6467-9700;* ***Dmitrii A. Bobylev*** *— Assistant Professor of the Department of Radiology n. a. Prof. N.E. Stern, PhD, dreik2006@mail.ru, ORCID 0000-0002-1350-2566;* ***Ilia A. Kriuchkov*** *— Instructor of the Department of Radiology n. a. Prof. N.E. Shtern, kryuchkov-ia@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5436-4120;* ***Danila M. Seroshtanov*** *— Instructor of the Department of Radiology n. a. Prof. N.E. Shtern, danilaseroshtanov@yandex.ru;* ***Daria A. Varjuhina*** *— Instructor of the Department of Radiology n. a. Prof. N.E. Shtern, das4118@yandex.ru.*

УДК 617(091):929Кошелев В.Н.(045)
EDN: YHQPWS
https://doi.org/10.15275/ssmj2203445

ПРОФЕССОР ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ КОШЕЛЕВ: К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

Ю.Г. Шапкин, Ю.В. Чалык, В.Ю. Климашевич, А.В. Беликов, Н.Ю. Стекольников, П.А. Селиверстов, Р.Х. Хильгияев, Е.А. Скрипаль, В.С. Еремина, В.В. Ашевский

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

PROFESSOR VLADIMIR N. KOSHELEV: 100 YEARS SINCE BIRTH

Yu.G. Shapkin, Yu.V. Chalyk, V.Yu. Klimashevich, A.V. Belikov, N.Yu. Stekolnikov, P.A. Seliverstov, R.H. Khilgiyaev, E.A. Skripal, V.S. Eremina, V.V. Ashevskiy

V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia

Для цитирования: *Шапкин Ю.Г., Чалык Ю.В., Климашевич В.Ю., Беликов А.В., Стекольников Н.Ю., Селиверстов П.А., Хильгияев Р.Х., Скрипаль Е.А., Еремина В.С., Ашевский В.В.* Профессор Владимир Николаевич Кошелев: к 100-летию со дня рождения Саратовский научно-медицинский журнал. 2026; 22 (3): 445-448. EDN: YHQPWS. https://doi.org/10.15275/ssmj2203445

Аннотация. Статья посвящена 100-летию со дня рождения представителя саратовской хирургической школы, талантливого ученого и педагога, заведующего кафедрой госпитальной хирургии педиатрического факультета профессора, доктора медицинских наук Владимира Николаевича Кошелева.

Ключевые слова: профессор В.Н. Кошелев, хирургия, Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского

For citation: *Shapkin YuG, Chalyk YuV, Klimashevich VYu, Belikov AV, Stekolnikov NYu, Seliverstov PA, Khilgiyaev RH, Skripal EA, Eremina VS, Ashevskiy VV.* Professor Vladimir N. Koshelev: 100 years since birth. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2026; 22 (3): 445-448. (In Russ.) EDN: YHQPWS. https://doi.org/10.15275/ssmj2203445

Abstract. The article is dedicated to the 100th anniversary of the birth of Vladimir Nikolaevich Koshelev, a representative of the Saratov surgical school, a talented scientist and educator, head of the Department of Hospital Surgery at the Faculty of Pediatrics, Professor, and Doctor of Medical Sciences.

Keywords: Professor V.N. Koshelev, surgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University

Владимир Николаевич Кошелев родился 17 августа 1926 г. в Саратове в семье техника-строителя и домохозяйки. В 6 лет его определили учиться в нулевой класс неполной средней школы №31 на Соборной площади. Окончание семилетней школы совпало с началом Великой Отечественной войны.

В 15 лет он поступил учиться в Авиационный техникум на отделение «Монтаж моторов». Реалии войны вносили жесткие поправки в учебу. В 1942 г. он вместе с другими курсантами работал на заводе «Серп и молот», где выпускались артиллерийские снаряды.

Любовь к музыке привела В.Н. Кошелева в музыкальный техникум при Саратовской консерватории, где он занимался без отрыва от основного места учебы.

В 1945 г. В.Н. Кошелев поступил в Саратовский медицинский институт. Во время учебы он активно участвовал в художественной самодеятельности. Подрабатывал в качестве музыканта перед вечерними сеансами в кинотеатре.

Свою первую операцию Владимир Николаевич сделал на IV курсе под руководством профессора А.Н. Спиридонова. По его же рекомендации он был зачислен для прохождения субординатуры по хирургии в 1-ю Советскую больницу и позже принят в клиническую ординатуру кафедры факультетской хирургии. Руководитель кафедры и клиники профессор И.М. Поповьян был яркой и незаурядной личностью. В.Н. Кошелев на многие годы стал его ближайшим учеником.

В клинике И.М. Поповьяна наука была обязательным атрибутом роста молодых сотрудников. Это время В.Н. Кошелев всегда вспоминал с любовью и ностальгией. Владимир Николаевич был разносторонним хирургом. Им совместно с учителем опубликованы уникальные наблюдения по хирургическому лечению хондром легкого, внелегочных кист и опухолей, кист сердечной сумки (целомических кист перикарда). Когда в 1957 г. в клинике открылось отделение грудной хирургии, он стал его первым заведующим. Именно В.Н. Кошелев стоял во главе внедрения анестезиологического обеспечения торакальных операций. Он всегда сопровождал своего учителя в поездках в передовые клиники профессоров Ф.Г. Углова, П.А. Куприянова, И.С. Колесникова, Б.В. Петровского, откуда привозился бесценный опыт и установки, которые затем внедрялись у себя в клинике. В 1960 г. В.Н. Кошелевым была успешно защищена кандидатская диссертация на тему «Вопросы клиники, морфологии и хирургического лечения полипов желудка».

После смерти И.М. Поповьяна в 1964 г. клинику возглавил К.И. Мышкин. В этот период Владимир Николаевич активно занимался как новаторской клинической, так и научной деятельностью. В 1968 г. им была защищена докторская диссертация «Нарушение внешнего дыхания при внутригрудных операциях и пути их компенсации» [1]. В исследовании было показано, что нарушения функции внешнего дыхания являются ведущей причиной кардиопульмональных расстройств во время внутригрудных операций. Были выделены легочные механизмы компенсации, циркуляторные механизмы и кровяные механизмы компенсации. Использование для каждой степени компенсации критериев в определении показаний к операции позволило уменьшить частоту послеоперационных осложнений и летальность в 3–5 раз.

В 1970 г. Владимир Николаевич был избран заведующим кафедрой госпитальной хирургии педиатрического факультета. Начало своей работы на базе 6-й городской больницы и кафедре он характеризовал как период реорганизации. В этот период решались сложные кадровые вопросы, а также создавалась современная лечебная база и учебные помещения.

