

ISSN 2220-0967 (Print)
ISSN 2708-6011 (Online)

HEALTH
CARE

- INVENTION
- HEALTH
- INSPIRATIC

- RESEARCH
- INNOVATION
- TECHNOLOGY

- MEDICAL CARE
- SOLUTION
- IDEA

- INVENTORS
- CREATIVITY
- DISCOVERY

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

ПРОБЛЕМЫ ЗДОРОВЬЯ И ЭКОЛОГИИ

HEALTH AND ECOLOGY ISSUES

Том (Vol.) 23, № 1, 2026



Уважаемые коллеги! Уважаемые авторы и читатели!

Нынешний год объявлен Главой государства Годом белорусской женщины. И потому не удивительно, что в первом номере нашего журнала опубликованы статьи о женском здоровье, медицинской помощи в случаях возникновения сугубо женских проблем («Особенности иммуноэндокринных взаимодействий в системе «мать — плацента — плод» при патологии щитовидной железы», «Микробиоценоз влагалища у пациенток с истмико-цервикальной недостаточностью»). Да и в других статьях авторы делятся результатами исследований, касающихся распространенности, выявления, течения и лечения различных заболеваний с учетом гендерных особенностей.

Это относится и к ряду статей, хотя и различных по тематике, но в которых делается акцент на такой общий показатель в состоянии пациентов, как болевой синдром. Авторы раскрывают причины возникновения боли, места ее локализации, остроту, в том числе у детей при различных типах вирусного герпеса; у пациентов в отдаленном послеинсультном периоде и др. И конечно же, делятся своими наработками, направленными на совершенствование медицинской помощи таким пациентам.

Читатели журнала смогут познакомиться в этом номере и с другими интересными и полезными статьями, где, в частности, рассматриваются особенности возникновения спонтанного пневмоторакса, приводятся результаты анализа временной нетрудоспособности пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции, изучается роль спортивной квалификации и пола в формировании склонности к игровой зависимости у студентов и др.

И еще о важном. Первый номер журнала в этом году выходит под руководством нового главного редактора. Однако авторы и читатели могут быть уверены, что сложившиеся за более чем два десятилетия существования этого научного издания традиции будут не просто сохранены, но и получат дальнейшее развитие.

**С УВАЖЕНИЕМ,
РЕКТОР УНИВЕРСИТЕТА,
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА**

И. В. НАЗАРЕНКО

Министерство здравоохранения
Республики Беларусь



ПРОБЛЕМЫ ЗДОРОВЬЯ И ЭКОЛОГИИ

Научно-практический журнал

Том 23, № 1, 2026

(январь–март)

Сквозной номер выпуска — 87

Учредитель и издатель:

учреждение образования
«Гомельский государственный
медицинский университет»
ул. Ланге, 5, 246000, г. Гомель,
Республика Беларусь

«Проблемы здоровья и экологии»

научно-практический журнал.
Основан в 2004 году
Выходит 4 раза в год

Журнал включен в международные
базы: PИNЦ, Google Scholar, ROAD,
Research4life, Ulrich's Periodicals
Directory, WorldCat, Dimensions, CNKI,
BASE, RUSMED, CABI, Semantic Scholar

Входит в Перечень научных изданий
Республики Беларусь для опубликования
результатов диссертационных исследований
(приказ ВАК РБ от 09.02.2026 № 30)

Свидетельство о государственной
регистрации средств массовой
информации № 1241 от 08.02.2010,
выданное Министерством информации
Республики Беларусь;
ЛП № 02330/441 от 04.12.2013

Форма отправки статей
и правила для авторов
размещены на сайте:
<https://journal.gsmu.by>

Адрес редакции:

ул. Ланге, 5, 246000, г. Гомель,
Республика Беларусь
тел.: +375 232 35-97-08;
+375 232 35-97-55;
E-mail: journal@gsmu.by

Координатор Е.В. Гарельская
Секретарь В.П. Шербина
Редакторы: Т.А. Соколова, С.Н. Стаховцова
Корректор О.М. Пузан
Переводчик О.С. Смирнова

Верстка, дизайн Ж.И. Цырыкова
Web-сайт Н.В. Веремеенко

Подписка:

Беларусь (РУП «Белпочта»)

00550 — для индивидуальных подписчиков
005502 — для организаций

Российская Федерация

ООО «Прессинформ»
подписной индекс — 00550
электронный каталог высылается по запросу
e-mail: podpiska@crp.spb.ru

ООО «Екатеринбург-ОПТ»
(филиал ГК «Урал-Пресс») —
подписной индекс — 012744
подписку можно оформить через
интернет-магазин www.ural-press.ru

Цена свободная

Архив журнала доступен на сайтах:
<https://journal.gsmu.by>; <https://elib.gsmu.by>;
<https://elibrary.ru>; <https://cyberleninka.ru>
© Проблемы здоровья и экологии, 2026

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Назаренко Ирина Вячеславовна, к.м.н., доцент,
ректор Гомельского государственного медицинского университета
(Гомель, Беларусь)

Заместитель главного редактора:

Шаршакова Тамара Михайловна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой
общественного здоровья и здравоохранения с курсом ФПКиП
Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)

Почетный научный редактор:

Лызииков Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор, профессор кафедры
хирургических болезней № 1 с курсом сердечно-сосудистой хирургии
Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)

Ответственный научный редактор:

Воропаев Евгений Викторович, к.м.н., доцент, проректор по научной работе
Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)

Ответственный секретарь:

Галиновская Наталья Викторовна, д.м.н., профессор, декан факультета
повышения квалификации и переподготовки Гомельского государственного
медицинского университета (Гомель, Беларусь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Боймуратов Шухрат Абдужалилович, д.м.н., профессор, проректор по учебной работе Ташкентской
медицинской академии (Ташкент, Узбекистан)

Баранов Олег Юрьевич, д.б.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения
биологических наук, член Президиума НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

Беляковский Василий Николаевич, д.м.н., профессор, профессор кафедры онкологии Гомельского
государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)

Варью Имре, MD, PhD, MPH, CHES, специалист по коммуникациям в области общественного здравоохранения
Университета Земмельвайса (Будапешт, Венгрия)

Волотовский Алексей Игоревич, д.м.н., профессор, профессор кафедры травматологии и ортопедии
Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)

Гаин Юрий Михайлович, д.м.н., профессор (Минск, Беларусь)

Гуревич Геннадий Львович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

Доброхотова Юлия Эдуардовна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии
Российского национального исследовательского университета им. Н. И. Пирогова (Москва, Россия)

Калинин Андрей Леонидович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней
Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)

Камышиников Владимир Семенович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой клинической лабораторной
диагностики института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского
государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)

Карпов Игорь Александрович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, заведующий кафедрой
инфекционных болезней Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)

Кира Евгений Федорович, д.м.н., профессор, академик РАЕН, главный специалист по направлению «Аку-
шерство и гинекология» АО «Группа Компаний «МЕДСИ» (Москва, Россия)

Климкович Наталья Николаевна, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой детской онкологии, гематологии
и иммунологии института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения
Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)

Колядич Жанна Викторовна, д.м.н., профессор, заведующий лабораторией онкопатологии центральной
нервной системы с группой онкопатологии головы и шеи Республиканского научно-практического центра
онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова (Минск, Беларусь)

Кононец Александр Семенович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой пенитенциарной медицины
Московского государственного медико-стоматологического университета им. А. И. Евдокимова
(Москва, Россия)

Кумагаи Ацуси, MD, PhD, руководитель медицинской группы Отделения радиационной неотложной меди-
цины Центра передовой радиационной неотложной медицины Национальных институтов квантовой и
радиологической науки и технологий (Чиба, Япония)

Лызииков Алексей Анатольевич, д.м.н., профессор, сосудистый хирург и эндоваскулярный хирург в Уни-
верситетской клинике Джеймса Кука (Мидлсбро, Великобритания)

Мельник Виктор Александрович, д.б.н., профессор, член-корр. РАЕН, проректор по учебной работе
Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)

Михайлова Елена Ивановна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и клинической фармакологи-
и Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)

Мишура Виктор Михайлович, д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе Республи-
канского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека (Гомель, Беларусь)

Мишин Владимир Юрьевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой фтизиатрии и пульмонологии Мос-
ковского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова (Москва, Рос-
сия)

Можейко Людмила Федоровна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии Бел-
орусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)

Ниткин Дмитрий Михайлович, д.м.н., профессор, профессор кафедры урологии и нефрологии инсти-
тута повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного
медицинского университета (Минск, Беларусь)

Новиков Василий Семенович, д.м.н., профессор, вице-президент РАЕН (Москва, Россия)
Новикова Ирина Александровна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой клинической лабораторной диагностики, аллергологии и иммунологии Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)
Одинаева Нуринисо Джумаевна, д.м.н., профессор, директор Научно-исследовательского клинического института детства Министерства здравоохранения Московской области (Москва, Россия)
Питкевич Эдуард Сергеевич, д.м.н., профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спортивной медицины Витебского государственного университета им. П. М. Машерова (Витебск, Беларусь)
Пыко Андрей Александрович, PhD, профессор, научный сотрудник Института медицины окружающей среды Каролинского Института, менеджер научных проектов Центра трудовой и экологической медицины Института медицины окружающей среды Каролинского Института (Стокгольм, Швеция)
Саливончик Димитрий Павлович, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой внутренних болезней № 3 с курсом функциональной диагностики Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)
Симченко Наталья Иосифовна, д.м.н., доцент, профессор кафедры естествознания Могилевского государственного университета (Могилев, Беларусь)
Смышчк Василий Борисович, д.м.н., профессор, директор Республиканского научно-практического центра медицинской экспертизы и реабилитации (Юхновка, Беларусь)
Сорока Николай Федорович, д.м.н., проф., профессор кафедры внутренних болезней, кардиологии и ревматологии с курсом повышения квалификации и переподготовки Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Стожаров Александр Николаевич, д.б.н., профессор, профессор кафедры радиационной медицины и экологии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Строцкий Александр Владимирович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой урологии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Тапальский Дмитрий Викторович, д.м.н., профессор, директор Института физиологии НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
Усс Анатолий Леонидович, д.м.н., профессор, руководитель Республиканского центра гематологии и пересадки костного мозга, заместитель директора по гематологии Минского научно-практического центра хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)
Франко Оскар, MD, PhD, FESC, FFPN, директор Института социальной и профилактической медицины, профессор кафедры эпидемиологии и общественного здравоохранения Бернского университета (Берн, Швейцария)
Чернякова Юлия Михайловна, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и ВПХ Гомельского государственного медицинского университета (Гомель, Беларусь)
Шалькевич Леонид Валентинович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой детской неврологии института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Шепелькевич Алла Петровна, д.м.н., профессор, профессор кафедры эндокринологии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Щерба Алексей Евгеньевич, д.м.н., профессор, заместитель директора по хирургической работе Минского научно-практического центра хирургии, трансплантологии и гематологии (Минск, Беларусь)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Белов Юрий Владимирович, д.м.н., профессор, академик РАН, директор Института кардио-аортальной хирургии Российского научного центра хирургии им. академика Б. В. Петровского (Москва, Россия)
Беляков Николай Алексеевич, д.м.н., профессор, академик РАН, руководитель Северо-Западного окружного центра по профилактике и борьбе со СПИД Санкт-Петербургского НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера, заведующий кафедрой социально-значимых инфекций и фтизиопульмонологии Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. академика И. П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия)
Брико Николай Иванович, д.м.н., профессор, академик РАН, директор Института общественного здоровья им. Ф. Ф. Эрисмана, заведующий кафедрой эпидемиологии и доказательной медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Москва, Россия)
Вольф Сергей Борисович, д.м.н., проф., профессор кафедры фтизиопульмонологии Гродненского государственного медицинского университета (Гродно, Беларусь)
Воробей Александр Владимирович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
Гелпе Наталья Анатольевна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой детских болезней Клинического института детского здоровья им. Н. Ф. Филатова Первого Московского государственного медицинского университета имени И. М. Сеченова (Москва, Россия)
Герасименко Михаил Александрович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, директор Республиканского научно-практического центра, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Жаворонек Сергей Владимирович, д.м.н., профессор, профессор кафедры инфекционных болезней с курсом повышения квалификации и переподготовки Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Жук Игорь Георгиевич, д.м.н., профессор, ректор Гродненского государственного медицинского университета (Гродно, Беларусь)
Комодо Николо, MD, PhD, профессор, президент Флорентийской медицинской ассоциации, директор Департамента здравоохранения Флорентийского государственного университета (Флоренция, Италия)
Кроткова Елена Николаевна, к.м.н., доцент, директор Республиканского научно-практического центра пульмонологии и фтизиатрии (Минск, Беларусь)
Куденьчук Николай Николаевич, член Постоянной комиссии по здравоохранению, физической культуре, семейной и молодежной политике Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь восьмого созыва (Гомель, Беларусь)
Лазаренко Виктор Анатольевич, д.м.н., профессор, ректор Курского государственного медицинского университета (Курск, Россия)
Митрохин Олег Владимирович, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой общей гигиены Института общественного здоровья им. Ф. Ф. Эрисмана Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Москва, Россия)
Осочук Сергей Стефанович, д.м.н., профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета (Витебск, Беларусь)
Пиневиц Дмитрий Леонидович, чрезвычайный и полномочный посол Республики Беларусь в Республике Азербайджан (Минск, Беларусь)
Припутневич Татьяна Валерьевна, д.м.н., доцент, член-корр. РАН, директор Института микробиологии, антимикробной терапии и эпидемиологии Национального медицинского исследовательского центра акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В. И. Кулакова (Москва, Россия)
Решетников Владимир Анатольевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения Института общественного здоровья им. Ф. Ф. Эрисмана Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Москва, Россия)
Рубникович Сергей Петрович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, ректор Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Рузанов Дмитрий Юрьевич, к.м.н., доцент, заместитель директора по научной работе Республиканского научно-практического центра пульмонологии и фтизиатрии (Минск, Беларусь)
Сайганов Сергей Анатольевич, д.м.н., профессор, ректор Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова (Санкт-Петербург, Россия)
Снежицкий Виктор Александрович, д.м.н., профессор, член-корр. НАН Беларуси, профессор 1-й кафедры внутренних болезней Гродненского государственного медицинского университета (Гродно, Беларусь)
Такамуря Нобору, MD, PhD, координатор международных программ сотрудничества Университета Нагасаки (Нагасаки, Япония)
Третьяк Станислав Иванович, д.м.н., профессор, академик НАН Беларуси, заведующий 2-й кафедрой хирургических болезней Белорусского государственного медицинского университета (Минск, Беларусь)
Улумбекова Гузель Эрнстовна, д.м.н., профессор, председатель правления Ассоциации медицинских обществ по качеству, руководитель Высшей школы организации и управления здравоохранением (Москва, Россия)
Чешик Игорь Анатольевич, к.м.н., доцент, директор Института радиобиологии НАН Беларуси (Гомель, Беларусь)
Чижик Сергей Антонович, д.т.н., профессор, академик НАН Беларуси, Первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси (Минск, Беларусь)
Чуканов Алексей Николаевич, д.м.н., профессор, ректор Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета (Витебск, Беларусь)
Щастный Анатолий Тадеушевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета (Витебск, Беларусь)
Ямасита Сунчи, M.D., Ph.D, специалист в области радиобиологии и радиационной эпидемиологии, радиационной медицины и защиты, генеральный директор Национального института квантовых и радиологических наук и технологий (Чикаго), вице-президент Медицинского университета Фукусимы, почетный профессор Университета Нагасаки (Нагасаки, Япония)

Ministry of Health
of the Republic of Belarus



HEALTH AND ECOLOGY ISSUES

Problemy zdorov'ya i ekologii
Scientific and practical Journal

Vol. 23, No 1, 2026

(January — March)
Continuous issue — 87

Founder and publisher

educational institution
«Gomel State Medical University»
5 Lange Street, 246000, Gomel,
Republic of Belarus

«Health and Ecology Issues»

is a quarterly scientific and practical journal
Founded in 2004

The journal is indexed in the
international databases: RSCI, Google
Scholar, ROAD, Research4life, Ulrich's
Periodicals Directory, WorldCat,
Dimensions, CNKI, BASE, RUSMED,
CABI, Semantic Scholar

The journal is included in the List of
Journals for Publication of the Results
of Dissertation Research in the Republic
of Belarus (Order of the Higher Attestation
Commission of the Republic of Belarus dated
09.02.2026 No.30)

Certificate on state registration of mass
media No.1241 dated 08.02.2010,
issued by the Ministry of Information
of the Republic of Belarus; PL
No.02330/441 dated 04.12.2013

Article submission format and
guidelines for authors
can be found on the web-site
<https://journal.gsmu.by>

Editorial office address:

5 Lange Street, 246000, Gomel,
Republic of Belarus
Tel.: +375 232 35-97-08;
+375 232 35-97-55;
E-mail: journal@gsmu.by

Coordinator E.V. Garelskaya
Secretary V.P. Shcherbina
Editors T.A. Sokolova, S.N. Stakhovtsova
Proofreader O.M. Puzan
Translation O.S. Smirnova

Layout, design Zh.I. Tsyrykova
Web-site N.V. Veremeyenko

Subscription:

Belarus (RUE «Belpochta»)

00550 — for individual subscribers

005502 — for organizations

Russian Federation

LLC «Pressinform»

subscription index — **00550**

electronic catalogue is sent upon request,
email: podpiska@crp.spb.ru

LLC «Yekaterinburg-OPT» (branch of the
Ural-Press Group of Companies)
subscription index — **012744**
subscription may be made through
the online-store www.ural-press.ru