Ответственный автор — Андрей Владимирович Беликов
Corresponding author — Andrey V. Belikov
E-mail: dr-belikov@ya.ru

© Шапкин Ю.Г., Климашевич В.Ю., Беликов А.В., Стекольников Н.Ю., Селиверстов П.А., Хильгияев Р.Х., Скрипаль Е.А., Еремина В.С., Ашевский В.В., 2026

В относительно короткие сроки был построен терапевтический корпус, что позволило освободить старый корпус под хирургических больных и расширить лечебную базу. В 1974 г. была построена четырехэтажная пристройка к хирургическому корпусу, где на четвертом этаже разместились прекрасно оборудованные учебные комнаты со смотровыми куполами. Появился конференц-зал, в котором потом долгие годы читали лекционный курс.

На выбор научного направления работы кафедры повлияли тесные дружеские отношения с генеральным директором объединения «Тантал» Г.А. Умновым и главным инженером этого предприятия Л.И. Кишиневским. Лазерная тематика в то время была «загадочной» и невероятно популярной. В 1964 г. физики А. Прохоров и Н. Басов за разработку и обоснование лазеров были удостоены Нобелевской премии. Союз Советских Социалистических Республик (СССР) стал первой страной, где в то время началось изучение и применение лазерного излучения в медицине. Многие аспекты этих исследований длительное время были засекречены. В подвальном помещении больницы после их перепланировки и капитального ремонта была размещена лазерная лаборатория. Именно «Тантал» оборудовал ее и платил зарплату на постоянной основе высококвалифицированным инженерно-техническим сотрудникам, работавшим на базе клиники.

В течение последующих лет сотрудники клиники и инженеры разрабатывали вопросы влияния лазерного излучения на регенерацию тканей и возможности применения высокоэнергетических лазеров. Для изучения вопросов взаимодействия лазерного излучения с биологическими объектами в центральной научно-исследовательской лаборатории института был создан филиал лазерной лаборатории для экспериментов на животных под руководством старшего научного сотрудника О.Г. Астафьевой, мнение которой Владимир Николаевич очень уважал. Лазерная лаборатория была второй по величине в стране. Уже в 1976 г. на базе клиники проведена I Всесоюзная конференция «Методы и средства квантовой электроники в медицине». После доклада В.Н. Кошелева о результатах научных исследований на президиуме Министерства здравоохранения Российской Советской Федеративной Социалистической Республики (РСФСР) и личного посещения министром здравоохранения В.В. Трофимовым клиники и лазерной лаборатории было выделено 5 единиц штатных сотрудников. В.Н. Кошелева избрали в президиум Всесоюзного медико-технического общества и ввели в состав проблемной комиссии при научно-техническом совете Академии медицинских наук СССР «Лазерная медицина, хирургия и лазерная медицинская техника». В 1980 г. была сформирована программа «Биолазер», утвержденная на Бюро координационного и научно-методического совета Академии наук СССР и Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР. Научным руководителем ее был назначен профессор В.Н. Кошелев (рис. 1). Программа состояла из 2 разделов, 4 направлений и 28 тем-заданий. Нужно подчеркнуть, что в рамках этой программы не только изучались вопросы лазерного взаимодействия, но и создавались медицинские лазерные аппараты.

В 1987 г. директор Всесоюзного института лазерной медицины профессор О.К. Скобелкин сумел добиться в Минздраве СССР решения об открытии в ряде городов лазерных центров со штатом и оборудованием. В соответствии с этим приказом такой



Рис.1 . Профессор В.Н. Кошелев

центр был организован на базе хирургической клиники со штатом 26 единиц.

Влияние лазерного излучения в его низкоэнергетическом варианте была на тот момент совершенно не изучено. Первой сферой его применения стали трофические язвы и длительно незаживающие раны. Первые же результаты показали высокую клиническую эффективность лазеротерапии. Самым эффективным оказался гелий-неоновый лазер с длиной волны 0,63 нм. В 1980 г. данные наших исследований по обоснованию биологической эффективности лазерного излучения были обобщены в монографии «Лазер в лечении ран», которая на многие годы стала руководством и справочником для инженеров и врачей, занимавшихся лазерной проблематикой [6].

Следующим практически симметричным направлением стала работа по изучению влияния лазерного излучения на заживление неосложненных гастродуоденальных язв. Е.Е. Седелковой было доказано, что применение гелий-неонового лазера является высокоэффективным средством заживления неосложненных язв желудка и двенадцатиперстной кишки.

Несколько позже был начат и успешно проведен цикл исследований по внутрисосудистому использованию низкоэнергетического лазерного излучения для лечения перитонита, сепсиса, тяжелой посттравматической кровопотери.

Истинно хирургическим был вопрос о применение высокоэнергетических лазеров, лазерных скальпелей в различных разделах хирургии. Принцип их действия основан на коагуляции клеток тканей, что приводит к их повреждению. Однако, в отличие от электрокоагуляции, лазерное излучение вызывает сугубо локальный эффект, зона паранекроза небольшая. Здесь основная роль также принадлежит длине волны используемого лазера. Так, CO_2-лазер оказался очень эффективен для разрушения кожных опухолей. Были разработаны оригинальные методики многоэтапной лазеркоагуляции гигантских



Рис. 2. Оперирует профессор В.Н. Кошелев

интрадермальных невусов, лазеркоагуляции материнских бородавок при множественных вирусных бородавках, методика ликвидации татуировок способом лазерного штрихования, варианты комбинированного применения лазеркоагуляции с общехирургическими методами в лечении различного вида ангиом и злокачественных новообразований кожи. На многие годы клиника стала местом, куда приходили люди для удаления различных видов опухолей [8].

Активно применялся CO_2-лазер и в брюшной хирургии. Для этого использовали лазерные скальпели «Ромашка» и «Скальпель 1». Для рассечения полых органов применяли инструменты, разработанные под руководством профессора О.К. Скобелкина и собственные разработки. Минимальная зона повреждения стенки желудка или кишки приводила к более раннему восстановлению моторно-эвакуаторной функции, в частности, после резекции желудка.

Расфокусированное лазерное излучение, которое обладало ярким коагуляционным эффектом, совершенно интуитивно стали использовать для коагуляции ран печени, селезенки и почки при их травме. Была проведена серьезная экспериментальная часть работы по определению оптимальных параметров лазерного воздействия.

К тому времени стало известно, что излучение на основе алюмоиттриевого граната (с неодимом) обладает гораздо более выраженным коагуляционным эффектом, чем CO_2-лазеры. Самое главное заключалось в высоком коагуляционном эффекте этого вида лазера. Можно было коагулировать сосуды более крупного диаметра, глубоко расположенные, и свободно резецировать селезенку при ее повреждении. В клинике была снижена летальность при повреждениях паренхиматозных органов, а количество органсохраняющих операций при травме селезенки доведено до 60%. До настоящего времени это лучший мировой показатель. Результаты применения лазеров в брюшной хирургии были защищены в докторской и двух кандидатских диссертациях и обобщены в монографии «Лазер в брюшной хирургии» [2–5].

Помимо основной лазерной тематики в клинике впервые в Саратове было создано сначала отделение, а затем Центр гипербарической оксигенации. Гипербарическую оксигенацию использовали при всех видах гипоксии тканей. Прекрасный эффект получали у больных с парезами кишечника при перитоните, неврологической патологии, черепно-мозговых травмах и желудочно-кишечных кровотечениях [7].

Работа над проблемой хирургического лечения (рис. 2) желудочно-кишечных кровотечений была продолжена и в последующие годы. В 1996 г. на базе кафедры был создан областной Центр по лечению желудочно-кишечных кровотечений. Отсутствие в те годы адекватной противоязвенной терапии и слабые позиции эндоскопического гемостаза определяли хирургический метод как основной. Ежедневно выделенные хирург и эндоскопист выезжали по линии санавиации для оказания помощи таким пациентам на месте или их транспортировали в клинику. Активная работа в этом направлении доцента Ю.Г. Шапкина привела к пересмотру ряда принципиальных позиций в лечении этой тяжелой категории больных и стала основой его докторской диссертации [9].

Умер Владимир Николаевич 10 ноября 1999 г. в реанимационном отделении родной больницы от продолжительного онкологического заболевания.

Под руководством В.Н. Кошелева было защищено 2 докторских и 17 кандидатских диссертаций. Он стал автором 16 монографий, 7 изобретений и 270 научных статей. Более 20 лет возглавлял областное общество хирургов имени С.И. Спасокукоцкого и Саратовское медико-техническое общество. Ему присвоено звание заслуженного изобретателя Российской Федерации. Он являлся академиком Академии естествознания, Лазерной академии и Академии информатизации. В 1991 г. В.Н. Кошелеву за заслуги в научно-педагогической деятельности было присвоено звание «Заслуженный деятель науки РСФСР».

Был награжден орденом «Знак Почета». В 1995 г. за плодотворную хирургическую работу, научную и общественную деятельность Владимиру Николаевичу Кошелеву было присвоено звание Почетного гражданина города Саратова. Имя В.Н. Кошелева носит Саратовская городская клиническая больница №6, на хирургическом корпусе которой установлена мемориальная доска в его честь.

References (Список источников)

1. Koshelev VN. Impairment of external respiration during intrathoracic operations and ways of their compensation. DSc diss. Saratov, 1968; 762 p. (In Russ.) Кошелев В.Н. Нарушение внешнего дыхания при внутригрудных операциях и пути их компенсации: дис. … д-ра мед. наук. Саратов, 1968; 762 с.
2. Chalyk YuV. CO_2 laser in gastric surgery. PhD abstract. Saratov, 1985; 15 p. (In Russ.) Чалык Ю.В. CO_2-лазер в хирургии желудка: автореф. дис. … канд. мед. наук. Саратов, 1985; 15 с.
3. Chalyk YuV. High- and low-intensity lasers in surgery of traumatic injuries of the abdominal cavity parenchymal organs. Saratov, DSc abstract. 1993; 32 p. (In Russ.) Чалык Ю.В. Высоко- и низкоинтенсивные лазеры в хирургии травматических повреждений паренхиматозных органов брюшной полости: автореф. дис. … д-ра мед. наук. Саратов, 1993; 32 с.
4. Koshelev VN, Chalyk YuV. Laser in abdominal surgery. Saratov: Publishing House of Saratov State University, 1985; 160 p. (In Russ.) Кошелев В.Н., Чалык Ю.В. Лазер в брюшной хирургии. Саратов: Изд-во СГУ, 1985; 160 с.
5. Koshelev VN, Chalyk YuV. Surgical tactics for splenic injuries. Vestnik khirurgii. 1992;(3):8-11. (In Russ.) Кошелев В.Н., Чалык Ю.В. Хирургическая тактика при повреждениях селезенки. Вестник хирургии. 1992;(3):8-11.
6. Koshelev VN. High- and low-intensity CO_2 lasers in the treatment of patients with trophic ulcers and long-term non-healing wounds: Guidelines. Saratov, 1983; 19 p. (In Russ.) Кошелев В.Н. Высоко- и низкоинтенсивные CO_2-лазеры в лечении больных с трофическими язвами и длительно не заживающими ранами: учеб.-метод. рек. Саратов, 1983; 19 с.
7. Koshelev VN, Shapkin YuG. Hyperbaric oxygenation in the complex surgical treatment of ulcerative gastroduodenal bleeding: Guidelines. Saratov, 1986; 23 p. (In Russ.) Кошелев В.Н., Шапкин Ю.Г. Гипербарическая оксигенация в комплексном хирургическом лечении язвенных гастродуоденальных кровотечений: учеб.-метод. рек. Саратов, 1986; 23 с.
8. Koshelev VN, Serebryannik MN. Coagulation of benign skin tumors using a laser. Voprosy onkologii. 1986;(11):99-101. (In Russ.) Кошелев В.Н., Серебрянник М.Н. Коагуляция доброкачественных опухолей кожи с помощью лазера. Вопросы онкологии. 1986;(11):99-101.
9. Shapkin YuG. Specialized care for patients with gastroduodenal bleeding in the Saratov regional center. DSc abstract. Saratov, 1996; 32 p. (In Russ.) Шапкин Ю.Г. Специализированная помощь больным с гастродуоденальными кровотечениями в Саратовском областном центре: автореф. дис. … д-ра мед. наук, 1996; 32 с.

Статья поступила в редакцию 08.07.2026; одобрена после рецензирования 15.08.2026; принята к публикации 29.08.2026.
The article was submitted 08.07.2026; approved after reviewing 15.08.2026; accepted for publication 29.08.2026.