Free price

The journal archives are available on:
<https://journal.gsmu.by>; <https://elib.gsmu.by>;
<https://elibrary.ru>; <https://cyberleninka.ru>
© Health and Ecology Issues, 2025

EDITOR-IN-CHIEF:

Irina V. Nazaranka, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor,
Rector of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Deputy Editor-in-Chief:

Tamara M. Sharshakova, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department
of Public Health and Healthcare with a course of the Faculty of Professional
Development and Retraining of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Honorary Scientific Editor:

Anatolij N. Lyzikov, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of
Surgical Diseases №1 with a course of Cardiovascular Surgery of Gomel State
Medical University (Gomel, Belarus)

Scientific Editor-in-Chief:

Evgeniy V. Voropaev, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor, Vice-Rector for
Scientific Work of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Executive Secretary:

Natalia V. Halinouskaya, D.Sc (Medicine), Professor, Dean of the Faculty of
Professional Development and Retraining of Gomel State Medical University
(Gomel, Belarus)

EDITORIAL BOARD

Shukhrat A. Boymuradov, D.Sc (Medicine), Professor, Vice-Rector or Academic Affairs of the Tashkent
Medical Academy (Tashkent, Uzbekistan)

Oleg Yu. Baranov, D. Sc (Biology), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences
of Belarus, Academic Secretary of the Department of Biological Sciences, Member of the Presidium of the
National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)

Vasiliy N. Beliakovskiy, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Oncology of Gomel State
Medical University (Gomel, Belarus)

Imre Var'ju, MD (General Medicine), PhD (Molecular Medicine), MPH (Health Communication), CHES, Expert
in Public Healthcare Commination (Budapest, Hungary)

Aleksey I. Volotovskiy, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Traumatology and
Orthopedics of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Yuri M. Gain, D.Sc (Medicine), Professor, (Minsk, Belarus)

Gennady L. Gurevich, D. Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of
Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)

Julia E. Dobrokhotova, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology of
Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia)

Andrey L. Kalinin, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Propaedeutics of Internal Diseases
of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Vladimir S. Kamyshnikov, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Clinical Laboratory
Diagnostics of Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of Belarusian State
Medical University (Minsk, Belarus)

Igor A. Karpov, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of
Belarus, Head of the Department of Infectious Diseases of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Evgeniy F. Kira, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Chief
Specialist in Obstetrics and Gynecology of AO GK MEDSI (Moscow, Russia)

Natalia N. Klimkovich, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Child Oncology,
Hematology and Immunology of Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of
Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)

Zhanna V. Koliadich, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Laboratory of Oncopathology of Central
Nervous System with the Group of Head and Neck Oncopathology of N.N. Aleksandrov National Cancer Center
of Belarus (Minsk, Belarus)

Aleksandr S. Kononets, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Penitentiary Medicine of
Yevdokimov A. I. Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia)

Atsushi Kumagai, MD, PhD, Head of the Medical Group of the Department of Radiation Emergency Medicine,
Center of Advanced Radiation Medicine, National Institutes of Quantum and Radiological Science and
Technology (Chiba, Japan)

Aleksey A. Lyzikov, D.Sc. (Medicine), Professor, Consultant Vascular and Endovascular surgeon at James
Cook University Hospital, South Tees Hospitals NHS Foundation Trust (United Kingdom)

Victor A. Melnik, D.Sc (Biology), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Natural
Sciences, Vice-Rector for Academic Affairs of Gomel State Medical University, (Gomel, Belarus)

Elena I. Mikhailova, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of General and Clinical Pharmacology
of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)

Victor M. Mitsura, D.Sc. (Medicine), Professor, Deputy Director for Scientific Work of Republican Scientific and
Practical Center for Radiation Medicine and Human Ecology (Gomel, Belarus)

Vladimir Yu. Mishin, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Phthiology and Pulmonology of
Yevdokimov A. I. Moscow State University of Medicine and Dentistry (Moscow, Russia)

Ludmila F. Mozheiko, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology of
Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)

Dmitriy M. Nitkin, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Urology and Nephrology of
Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of Belarusian State Medical University
(Minsk, Belarus)

- Vasily S. Novikov**, D.Sc (Medicine), Professor, Vice-President of the Russian Academy of Natural Sciences (Moscow, Russia)
- Irina A. Novikova**, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Clinical Laboratory Diagnostics, Allergology and Immunology of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)
- Nuriniso J. Odinaeva**, D.Sc (Medicine), Professor, Director of Research Clinical Institute of Childhood of the Ministry of Health of the Moscow Region (Moscow, Russia)
- Eduard S. Pitkevich**, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Education and Sports Medicine of Vitebsk State University named after P.M. Masherov (Vitebsk, Belarus)
- Andrey A. Pyko**, PhD, Professor, Researcher at the Karolinska Institute of Environmental Medicine, Scientific Project Manager of the Center for Occupational and Environmental Medicine, Karolinska Institute of Environmental Medicine (Stockholm, Sweden)
- Dimitriy P. Salivonchik**, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Internal Diseases № 3 with Course of Radiodiagnostics and Actinotherapy of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)
- Natalia I. Simchenko**, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Professor of the Department of Natural Sciences of Mogilev State A. Kuleshov University (Mogilev, Belarus)
- Vasily B. Smychok**, D.Sc (Medicine), Professor, Director of National Science and Practice Center of Medical Assessment and Rehabilitation (Uhnovka, Belarus)
- Nikolay F. Soroka**, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Internal Diseases, Cardiology and Rheumatology with a course of advanced training and retraining of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)
- Aleksander N. Stojarov**, D.Sc (Biology), Professor, Professor of the Department of Radiation Medicine and Ecology of Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)
- Aleksander V. Strotsky**, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Urology of Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)
- Dmitry V. Tapalski**, D.Sc. (Medicine), Professor, Director at the Institute of Physiology of National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
- Anatoly L. Uss**, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Republican Hematology and Bone Marrow Transplantation Center, Deputy Director for Hematology of Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantation and Hematology (Minsk, Belarus)
- Oscar Franko**, MD, PhD, FESC, FFPH, Director of the Institute of Social and Preventive Medicine, Professor of the Department of Epidemiology and Public Healthcare in the University of Bern (Bern, Switzerland)
- Yulia M. Chernyakova**, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Field Surgery of Gomel State Medical University (Gomel, Belarus)
- Leavid V. Shalkevich**, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Pediatric Neurology of Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)
- Alla P. Shepelkevich**, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Endocrinology Department of Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)
- Aliaksei E. Shcherba**, Aliaksei E. Shcherba, D.Sc (Medicine), Professor, Deputy Director for Surgery of Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantation and Hematology (Minsk, Belarus)

EDITORIAL COUNCIL

- Yury V. Belov**, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Cardio-Aortic Surgery of Russian Scientific Center of Surgery named after academician B.V. Petrovsky (Moscow, Russia)
- Nikolay A. Beliakov**, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Northwest Regional AIDS Prevention and Control Centre of Saint-Petersburg Pasteur Institute, Head of the Department of Socially Significant Infections and Phthisiopulmonology of Pavlov First Saint Petersburg State Medical University (Saint-Petersburg, Russia)
- Nikolay I. Briko**, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the Russian Academy of Sciences, Director of F.F. Erisman Institute of Public Health and Health Management, Head of the Department of Epidemiology and Evidence-based Medicine of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)
- Sergei B. Volf**, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Phthisiology of Grodno State Medical University (Grodno, Belarus)
- Aleksandr V. Vorobei**, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
- Natalia A. Gepp**, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Childhood Diseases of N.V. Filatov Clinical Institute of Childhood Healthcare of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)
- Mikhail A. Gerasimenko**, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Director of Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopedics (Minsk, Belarus)
- Sergei V. Zhavoronok**, D.Sc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Infectious Diseases of Belarus State Medical University (Minsk, Belarus)
- Igor G. Zhuk**, D.Sc (Medicine), Professor, Rector of Grodno State Medical University (Grodno, Belarus)
- Nicolo Comodo**, MD, PhD, Professor, President of the Florence Medical Association, Director of the Department of Healthcare at Florence State University (Florence, Italy)
- Elena N. Krotkova**, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor, Director of the Republican Scientific and Practical Center of Pulmonology and Phthisiology (Minsk, Belarus)
- Nikolai N. Kudenchuk**, Member of the Standing Commission for Healthcare, Physical Education, Family and Youth Policy of the House of Representatives of the National Assembly of the Republic of Belarus (the eighth convocation) (Gomel, Belarus)
- Viktor A. Lazarenko**, D.Sc (Medicine), Professor, Rector of Kursk State Medical University (Kursk, Russia)
- Oleg V. Mitrokhin**, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Common Hygiene of F.F. Erisman Institute of Public Health and Health Management at I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)
- Sergei S. Osochuk**, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Research Laboratory of Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University (Vitebsk, Belarus)
- Dmitry L. Pinevich**, Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary of the Republic of Belarus to the Republic of Azerbaijan (Minsk, Belarus)
- Tatiana V. Priputnevich**, D.Sc (Medicine), Associate Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Microbiology, Clinical Pharmacology and Epidemiology of National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after Academician V.I. Kulakov (Moscow, Russia)
- Vladimir A. Reshetnikov**, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Public Health and Health Care at F.F. Erisman Institute of Public Health and Health Management at I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia)
- Sergei P. Rubnikovich**, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Rector of Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)
- Dmitry Yu. Ruzanov**, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor, Deputy Director for Research of the Republican Scientific and Practical Center of Pulmonology and Phthisiology (Minsk, Belarus)
- Sergey A. Saiganov**, D.Sc (Medicine), Professor, Rector of Mechnikov North-West State Medical University (Saint-Petersburg, Russia)
- Victor A. Snezhitskiy**, D.Sc (Medicine), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Professor of the Department of Internal Medicine I at Grodno State Medical University (Grodno, Belarus)
- Noboru Takamura**, MD, PhD, Coordinator of International Cooperation Programs at Nagasaki University (Nagasaki, Japan)
- Stanislaw I. Tretyak**, D.Sc (Medicine), Professor, Full Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Head of the Department of Surgical Diseases №2 at Belarusian State Medical University (Minsk, Belarus)
- Guzel E. Ulumbekova**, D.Sc (Medicine), Professor, Chair of the Board of the Association of Medical Societies for Quality, Head of the High School of Healthcare Organization and Management (Moscow, Russia)
- Igor A. Cheshik**, Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor, Director of the Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, (Gomel, Belarus)
- Sergey A. Chizhik**, D.Sc. (Technology), Professor, Full Member of the National Academy of Sciences of Belarus, First Deputy Chairman of the Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
- Aleksei N. Chukanov**, D.Sc (Medicine), Professor, Rector of Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University (Minsk, Belarus)
- Anatoliy T. Shchastniy**, D.Sc (Medicine), Professor, Head of the Department of Hospital Surgery with a course of the Faculty of Advanced Training and Staff Retraining (FAT&SR) at Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University (Vitebsk, Belarus)
- Shunichi Yamashita**, MD, PhD, Specialist in Radiobiology and Radiation Epidemiology, Radiation Medicine and Protection, General Manager of the National Institute of Quantum and Radiological Sciences and Technologies (Chiba), Vice President of Fukushima Medical University, Professor Emeritus of Nagasaki University and (Japan)

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРЫ И ЛЕКЦИИ

О. А. Зайцева, С. В. Зыблева, Е. С. Тихонова, А. Ю. Захарко, В. А. Рожко
Особенности иммуноэндокринных взаимодействий в системе «мать – плацента – плод» при патологии щитовидной железы 7

С. А. Костюк, И. В. Жевнеронок, А. А. Емельяненко, Т. В. Руденкова, О. С. Полуян, А. К. Лямцева, Д. Ю. Тихонов, О. В. Зенова, М. Г. Бирулина
Роль вирусов герпеса 4, 6 и 7-го типов в формировании хронических болевых синдромов у детей 16

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Н. Е. Викторovich, Д. П. Маркевич
Проводниковые блокады нервов нижней конечности как компонент анальгезии после эндопротезирования коленного сустава 28

О. А. Ярмоленко, А. С. Рудой, Е. Г. Малаева, Э. С. Иноземцев, Д. А. Зиновкин, И. Л. Мамченко, М. А. Дука, Т. В. Алейникова
Спонтанный пневмоторакс: особенности возникновения и течения на примере пациентов, пролеченных за трехлетний период в условиях хирургического торакального отделения 35

Н. Н. Усова
Особенности возникновения разных фенотипов постинсультного болевого синдрома (результаты катамнестического исследования) .. 43

А. В. Скачков, А. Д. Шваева, Н. В. Галиновская
Эффективность комбинированной реперфузионной терапии у пациентов с инфарктом мозга 51

Е. М. Авдюшина, В. В. Берещенко
Диагностика долихоколона и колоптоза по результатам рентгенологических исследований в специализированном учреждении 58

А. В. Гатальская, Т. Н. Захаренкова
Микробиоценоз влагалища у пациенток с истмико-цервикальной недостаточностью 70

А. М. Карамышев, С. А. Павлюченко, И. А. Серко
Сравнительный анализ методов установки ларингеальной маски при проведении сочетанной анестезии у детей 77

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА И БИОЛОГИЯ

А. Н. Осипенко
Нарушение баланса между этерифицированным и свободным холестерином плазмы крови при синдроме полиорганной недостаточности..... 85

Э. А. Надыров, И. Л. Кравцова, А. С. Пилотович, И. А. Челнокова, М. Н. Стародубцева
Радиационно-индуцированные изменения ткани легкого и размеров наночастиц крови крыс в ранний отдаленный период после облучения.... 93

Е. И. Макаревич, В. В. Кудло, И. Г. Жук, Д. Ф. Якимович
Экспериментальная оценка герметичности закрытия перфоративного отверстия желудка бесшовными способами..... 104

ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ, ГИГИЕНА

О. Л. Никифорова
Анализ временной нетрудоспособности пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции 111

Е. В. Снытков, Ма Мин, С. Б. Мельнов
Роль спортивной квалификации и пола в формировании склонности к игровой зависимости у студентов 119

СЛУЧАЙ ИЗ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Н. М. Вихарева, И. А. Куликова
Нейрофиброматоз Реклингхаузена, ассоциированный с развитием злокачественной шванномы 128

Л. В. Кривицкая
Врожденный цирроз печени как проявление неонатального гемохроматоза 134

А. С. Нечипоренко, И. З. Стопа, А. Г. Илькевич
Эластофиброма спины: возможности комплексной клинико-лучевой диагностики (КТ и МРТ) в постановке диагноза (клиническое наблюдение) 141

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Л. Н. Алексейко, К. С. Голохваст, А. М. Захаренко, Н. С. Мышкова, А. В. Литвинчук, Г. В. Седукова, А. Тсатсакис, Д. О. Цымбал, Н. В. Чуешова
Подход к применению растительных вторичных метаболитов в сельском хозяйстве для улучшения качества пищевых продуктов 148

CONTENTS

REVIEWS AND LECTURES

- Olga A. Zaitseva, Svetlana V. Zybleva, Katsiaryna S. Tsikhanava, Anna U. Zakharko, Valentin A. Rozhko**
Features of immune and endocrine interactions in the mother-placenta-fetus system in thyroid pathology 7
- Svetlana A. Kostiuk, Irina V. Zhevneronok, Anastasia A. Yemelyanenko, Tatiana V. Rudenkova, Olga S. Poluyan, Anna K. Lyamtseva, Dmitry Yu. Tikhonov, Oksana V. Zenova, Marina G. Birulina**
Role of herpes viruses types 4, 6 and 7 in the formation of chronic pain syndromes in children 16

CLINICAL MEDICINE

- Nikita E. Viktorovich, Denis P. Markevich**
Nerve blocks of the lower limb as a component of analgesia after knee arthroplasty 28
- Olga A. Yarmolenko, Andrey S. Rudoy, Ekaterina G. Malaeva, Eduard S. Inozemcev, Dmitry A. Zinovkin, Inna L. Mamchenko, Maria A. Duka, Tatyana V. Aleynikova**
Spontaneous pneumothorax: features of its occurrence and course in patients treated over a three-year period in a thoracic surgery department 35
- Natallia N. Usava**
Occurrence peculiarities of different phenotypes of post-stroke pain syndrome (results of a follow-up study) 43
- Aliaksandr V. Skachkou, Anastasiya D. Shvayeva, Natallia V. Halinouskaya**
Effectiveness of combined reperfusion therapy in patients with cerebral infarction 51
- Elena M. Avdyushina, Valentin V. Bereshchenko**
Diagnosis of dolichocolons and coloptosis based on the results of X-ray studies in a specialized institution 58
- Anna V. Gatskaya, Tatsiana N. Zakharenkova**
Vaginal microbiocenosis in patients with cervical insufficiency 70
- Andrei M. Karamyshau, Stanislav A. Pavlyuchenko, Ina A. Siarko**
Comparative analysis of laryngeal mask placement techniques during combined anesthesia in children 77

EXPERIMENTAL MEDICINE AND BIOLOGY

- Alexander N. Osipenko**
Imbalance between esterified and free cholesterol in blood plasma in multiple organ dysfunction syndrome 85
- Eldar A. Nadyrov, Irina L. Kravtsova, Nastassia S. Pilotovich, Irina A. Chelnokova, Maria N. Starodubtseva**
Radiation-induced changes in lung tissue and the size of rat blood nanoparticles in the early long-term period after irradiation 93
- Evgeny I. Makarevich, Viktor V. Kudlo, Igor G. Zhuk, Dmitry F. Yakimovich**
Experimental evaluation of the closure tightness of the perforated opening of the stomach using sutureless methods 104

PUBLIC HEALTH AND HEALTH CARE, HYGIENE

- Olga L. Nikiforova**
Analysis of temporary disability in patients with post-COVID-19 infection 111
- Eugeny V. Snytkov, Ma Ming, Sergey B. Melnov**
Role of sports qualification and gender in propensity for development of gambling addiction in students.... 119

CLINICAL CASES

- Nadezda M. Vishareva, Iryna A. Kulikova**
Recklinghausen's neurofibromatosis associated with the development of malignant schwannoma 128
- Lyudmila Krivitskaya**
Congenital liver cirrhosis as a manifestation of neonatal hemochromatosis 134
- Anna S. Nechiporenko, Ihar Z. Stopa, Andrey G. Ilkevich**
Elastofibroma dorsi: prospects of complex clinical and radiological diagnostics (CT and MRI) in diagnosis (a case study)..... 141

NEW TECHNOLOGIES

- Leonid N. Alekseiko, Kirill S. Golokhvast, Alexander M. Zakharenko, Nadeja S. Myshkavets, Alexandra V. Litvinchuk, Galina V. Sedukova, Aristeidis M. Tsatsakis, Denis O. Tsymbal, Natalia V. Chueshova**
An approach to the application of plant secondary metabolites in agriculture to improve food quality 148

УДК 616.4-055.2-06:616-092-053.2(048.8)

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-01>

Особенности иммуноэндокринных взаимодействий в системе «мать – плацента – плод» при патологии щитовидной железы

О. А. Зайцева¹, С. В. Зыблева², Е. С. Тихонова², А. Ю. Захарко², В. А. Рожко²

¹Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

²Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, г. Гомель, Беларусь

Резюме

В статье представлен обзор отечественной и зарубежной литературы, где публикуются данные исследований по вопросам иммуноэндокринных взаимодействий с особым акцентом на патологические отклонения уровней содержания гормонов щитовидной железы (ЩЖ) и влияния нарушений тиреоидного статуса на развитие осложнений беременности и родов у женщин, здоровье новорожденного и детей в постнатальном периоде. Рассматриваются эндокринные нарушения функции ЩЖ — гипотиреоз, тиреотоксикоз, аутоиммунный тиреоидит, а также йододефицит как одна из причин этих нарушений. В статье представлены междисциплинарные исследования в области иммунологии и эндокринологии.