Информация об авторах:

Юрий Григорьевич Шапкин *— заведующий кафедрой общей хирургии, профессор, доктор медицинских наук, shapkin.iug@r.sgmu.ru, ORCID 0000-0003-0186-1892;* ***Юрий Викторович Чалык*** *— профессор кафедры общей хирургии, профессор, доктор медицинских наук, cbosh2006@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5872-287X;* ***Владимир Юрьевич Климашевич*** *— доцент кафедры общей хирургии, доцент, кандидат медицинских наук, v.klimashevitch@ya.ru, ORCID 0000-0003-2347-0227;* ***Андрей Владимирович Беликов*** *— доцент кафедры общей хирургии, кандидат медицинских наук, dr-belikov@ya.ru, ORCID 0000-0002-8568-1989;* ***Николай Юрьевич Стекольников*** *— доцент кафедры общей хирургии, доцент, кандидат медицинских наук, nimph2008@ya.ru, ORCID 0000-0002-1407-8744;* ***Павел Андреевич Селиверстов*** *— доцент кафедры общей хирургии, доцент, кандидат медицинских наук, seliwerstov.pl@ ya.ru, ORCID 0000-0002-3416-0470;* ***Рафаил Хашимович Хильгияев*** *— доцент кафедры общей хирургии, кандидат медицинских наук, rafailkh@bk.ru, ORCID 0000-0001-7747-0615;* ***Елена Александровна Скрипаль*** *— ассистент кафедры общей хирургии, 79179850085@yandex.ru, ORCID 0009-0008-0658-615X;* ***Виктория Сергеевна Еремина*** *— ассистент кафедры общей хирургии, ereminavs2312@mail.ru, ORCID 0009-0007-1069-8990;* ***Владислав Валерьевич Ашевский*** *— ассистент кафедры общей хирургии, ORCID 0000-0001-6556-8754.*

Information about the authors:

Yuri G. Shapkin *— Head of the Department of General Surgery, Professor, DSc, shapkin.iug@r.sgmu.ru, ORCID 0000-0003-0186-1892;* ***Yury V. Chalyk*** *— Professor of the Department of General Surgery, DSc, cbosh2006@yandex.ru, ORCID 0000-0002-5872-287X;* ***Vladimir Yu. Klimashevich*** *— Associate Professor of the Department of General Surgery, Associate Professor, PhD, v.klimashevitch@ya.ru, ORCID 0000-0003-2347-0227;* ***Andrey V. Belikov*** *— Assistant Professor of the Department of General Surgery, PhD, dr-belikov@ya.ru, ORCID 0000-0002-8568-1989;* ***Nikolay Yu. Stekolnikov*** *— Assistant Professor of the Department of General Surgery, Associate Professor, PhD, nimph2008@ya.ru, ORCID 0000-0002-1407-8744;* ***Pavel A. Seliverstov*** *— Assistant Professor of the Department of General Surgery, Associate Professor, PhD, seliwerstov.pl@ya.ru, ORCID 0000-0002-3416-0470;* ***Rafail H. Khilgiyaev*** *— Assistant Professor of the Department of General Surgery, PhD, rafailkh@bk.ru, ORCID 0000-0001-7747-0615;* ***Elena A. Skripal*** *— Instructor of the Department of General Surgery, 79179850085@yandex.ru, ORCID 0009-0008-0658-615X;* ***Victoria S. Eremina*** *— Instructor of the Department of General Surgery, ereminavs2312@mail.ru, ORCID 0009-0007-1069-8990;* ***Vladislav V. Ashevskiy*** *— Instructor of the Department of General Surgery gjyxbr29@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6556-8754.*

ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫМ В «САРАТОВСКИЙ НАУЧНО-МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ»

1 Общая информация

В «Саратовском научно-медицинском журнале» публикуются статьи, посвященные различным проблемам теоретической и практической медицины, вопросам организации здравоохранения и его истории. **Не допускается присутствие в статье материалов рекламного характера.** Рукописи могут быть представлены в следующих форматах: оригинальная статья, систематический обзор, краткое сообщение, клинический случай, письмо в редакцию, авторское мнение, лекция, передовая статья (обычно по приглашению редакции). Авторам необходимо указать принадлежность рукописи шифру (-ам) научной (-ых) специальности (-ей) в соответствии с приказом Минобрнауки России от 24 февраля 2021 года № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени…». При подаче статей, содержащих результаты диссертационных исследований, авторам рекомендуется обращать внимание на перечень научных специальностей, по которым «Саратовский научно-медицинский журнал» включен в Перечень ВАК.

Рукописи обычно оцениваются двумя независимыми рецензентами, после чего редакционной коллегией принимается решение о возможности публикации представленной рукописи.

Представляемый материал должен быть **оригинальным, ранее не опубликованным (!).** При выявлении факта нарушения данного положения (дублирующая публикация, плагиат, самоплагиат и т. п.) редакция оставляет за собой право отозвать статью от публикации и отказать всем авторам в дальнейшем сотрудничестве.

Общий объем **оригинальной статьи** и систематических обзоров (включая список литературы, аннотацию, таблицы и подписи к рисункам) не должен превышать **40 тыс. знаков с пробелами.** Общий объем писем в редакцию, **кратких сообщений**, авторских мнений не должен превышать **10 тыс. знаков с пробелами.**

В зависимости от типа рукописи **ограничивается объем иллюстративного материала.** В частности, оригинальные статьи, обзоры и лекции могут иллюстрироваться не более чем тремя рисунками и тремя таблицами, объем иллюстративного материала для краткого сообщения ограничен или одной таблицей, или одним рисунком. Авторские мнения и письма в редакцию публикуются без иллюстративных материалов.

Рукописи, имеющие нестандартную структуру, могут быть представлены для рассмотрения после предварительного согласования с редакцией журнала, при этом необходимо предварительно представить в редакцию мотивированное ходатайство с указанием причин невозможности выполнения основных требований к рукописям, установленных в «Саратовском научно-медицинском журнале». Редакция оставляет за собой право разрешить публикацию подобных статей по решению редакционной коллегии.

Неполучение авторами в течение двух недель с момента отправки статьи какого-либо ответа означает, что письмо не поступило в редакцию и следует повторить его отправку.

Работы должны быть оформлены в соответствии с указанными далее требованиями. Рукописи, не оформленные в соответствии с требованиями журнала, а также опубликованные в других изданиях, к рассмотрению не принимаются.

Редакция рекомендует авторам при оформлении рукописей придерживаться также «Единых требований к рукописям, представляемых в биомедицинские журналы: подготовка и редактирование медицинских публикаций» (Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Writing and Editing for Biomedical Publication), изданных Международным Комитетом редакторов медицинских журналов (ICMJE) — http://www.icmje.org; Рекомендаций COPE, изданных Комитетом по издательской этике (COPE) — http://www.publicationethics.org. Проведение и описание всех клинических исследований должно быть в полном соответствии со стандартами CONSORT (http://www.consort-statement.org), обсервационных исследований — STROBE (http://www.strobe-statement.org), систематических обзоров и метаанализов — PRISMA (http://www.prisma-statement.org) или PRISMA-ScR (для обзоров предметного поля), точности диагностики — STARD (http://www.stard-statement.org). Соблюдение указанных требований значительно ускорит рассмотрение и публикацию статьи в журнале.

Авторы несут полную ответственность за содержание представляемых в редакцию материалов, в том числе за наличие в них информации, нарушающей нормы международного авторского, патентного или иных видов прав каких-либо физических или юридических лиц. Представление авторами рукописи в редакцию «Саратовского научно-медицинского журнала» является подтверждением гарантированного отсутствия в ней указанных нарушений. В случае возникновения претензий третьих лиц к опубликованным в журнале авторским материалам все споры решаются в установленном законодательством порядке между авторами и стороной обвинения. Изъятие редакцией данного материала из опубликованного печатного тиража не производится. Изъятие его из электронной версии журнала возможно при условии полной компенсации морального и материального ущерба, нанесенного редакции авторами.

Редакция оставляет за собой право редактирования статей и изменения стиля изложения, не оказывающих влияния на содержание. Кроме того, редакция оставляет за собой право отклонять рукописи, не соответствующие уровню журнала, возвращать рукописи на переработку и /или сокращение объема текста. Редакция может потребовать от автора представления исходных данных, с использованием которых были получены описываемые в статье результаты, для оценки рецензентом степени соответствия исходных данных и содержания статьи.

При представлении рукописи в редакцию журнала автор передает неисключительные имущественные права на использование рукописи и всех относящихся к ней сопроводительных материалов, в том числе на воспроизведение в печати и интернете, перевод рукописи на иностранные языки и т. д. Указанные права автор передает редакции журнала без ограничения срока их действия и на территории всех стран мира без исключения.

2 Порядок представления рукописи в журнал

Рукопись вместе с сопроводительным письмом представляется только в электронном виде лично

или по электронной почте **editor@ssmj.ru**. Сопроводительное письмо должно быть подписано всеми авторами. Образец сопроводительного письма представлен на сайте журнала в разделе «Документы».

Сопроводительное письмо к статье должно содержать:

1) заявление о том, что статья прочитана и одобрена всеми авторами, что все требования к авторству соблюдены и все авторы уверены, что рукопись отражает действительно проделанную работу;

2) имя, адрес и телефонный номер автора, ответственного за корреспонденцию и за связь с другими авторами по вопросам, касающимся переработки, исправления и окончательного одобрения пробного оттиска;

3) сведения о статье: тип рукописи (оригинальная статья, обзор и др.); шифр (-ы) научной (-ых) специальности (-ей) в соответствии с номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени (приказ Минобрнауки России от 24 февраля 2021 года №118), в совокупности **не более двух специальностей**; количество печатных знаков с пробелами, включая список литературы, аннотацию, таблицы и подписи к рисункам, с указанием детализации по количеству печатных знаков в следующих разделах: текст статьи; аннотацию (на рус. яз.), аннотацию (на англ. яз.); количество ссылок в списке источников; количество таблиц; количество рисунков;

4) фамилии, имена и отчества всех авторов статьи полностью.

3 Требования к представляемым рукописям

Соблюдение данных требований позволит авторам правильно подготовить рукопись к представлению в редакцию.

3.1 Технические требования к тексту рукописи

Принимаются статьи, написанные на русском (с наличием перевода некоторых разделов на английский язык; см. правила далее) или английском языках. При подаче статьи, написанной полностью на английском языке, представление русского перевода названия (заглавия) статьи, фамилий, имен и отчеств авторов, аннотации не является обязательным.

Текст статьи должен быть напечатан в программе Microsoft Office Word (файлы с расширением .rtf и . doc). Шрифт Times New Roman, кегль 12 pt., черного цвета, выравнивание по ширине. Интервалы между абзацами отсутствуют. Первая строка — отступ на 6 мм. Шрифт для подписей к рисункам и текста таблиц должен быть Times New Roman, кегль не менее 10 pt. Обозначениям единиц измерения различных величин, сокращениям типа «г.» (год) должен предшествовать знак неразрывного пробела, отмечающий наложение запрета на отрыв их при верстке от определяемого ими числа или слова. То же самое относится к набору инициалов и фамилий. При использовании в тексте кавычек применяются так называемые типографские кавычки («»). Тире обозначается символом «—» (среднее тире); дефис «-».

На 1-й странице приводятся: УДК; заявляемый тип статьи (оригинальная статья, обзор и др.); шифр (-ы) научной (-ых) специальности (-ей) — **не более двух**; заголовок статьи; инициалы и фамилии всех авторов с указанием аффилиации (полного официального названия учреждения места работы, как в уставе организации). Отдельно приводится полная контактная информация об ответственном авторе (фамилия, имя и отчество контактного автора указываются полностью). Формат ввода данных об авторах: инициалы и фамилия автора, полное официальное наименование организации места работы — в начале статьи. Полные фамилия, имя и отчество, подразделение, должность, ученое звание, ученая степень, электронный адрес, при наличии — ORCID (все применимые позиции указываются через запятую) — в конце статьи. Данные о каждом авторе, кроме последнего, должны оканчиваться **обязательно** точкой с запятой.

Заглавие статьи, имя, отчества, фамилии авторов и информация о них (место работы, должность, ученое звание, ученая степень) следует представлять на двух языках — русском и английском.

3.2 Подготовка текста рукописи

Статьи о результатах исследования (оригинальные статьи и краткие сообщения) должны содержать последовательно следующие разделы: «Аннотация» (на русском и английском языках), «Введение», «Материал и методы», «Результаты», «Обсуждение», «Заключение/Выводы», «Конфликт интересов», «References (Список литературы)». Статьи другого типа (обзоры, лекции, клинические случаи, авторские мнения, письма в редакцию) оформляются несколько иначе (см. шаблоны оформления в разделе «Авторам»).

3.2.1 Заглавие рукописи

Заглавие должно отражать основную цель статьи. Для большинства случаев длина текста названия ограничена 150 знаками с пробелами. Необходимость увеличения количества знаков в заглавии рукописи согласовывается в последующем с редакцией.

3.2.2 Библиографическая запись статьи для цитирования. Аннотация и ключевые слова (словосочетания). Знак охраны авторского права

Библиографическую запись на статью на русском и английском языках для дальнейшего цитирования приводят перед аннотацией и ключевыми словами (словосочетаниями) соответственно на русском и английском языках, предваряя словами «Для цитирования: …/For citation: …».

Аннотация (на русском и английском языках) должна обеспечить понимание главных положений статьи. Для статей о результатах исследования аннотация обязательно должна содержать следующие разделы: *Цель; Материал и методы; Результаты; Заключение*. Объем аннотации на русском языке не должен превышать 1500 знаков с пробелами. Перед основным текстом аннотации необходимо повторно указать авторов и заглавие статьи (в счет количества знаков не входит). В конце аннотации требуется привести не менее трех ключевых слов (словосочетаний) (до 5–6). Ключевые слова (словосочетания) должны соответствовать теме статьи и отражать ее предметную, терминологическую область. Не используют обобщенные и многозначные слова, а также словосочетания, содержащие причастные обороты. Желательно использовать общепринятые термины ключевых слов, отраженные в контролируемых медицинских словарях.