Проведен анализ данных по теме статьи в отечественной и зарубежной литературе. Использовались базы Pubmed, Elibrary, Scholar.google, Cyberleninka.ru.

Ключевые слова: иммуноэндокринные взаимодействия, гипотиреоз, тиреотоксикоз, аутоиммунный тиреоидит, дефицит йода, беременность

Вклад авторов: Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Зайцева ОА, Зыблева СВ, Тихонова ЕС, Захарко АЮ, Рожко ВА. Особенности иммуноэндокринных взаимодействий в системе «мать – плацента – плод» при патологии щитовидной железы. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):07–15. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-01>

Features of immune and endocrine interactions in the mother-placenta-fetus system in thyroid pathology

Olga A. Zaitseva¹, Svetlana V. Zybleva², Katsiaryna S. Tsikhanava²,
Anna U. Zakharko², Valentin A. Rozhko²

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus

Abstract

The article provides an overview of domestic and foreign literature, including studies data on immune and endocrine interactions with a special focus on pathological deviations in thyroid hormones levels and the impact of thyroid status disorders on the development of complications during pregnancy and childbirth in women, the health of the newborn and children in the postnatal period. Endocrine disorders of the thyroid gland are considered – hypothyroidism, thyrotoxicosis, autoimmune thyroiditis, as well as iodine deficiency as one of the causes of these disorders. The article presents interdisciplinary research in the field of immunology and endocrinology.

The analysis of domestic and foreign literature on the topic of publication is carried out. The databases Pubmed, Elibrary, Scholar.google, Cyberleninka.ru were used.

Keywords: immune and endocrine interactions, hypothyroidism, thyrotoxicosis, autoimmune thyroiditis, iodine deficiency, pregnancy

Author contributions. All authors made significant contributions to the search and analytical work and preparation of the article; read and approved the final version for publication

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Zaitseva OA, Zybleva SV, Tsikhanava KS, Zakharko AU, Rozhko VA. Features of immune and endocrine interactions in the mother-placenta-fetus system in thyroid pathology. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):07–15. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-01>

Введение

Иммунная и эндокринная системы тесно взаимосвязаны между собой и имеют много общих характеристик. Обе системы состоят из похожих компонентов, в том числе включающих сеть рецепторов, широко распространенных по всему организму и реагирующих на внешние и внутренние раздражители. С одной стороны, они управляют реакциями иммунитета, а с другой — контролируют и регулируют метаболические процессы и обмен веществ.

Исследования последнего десятилетия выявляют множество двунаправленных путей коммуникации и механизмов взаимной регуляции. Одним из примеров такого взаимодействия может быть образование аутоантител к тиреопероксидазе (ТРО). ТРО является одним из основных антигенов ЩЖ. Как гуморальный, так и клеточный иммунный ответы могут быть направлены против ТРО. Аутоантитела к ТРО (ТРОАб) встречаются практически у всех пациентов с тиреоидитом Хашимото и примерно у 75 % людей с болезнью Грейвса [1]. Кроме того, ТРОАб принимают участие в аутоиммунной гибели клеток ЩЖ посредством антителозависимой клеточной и комплемент-опосредованной цитотоксичности. Конкретные паттерны распознавания ТРОАб генетически детерминированы и остаются стабильными у человека с течением времени [1].

Хронический аутоиммунный тиреоидит Хашимото ассоциирован с иммунным воспалением и характеризуется инфильтрацией ткани ЩЖ лимфоцитами, преимущественно Т-хелперами 1-го типа (Th1), которые оказывают влияние на функцию ЩЖ посредством синтеза интерлейкина-1 (ИЛ-1), фактора некроза опухоли (ФНО) и интерферона-гамма (IFN- γ) [2].

Установлено влияние тироксина (Т4) и трийодтиронина (Т3) на клетки иммунной системы. В физиологических и патологических условиях лимфоциты можно рассматривать как важные клетки-мишени тиреоидных гормонов (ТГ), которые при необходимости могут продуцировать и депонировать тиреотропный гормон (ТТГ) и Т3 и обладают рецепторами к этим гормонам [3]. Т- и В-лимфоциты способны синтезировать и секретировать ТТГ, оказывая таким образом влияние на функцию ЩЖ. Этот негипофизарный источник ТТГ также может иметь важное значение в патогенезе хронического воспаления [4].

Бактериальные токсины, как и введение тиреолиберина *in vitro*, усиливают выработку

ТТГ лейкоцитами, способствующего активации клеточного и гуморального иммунного ответа посредством пролиферации лимфоцитов, выработки эндогенных воспалительных факторов, таких как интерлейкин-6 (ИЛ-6) и моноцитарный хемоаттрактантный белок-1. Исследования, проведенные *in vitro* и *in vivo* показали, что введение ТТГ значительно повышает уровень Т3 в тимocyтах и других иммунных клетках. Эксперименты, проведенные на мышах с отсутствующим гипофизом (без выработки центрального ТТГ), показали повышение уровня ТГ во время воспаления. И наоборот, несбалансированный иммунный ответ может быть связан с низким уровнем ТГ в плазме, поскольку колебания ТТГ могут изменять выделение Т3 и Т4 ЩЖ [4].

Также примером двунаправленного взаимодействия между эндокринной и иммунной системами является снижение активности естественных киллеров (НК-клеток), наблюдаемое при многих заболеваниях ЩЖ, таких как аутоиммунный тиреоидит (тиреоидит Хашимото), диффузный токсический зоб (болезнь Грейвса), рак ЩЖ [5].

Заболевания ЩЖ, сопровождаемые ее дисфункцией, довольно часто встречаются у женщин репродуктивного возраста. При беременности гормоны ЩЖ оказывают влияние как на здоровье матери, так и плода [6]. На протяжении всего срока гестации ТГ поступают в организм плода через плаценту, на поздних стадиях беременности ЩЖ плода продуцирует также собственные гормоны. Дисфункция ЩЖ у матери, приводящая к более низким или более высоким уровням ТГ, может приводить к нарушению нормального внутриутробного развития плода, включая перинатальное поражение центральной нервной системы (ЦНС) (68 %), различные нарушения эндокринной системы (18–25 %), низкий вес при рождении (25 %), ишемию головного мозга (40 %), временные нарушения обмена веществ (12 %), малые аномалии развития (21 %). Также отмечено, что у детей, матери которых во время беременности имели патологию со стороны ЩЖ, наиболее высокий уровень соматических заболеваний отмечался на протяжении первых двух лет жизни [7, 8].

Иммуноэндокринные взаимодействия и влияние гормонов ЩЖ на иммунный ответ

Метаболизм ТГ и функция ЩЖ связаны с различными аспектами функционирования как врожденного иммунитета, так и адаптивных им-

мунных реакций. В большинстве случаев гипертиреоз приводит к активации иммунной системы, тогда как гипотиреоз — к ее угнетению [3].

Нейтрофилы являются одним из клеточных компонентов врожденной системы иммунитета и осуществляют преимущественно фагоцитирующую функцию. Уровень гормонов ЩЖ влияет на выработку активных форм кислорода (АФК) нейтрофилами. Гипертиреоз приводит к увеличению выработки АФК стимулированными нейтрофилами *ex vivo*, в то время как при гипотиреозе выработка АФК нейтрофилами ограничена [9].

Также известно, что дендритные клетки (ДК) являются Т3-зависимыми клетками. Инкубация мышинных ДК с физиологической дозой Т3 ускоряет созревание ДК, усиливает секрецию интерлейкина-12 (ИЛ-12) и способность ДК активировать цитотоксический ответ Т-клеток [9].

Большинство исследований влияния гормонов ЩЖ на функцию макрофагов посвящены их провоспалительной функции. Так, введение Т3 крысам внутрибрюшинно в течение трех дней приводило к увеличению продукции провоспалительных цитокинов и реактивных форм азота макрофагами. В свою очередь высокие дозы Т4 также приводили к увеличению продукции макрофагами реактивных форм азота и элиминации бактериальных возбудителей, при этом эффекта на генерацию провоспалительных цитокинов выявлено не было. Кроме того, ряд исследований продемонстрировали, что введение высоких доз Т4 *in vitro* приводит к усилению фагоцитоза макрофагами [9].

Показано, что введение Т3 усиливает экспорт Т-лимфоцитов из тимуса в лимфатические узлы и способствует перераспределению недавних тимических эмигрантов между лимфатическими узлами и селезенкой [10].

Известно, что ТГ повышают экспрессию бета-адренорецепторов и/или внутриклеточную передачу сигнала в клетки-мишени различных органов [11, 12]. При тиреотоксикозе, полученном экспериментально, значимо изменялась направленность действия адреналина на функции клеток-фагоцитов, что указывает на вовлеченность адренергических механизмов в иммунокорректирующее действие Т4 [13]. Однако участие адренергических механизмов в реализации иммуномодулирующих эффектов ТГ изучено недостаточно.

При местном иммунном ответе на тимусзависимый антиген у крыс с экспериментальным тиреотоксикозом развиваются разной степени выраженности изменения антителообразования и реакции гиперчувствительности замедленного типа — стимуляция при более легком течении и угнетение при более тяжелом. Повышение

уровня глюкокортикоидов имеет место в механизме иммуносупрессии при тяжелой форме тиреотоксикоза. Повышение чувствительности клеток иммунной системы к бета-адренергической регуляции при тиреотоксикозе подтверждает тот факт, что при введении агониста или антагониста бета-адренорецепторов экспериментальным животным с тиреотоксикозом наблюдалась модификация интегральных показателей иммунного ответа [14].

Особенности влияния гормонов ЩЖ на беременность

Развитие ЩЖ у плода начинается на 3–4-й неделе эмбриогенеза. До 10 недель ЩЖ плода еще не функционирует. Материнские ТГ оказывают влияние на плод до 20 недель внутриутробного развития, в дальнейшем уровень ТТГ у плода возрастает и начинается постепенное нарастание синтеза его собственных Т3 и Т4. В случае нарушения развития или функций ЩЖ плода их роль обеспечивается материнскими ТГ вплоть до рождения ребенка [15].

В условиях физиологически протекающей беременности возрастает потребность организма матери в ТГ, поэтому ее ЩЖ подвергается изменениям, благодаря которым поддерживается нормальный уровень ТГ. Объем ЩЖ матери может увеличиваться на 10–40 % при низком уровне потребления йода на территории проживания [16]. К 6–8 неделям беременности на 30–40 % повышается количество общей фракции гормонов ЩЖ как следствие увеличения тироксинсвязывающего глобулина. Содержание ТТГ, как правило, остается в пределах нормы, но вследствие повышения уровня хорионического гонадотропина человека (ХГЧ) может быть снижено в первом триместре беременности, так как ХГЧ является структурным аналогом ТТГ. Благодаря такой схожести ХГЧ имеет низкую тиреостимулирующую активность. Увеличение содержания ХГЧ в течение беременности с самым высоким уровнем в 10–12 недель гестации ведет к повышению содержания общих Т4 и Т3 и неполному подавлению ТТГ. Описанные изменения — явление физиологическое, их можно отнести к транзиторному гестационному тиреотоксикозу, который встречается примерно у каждой пятой беременной женщины и не нуждается в лечении. К 14–18-й неделе гестации уровень ХГЧ снижается, и это приводит к восстановлению нормального уровня ТТГ [16].

Роль ТГ в нормальном развитии плода достаточно изучена. До 12–15 недель беременности ТГ матери участвуют в закладке основных структур головного мозга. Начиная с 15-й недели гестации и вплоть до родов ТГ матери и самого плода имеют важное значение в формирова-

нии ЦНС, созревании нейронов, миелинизации и синаптогенезе. Гормоны ЩЖ новорожденного в постнатальном периоде участвуют в миелинизации ЦНС, формировании мозжечка, зубчатого гиппокампа [17].

Иммунные аспекты в системе «мать – плацента – плод»

Иммунная система матери играет важную роль в становлении, поддержании и обеспечении здоровой беременности.

Плацента является ключевым интегрирующим звеном во взаимоотношениях между организмом матери и плода. Децидуальная оболочка плаценты состоит из иммунных, децидуальных стромальных и трофобластических клеток, которые взаимодействуют друг с другом, обеспечивая благополучное протекание беременности. НК-клетки являются преобладающими иммунными клетками в децидуальной оболочке в первом триместре, тогда как макрофаги занимают второе место по численности. Сложные взаимодействия между каждым типом клеток, направленные на поддержание баланса между матерью и плодом, играют ключевую роль в обеспечении выживания плода, имеющего определенные антигенные различия. По мере развития беременности иммунные клетки динамически меняются в соответствии с потребностями плода [18].

Ткани эмбриона содержат отцовские антигены, поэтому для благополучного исхода беременности необходимы условия, при которых иммунная система матери и плод будут взаимно сосуществовать [19]. Иммунная система матери распознает аллоантигены плода, тем самым активируются многие эндокринные и иммунные процессы в организме матери, способствующие нормальному протеканию беременности. В норме иммунная система плода формируется в результате естественной активации материнских иммунорегуляторных механизмов, в случае избыточной реакции материнского иммунитета (посредством повышения уровня провоспалительных цитокинов) у детей в постнатальном периоде увеличивается риск психомоторных отклонений, а также предрасположенности к аутоиммунным и аллергическим реакциям [19].

Существуют три основных механизма ускользания от иммунного контроля со стороны организма матери: анатомическое разделение тканей матери и плода посредством плаценты, изменение экспрессии молекул гистосовместимости (HLA) в плаценте, супрессия материнского иммунного ответа [20]. Клетки трофобласта экспрессируют молекулы локуса HLA-G, которые ослабляют активность материнского цитотоксического иммунного ответа. Цитотоксическая

активность иммунных клеток децидуальной оболочки регулируется молекулами локуса HLA-G при взаимодействии с иммуноглобулиноподобными рецепторами, которые экспрессируют Т- и В-лимфоциты, НК-клетки и фагоциты. Также происходит миграция нейтрофилов в эндометрий, тем самым обеспечивая развитие толерантности к плоду и ограничивая инвагинацию трофобласта в эндометрий. НК-клетки, перемещаясь из периферической крови в децидуальную оболочку, при взаимодействии с молекулами локуса HLA-G секретируют IFN- γ . Иммунная толерантность системы «мать – плод» поддерживается благодаря стимуляции экспрессии молекул HLA-G и HLA-E трофобластом и эндотелием при помощи IFN- γ . Децидуальные макрофаги регулируют численность, дифференцировку и активность иммунокомпетентных клеток, тем самым также поддерживая иммунную толерантность. НК-клетки выделяют цитокины, которые оказывают влияние на процесс имплантации и формирования плаценты [21].

Нарушения функции ЩЖ при беременности

Эндокринные нарушения ЩЖ матери оказывают значительное влияние на рост и развитие плода, а также здоровье ребенка в периоде новорожденности и в постнатальном периоде [22].

К осложнениям беременности и родов при гипотиреозе относят самопроизвольные выкидыши на ранних сроках беременности, преэклампсию, анемию, гестационный сахарный диабет, нарушение фетоплацентарного кровотока, хроническую гипоксию плода, задержку внутриутробного развития плода, фетальную макросомию, многоводие, преждевременные роды, преждевременную отслойку нормально расположенной плаценты, аномалии родовой деятельности, преждевременный разрыв плодных оболочек [23, 24].

Пример снижения частоты встречаемости данных осложнений при компенсированном гипотиреозе приведен в одном из исследований, где в группах матерей с гипотиреозом в тех случаях, когда они получали заместительную терапию левотироксином, реже встречались такие исходы, как поступление новорожденных в отделение интенсивной терапии и низкий вес при рождении, отсутствовали случаи рождения детей в состоянии асфиксии, с врожденными пороками развития, а также случаи неонатальной смерти, в отличие от детей, рожденных матерями с некомпенсированным гипотиреозом [25].