После ключевых слов приводят знак охраны авторского права с указанием фамилии и инициалов автора (авторов) или других правообладателей и года публикации статьи.

3.2.3 Введение

В конце данного раздела необходимо сформулировать основную *цель* работы (для статей о результатах исследования).

3.2.4 Материал и методы

В достаточном объеме должна быть представлена информация об организации исследования, объекте исследования, исследуемой выборке, критериях включения/исключения, методах исследования и обработки полученных данных. Обязательно указывать критерии распределения объектов исследования по группам. Необходимо подробно описать использованную аппаратуру и диагностическую технику с указанием ее основной технической характеристики, названия наборов для гормонального и биохимического исследований, нормальных значений для отдельных показателей. При использовании общепринятых методов исследования требуется привести соответствующие литературные ссылки; указать точные международные названия всех использованных лекарств и химических веществ, дозы и способы применения (пути введения).

Если в статье содержится **описание экспериментов на животных и /или пациентах**, то следует указать, соответствовала ли их процедура стандартам этического комитета или Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 года и ее 7-го пересмотра в 2013 году.

Статьи о результатах клинических исследований должны содержать в данном разделе информацию о соблюдении принципов Федерального закона от 12 апреля 2010 года №61 «Об обращении лекарственных средств» (для исследований, проводимых на территории Российской Федерации) и /или принципов Надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice). Участники исследования должны быть ознакомлены с целями и основными положениями исследования, после чего подписать письменно оформленное согласие на участие. Авторы должны изложить детали этой процедуры при описании протокола исследования в разделе «Материал и методы»и указать, что этический комитет одобрил протокол исследования. Если процедура исследования включает рентгенологические опыты, то желательно привести их описание и дозы экспозиции в данном разделе.

При изложении результатов экспериментов с участием животных необходимо упомянуть о том, выполнялись ли требования Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (1986), национальных руководств (ГОСТы 33215–2014 и 34088–2017) и правил учреждения по содержанию и использованию лабораторных животных.

Пример*:*

Исследование выполнено в соответствии со стандартами Надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования одобрен этическими комитетами всех участвующих клинических центров. До включения в исследование у всех участников получено письменное информированное согласие.

Авторы, представляющие **систематические обзоры литературы** и **метаанализы**, должны включить в них раздел, в котором описываются методы, используемые для нахождения, отбора, получения информации и синтеза данных, в частности PRISMA или PRISMA-ScR. Кроме того, эти методы требуется указать и в аннотации.

Описывать **статистические методы** необходимо настолько детально, чтобы грамотный читатель, имеющий доступ к исходным данным, мог проверить полученные авторами результаты. По возможности, полученные данные должны подвергаться количественной оценке и представляться с соответствующими показателями ошибок измерения и неопределенности (такими, как доверительные интервалы).

Описание процедуры статистического анализа является неотъемлемым компонентом раздела «Материал и методы», при этом саму статистическую обработку данных следует рассматривать не как вспомогательный, а как основной компонент исследования. Необходимо привести полный перечень всех использованных статистических методов анализа и критериев проверки гипотез. Недопустимы фразы типа: «использовались стандартные статистические методы» без конкретного их указания. Обязательно указывается принятый в данном исследовании критический уровень значимости «*p*» (например: «Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05»). В каждом конкретном случае желательно указывать фактическую величину достигнутого уровня значимости «*p*» для используемого статистического критерия. Кроме того, необходимо указывать конкретные значения полученных статистических критериев (например, критерий χ=12,3, число степеней свободы df=2, *p*=0,0001). Требуется давать определение всем используемым статистическим терминам, сокращениям и символическим обозначениям. Например, *M* — выборочное среднее, *m* — ошибка среднего. Далее в тексте статьи необходимо указать объем выборки (*n*), использованный для вычисления статистических критериев. Если используемые статистические критерии имеют ограничения по их применению, то требуется указывать, как проверялись эти ограничения и каковы результаты данных проверок (например, как подтверждался факт нормальности распределения при использовании параметрических методов статистики). Следует избегать неконкретного использования терминов, имеющих несколько значений (например, существует несколько вариантов коэффициента корреляции: Пирсона, Спирмена и др.). Средние величины не следует приводить точнее чем на один десятичный знак по сравнению с исходными данными. Если анализ данных производился с использованием статистического пакета программ, то необходимо указать название этого пакета и его версию.

3.2.5 Результаты

В данном разделе констатируются полученные результаты, подкрепляемые наглядным иллюстративным материалом (таблицы, рисунки). Не следует повторять в тексте все данные из таблиц или рисунков; выделяются или суммируются только важные наблюдения. Не допускаются здесь выражение авторского мнения и интерпретация полученных результатов, так же как и ссылки на работы других авторских коллективов.

3.2.6 Обсуждение

Данный раздел не должен содержать обсуждений, которые не касаются данных, приведенных в разделе «Результаты». Рекомендуется делать ссылки на работы других авторских коллективов. Авторам необходимо выделить новые и важные аспекты исследования, а также выводы, которые из них следуют. Требуется избегать в разделе «Обсуждение» дублирования данных или другого материала,

уже приведенного в разделах «Введение» или «Результаты». В этом разделе обсуждается возможность применения полученных результатов, в том числе и в дальнейших исследованиях, а также их ограничения. Проведенные наблюдения сравниваются с другими исследованиями в данной области. Сделанные заключения связываются с целями исследования. При этом следует избегать «неквалифицированных», необоснованных заявлений и выводов, не подтвержденных полностью фактами. В частности, авторам не следует делать никаких заявлений, касающихся экономической выгоды и стоимости, если в рукописи не представлены соответствующие экономические данные и анализы. Не стоит претендовать на приоритет или ссылаться на работу, которая еще не закончена. Новые гипотезы формулируются в том случае, когда это оправданно. Необходимо четко обозначить, что это только гипотезы. В раздел «Обсуждение» могут быть также включены обоснованные рекомендации.

3.2.7 Заключение/Выводы

Данный раздел может быть написан или в виде общего заключения, или в виде конкретизированных выводов, в зависимости от специфики статьи.

3.2.8 Вклад авторов

После фамилии и инициалов автора в краткой форме описывается его личный вклад в написание статьи (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста и т. д.). Можно ограничиться фразой «все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации».

3.2.9 Конфликт интересов

В данном разделе необходимо указать любые финансовые взаимоотношения, которые способны привести к конфликту интересов в связи с представленным в рукописи материалом. Если конфликта интересов нет, то пишется: «Конфликт интересов не заявляется».

Кроме того, здесь приводятся источники финансирования работы. Основные источники финансирования должны быть отражены под заголовком статьи в виде организаций-работодателей авторов рукописи. В тексте же раздела «Конфликт интересов» указывается тип финансирования организациями-работодателями (НИР и др.), а также информация о дополнительных источниках: спонсорская поддержка (гранты различных фондов, коммерческие спонсоры).

В данном разделе отмечается, если это применимо, коммерческая заинтересованность отдельных физических и/или юридических лиц в результатах работы, наличие в рукописи описаний объектов патентного или любого другого вида прав (кроме авторского).

3.2.10 Благодарности

Данный раздел не является обязательным, но его наличие желательно, если это применимо.

Все участники, не отвечающие критериям авторства, должны быть перечислены в разделе «Благодарности». В качестве примера тех, кому следует выражать благодарность, можно привести лиц, осуществляющих техническую поддержку, помощников в написании статьи или руководителя подразделения, обеспечивающего общую поддержку. Необходимо также выражать признательность за финансовую и материальную поддержку. Группы лиц, чье участие в работе не отвечает критериям авторства, могут быть перечислены как «клинические исследователи» или «участники исследования». Их функция должна быть описана, например, следующим образом: «участвовали как научные консультанты», «критически оценивали цели исследования», «собирали данные» или «принимали участие в лечении пациентов, включенных в исследование».

3.2.11 References (Список литературы)

Редакция рекомендует ограничивать, по возможности, список литературы *двадцатью* наименованиями для оригинальных статей и кратких сообщений и *пятьюдесятью* — для обзоров и лекций. Библиографические ссылки нумеруются последовательно, в порядке их первого упоминания в тексте. Ссылки обозначаются в тексте, таблицах и подписях к рисункам арабскими цифрами в квадратных скобках. Ссылки, относящиеся только к таблицам или подписям к рисункам, должны быть пронумерованы в соответствии с первым упоминанием в тексте определенной таблицы или рисунка. Ссылки должны быть сверены авторами с оригинальными публикациями. За правильность приведенных в списке источников данных ответственность несут авторы!

Не допускаются ссылки на работы, которых нет в списке источников, и наоборот: все документы, на которые делаются ссылки в тексте, должны быть включены в список литературы; недопустимы ссылки на не опубликованные в печати и в официальных электронных изданиях работы, а также на работы многолетней давности (более 10 лет). Исключение составляют только редкие высокоинформативные работы.

С 1 января 2014 года журнал перешел на формат оформления библиографических ссылок, рекомендуемый Американской национальной организацией по информационным стандартам (National Information Standards Organisation — NISO), принятый National Library of Medicine (NLM) для баз данных (Library's MEDLINE/PubMed database) NLM: http://www.nlm.nih.gov/citingmedicine. Названия периодических изданий могут быть написаны в сокращенной форме. Обычно эта форма написания самостоятельно принимается изданием; ее можно узнать на сайте издательства либо в списке аббревиатур Index Medicus.

В библиографическом описании приводятся фамилии авторов до трех, после чего для отечественных публикаций следует указать «и др.», для зарубежных — «et al.». При описании статей из журналов приводят в следующем порядке выходные данные: фамилия и инициалы авторов, заглавие статьи, название журнала, год, том, номер, диапазон страниц. При описании статей из сборников указывают выходные данные: фамилия, инициалы, заглавие статьи, заглавие сборника, место издания, год издания, диапазон страниц.

Для статьи **в русскоязычном источнике** приводится его официальный перевод на английский язык, указанный в статье-первоисточнике.

Заглавие журнала-источника необходимо приводить в формате, рекомендованном на его официальном сайте или публикуемом непосредственно в издании: англоязычная колонка, колонтитулы и др. (официальный перевод или транслитерация). При отсутствии официального англоязычного наименования журнала-источника выполняется его транслитерация.

Примеры оформления ссылок:

Англоязычная статья (следует обратить внимание на отсутствие точек между инициалами авторов, при сокращении заглавия журнала):

Tong Y, Li J, Huang Y, et al. Ultrasound-based radiomic nomogram for predicting lateral cervical lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma. Acad Radiol. 2021; 28 (12): 1675–84. DOI: 10.1016/j.acra.2020.07.017.

Русскоязычная статья (с транслитерацией и без таковой):

Pokida AN, Zybunovskaya NV. Development of telemedicine in Russia: A consumer view. Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya. 2021; 29 (12): 7–16. (In Russ.) Покида А.Н., Зыбуновская Н.В. Развитие телемедицины в России: взгляд потребителей. Здоровье населения и среда обитания. 2021; 29 (12): 7–16. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-29-12-7-16.

Solomadin YuS, Sych YuP, Fadeev VV. Methods for assessing the malignant potential of thyroid nodes. Russian Medical Journal. 2022; (1): 31–5. (In Russ.) Соломадин Ю.С., Сыч Ю.П., Фадеев В.В. Методы оценки злокачественного потенциала узлов щитовидной железы. РМЖ. 2022; (1): 31–5.

Книга:

Gantsev KSh, Ismailov AA, Khmelevsky AA. Oncourology. Moscow: GEOTAR-Media, 2022; 224 p. (In Russ.) Ганцев К.Ш., Измайлов А.А., Хмелевский А.А. Онкоурология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022; 224 с.

Yakovleva SV, ed. Rational antimicrobial pharmacotherapy. 3rd ed. revised and supplemented. Moscow: GEOTAR-Media, 2023; 896 p. (In Russ.) Яковлева С.В., ред. Рациональная антимикробная фармакотерапия. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023; 896 с.

Глава в англоязычной книге:

Pharmacology. In: First Aid for the USMLE Step 12023: A Student-to-Student Guide. London: McGraw-Hill, 2023; p. 227–54.

Глава в русскоязычной книге:

Laparoscopic surgery. In: Keck T, Germer K, Shabunin A, et al. Minimally invasive abdominal surgery. Moscow: GEOTAR-Media, 2021; p. 180–210. (In Russ.) Лапароскопическая хирургия. В кн.: Кек Т., Гермер К., Шабунин А. и др. Минимальноинвазивная абдоминальная хирургия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021; с. 180–210.

Интернет-ссылка:

Diseases and conditions associated with iodine deficiency: Clinical guidelines. 2020. URL: http://disuria.ru/_ld/9/985_kr20DeflodMZ.pdf (17 Feb 2023). (In Russ.) Заболевания и состояния, связанные с дефицитом йода: клин. рекомендации. 2020. URL: http://disuria.ru/_ld/9/985_kr20DeflodMZ.pdf (дата обращения: 17.02.2023).