Низкий уровень свободного Т4 у матери на ранних сроках беременности был связан с более низким индексом развития у детей в возрасте 10 месяцев, а дети, рожденные от матерей

с длительным низким уровнем Т4 (до 24-й недели или позже), показали дефицит в 8–10 баллов по шкале Бейли при оценке уровня моторного и умственного развития [26].

Характерными маркерами диффузного токсического зоба (ДТЗ) являются тиреостимулирующие антитела к рецепторам тиреотропного гормона (АТ-рТТГ). ДТЗ является наиболее значимой причиной тиреотоксикоза при беременности. У детей, матери которых имели ДТЗ во время беременности, чаще отмечались врожденные пороки развития. Также отмечено, что лечение ДТЗ тиреостатиками во время беременности приводит к повышению частоты врожденного гипотиреоза [27]. Без соответствующей коррекции и наблюдения существует риск задержки физического (выше удельный вес детей с низкой массой тела при рождении (23,7 % против 17,7 %, $p = 0,036$)) и психомоторного (синдром дезадаптации встречался в 35,4 % случаев против 12 % в контрольной группе) развития [28, 29].

Вопрос о влиянии АТ-рТТГ матери на функцию ЩЖ плода и новорожденного очень важен, но изучен мало. АТ-рТТГ легко проникают через плацентарный барьер и могут являться причиной тиреотоксикоза внутриутробного или в неонатальном периоде — у 2–3 % детей, а также быть причиной формирования зоба. Тяжесть и продолжительность тиреотоксикоза у новорожденного зависят от уровня АТ-рТТГ матери, продолжающих циркулировать в кровотоке ребенка [27].

Аутоиммунный тиреоидит (АИТ) является наиболее распространенным аутоиммунным заболеванием женщин репродуктивного возраста. АИТ может протекать как с дисфункцией ЩЖ, так и без нее. АИТ снижает функциональную способность ЩЖ, что может привести к гипотиреозу [30]. Также АИТ может быть причиной снижения фето-материнской толерантности вследствие нарушения клеточного и гуморального иммунитета [31]. Доказано, что широкий спектр антифосфолипидных, антикардиолипидных, антиядерных аутоантител, неспецифических для беременности, присутствует у каждой 6-й женщины с невынашиванием в анамнезе [32, 33]. Антитиреоидные антитела часто обнаруживаются и при других аутоиммунных состояниях и заболеваниях. По мнению некоторых авторов, наличие антитиреоидных антител свидетельствует о нарушении функции Т-клеточного звена иммунитета и поликлональной активации В-клеточного звена [33–36].

Наличие высоких титров антитиреоидных антител у женщин с аутоиммунной патологией ЩЖ даже при отсутствии нарушений тиреоидной функции негативно влияет на течение беременности и плод [36–40].

По результатам одного из исследований, в котором изучалось влияние АИТ беременных на состояние здоровья новорожденных, критерием установления диагноза АИТ было наличие первичного гипотиреоза, в том числе и в анамнезе, в комбинации с ультразвуковыми признаками АИТ и/или имеющимися в крови антитиреоидными антителами [31]. Частота случаев маловесности у новорожденных коррелировала в большей степени с повышенным уровнем антитиреоидных антител, в меньшей степени — с наличием гипотиреоза при беременности. Не исключено, что отсутствие весомого воздействия гипотиреоза на антропометрические данные у новорожденных были связаны со своевременной коррекцией гипотиреоза, выявленного на ранних сроках гестации. Теорию о роли влияния аутоиммунных механизмов на плацентарную дисфункцию у пациенток с АИТ косвенно подтверждает тот факт, что повышенный уровень антитиреоидных антител является фактором риска рождения детей с гипотрофической формой задержки внутриутробного развития. Согласно исследованию, при соответствующей коррекции гипотиреоза при беременности АИТ не имеет существенного влияния на случаи перинатального поражения ЦНС, иные патологии у новорожденных и в целом на течение раннего неонатального периода. Однако отмечено, что дети, рожденные у женщин с АИТ, являются группой высокого риска по развитию внутриутробной инфекции и относятся к категории детей с рекуррентными респираторными заболеваниями [31].

Отмечено, что у детей, рожденных матерями с АИТ, гораздо чаще встречались острые респираторно-вирусные инфекции, инфекции мочевыводящей системы на первом году жизни: в среднем 2,78 случая на человека в год в основной группе (дети от матерей с АИТ) и 1,66 — в контрольной (дети от матерей, не болевших АИТ) ($p < 0,05$). При этом заболевания дыхательных путей протекали в более тяжелой форме [31].

Коэффициенты экспрессии CD3⁺/CD4⁺ клеток, ФНО- α /IL-10 ($p < 0,05$), уровни NK-клеток CD56⁺ ($p < 0,05$), распространенность антител к кардиолипину ($p < 0,05$) и других органонеспецифических антител ($p < 0,005$) значительно выше у женщин с АИТ по сравнению с женщинами без АИТ [41].

Ряд авторов придерживается мнения, что субклинический гипотиреоз и аутоиммунные заболевания ЩЖ не связаны с повышенным риском преждевременных родов, гестационного сахарного диабета или преэклампсии у матери, а также с другими осложнениями перинатального периода [42, 43].

Из вышесказанного следует, что вопрос о наличии связи между привычным невынашиванием беременности и аутоиммунитетом ЩЖ не изучен и подлежит более тщательному рассмотрению.

На плод также могут повлиять и некоторые редкие генетические заболевания ЩЖ у матери, в том числе мутация рецептора ТТГ, следствием которой является гиперчувствительность к хорионическому гонадотропину человека и резистентности к ТГ [37].

Нельзя также не отметить, что существует повышенная потребность в йоде во время беременности из-за повышенного синтеза гормонов ЩЖ, избыточных потерь йода с мочой и трансплацентарного переноса йода для синтеза гормонов ЩЖ плода [44].

Основная биологическая функция йода касается его роли в биосинтезе ТГ ЩЖ. Именно из-за его значительного действия в качестве поглопителя активных форм кислорода йод считается одним из антиоксидантов в живых организмах. Более того, было показано, что окисление йода до гипойодита обладает антиоксидантным, противоинфекционным и противоопухолевым эффектом [45]. Согласно решению комитета Технической консультации Всемирной организации здравоохранения от 2007 г., для определения дефицита йода на протяжении всей беременности рекомендовано использовать медианное пороговое значение концентрации йода в моче для населения < 150 мкг/л. Однако до сих пор вопрос о пороговых значениях для определения степени тяжести дефицита йода при беременности остается открытым. Поэтому в исследовательских целях подразумевается, что показатели тяжести дефицита йода у беременных женщин соответствуют аналогичным показателям у детей и связаны с уровнем тяжести дефицита йода, который наблюдается у населения, проживающего в том же регионе [46].

Существует повышенная потребность в йоде во время беременности из-за повышенного синтеза гормонов ЩЖ, избыточных потерь йода с мочой и трансплацентарного переноса йода для синтеза гормонов ЩЖ плода. Тяжелый дефицит йода у матери влечет за собой такие неблагоприятные исходы беременности, как выкидыш, мертворождение, неонатальная смертность и задержка роста [44]. Также недостаточное потребление йода в фетальный период может вызвать карликовость, кретинизм, умственную отсталость, глухоту, психомоторные дефекты или врожденные аномалии у потомства [47].

Заключение

Прогресс в области изучения взаимосвязи эндокринной и иммунной систем показал, что они являются двумя функционально связанными физиологическими системами. Уникальные эндокринные и иммунные рецепторы позволяют им контролировать взаимодействие организма с внутренними и внешними факторами.

Проведенный анализ литературы показал, что эндокринные нарушения со стороны ЩЖ оказывают негативное влияние на иммунную систему и являются фактором риска соматических заболеваний у пациентов. Наличие заболеваний ЩЖ у беременной женщины, а также такой фактор, как йододефицит, могут быть причиной отягощенной беременности и осложнений в родах для матери и плода, при этом влияние нарушения функции ЩЖ матери в контексте воздействия на иммунную систему плода требует изучения.

Роль иммуноэндокринных взаимодействий, в том числе в системе «мать – плацента – плод», несомненно важна и ее изучение необходимо для понимания взаимосвязи иммуновоспалительных, гормональных и метаболических нарушений в патогенезе не только эндокринных, но и иммунозависимых заболеваний.

Список литературы / References

1. Yavropoulou MP, Sfikakis PP, Chrousos GP. Immune System Effects on the Endocrine System. In: Feingold KR, Ahmed SF, Anawalt B, et al., eds. *Endotext [Internet]*. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; November 8, 2023. [date of access 2025 March 10]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25905362/>
2. Tywanek E, Michalak A, Świrska J, Zwolak A. Autoimmunity, New Potential Biomarkers and the Thyroid Gland-The Perspective of Hashimoto's Thyroiditis and Its Treatment. *Int J Mol Sci*. 2024;25(9):4703. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25094703>
3. Kravchenko V, Zakharchenko T. Thyroid hormones and minerals in immunocorrection of disorders in autoimmune thyroid diseases. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023;14:1225494. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1225494>
4. De Luca R, Davis PJ, Lin HY, et al. Thyroid Hormones Interaction with Immune Response, Inflammation and Non-thyroidal Illness Syndrome. *Front Cell Dev Biol*. 2021;8:614030. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.614030>
5. Lee EK, Sunwoo JB. Natural Killer Cells and Thyroid Diseases. *Endocrinol Metab (Seoul)*. 2019;34(2):132-137. DOI: <https://doi.org/10.3803/EnM.2019.34.2.132>
6. Lee SY, Pearce EN. Assessment and treatment of thyroid disorders in pregnancy and the postpartum period. *Nat Rev Endocrinol*. 2022;18(3):158-171. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41574-021-00604-z>
7. Van Trotsenburg ASP. Management of neonates born to mothers with thyroid dysfunction, and points for attention during pregnancy. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2020;34(4):101437. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beem.2020.101437>
8. Бацазова Н.Е., Гирш Я.В. Патология щитовидной железы: мать – ребенок. В: *Фундаментальные и прикладные проблемы здоровьесбережения человека на Севере*. Сб. ст.

- IV Всерос. науч.-практ. конф.; 2019, 25 окт.; Сургут. Сургут: СГУ; 2019:192-196. [дата обращения 2025 сентябрь 27]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42582212>
- Batsazova NE, Girsh YaV. Thyroid gland pathology: mother – child. In: Fundamental and applied problems of human health preservation in the North: Coll. art. IV All-Russian scientific-practical. conf.; 2019, October 25; Surgut. Surgut: SSU; 2019:192-196. [date of access 2025 September 27]. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42582212> (In Russ.).
9. Van der Spek AH, Fliers E, Boelen A. Thyroid Hormone and Deiodination in Innate Immune Cells. *Endocrinology*. 2021;162(1):bqaa200. DOI: <https://doi.org/10.1210/endo/bqaa200>
10. Ribeiro-Carvalho MM, Smaniotto S, Neves-Dos-Santos S, Mouço T, Savino W, Mello-Coelho V. Triiodothyronine modulates differential homing of recent thymic emigrants to peripheral lymphoid organs. *Scand J Immunol*. 2007;66(1):8-16. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3083.2007.01910.x>
11. Pappas M, Mourouzis K, Karageorgiou H, et al. Thyroid hormone modulates the responsiveness of rat aorta to alpha1-adrenergic stimulation: an effect due to increased activation of beta2-adrenergic signaling. *Int Angiol*. 2009;28(6):474-478. [date of access 2025 Desember 01]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20087285/>
12. Ribeiro MO, Carvalho SD, Schultz JJ, et al. Thyroid hormone-sympathetic interaction and adaptive thermogenesis are thyroid hormone receptor isoform-specific. *J Clin Invest*. 2001;108(1):97-105. DOI: <https://doi.org/10.1172/JCI12584>
13. Ланин Д.В., Шилов Ю.И. Изменение функций циркулирующего пула нейтрофилов и влияние на них тербуталина сульфата при экспериментальном тиреотоксикозе. *Вестн. Уральской мед. акад. науки*. 2009;(2(1)):46-47.
- Lanin DV, Shilov Yul. Changes in the functions of the circulating pool of neutrophils and the effect of terbutaline sulfate on them in experimental thyrotoxicosis. *Bulletin of the Ural Medical Academy of Sciences*. 2009;(2(1)):46-47. (In Russ.).
14. Шилов Ю.И., Годовалов А.П. Адренергическая регуляция иммунного ответа при экспериментальном тиреотоксикозе у крыс. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012;(3(2)):348-354. [дата обращения 2025 декабрь 01]. Режим доступа: <https://www.actabiomedica.ru/jour/article/view/950/897>
- Shilov Yul, Godovalov AP. Adrenergic regulation of the immune response in experimental thyrotoxicosis in rats. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012;(3(2)):348-354. [date of access 2025 Desember 01]. Available from: <https://www.actabiomedica.ru/jour/article/view/950/897> (In Russ.).
15. Заусалина, А.И. Функциональные особенности щитовидной железы плода и новорожденного. В: Материалы Всерос. науч. форума с международным участием, посвященного 75-летию победы в Великой Отечественной войне; 2020, 20 мая; Тюмень. Тюмень: Издательство «Печатник»; 2020. С. 354-355. [дата обращения 2025 сентябрь 26]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/hmxxvo>
- Zausalina, AI. Functional features of the thyroid gland of the fetus and newborn. In: Materials of the All-Russian Scientific Forum with international participation dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War; 2020, May 20; Tyumen. Tyumen: Pechatnik Publishing House; 2020. pp. 354-355. [date of access 2025 September 26]. Available from: <https://elibrary.ru/hmxxvo> (In Russ.).
16. Петунина Н.А., Трухина Л.В., Петунина В.В., Мартиросян Н.С. Беременность и патология щитовидной железы. *Терапия*. 2020;6(1):96-103. DOI: <https://dx.doi.org/10.18565/therapy.2020.1.96-102>
- Petunina NA, Trukhina LV, Petunina VV, Martirosyan NS. Pregnancy and thyroid pathology. *Therapy*. 2020;6(1):96-103. (In Russ.). DOI: <https://dx.doi.org/10.18565/therapy.2020.1.96-102>
17. Оранская А.Н. Патология щитовидной железы и беременность. *Эффективная фармакотерапия*. 2023;19(31):24-33. DOI: <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2023-19-31-24-33>
- Oranskaya AN. Thyroid pathology and pregnancy. *Effective pharmacotherapy*. 2023;19(31):24-33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2023-19-31-24-33>
18. Yang F, Zheng Q, Jin L. Dynamic Function and Composition Changes of Immune Cells During Normal and Pathological Pregnancy at the Maternal-Fetal Interface. *Front Immunol*. 2019;10:2317. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02317>
19. Герлинская Л.А., Варлачев А.В., Кротов Г.И., Концевая Г.В., Мошкин М.П. Иммуногенетический диалог матери и эмбрионов как фактор становления иммунного статуса потомков. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(8):1009-1019. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.444>
- Gerlinskaya LA, Varlachev AV, Krotov GI, Kontsevaya GV, Moshkin MP. Immunogenetic dialogue of mother and embryos as a factor in the formation of immune status of offspring. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(8):1009-1019. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.444>
20. Tersigni C, Meli F, Neri C, et al. Role of Human Leukocyte Antigens at the Feto-Maternal Interface in Normal and Pathological Pregnancy: An Update. *Int J Mol Sci*. 2020;21(13):4756. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21134756>
21. Горячкина В.Л., Мухамедова С.Г., Мальцева А.С. и др. Децидуальная оболочка: клеточные основы иммунной толерантности в системе мать-плод. *Морфология*. 2018;154(5):78-83. [дата обращения 2025 февраль 16]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36408868>.
- Goryachkina VL, Mukhamedova SG, Maltseva AS, et al. Decidual theory: cellular basis of immune tolerance in the mother-fetus system. *Morphology*. 2018;154(5):78-83. [date of access 2025 February 16]. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36408868> (In Russ.).
22. Ляхнович Н.А. Влияние патологии щитовидной железы на течение беременности. *Журнал ГрГМУ*. 2008;4(24):62-65. [дата обращения 2024 сентябрь 15]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-patologii-schitovidnoy-zhelezy-na-techenie-beremennosti>
- Lyakhnovich NA. Influence of the thyroid gland pathology on the course of pregnancy. *Journal of GrGMU*. 2008;4(24):62-65. [date of access 2024 September 15]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-patologii-schitovidnoy-zhelezy-na-techenie-beremennosti> (In Russ.).
23. Медведева М.С., Ляшенко А.С., Ляшенко Е.Н. Течение беременности и родов у женщин с первичным гипотиреозом. *Акушерство, Гинекология и Репродукция*. 2023;17(1):65-74. DOI: <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2023.366>
- Medvedeva MS, Lyashenko AS, Lyashenko EN. The course of pregnancy and childbirth in women with primary hypothyroidism. *Obstetrics, Gynecology and Reproduction*. 2023;17(1):65-74. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17749/2313-7347/ob.gyn.rep.2023.366>
24. Anandappa S, Joshi M, Polanski L, Carroll PV. Thyroid disorders in subfertility and early pregnancy. *Ther Adv Endocrinol Metab*. 2020;11:2042018820945855.
25. Maraka S, Singh Ospina NM, O'Keeffe DT, et al. Effects of Levothyroxine Therapy on Pregnancy Outcomes in Women with Subclinical Hypothyroidism. *Thyroid*. 2016;26(7):980-986. DOI: <https://doi.org/10.1089/thy.2016.0014>
26. De Groot L, Abalovich M, Alexander EK, et al. Management of thyroid dysfunction during pregnancy and postpartum: an Endocrine Society clinical practice guideline [published correction appears in *J Clin Endocrinol Metab*. 2021 May 13;106(6):e2461]. *J Clin Endocrinol Metab*. 2012;97(8):2543-2565. DOI: <https://doi.org/10.1210/clinem.dgab252>
27. Ворохобина Н.В., Ловкова Ю.С., Кузнецова А.В., Ковалева Ю.В., Баранов В.Л. Функциональное состояние

цитовидной железы новорожденных от матерей с диффузным токсическим зобом. *Медицинский вестник Юга России*. 2019;10(3):24-31.

DOI: <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2019-10-3-24-31>

Vorokhobina NV, Lovkova YuS, Kuznetsova AV, Kovaleva YuV, Baranov VL. Functional state of the thyroid gland of newborns from mothers with diffuse toxic goiter. *Medical Bulletin of the South of Russia*. 2019;10(3):24-31. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2019-10-3-24-31>

28. Harn-A-Morn P, Dejkharnon P, Tongsong T, Luewan S. Pregnancy Outcomes among Women with Graves' Hyperthyroidism: A Retrospective Cohort Study. *J Clin Med*. 2021;10(19):4495. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm10194495>

29. Рафиева З.Х., Тагоева Ф.М., Абдуллоходжаева Г.А., Садикова Г.Н. Перинатальные исходы у женщин с патологией щитовидной железы. *Вестник Педагогического университета*. 2014;5(60):267-271. [дата обращения 2024 сентябрь 15]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/perinatalnye-ishody-u-zhenschin-s-patologiy-schitovidnoy-zhelezy-1>

Rafieva ZH, Tagoeva FM, Abdullokhodjaeva GA, Sadikova GN. Perinatal outcomes in women with thyroid pathology. *Bulletin of the Pedagogical University*. 2014;5(60):267-271. [date of access 2024 September 15]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/perinatalnye-ishody-u-zhenschin-s-patologiy-schitovidnoy-zhelezy-1> (In Russ.).

30. Puthiyachirakal MA, Hopkins M, AlNatsheh T, Das A. Overview of thyroid disorders in pregnancy. *Matern Health Neonatol Perinatol*. 2025;11(1):9. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40748-025-00208-9>

31. Сандакова Е.А., Капустина Е.Ю. Влияние аутоиммунного тиреоидита у беременных на состояние здоровья младенцев. *Акушерство и гинекология*. 2015;(2):81-86. [дата обращения 2024 ноябрь 12]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23181292>

Sandakova EA, Kapustina EYu. Influence of autoimmune thyroiditis in pregnant women on infant health. *Obstetrics and Gynaecology*. 2015;(2):81-86. [date of access 2024 November 12]. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23181292> (In Russ.).

32. Ohara J., Nomura M. Assay of anticardiolipin antibodies and its clinical significant. *Rinsho Buari*. 2003;41(8):859-865.

33. Чайка В. К., Демина Т. Н. Антифосфолипидный синдром. Донецк: Норд-Пресс; 2004.

Chaika VK, Demina TN. Antiphospholipid syndrome. Donetsk: Nord-Press; 2004. (In Russ.).

34. Касаткина Э.П. Аутоиммунный тиреоидит: диагностика и лечение (дискуссия по поводу статьи В. В. Fadeev, G. A. Melnichenko, G. A. Gerasimov «Аутоиммунный тиреоидит: первый шаг к консенсусу»). *Проблемы Эндокринологии*. 2002;48(3):3-6. DOI: <https://doi.org/10.14341/probl11596>

Kasatkina EP. Autoimmune thyroiditis: diagnosis and treatment (Discussion of the paper by V. V. Fadeev, G. A. Melnichenko, G. A. Gerasimov "Autoimmune Thyroiditis: First Step to Consensus"). *Problems of Endocrinology*. 2002;48(3):3-6. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14341/probl11596>

35. Alving BM. Diagnosis and management of patients with the antiphospholipid syndrome. *J Thromb Thrombolysis*. 2001;12(1):89-93. DOI: <https://doi.org/10.1023/a:1012798713607>

DOI: <https://doi.org/10.1023/a:1012798713607>

36. Шаповал Д.Н. Аутоиммунные заболевания щитовидной железы и беременность. *Международный медицинский журнал*. 2011;(3):82-84. [дата обращения 2025 ноябрь 29]. Режим доступа: <https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/93a7b6f6-8982-4721-8704-88b7c2dbdafb/content>

Shapoval DN. Autoimmune thyroid diseases and pregnancy. *International Medical Journal*. 2011;(3):82-84. [date of access 2024 November 29]. Available from: <https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/93a7b6f6-8982-4721-8704-88b7c2dbdafb/content> (In Russ.).

37. Huget-Penner S, Feig DS. Maternal thyroid disease and its effects on the fetus and perinatal outcomes. *Prenat Diagn*. 2020;40(9):1077-1084. DOI: <https://doi.org/10.1002/pd.5684>

38. Паньків В.І. Захворювання щитоподібної залози: Навч. посіб.Чернівці: БДМА; 2003.

Pankiv VI. Disease of the thyroid gland: Navch. posib. Chernivtsi: BDMA; 2003.

39. Медведь В.І., Данилко В.О. Щитовидна залоза і вагітність (огляд літератури). *Журн. АМН України*. 2004;10(3):518-529.

Medved VI., Danilko VO. Thyroid congestion and vaginosis (review of the literature). *Journal Academy of Medical Sciences of Ukraine*. 2004;10(3):518-529.

40. Олійник В. О. Патологія щитовидної залози в Україні (епідеміологія та регіональні особливості). *Журн. практичного лікаря*. 2001;(2):5-7.

Olynyk VO. Pathology of the thyroid gland in Ukraine (epidemiology and regional particularities). *Journal. practical doctor*. 2001;(2)5-7.

41. Kim NY, Cho HJ, Kim HY, et al. Thyroid autoimmunity and its association with cellular and humoral immunity in women with reproductive failures. *Am J Reprod Immunol*. 2011;65(1):78-87. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0897.2010.00911.x>

42. Plowden TC, Schisterman EF, Sjaarda LA, Perkins NJ, Silver R, Radin R, et al. Thyroid-stimulating hormone, anti-thyroid antibodies, and pregnancy outcomes. *Am J Obstet Gynecol*. 2017;217(6):697.e1-697.e7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2017.09.001>

43. López-Tinoco C, Rodríguez-Mengual A, Lara-Barea A, Barcala J, Larrán L, Saez-Benito A, et al. Impact of positive thyroid autoimmunity on pregnant women with subclinical hypothyroidism. *Endocrinol Diabetes Nutr (Engl Ed)*. 2018;65(3):150-155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2017.11.013>

44. Lee SY. Editorial: Consequences of Iodine Deficiency in Pregnancy. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021;12:740239. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.740239>

45. Sorrenti S, Baldini E, Pironi D, et al. Iodine: Its Role in Thyroid Hormone Biosynthesis and Beyond. *Nutrients*. 2021;13(12):4469. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13124469>

46. Toloza FJK, Motahari H, Maraka S. Consequences of Severe Iodine Deficiency in Pregnancy: Evidence in Humans. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:409. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00409>

47. Machamba AAL, Azevedo FM, Fracalossi KO, do C C Franceschini S. Effect of iodine supplementation in pregnancy on neurocognitive development on offspring in iodine deficiency areas: a systematic review. *Arch Endocrinol Metab*. 2021;65(3):352-367. DOI: <https://doi.org/10.20945/2359-3997000000376>

DOI: <https://doi.org/10.20945/2359-3997000000376>

Информация об авторах / Information about the authors

Зайцева Ольга Александровна, ассистент кафедры педиатрии с курсом ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1557-7470>
e-mail: zajkina@bk.ru

Olga A. Zaitseva, Assistant Lecturer at the Department of Pediatrics with the course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1557-7470>
e-mail: zajkina@bk.ru

Зыблева Светлана Валерьевна, д.м.н., доцент, заместитель директора (по медицинской части) ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3061-5324>

e-mail: zyb-svetlana@yandex.ru

Тихонова Екатерина Сергеевна, врач аллерголог-иммунолог отделения аллергологии и иммунопатологии, ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7881-3460>

e-mail: stusha@yandex.ru

Захарко Анна Юрьевна, к.м.н., врач акушер-гинеколог, ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6965-6794>

e-mail: annazakharko@tut.by

Рожко Валентин Александрович, к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии, ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4783-6166>

e-mail: yrahara@mail.ru

Svetlana V. Zybleva, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Deputy Director (Medical) of the Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3061-5324>

e-mail: zyb-svetlana@yandex.ru

Katsiaryna S. Tsikhanava, Allergologist and Immunopathologist at the Department of Allergiology and Immunopathology, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7881-3460>

e-mail: stusha@yandex.ru

Anna U. Zakharko, Candidate of Medical Sciences, Obstetrics and Gynecology Doctor, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6965-6794>

e-mail: annazakharko@tut.by

Valentin A. Rozhko, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher at the Epidemiology Laboratory, Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4783-6166>

e-mail: yrahara@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Зайцева Ольга Александровна

e-mail: zajkina@bk.ru

Olga A. Zaitseva

e-mail: zajkina@bk.ru

Поступила в редакцию / Received 27.01.2025

Поступила после рецензирования / Accepted 14.11.2025

Принята к публикации / Revised 18.02.2026



Роль вирусов герпеса 4, 6 и 7-го типов в формировании хронических болевых синдромов у детей

С. А. Костюк¹, И. В. Жевнеронок¹, А. А. Емельяненко¹, Т. В. Руденкова¹,
О. С. Полуян¹, А. К. Лямцева¹, Д. Ю. Тихонов², О. В. Зенова³, М. Г. Бирулина³

¹Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной медицины УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Беларусь

²Минский городской исполнительный комитет, г. Минск, Беларусь

³Центр гигиены и эпидемиологии Первомайского района г. Минска, г. Минск, Беларусь

Резюме

Вирусы герпеса человека 4, 6 и 7-го типов широко распространены среди детского населения и обладают уникальной способностью к пожизненной латентной персистенции с периодической реактивацией. В статье представлен аналитический обзор научной литературы, посвященной эпидемиологии, молекулярной биологии и клиническим проявлениям инфекций, вызванных вирусами герпеса человека 4, 6, 7-го типов, с акцентом на их роль в формировании хронических болевых синдромов у детей. Ключевыми механизмами участия герпесвирусов в генезе хронических болевых синдромов являются: индукция хронического системного и нейровоспаления с выработкой провоспалительных цитокинов; прямой нейротропизм; поддержание центральной сенситизации; запуск аутоиммунных реакций, ведущих к повреждению нервных структур; развитие висцеральной гиперчувствительности через молекулярную мимикрию. Вирусы герпеса человека 4, 6, 7-го типов при их персистенции и реактивации за счет поддержания состояния иммунной дисрегуляции и нейровоспаления создают биологическую основу для трансформации острой ноцицептивной боли в ноципластическую, характерную для формирования хронических болевых синдромов у детей.

Ключевые слова: вирусы герпеса человека, дети, хронические болевые синдромы

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Костюк СА, Жевнеронок ИВ, Емельяненко АА, Руденкова ТВ, Полуян ОС, Лямцева АК, Тихонов ДЮ, Зенова ОВ, Бирулина МГ. Роль вирусов герпеса 4, 6 и 7-го типов в формировании хронических болевых синдромов у детей. *Проблемы здоровья и экологии.* 2026;23(1):16–27. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-02>

Role of herpes viruses types 4, 6 and 7 in the formation of chronic pain syndromes in children

Svetlana A. Kostyuk¹, Irina V. Zhevneronok¹, Anastasia A. Yemelyanenko¹,
Tatiana V. Rudenkova¹, Olga S. Poluyan¹, Anna K. Lyamtseva¹,
Dmitry Yu. Tikhonov², Oksana V. Zenova³, Marina G. Birulina³

¹Research Institute of Clinical and Experimental Medicine of Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

²Minsk City Executive Committee, Minsk, Belarus

³Center for Hygiene and Epidemiology of the Pervomaisky District of Minsk, Minsk, Belarus

Abstract

Human herpes viruses types 4, 6, and 7 are widespread among children, and possess a unique ability for maintaining lifelong latent persistence with periodic reactivation. This article provides an analytical review of the scientific literature on epidemiology, molecular biology, and clinical manifestations of infections caused by human herpesviruses types 4, 6, and 7, with a focus on their role in formation of chronic pain syndromes in children. The key mechanisms of herpesvirus involvement in the genesis of chronic pain syndromes are induction of chronic systemic and neuroinflammation with production of proinflammatory cytokines; direct neurotropism; maintenance of central sensitization; triggering of autoimmune reactions leading to damage to nerve structures; development of visceral hypersensitivity through molecular

mimicry. Human herpes viruses types 4, 6, and 7, when persistent and reactivated by maintaining a state of immune dysregulation and neuroinflammation, create a biological basis for the transformation of acute nociceptive pain into nociplastic pain, specific to the formation of chronic pain syndromes in children.

Keywords: *human herpes viruses, children, chronic pain syndromes*

Author contributions. All authors made significant contributions to the research and analysis and preparation of the article, read and approved the final version for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Kostiuk SA, Zhevneronok IV, Yemelyanenko AA, Rudenkova TV, Poluyan OS, Lyamtseva AK, Tikhonov DYU, Zenova OV, Birulina MG. Role of herpes viruses types 4, 6 and 7 role in the formation of chronic pain syndromes in children. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):16–27. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-02>

Болевые синдромы у детей представляют собой значимую медико-социальную проблему, поскольку они негативно влияют на физическое развитие, психоэмоциональное состояние и качество жизни ребенка, а также часто приводят к снижению учебной и социальной активности. В педиатрической практике выделяют хронические или рецидивирующие болевые состояния неясной этиологии, что затрудняет своевременную диагностику и выбор адекватной тактики лечения. В этой связи интерес представляет изучение роли персистирующих вирусных инфекций, в том числе обусловленных вирусами семейства *Herpesviridae* [1].

Заболевания, вызванные вирусами семейства *Herpesviridae*, классифицируются как герпесвирусные инфекции. Эти инфекции характеризуются поражением кожи и слизистых оболочек, а также затрагивают нервную систему, глаза, внутренние органы и мочеполовую систему. После первичного внедрения вирусы герпеса способны сохраняться в организме человека на протяжении всей жизни в форме латентной инфекции. Под воздействием факторов, ослабляющих иммунный ответ организма, таких как применение иммунодепрессантов, наличие вирусных заболеваний (грипп, ВИЧ-инфекция и др.), может происходить реактивация вирусов семейства *Herpesviridae* с образованием новых вирусных частиц. Это приводит к развитию клинически выраженных форм заболевания и формированию вторичной иммунологической недостаточности [1, 2].

В статье проведен анализ данных, касающихся эпидемиологии, молекулярной биологии и клинических проявлений инфекций, обусловленных вирусами герпеса человека, а также их роли в формировании хронических болевых синдромов на основании обзора публикаций, представленных в научных рецензируемых зарубежных и отечественных журналах, по данным направлениям за период с 1994 по 2024 г.

Семейство герпесвирусов (*Herpesviridae*, от греч. *herpes* — ползучий) характеризуется пан-

тропностью, т. е. способностью поражать различные органы и ткани, а также пожизненной персистенцией в организме человека. Эти вирусы способны вызывать широкий спектр заболеваний (простой герпес, ветряную оспу, мононуклеоз), особенно в условиях ослабленного иммунитета. Представители семейства *Herpesviridae* широко распространены в природе, в настоящее время идентифицировано и классифицировано более 100 видов вирусов этого семейства, вызывающих заболевания у человека, диких и домашних животных, земноводных и пресмыкающихся. Из них выделено восемь типов герпесвирусов, ассоциированных с инфекциями человека: вирусы герпеса человека 1-го и 2-го типов (ВГЧ-1 и ВГЧ-2) (вирусы простого герпеса); вирус ветряной оспы (опоясывающего герпеса), известный также как вирус герпеса человека 3-го типа (ВГЧ-3); вирус герпеса человека 4-го типа (ВГЧ-4), или вирус Эпштейна – Барр, который вызывает инфекционный мононуклеоз; цитомегаловирус – вирус герпеса человека 5-го типа (ВГЧ-5); вирусы герпеса человека 6-го и 7-го типов (ВГЧ-6 и ВГЧ-7); вирус герпеса человека 8-го типа (ВГЧ-8), ассоциированный с саркомой Капоши [1].

Данные литературных источников указывают на то, что ВГЧ-4, ВГЧ-6 и ВГЧ-7 обладают нейротропностью и нейроинвазивным потенциалом, способны инфицировать клетки центральной и периферической нервной системы, а также индуцировать продукцию провоспалительных цитокинов (IL-1 β , IL-6, TNF- α), которые играют ключевую роль в формировании повышенной болевой чувствительности и центральной сенситизации. Активация нейроиммунных механизмов может способствовать развитию как острых болевых синдромов, так и хронической боли, включая головные боли, абдоминальные боли, миалгии и артралгии у детей [1, 2].

Так, ВГЧ-4 — вирус Эпштейна – Барр — ассоциирован с системным воспалительным ответом, поражением лимфоидной ткани и развитием аутоиммунных реакций, что может опосредованно влиять на формирование болевого синдрома.