Автореферат диссертации:

Somov AN. Scientific substantiation of improving the organization of medical care for patients with malignant neoplasms of the prostate: PhD abstract. Samara, 2022; 25 p. (In Russ.) Сомов А.Н. Научное обоснование совершенствования организации медицинской помощи пациентам со злокачественными новообразованиями предстательной железы: автореф. дис. … канд. мед. наук. Самара, 2022; 25 с.

Для автореферата докторской диссертации указывается: DSc abstract (автореф. дис. … д-ра мед. наук).

Диссертация:

Kudinsky DM. Complex clinical and radiation diagnosis of erosive osteoarthritis of the hands: PhD diss. Moscow, 2022; 109 p. (In Russ.) Кудинский Д.М. Комплексная клинико-лучевая диагностика эрозивного остеоартрита кистей: дис. … канд. мед. наук. Москва, 2022; 109 с.

Для докторской диссертации указывается: DSc diss. (дис. … д-ра мед. наук).

3.2.12 Информация об авторах

Сведения об авторе содержат на русском и английском языках: имя, отчество, фамилию автора (полностью); должность и наименование подразделения организации (учреждения), где работает или учится автор, ученое звание, ученую степень, электронный адрес автора (e-mail), открытый идентификатор ученого (Open Researcher and Contributor ID — ORCID) (при наличии).

3.2.13 Графический материал

Графический материал должен быть выполнен в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС. Объем графического материала — минимально необходимый. Если рисунки были опубликованы ранее, следует указать оригинальный источник и представить письменное разрешение на их воспроизведение от держателя права на публикацию. Разрешение требуется независимо от авторства или издателя, за исключением документов, не охраняющихся авторским правом.

Рисунки и схемы в электронном виде представляются с расширением .jpeg, .gif или .png (разрешение 300 dpi). Рисунки можно представлять в различных цветовых вариантах: черно-белый, оттенки серого, цветные. Цветные рисунки окажутся в цветном исполнении только в электронной версии журнала, в печатной версии журнала они будут публиковаться в оттенках серого. Микрофотографии должны иметь метки внутреннего масштаба. Символы, стрелки или буквы, используемые на микрофотографиях, должны быть контрастными по сравнению с фоном. Если используются фотографии людей, то либо эти люди не должны быть узнаваемыми, либо к таким фото должно быть приложено письменное разрешение на их публикацию. Изменение формата рисунков (высокое разрешение и т.д.) предварительно согласуется с редакцией. Редакция оставляет за собой право отказать в размещении в тексте статьи рисунков нестандартного качества.

Рисунки должны быть пронумерованы последовательно в соответствии с порядком, в котором они впервые упоминаются в тексте. Подготавливаются подрисуночные подписи в порядке нумерации рисунков.

В названии файла с рисунком необходимо указать фамилию первого автора и порядковый номер рисунка в тексте, например: «Иванов_рис. 1.gif».

3.2.14 Таблицы

Все таблицы необходимо подготовить в **отдельном** rtf-файле. В названии файла следует указать фамилию первого автора и слово «таблицы», например: «Иванов_таблицы.rtf».

Таблицы должны иметь заголовок и четко обозначенные графы, удобные для чтения. Шрифт для текста таблиц должен быть Times New Roman, кегль не менее 10 pt. Интерлиньяж строк таблицы равен одному интервалу. Фототаблицы не принимаются.

Таблицы нумеруются последовательно, в порядке их первого упоминания в тексте. Каждой из них дается краткое точное наименование. Заголовки

граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе (можно использовать аббревиатуры, которые должны быть раскрыты в примечании к таблице). В примечании также помещаются любые разъяснения.

Все показатели в таблицах должны быть тщательно выверены авторами и соответствовать цифровым данным в тексте. Необходимо указать единицы измерения на русском языке ко всем показателям.

3.2.15 Единицы измерения и сокращения

Измерения приводятся по системе СИ и шкале Цельсия. Сокращения отдельных слов, терминов, кроме общепринятых, не допускаются. Все вводимые сокращения расшифровываются полностью при первом появлении в тексте статьи, с последующим указанием сокращения в скобках. Не следует использовать аббревиатуры в заглавии статьи, аннотации, заголовках таблиц и подрисуночных подписях.

4 Руководство по техническим особенностям подачи рукописей в редакцию журнала читайте на сайте www.ssmj.ru в разделе «Авторам».

Контактная информация:

Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, 112. СГМУ, редакция «Саратовского научно-медицинского журнала».

Тел.: +7 9053803907.

Факс: +7 (8452) 511534.

E-mail: editor@ssmj.ru

Посненкова Ольга Михайловна — заведующий отделом университетских журналов, доктор медицинских наук.

Фомкина Ольга Александровна — ответственный секретарь, доктор медицинских наук, доцент.

Перечень групп научных специальностей, по которым "Саратовский научно-медицинский журнал" включен в Перечень ВАК:

3.1 – Клиническая медицина

3.1.3. Оториноларингология (с 01.02.2022)

3.1.4. Акушерство и гинекология (с 01.02.2022)

3.1.5. Офтальмология (с 01.02.2022)

3.1.7. Стоматология (с 01.02.2022)

3.1.8. Травматология и ортопедия (с 01.02.2022)

3.1.9. Хирургия (с 01.02.2022)

3.1.10. Нейрохирургия (с 01.02.2022)

3.1.13. Урология и андрология (с 01.02.2022)

3.1.18. Внутренние болезни (с 01.02.2022)

3.1.19 Эндокринология (с 01.02.2022)

3.1.20. Кардиология (с 01.02.2022)

3.1.21. Педиатрия (с 01.02.2022)

3.1.22. Инфекционные болезни (с 01.02.2022)

3.1.23. Дерматовенерология (с 01.02.2022)

3.1.24. Неврология (с 01.02.2022)

3.1.26. Фтизиатрия (с 01.02.2022)

3.1.29. Пульмонология (с 01.02.2022)

3.2 – Профилактическая медицина

3.2.1. Гигиена (с 01.02.2022)

3.2.3. Общественное здоровье, организация и социология здравоохранения (с 13.10.2022)

14.02.03. Общественное здоровье и здравоохранение (с 28.12.2018 по 16.10.2022)

14.02.05. Социология медицины (с 28.12.2018 по 16.10.2022)

3.3 – Медико-биологические науки

3.3.1. Анатомия и антропология (с 01.02.2022)

3.3.2. Патологическая анатомия (с 01.02.2022)

3.3.3. Патологическая физиология (с 01.02.2022)

3.3.6 Фармакология, клиническая фармакология (с 01.02.2022)