ВГЧ-6 и ВГЧ-7 рассматриваются как потенциальные триггеры функциональных болевых синдромов за счет их способности нарушать регуляцию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, дестабилизировать контроль вегетативной нервной системы и нейропатических механизмов боли. У детей, обладающих незрелой иммунной системой и особенностями нейрофизиологической регуляции, влияние герпесвирусных инфекций может быть более выраженным, чем у взрослых, что повышает риск развития длительно сохраняющихся болевых синдромов, резистентных к стандартной симптоматической терапии. При этом отсутствие явных клинических признаков активной инфекции затрудняет своевременную верификацию вирусной природы боли [1–3].

Проникновение вируса герпеса в клетку — многоступенчатый процесс, требующий скоординированной работы вирусных гликопротеинов. После неспецифической адгезии вириона к поверхности клетки гликопротеин D (gD) связывается с одним из специфических клеточных рецепторов, что активирует гетеродимерный комплекс

gH–gL, который в свою очередь вызывает конформационную перестройку фузионного белка gB. В результате gB-белок опосредует слияние липидных бислоев вирусной оболочки и клеточной мембраны, что позволяет капсиду с геномом вируса попасть внутрь клетки [3].

Гетеродимер gH–gL и вирусный белок слияния gB составляют ключевой набор гликопротеинов, необходимых для проникновения всех герпесвирусов в клетку. Различные подсемейства герпесвирусов применяют уникальные комбинации вирусных гликопротеинов для взаимодействия с разнообразными рецепторами клеточных мембран при проникновении в клетки различных типов. Также для представителей вирусов герпеса одного вида при их проникновении в клетки различных типов могут требоваться разные комплексы гликопротеинов, связывающихся с рецепторами [1–3].

В таблице 1 представлен перечень основных гликопротеинов вирусов герпеса и их мишеней-рецепторов на клеточных мембранах [2].

Таблица 1. Гликопротеины и рецепторы, связывающие вирусы герпеса
Table 1. Glycoproteins and receptors binding herpes viruses

Подсемейство	Вирус	Гликопротеин	Рецептор
Альфа	ВГЧ-1 и ВГЧ-2	gB–gG	HVEM, нектен-1 и 3-О-сульфатированный гепарансульфат
	ВГЧ-3	gH–gL	Интегрины
Бета	ВГЧ-5	gH–gL–UL128–UL130–UL131A	Нейропиплин-2 (Nrp2)
		gH–gL–gO	Рецептор α тромбоцитарного фактора роста (PDGFRα)
	ВГЧ-6А и ВГЧ-6В	gH–gL–gQ1–gQ2	CD46 (для ВГЧ-6А) CD134 (для ВГЧ-6В)
		gH–gL–gO	Нет данных
ВГЧ-7	gB, gH/gL	CD4	
Гамма	ВГЧ-4	gH–gL–gp42	HLA II класса
		gH–gL	EphA2
	ВГЧ-8	gH–gL	EphA2 и EphA4

Для ВГЧ-4 рецептор-связывающим белком, обеспечивающим проникновение вируса в В-лимфоциты, является gp42. Этот белок формирует стабильный комплекс с гетеродимером gH–gL для взаимодействия с мембранным рецептором — HLA II класса, после чего происходит активация белка gB и слияния мембран герпесвируса и клетки. При инфицировании эпителиальных клеток ВГЧ-4 связывание гетеродимера gH–gL с рецептором EphA2 происходит напрямую, что активирует белок gB для запуска механизма слияния [1, 2]. ВГЧ-4 представляет собой высокораспространенный вирус герпе-

са человека (инфицировано до 65 % взрослого населения). Инфекция, обусловленная ВГЧ-4, и сопутствующий иммунный ответ приводят к сероконверсии, этот процесс преимущественно происходит в раннем детском возрасте, но может также происходить в подростковом возрасте или позже. Заражение в подростковом возрасте может вызвать инфекционный мононуклеоз — острое заболевание, характеризующееся выраженным лимфоцитозом. Основным путем передачи ВГЧ-4 являются воздушно-капельный, фекально-оральный, контактный, гемоконтактный/парентеральный, также в редких случаях воз-

можен половой путь передачи. Передача вируса через оральные секреты инициирует инфицирование эпителиальных клеток ротоглотки. Из этих клеток ВГЧ-4 способен проникать в В-лимфоциты, которые служат основным резервуаром для вируса. Впоследствии возможна циркуляция вируса в организме с инфицированием других клеток иммунной системы или клеток эпителия [1–3].

Хроническая ВГЧ-4-инфекция ассоциирована с различными аутоиммунными патологиями, причем спектр заболеваний зависит от типа клеток, в которых персистирует вирус. Локализация вируса в эпителиальных клетках коррелирует с риском развития системной красной волчанки и синдрома Шегрена, тогда как инфицирование В-лимфоцитов чаще связывают с ревматоидным артритом и рассеянным склерозом. Поскольку

ВГЧ-4 способны перемещаться между клеточными пулами, у пациентов часто наблюдаются перекрестные (overlapping) синдромы, сочетающие клинические признаки нескольких заболеваний. Для таких состояний характерно образование широкого спектра аутоантител (например, антинуклеарных антител и ревматоидного фактора), что, является отражением не только персистирующей инфекции, но и иммунной дисрегуляции [4].

Вирион ВГЧ-4 имеет общую для всех герпесвирусов структуру, включающую ДНК-содержащий капсид, тегмент и липидную оболочку (суперкапсид) с встроенными вирусными гликопротеинами (рисунк 1). Данная архитектура характерна и для других герпесвирусов человека (ВГЧ-1, -2, -3, -5, -6, -7, -8) [5].

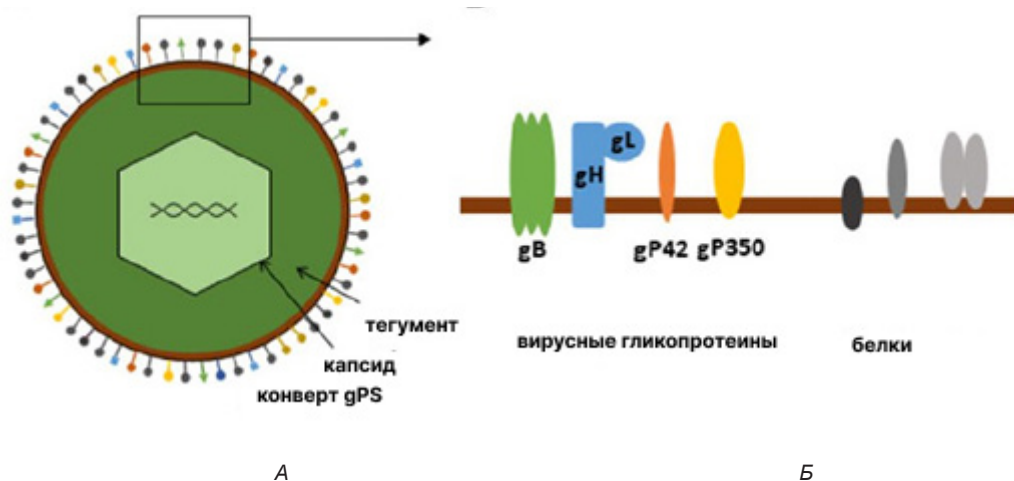


Рисунок 1. Схематическое строение вириона ВГЧ-4:

А — общая архитектура вириона; Б — детализация строения вирусной оболочки (вирусные гликопротеины комплекса проникновения (gB, gH/gL, gp42) и клеточные белки, инкорпорированные в липидный бислой в процессе отпочкования вируса)

Figure 1. Schematic structure of the HHV-4 virion:

А — general architecture of the virion; Б — detailed structure of the viral envelope (viral glycoproteins of the entry complex (gB, gH/gL, gp42), and cellular proteins incorporated into the lipid bilayer during viral)

Т-лимфоциты и натуральные киллеры (NK-клетки) играют ключевую роль в иммунном надзоре и контроле за реактивацией ВГЧ-4, несмотря на то, что его первичной мишенью являются В-лимфоциты [6].

К факторам, оказывающим влияние на восприимчивость к ВГЧ-4, относят особенности генетического статуса макроорганизма (гены, регулирующие синтез белковых рецепторов, опосредующих проникновение вируса в клетку), а также особенности генетического статуса самого вируса (гены, контролирующие синтез факторов патогенности). Изучение генетических факторов, связанных с инфекцией ВГЧ-4 является нетривиальной задачей ввиду сложности организации длительных когортных исследований [4–6].

Эпидемиологические исследования свидетельствуют о наличии положительной связи между определенными аллелями классов МНС-II и МНС-I и серопозитивностью к ВГЧ-4, а также о взаимосвязи между недостаточностью маннан-связывающего лектина и повышенной восприимчивостью к этому вирусу [7].

Серопозитивность к ВГЧ-4 также ассоциирована с полиморфизмами в генах, контролирующим иммунный ответ, таких как ген интерлейкина-10 (IL-10), а именно в локусах IL-10 -1082 G/A (rs1800896), IL-10 -819 C/T (rs1800871) и IL-10 -592 C/A (rs1800872). Тем не менее интерпретация этих исследований затруднена из-за относительной нехватки серонегативных участников. В дополнение к генетическим факторам, извест-

но, что эндогенные факторы также оказывают влияние на инфицирование ВГЧ-4 у человека. На данный момент была идентифицирована ассоциация увеличения частоты инфицирования ВГЧ-4 с такими факторами, как содержание витамина D, курение и индекс массы тела [8]. ВГЧ-4 способен вызывать ряд неврологических осложнений, связанных с поражением центральной нервной системы (ЦНС). В контексте острого инфекционного процесса, такого как инфекционный мононуклеоз, или при реактивации вируса могут развиваться энцефалит, менингит, поперечный миелит и синдром Гийена – Барре. Долгосрочные исследования также указывают на возможную связь между персистенцией ВГЧ-4 и развитием рассеянного склероза, что может быть объяснено механизмом молекулярной мимикрии и перекрестным иммунным ответом. В острой фазе заболевания, вызванного ВГЧ-4, развитие синдрома системного воспаления и интоксикации, включая выраженную головную боль, может оказывать опосредованное влияние на общее восприятие боли и функциональное состояние ЦНС [9].

ВГЧ-6 и ВГЧ-7 относятся к семейству *Herpesviridae*, роду *Roseolovirus*. Цитомегаловирус человека (ЦМВ, или ВГЧ-5), хотя и принадлежит к тому же семейству, относится к другому роду — *Cytomegalovirus* [10].

Так, ВГЧ-6 поражает более 90 % детей в течение первых двух лет жизни и вызывает детскую розеола — заболевание детского возраста, характеризующееся высокой температурой, легкой кожной сыпью, которые могут осложняться судорогами или энцефалитом [2, 10, 11].

В первых исследованиях были высказаны предположения, что ВГЧ-6 является герпесви-

русом, который в основном поражает В-лимфоциты. Однако более поздние исследования показали, что ВГЧ-6 избирательно поражает и реплицируется именно в Т-лимфоцитах. После открытия ВГЧ-6 и выделения его различных изолятов стало очевидно, что существует два типа ВГЧ-6 — ВГЧ-6А и ВГЧ-6В. Это разделение было основано на различиях в реактивности антител, реактивности Т-клеточных клонов и паттернов рестрикции. В 2012 г. Международный комитет по таксономии вирусов (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV) признал типы 6А и 6В ВГЧ-6 двумя отдельными вирусами [2, 12, 13].

Первичное заражение ВГЧ-6 обычно происходит в возрасте от 6 месяцев до 1 года. Как и в случае с другими представителями семейства герпесвирусов, инфекция, вызванная любым типом ВГЧ-6, может сохраняться в организме хозяина после первичного заражения в латентной форме или в состоянии хронической репликации с низким уровнем активности [2, 10, 11].

Для ВГЧ-6 характерен выраженный тропизм к клеткам иммунной системы, прежде всего к CD4+ Т-лимфоцитам. ВГЧ-6 использует для проникновения в клетки рецептор CD46 (ВГЧ-6А) и CD134 (ВГЧ-6В). Также ВГЧ-6 способен инфицировать глиальные клетки ЦНС (астроциты и олигодендроциты) и клетки слюнных желез. Латентность достигается за счет интеграции вирусного генома в теломеры хозяина, предположительно в макрофагах/моноцитах [11].

Размер генома вирусов ВГЧ-6А или ВГЧ-6В составляет от 159 до 162 тыс. п. о. и содержит ряд уникальных генетических областей, отличающих его от других герпесвирусов (рисунок 2) [14, 15].

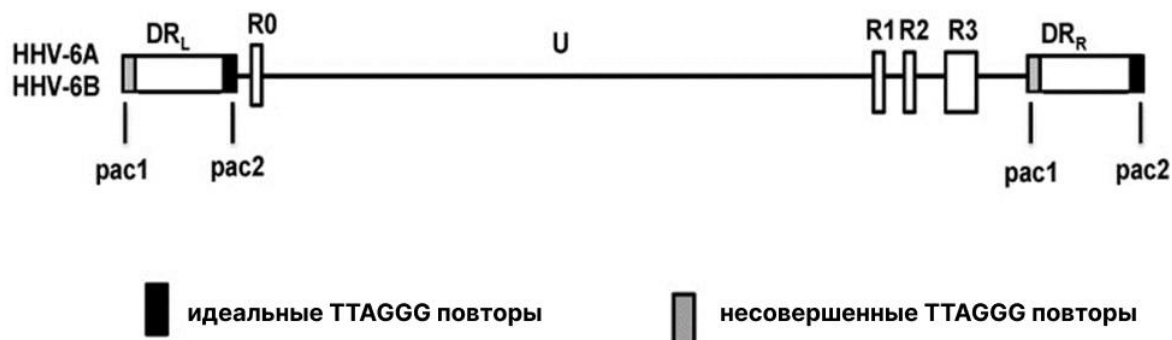


Рисунок 2. Организация генома ВГЧ-6:

U — уникальная область; DR — прямой терминальный повтор; pac1 — сигнал упаковки; pac1 / pac2 — сигнал расщепления
 Figure 2. Organization of the HHV-6 genome:

U — unique region; DR — direct terminal repeat; pac1 — packaging signal, pac1 / pac2 — cleavage signal

Центральная уникальная область состоит из открытых рамок считывания, кодирующих бел-

ки. По обеим сторонам уникальной области расположены два блока прямых повторов длиной 8–13 тыс. п. о., обозначаемые как прямой повтор слева (DR_L) или прямой повтор справа (DR_R). По обеим сторонам от DR_R и DR_L находятся сигналы упаковки $pac1$ и $pac2$. Рядом с этими сигналами упаковки расположены четыре области, содержащие теломероподобные последовательности. Гексануклеотидные теломерные последовательности ВГЧ-6 (TTAGGG) $_n$ идентичны теломерной последовательности человека и могут встречаться в виде идеальных теломерных повторов в тандеме или в виде несовершенных повторов, прерываемых переменным числом других нуклеотидов [14–17].

В среднем на левом конце вирусного генома находится около 50–60 теломерных повторов, на правом конце значительно меньше — порядка

10–20 повторов. Геномы ВГЧ-6А и ВГЧ-6В также содержат крупные повторяющиеся элементы, расположенные вблизи правого конца участка уникальной области: R1, R2 и R3. У ВГЧ-6В есть дополнительный повторяющийся элемент R0, расположенный на стыке DR_L уникальной области [15–17].

В большинстве исследований было показано, что *in vitro* и *in vivo* при интеграции генома ВГЧ-6 одна копия вирусного генома встраивается в субтеломеру хромосомы человека (рисунок 3). При этом вирусный геном ориентирован таким образом, что идеальные теломерные повторы на правом конце вирусного генома примыкают к субтеломерам, а несовершенные теломерные повторы на левом конце вирусного генома примыкают к теломерам человека [11, 18–20].

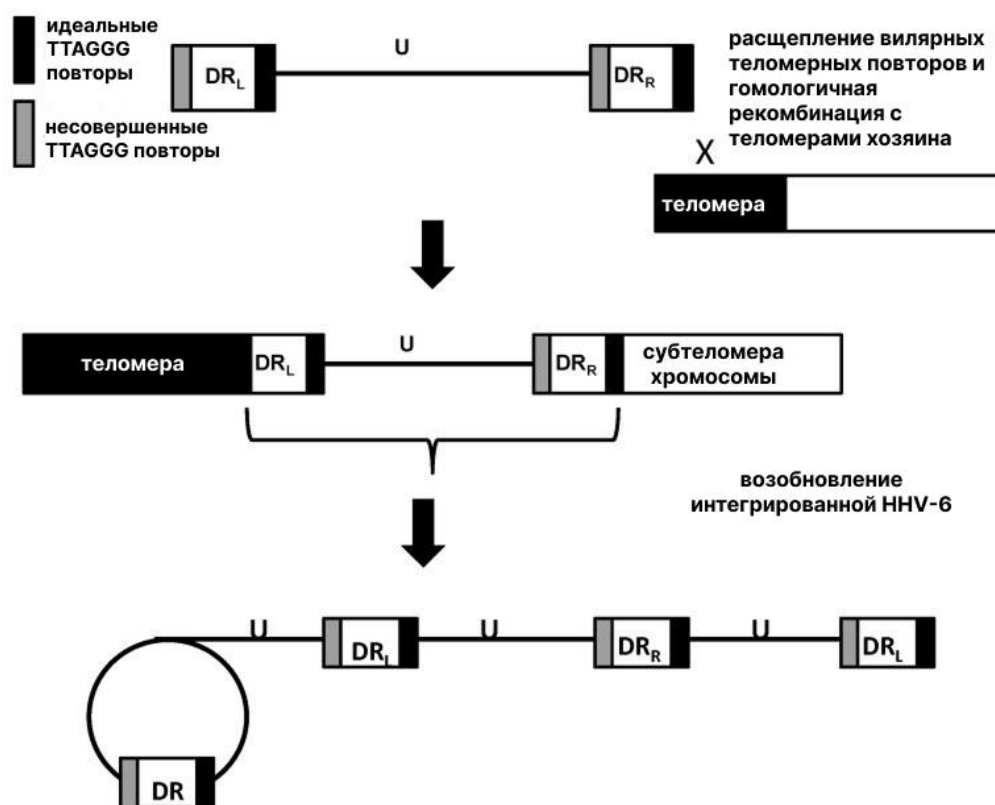


Рисунок 3. Модель интеграции и реактивации ВГЧ-6
Figure 3. Model of HHV-6 integration and reactivation

Во время реактивации интегрированный геном высвобождается из хромосомы макроорганизма, образуя кольцевую промежуточную форму. Репликация кольцевой промежуточной формы по типу катящегося кольца приводит к образованию конкатемеров вирусного генома [11, 18–20].

Приблизительно 1 % населения мира (око-

ло 80 млн человек) является носителем наследственного хромосомно-интегрированного ВГЧ-6 (inherited chromosomally integrated HHV-6 — *iciHHV-6*), при котором полная копия генома вируса передается вертикально в составе хромосом. Такой унаследованный вирусный геном может сохранять транскрипционную активность, обеспечивая синтез вирусных белков и даже

формирование полноценных вирионов у новорожденных [20, 21].

У носителей ВГЧ-6 может изменяться структура прямых терминальных повторов (DR), в том числе предполагается возможность их дубликации. Существует гипотеза, согласно которой дубликация DR может возникать в результате гомологичной рекомбинации при суперинфицировании носителя наследственного хромосомно-интегрированного ВГЧ-6 экзогенным штаммом ВГЧ-6, однако данный механизм остается малоизученным. Также высказано предположение, что при отсутствии теломерной защиты на концах интегрированной последовательности у носителя может происходить потеря всего вирусного генома или его части [21].

Необходимо отметить нейротропный потенциал ВГЧ-6, т. е. его способность напрямую инфицировать глиальные клетки и персистировать в нейронах, что создает патогенетический мостик между вирусной инфекцией и феноменом нейровоспаления [2, 20, 21].

Впервые ВГЧ-7 был обнаружен в очищенных активированных CD4+ Т-лимфоцитах из периферической крови здорового человека. Данный вирус является близкородственным видом по отношению к ВГЧ-6 [2, 21].

Первичное инфицирование ВГЧ-7, как правило, происходит в раннем детском возрасте и клинически может манифестировать в виде самоограничивающегося лихорадочного состояния, часто ассоциированного с кожной сыпью — экзантемой субитум (детской розеолой), что сходно с проявлениями ВГЧ-6-инфекции. Помимо этого инфекция, обусловленная ВГЧ-7, может сопровождаться симптомокомплексом, включающим острое респираторное заболевание, диспепсические явления (рвота, диарея), лимфопению, а также фебрильные судороги [22, 23].

Клиническая картина при первичной и реактивированной формах ВГЧ-7-инфекции в значительной степени перекликается, хотя судорожные симптомы чаще появляются при реактивации. Выявление вiremии ВГЧ-7 у условно здоровых детей может отражать как первичную, так и реактивированную фазу инфекционного процесса. ВГЧ-7-инфекция способна индуцировать реактивацию латентного ВГЧ-6 и наоборот [23]. ВГЧ-7 характеризуется повсеместной распространенностью в человеческой популяции и, как и другие герпесвирусы, способен поддерживать пожизненную латентную инфекцию в организме хозяина. В подавляющем большинстве случаев эта персистенция протекает бессимптомно [22, 23].

Основными резервуарами латентного вируса служат клетки моноцитарно-макрофагальной линии и отдельные субпопуляции Т-лимфоцитов.

ВГЧ-7 использует в качестве рецептора для проникновения в клетки молекулу CD4 и некоторые гликопротеины клеточной мембраны, поэтому инфицированию подвергаются преимущественно CD4+ Т-клетки. ВГЧ-7 обладает также тропизмом и к другим типам клеток, включая эпителиальные клетки и клетки нервной системы. Латентная вирусная инфекция может длительно сохраняться в эпителиальных клетках слюнных желез, приводя к тому, что вирус постоянно выделяется со слюной [24]. ВГЧ-7 является широко распространенным патогеном, о чем свидетельствует серопозитивность в отношении ВГЧ-7 более 90 % взрослого населения. Первичное инфицирование обычно происходит в раннем детском возрасте: антитела к вирусу могут обнаруживаться у детей до 2 лет, а пик сероконверсии приходится на период 3–4 лет. Реактивация латентной инфекции, особенно у лиц с ослабленным иммунитетом, может клинически проявляться мононуклеозоподобным синдромом [23–25].

Серопревалентность ВГЧ-7 демонстрирует четкую возрастную динамику: в первые 2 месяца жизни антитела обнаруживаются у 94,4 % младенцев, что, вероятно, обусловлено пассивным трансплацентарным иммунитетом, после чего их уровень снижается до 30 % к возрасту 6–7 месяцев. Последующий рост количества серопозитивных лиц начинается среди детей после 8 месяцев, достигая 75 % среди детей 3–6 лет. Среди младших подростков антитела выявляются примерно у 60 %, а во взрослой популяции серопревалентность достигает 90–92 % [24, 25].

Герпесвирусные инфекции рассматриваются, как один из ключевых факторов, провоцирующих развитие хронических болевых синдромов у детей, так как они за счет способности к персистенции и латентному существованию в организме с последующей периодической реактивацией, вызывают развитие длительных неспецифических воспалительных реакций, а также постоянную продукцию антител при длительной антигенной стимуляции, тем самым нарушая нормальное функционирование иммунной системы [26].

Роль воспаления и инфекционных факторов четко определена у детей для таких состояний, как синдром хронической усталости, синдром фибромиалгии и синдром раздраженного кишечника. В ряде исследований было показано, что герпесвирусные инфекции могут провоцировать развитие этих синдромов, а среди пациентов с синдромом хронической усталости была выявлена высокая распространенность антител к ВГЧ-6 и ВГЧ-4 [27–29].

ВГЧ-4, ВГЧ-6 и ВГЧ-7 характеризуются способностью к инфицированию иммунокомпетентных клеток (В-лимфоцитов, Т-лимфоцитов, мо-

ноцитов, макрофагов, дендритных клеток), что приводит к нарушению иммунного гомеостаза и формированию хронического субклинического воспаления. Персистенция данных вирусов сопровождается длительной активацией иммунного ответа с повышенной продукцией провоспалительных цитокинов (IL-1 β , IL-6, IL-8, TNF- α , IFN- γ), которые обладают выраженным аллогенным эффектом. Эти медиаторы усиливают возбудимость ноцицептивных нейронов, способствуют снижению болевого порога и поддерживают процессы периферической и центральной сенситизации. Важным патогенетическим звеном является дисбаланс регуляторных и эффекторных звеньев иммунитета, включая нарушение регуляции Т-клеточного иммунитета, что может приводить к активации аутоиммунных реакций и усилению воспаления, при которых болевой синдром становится ведущим клиническим проявлением даже при отсутствии выраженной органной патологии [28, 29].

Актуальным направлением исследований является изучение взаимосвязи инфекций, обусловленных ВГЧ-4, ВГЧ-6 и ВГЧ-7, с развитием хронических болевых синдромов (абдоминалгии, цефалгии, дорсалгии) у детей. ВГЧ-6 и ВГЧ-7 способны инфицировать глиальные клетки (астроциты, олигодендроциты), микроглию и нейроны, вызывая нейровоспаление и дисфункцию нейрональных сетей, участвующих в обработке болевых стимулов. Активация микроглии под влиянием вирусных антигенов и провоспалительных цитокинов приводит к усилению синаптической передачи в болевых путях и формированию стойкой центральной сенситизации [29, 30].

Обладая выраженным иммуномодулирующим эффектом, ВГЧ-4 опосредованно влияет на нервную систему через системное воспаление, повышая проницаемость гематоэнцефалического барьера и усиливая индукцию нейротоксических медиаторов. Это способствует вовлечению структур ЦНС, ответственных за интеграцию болевых и эмоциональных компонентов боли (таламус, лимбическая система, префронтальная кора), в формирование стойкого болевого синдрома, что особенно значимо в детском возрасте в условиях незрелости нейронных и регуляторных механизмов [28–30].

Влияние герпесвирусов на вегетативную нервную систему и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему приводит к нарушению нейроэндокринной регуляции, изменению реакций на стресс и поддержанию хронического болевого синдрома. В условиях персистирующей вирусной нагрузки болевой синдром может приобретать функциональный или смешанный характер, сочетая элементы соматической и нейропатической боли [29, 30].

Все это подтверждает, что ВГЧ-4, ВГЧ-6 и ВГЧ-7 обладают нейротропностью и нейроинвазивным потенциалом. Данные вирусы выступают не только как инфекционные агенты, но и как триггеры нейроиммунной дисрегуляции, способствующие формированию и хронизации болевых синдромов у детей. Комплексное изучение молекулярно-генетических, иммунологических и неврологических основ воздействия ВГЧ-4, ВГЧ-6 и ВГЧ-7 на организм хозяина является актуальным направлением исследований для разработки патогенетически обоснованных диагностических критериев и персонализированных терапевтических подходов в педиатрии [28–30].

Среди пациентов детского возраста в структуре хронических болевых синдромов 40 % приходится на функциональную абдоминальную боль (абдоминалгия), пик выявляемости которой приходится на детей в возрасте 10 лет [30, 31].

Боль — это субъективное переживание с неоднородными проявлениями. Выделяют острую и хроническую боль. Острая боль обычно связана с повреждением тканей и, как правило, облегчается по мере заживления тканей, тогда как хроническая боль сохраняется или рецидивирует в течение трех месяцев и более. Хроническая боль может развиваться без четкой этиологии или быть вторичной по отношению к основному заболеванию (хроническая вторичная боль) [32, 33].

Хроническая боль может оказывать серьезное влияние на детей и подростков. Дети, страдающие от хронической боли, подвержены повышенному риску развития депрессии и тревожности, социальной изоляции и ухудшению качества жизни. Примерно 5 % детей с хронической болью описывают ее как сильную боль, которая существенно влияет на их повседневную жизнь. Хронические болевые синдромы, как правило, сопровождаются эмоциональными расстройствами, нарушениями социальных функций, так как препятствуют повседневной деятельности и участию в социальной жизни [34–38].

До 10–40 % детей с хронической болью переходят в категорию взрослых, страдающих хронической болью. По результатам проспективного исследования, проведенного L. S. Walker и соавторами в 2024 г., 35 % детей с функциональными болями в животе продолжали жаловаться на рецидивирующие боли в животе и во взрослом возрасте. Среди подростков с цефалгиями частые головные боли в молодом возрасте сохранялись у 19 % участников исследования [32–34].

В МКБ-10 для хронической боли используют код G89.4 — синдром хронической боли, а в МКБ-11 планируется ввести новый код MG30 — хроническая боль, которая будет классифицироваться по типу (первичная/вторичная), локализации и

патофизиологическим механизмам, включая первичную боль (MG30.0), мышечно-скелетную боль (MG30.3), нейропатическую боль (MG30.5), висцеральную боль (MG30.4) и другие, что позволит точнее диагностировать и лечить болевые синдромы, длящиеся более 3 месяцев [31, 36–38].

Боль, возникающую при воспалении или повреждении тканей, относят к ноцицептивной; боль, вызванную повреждением нервов, — к нейропатической, а боль, возникающую при отсутствии повреждения тканей и нервов, которая сохраняется и рецидивирует в течение трех месяцев и более, относят к ноципластической боли. Ноципластическая боль — это хроническое болевое расстройство, связанное с измененной ноцицепцией, восприятием и передачей болевых сигналов [31, 35].

Дорсалгия в контексте хронических болевых синдромов у детей определяется как боль в спине у детей и подростков без существенных травм или заболеваний. Распространенность дорсалгии среди детей и подростков варьирует от 10 до 70 %, с тенденцией к увеличению частоты с возрастом на протяжении подросткового периода как у мальчиков, так и у девочек [34].

Абдоминалгия представляет собой длительный или рецидивирующий болевой синдром продолжительностью более 3 месяцев, не связанный с актом дефекации и не оказывающий существенного влияния на повседневную активность. Данный синдром является одним из ведущих проявлений функциональных расстройств желудочно-кишечного тракта, таких как синдром раздраженного кишечника, функциональная диспепсия и абдоминальная мигрень, которые составляют значительную долю среди пациентов, обследующихся по поводу жалоб со стороны желудочно-кишечного тракта. Обязательным условием постановки данного диагноза является исключение органических заболеваний [31].

Еще одним из распространенных хронических болевых синдромов в детском возрасте являются цефалгии — головные боли. Среди дошкольников цефалгии встречаются у 3–8 % детей с тенденцией к увеличению частоты выявления после семилетнего возраста, среди подростков частота цефалгий достигает 57–82 %. Среди цефалгий в детском возрасте преобладают первичные — мигрень (до 35,0 % детей в возрасте до 6 лет) и головная боль напряжения (до 18 % детей) [35, 36].

Заключение

Хронические болевые синдромы у детей являются мультифакторным патологическим состоянием, формирование которого происходит под влиянием инфекционных факторов (вирусное инфицирование), особенностей генетического и иммунного статуса организма-хозяина. На основании систематизации современных научных данных можно утверждать, что герпесвирусы 4, 6 и 7-го типов могут выступать значимым биологическим фактором в развитии хронических болевых синдромов у детей. Длительная персистенция и реактивация герпесвирусов, приводит к модификации иммунных реакций и изменению функционального состояния нервной системы, что способствует формированию и поддержанию хронической боли.

Роль герпесвирусов выходит за рамки традиционных представлений об острых инфекциях, трансформируясь в модель длительного патогенного влияния на ключевые регуляторные системы организма, вызывая дисфункцию иммунной системы и опосредуя длительное течение воспалительных реакций на системном уровне.

Персистируя в клетках иммунной и нервной систем, ВГЧ-4, ВГЧ-6 и ВГЧ-7 создают постоянный источник антигенной стимуляции, провоцируя активацию клеток иммунной системы и синтез медиаторов воспаления, что формирует биологическую основу для развития центральной сенситизации — универсального механизма хронификации боли, лежащего в основе формирования хронических болевых синдромов. Данные вирусы можно рассматривать как биологический триггер, нарушающий равновесие между иммунным надзором и нейрональной пластичностью, что в конечном итоге манифестирует клиникой хронической боли.

Изучение роли ВГЧ-4, ВГЧ-6 и ВГЧ-7 в патогенезе хронических болевых синдромов у детей является актуальной задачей современной медицины, так как углубленное понимание механизмов их участия в формировании боли позволит оптимизировать диагностические алгоритмы, выявить прогностические маркеры хронизации боли и обосновать применение персонализированных терапевтических подходов в педиатрической практике.

Список литературы / References

1. Исаков В.А., Архипова Е.И., Исаков Д.В. Герпесвирусные инфекции человека: руководство для врачей. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: СпецЛит; 2013. 670 с. [дата обращения 2026 январь 01]. Режим доступа: <https://specilit.su/image/catalog/978-5-299-00454-0/978-5-299-00454-0.pdf>

Isakov VA, Arkhipova EI, Isakov DV. Human herpesvirus infections: a guide for physicians 2nd edition, add. and revised. St. Petersburg: SpecLit; 2013. 670 p. [date of access: 2026 January 01]. Available from: <https://specilit.su/image/catalog/978-5-299-00454-0/978-5-299-00454-0.pdf> (In Russ.).

2. Connolly SA, Jardetzky TS, Longnecker R. The structural basis of herpesvirus entry. *Nat Rev Microbiol.* 2021;19(2):110-121.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41579-020-00448-w>
3. Vallbracht M, Backovic M, Klupp BG, Rey FA, Mettenleiter TC. Common characteristics and unique features: A comparison of the fusion machinery of the alphaherpesviruses Pseudorabies virus and Herpes simplex virus. *Adv Virus Res.* 2019;104:225-281.
DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2019.05.007>
4. Houen G, Trier NH. Epstein-Barr Virus and Systemic Autoimmune Diseases. *Front Immunol.* 2021;11:587380.
DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.587380>
5. Liu F, Zhou ZH. Comparative virion structures of human herpesviruses. In: Arvin A, Campadelli-Fiume G, Mocarski E, Moore PS, Roizman B, Whitley R, et al., editors. *Human Herpesviruses*, Cambridge, UK: Cambridge University Press. 2007; p. 27-43.
6. Long HM, Meckiff BJ, Taylor GS. The T-cell Response to Epstein-Barr Virus-New Tricks from an Old Dog. *Front Immunol.* 2019;10:2193.
DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02193>
7. Houldcroft CJ, Kellam P. Host genetics of Epstein-Barr virus infection, latency and disease. *Rev Med Virol.* 2015;20152:71.
DOI: <https://doi.org/10.1002/rmv.1816>
8. Hedström AK, Bonfim IL, Hillert J, Olsson T, Alfredsson L. Obesity interacts with infectious mononucleosis in risk of multiple sclerosis. *Eur J Neurol.* 2015;22:578.
DOI: <https://doi.org/10.1111/ene.12620>
9. Романова О.Н., Коломиец Н.Д., Кастюкевич Л.И., Чистенко Г.Н., Ханенко О.Н., Адамович П.Е. и др. Особенности инфекции, вызванной вирусом Эпштейна - Барр, у детей. *Педиатрия. Восточная Европа.* 2022;10(3):358-378.
DOI: <https://doi.org/10.34883/PI.2022.10.3.007>
- Romanova ON, Kolomiets ND, Kastyukevich LI, Chistenko GN, Khanenko ON, Adamovich PE, et al. Peculiarities of Epstein-Barr virus infection in children. *Pediatrics. Eastern Europe.* 2022;10(3):358-378.
DOI: <https://doi.org/10.34883/PI.2022.10.3.007> (In Russ.).
10. Phan TL, Lautenschlager I, Razonable RR, Munoz FM. HSV-6 in liver transplantation: A literature review. *Liver Int.* 2018;38(2):210-223.
DOI: <https://doi.org/10.1111/liv.13506>
11. Pantry SN, Medveczky PG. Latency, integration, and reactivation of human herpesvirus-6. *Viruses.* 2017;9:1-12.
DOI: <https://doi.org/10.1111/liv.13506>
12. Jasirwan C, Furusawa Y, Tang H, Maeki T, Mori Y. Human herpesvirus-6A gQ1 and gQ2 are critical for human CD46 usage. *Microbiol. Immunol.* 2014;58:22-30.
DOI: <https://doi.org/10.1111/1348-0421.12110>
13. Ablashi D, Agut H, Alvarez-Lafuente R, Clark DA, Dewhurst S, DiLuca D et al. Classification of HSV-6A and HSV-6B as distinct viruses. *Arch Virol.* 2014;159:863-870.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-013-1902-5>
14. Isegawa Y, Mukai T, Nakano K, Kagawa M, Chen J, Mori Y, et al. Comparison of the complete DNA sequences of human herpesvirus 6 variants A and B. *J Virol.* 1999;73:8053-8063.
DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.73.10.8053-8063.1999>
15. Dominguez G, Dambaugh TR, Stamey FR, Dewhurst S, Inoue N, Pellett PE. Human herpesvirus 6B genome sequence: Coding content and comparison with human herpesvirus 6A. *J Virol.* 1999;73:8040-8052.
DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.73.10.8040-8052.1999>
16. Thomson BJ, Dewhurst S, Gray D. Structure and heterogeneity of the a sequences of human herpesvirus 6 strain variants U1102 and Z29 and identification of human telomeric repeat sequences at the genomic termini. *J Virol.* 1994;68:3007-3014.
DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.68.5.3007-3014.1994>
17. Полунина А.В. Диагностика инфицирования вирусом герпеса 6 типа. *Медицина: теория и практика.* 2018;3(3(прил.):84-89. [дата обращения 2026 январь 01]. Режим доступа: <https://ojs3.gpmu.org/index.php/med-theory-and-practice/article/view/350/363>
- Polunina AV. Diagnosis of infection with the herpes virus type 6. *Medicine: Theory and Practice.* 2018; 3 (3 suppl.): 84-89. [date of access: 2026 January 01]. Available from: <https://ojs3.gpmu.org/index.php/med-theory-and-practice/article/view/350/363> (In Russ.).
18. Arbuckle JH, Medveczky MM, Luka J, Hadley SH, Luegmayr A, Ablashi D et al. The latent human herpesvirus-6A genome specifically integrates in telomeres of human chromosomes in vivo and in vitro. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2010;107:5563-5568.
DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0913586107>
19. Arbuckle JH, Pantry SN, Medveczky M.M., Prichett J., Loomis K.S., Ablashi D., Medveczky P.G. Mapping the telomere integrated genome of human herpesvirus 6A and 6B. *Virology.* 2013;442:3-11.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2013.03.030>
20. Ohye T, Inagaki H, Ihira M, Higashimoto Y, Kato K, Oikawa J et al. Dual roles for the telomeric repeats in chromosomally integrated human herpesvirus-6. *Sci. Rep.* 2014;4:4559.
DOI: <https://doi.org/10.1038/srep04559>
21. Patel SJ, Zhao G, Penna VR, Park E, Lauron EJ, Harvey IB, et al. A Murine Herpesvirus Closely Related to Ubiquitous Human Herpesviruses Causes T-Cell Depletion. *J Virol.* 2017;91(9).
DOI: <https://doi.org/10.1128/JVI.02463-16>
22. Adekola HA, Abdullahi IN, Emeribe AU, Faruku N, Uzairue L, Adeyemi Billyrose OM, et al. Sero-survey of measles virus antibodies among symptomatic children attending Abuja Teaching Hospital, Nigeria. *GMS Hygiene Infect Control.* 2021;16
DOI: <https://doi.org/10.3205/dgkh000375>
23. Lee JS, Lacerda EM, Nacul L, Kingdon CC, Norris J, O'Boyle S, et al. Salivary DNA Loads for Human Herpesviruses 6 and 7 Are Correlated with Disease Phenotype in Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome. *Front Med.* 2021;8
DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.656692>
24. Asha K, Sharma-Walia N. Targeting Host Cellular Factors as a Strategy of Therapeutic Intervention for Herpesvirus Infections. *Front Cell Infect Microbiol.* 2021;11:603309.
DOI: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.603309>
25. Hasan AS, Abdulwahab SA, Lames K. Prevalence of Anti-Human Herpes Virus Type 7 IgG Positivity Rate among Children with Fever and Skin Rash in Diyala Province, Iraq. *Arch Razi Inst.* 2023 Feb 28;78(1):79-86.
DOI: <https://doi.org/10.22092/ARI.2022.359149.2381>
26. Jonker I, Schoevers R, Klein H, Rosmalen J. The association between herpes virus infections and functional somatic symptoms in a general population of adolescents. The TRAILS study. *PLoS One.* 2017;12(10):e0185608.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185608>
27. Halvorson HA, Schlett CD, Riddle MS. Postinfectious irritable bowel syndrome - a meta-analysis. *Am J Gastroenterol.* 2006;101(8):1894-1899; quiz 1942.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1572-0241.2006.00654.x>
28. Bansal AS, Bradley AS, Bishop KN, Kiani-Alikhan S, Ford B. Chronic fatigue syndrome, the immune system and viral infection. *Brain Behav Immun.* 2012;26(1):24-31.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2011.06.016>
29. Lerner AM, Ariza ME, Williams M, Jason L, Beqaj S, Fitzgerald JT, et al. Antibody to Epstein-Barr virus deoxyuridine triphosphate nucleotidohydrolase and deoxyribonucleotide polymerase in a chronic fatigue syndrome subset. *PLoS One.* 2012;7(11):e47891
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047891>
30. Бельмер С.В., Гурова М.М., Звягин А.А., Корниенко Е.А., Налётов А.В., Нижевич А.А. и др. Синдром раздраженного кишечника у детей: эволюция клинических рекомендаций. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2023;1(1):98-107.

DOI: <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-209-1-98-107>

Belmer SV, Gurova MM, Zvyagin AA, Kornienko EA, Naletov AV, Nizhevich AA, et al. Irritable bowel syndrome in children: evolution of clinical guidelines. *Experimental and Clinical Gastroenterology*. 2023;209(1):98-107. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.31146/1682-8658-ecg-209-1-98-107>

31. Бофанова Н.С., Саруханян А.Л. Перспектива применения технологии виртуальной реальности в сочетании с психотерапевтическими методами у пациентов детского возраста с функциональной абдоминалгией. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2024;124(5):40-47.

DOI: <https://doi.org/10.17116/jnevro202412405140>

Bofanova NS, Sarukhanyan AL. The prospect of using virtual reality technology in combination with psychotherapeutic methods in pediatric patients with functional abdominalgia. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2024;124(5):40-47. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17116/jnevro202412405140>

32. Shelby GD, Shirkey KC, Sherman AL, Beck JE, Haman K, Shears AR, et al. Functional abdominal pain in childhood and long-term vulnerability to anxiety disorders. *Pediatrics*. 2013;132(3):475-482.

DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2012-2191>

33. Gold JI, Yetwin AK, Mahrer NE, Carson MC, Griffin AT, Palmer SN, Joseph MH. Pediatric chronic pain and health-related quality of life. *J Pediatr Nurs*. 2009;24(2):141-50.

DOI: [10.1016/j.pedn.2008.07.003](https://doi.org/10.1016/j.pedn.2008.07.003)

34. Walker LS, Dengler-Crisch CM, Rippel S, Bruhl S. Functional abdominal pain in childhood and adolescence increases risk for chronic pain in adulthood. *Pain*. 2010;150(3):568-572.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.06.018>

35. Нестеровский Ю.Е., Заваденко Н.Н., Шипилова Е.М. Первичные головные боли у детей: диагностика и принципы лечения. *Consilium Medicum*. 2019;21(9):74-80.

DOI: <https://doi.org/10.26442/20751753.2019.9.190464>

Nesterovskii YuE, Zavadenko NN, Shipilova EM. Primary headaches in children: diagnostics and treatment approaches. *Consilium Medicum*. 2019;21(9):74-80.

DOI: <https://doi.org/10.26442/20751753.2019.9.190464> (In Russ.).

36. Заваденко НН, Шипилова ЕМ, Нестеровский ЮЕ. Головная боль напряжения у детей и подростков: сравнительное исследование эффективности методов профилактической терапии. *Неврологический журнал им. Л.О. Бадаляна*. 2021;2(1):10-21.

DOI: <https://doi.org/10.46563/2686-8997-2021-2-1-10-21>

Zavadenko NN, Shipilova EM, Nesterovsky YuE. Tension-type headache in children and adolescents: a comparative study of the effectiveness of preventive therapy methods. *L.O. Badalyan Neurological Journal*. 2021;2(1):10-21. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.46563/2686-8997-2021-2-1-10-21>

37. Nicholas M, Vlaeyen JWS, Rief W, Barke A, Aziz Q, Benoliel R, et al. IASP Taskforce for the Classification of Chronic Pain. The IASP classification of chronic pain for ICD-11: chronic primary pain. *Pain*. 2019 Jan;160(1):28-37. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001390>

38. Treede RD, Rief W, Barke A, Aziz Q, Bennett MI, Benoliel R, et al. A classification of chronic pain for ICD-11. *Pain*. 2015 Jun;156(6):1003-1007.

DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.000000000000160>

Информация об авторах / Information about the authors

Костюк Светлана Андреевна, д.м.н., профессор, заведующий лабораторией молекулярно-генетической диагностики, Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной медицины УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3252-2626>

e-mail: s.kostiuk@mail.ru

Жевнерок Ирина Владимировна, к.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник группы научной методологии и доказательной медицины, Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной медицины УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7010-3724>

e-mail: ira_jevner@tut.by

Емельяненко Анастасия Александровна, стажер младшего научного сотрудника лаборатории молекулярно-генетической диагностики, Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной медицины УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9586-5048>

e-mail: ncoliseun@yandex.ru

Руденкова Татьяна Владимировна, к.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетической диагностики, Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной медицины УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8917-6816>

e-mail: t.rudenkova@mail.ru

Полюян Ольга Сергеевна, к.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетической диагностики, Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной медицины УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7130-2776>

e-mail: olga.poluyan@mail.ru

Svetlana A. Kostiuk, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Molecular Genetic Diagnostics Laboratory, Research Institute of Clinical and Experimental Medicine, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3252-2626>

e-mail: s.kostiuk@mail.ru

Irina V. Zhevneronok, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Scientific Methodology and Evidence-Based Medicine Group, Research Institute of Clinical and Experimental Medicine, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7010-3724>

e-mail: ira_jevner@tut.by

Anastasia A. Yemelyanenko, Junior Researcher Intern at the Molecular Genetic Diagnostics Laboratory, Research Institute of Clinical and Experimental Medicine, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9586-5048>

e-mail: ncoliseun@yandex.ru

Tatiana V. Rudenkova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Molecular Genetic Diagnostics Laboratory, Research Institute of Clinical and Experimental Medicine, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8917-6816>

e-mail: t.rudenkova@mail.ru

Olga S. Poluyan, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Molecular Genetic Diagnostics Laboratory, Research Institute of Clinical and Experimental Medicine, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7130-2776>

E-mail: olga.poluyan@mail.ru

Лямцева Анна Константиновна, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетической диагностики, Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной медицины УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1394-433X>

e-mail: annaliantsava@gmail.com

Тихонов Дмитрий Юрьевич, заместитель председателя комитета по здравоохранению, Минский городской исполнительный комитет, Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5989-2590>

e-mail: Kz.zampred@minsk.gov.by

Зенова Оксана Васильевна, врач-эпидемиолог (заведующий) противозидемического отделения санитарно-эпидемиологического отдела, ГУ «Центр гигиены и эпидемиологии Первомайского района г. Минска», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5350-7549>

e-mail: zenova@tut.by

Бирулина Марина Григорьевна, врач-эпидемиолог противозидемического отделения санитарно-эпидемиологического отдела, ГУ «Центр гигиены и эпидемиологии Первомайского района г. Минска», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0733-8055>

e-mail: vbi1979@mail.ru

Anna K. Lyamtseva, Junior Researcher at the Molecular Genetic Diagnostics Laboratory, Research Institute of Clinical and Experimental Medicine, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1394-433X>

e-mail: annaliantsava@gmail.com

Dmitry Yu. Tikhonov, Deputy Chairman of the Committee for Health, Minsk City Executive Committee, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5989-2590>

e-mail: Kz.zampred@minsk.gov.by

Oksana V. Zenova, Epidemiologist (Head) of the Anti-Epidemic Department of the Sanitary and Epidemiological Division, Center for Hygiene and Epidemiology of the Pervomaisky District of Minsk, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5350-7549>

e-mail: zenova@tut.by

Marina G. Birulina, Epidemiologist of the Anti-Epidemic Department of the Sanitary and Epidemiological Division, Center for Hygiene and Epidemiology of the Pervomaisky District of Minsk, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0733-8055>

e-mail: vbi1979@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Руденкова Татьяна Владимировна

e-mail: t.rudenkova@mail.ru

Tatiana V. Rudenkova

e-mail: t.rudenkova@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 06.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 15.01.2026

Принята к публикации / Revised 18.02.2026



Проводниковые блокады нервов нижней конечности как компонент анальгезии после эндопротезирования коленного сустава

Н. Е. Викторovich^{1,2}, Д. П. Маркевич^{1,2}

¹Могилевская клиническая больница скорой медицинской помощи, г. Могилев, Беларусь

²Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Оценить влияние проводниковых блокад нервов на обезболивание и двигательную функцию нижней конечности после тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС).

Материалы и методы. В исследование включены 63 пациента, которым выполнено ТЭКС. Группу 1 составили 29 пациентов, которым после операции провели блокады периферических нервов нижней конечности (*n. tibialis*, *n. saphenus*, *n. vastus medialis*, *n. obturatorius* и передних кожных ветвей бедренного нерва). Группу 2 составили 34 пациента без проводниковых блокад. Оценку болевого синдрома проводили с помощью визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) через 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 24, 36 и 48 ч после операции. Для оценки силы квадрицепса бедра использовали шкалу Medical Research Council Muscle Scale (MRC) через 3, 6, 12, 24 и 36 ч после эндопротезирования.

Результаты. На всех послеоперационных этапах исследования значительно меньшие оценки боли были выявлены в группе пациентов, которым после тотального эндопротезирования коленного сустава выполнили проводниковые блокады нервов, $p < 0,05$. Достоверные различия в силе квадрицепса между группами выявлены через 3 ч после операции: в группе 1 — 3 [2; 4] балла, а в группе 2 — 4 [3; 5] балла ($p < 0,05$).

Заключение. Блокады периферических нервов нижней конечности эффективно снижают боль после эндопротезирования коленного сустава и в 20,7 % случаев позволяют приступить к ранней активизации пациентов.

Ключевые слова: артропластика коленного сустава, регионарная анестезия, послеоперационная боль, сила квадрицепса

Вклад авторов. Викторovich Н.Е.: разработка концепции и дизайна исследования, сбор материала, получение результатов, анализ полученных данных, обзор публикаций по теме статьи, обсуждение и выводы, подготовка текста; Маркевич Д.П.: анализ и статистическая обработка результатов, обсуждение и выводы, библиография, утверждение окончательного варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Викторovich НЕ, Маркевич ДП. Проводниковые блокады нервов нижней конечности как компонент анальгезии после эндопротезирования коленного сустава. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):28–34. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-03>

Nerve blocks of the lower limb as a component of analgesia after knee arthroplasty

Nikita E. Viktorovich^{1,2}, Denis P. Markevich^{1,2}

¹Mogilev Clinical Hospital of Emergency Care, Mogilev, Belarus

²Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To assess the effect of nerve blocks on pain relief and motor function of the lower limb after total knee arthroplasty.

Materials and methods. The study included 63 patients who underwent total knee arthroplasty. Group 1 consisted of 29 patients who underwent blockades of the peripheral nerves of the lower limb (*n.tibialis*, *n.saphenus*, *n. to vastus medialis*, *n.obturatorius* and anterior cutaneous branches of the femoral nerve) after surgery. Group 2 consisted of 34 patients without blocks. Pain syndrome was assessed using a visual analog scale (VAS) in 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 24, 36 and 48 hours after surgery. The Medical Research Council Muscle Scale (MRC) was used to assess the strength of the quadriceps of femor in 3, 6, 12, 24 and 36 hours after surgery.

Results. Throughout all postoperative stages of the study, significantly lower pain scores were found in the group of patients who underwent nerve blockade after total knee arthroplasty, $p < 0.05$. Significant differences in quadriceps strength between the groups were found only in 3 hours after surgery: in the group 1 – 3 [2; 4] points, and in the group 2 – 4 [3; 5] points ($p < 0.05$).

Conclusion. Nerve blocks of the lower limb effectively reduce pain after knee arthroplasty, and in 20.7% of cases allow early mobilization of patients.

Keywords: *knee arthroplasty, regional anesthesia, postoperative pain, quadriceps strength*

Author contributions. Viktorovich N.E.: concept and design of the study, collection of material, obtaining results, analysis of the obtained data, review of publications on the topic of the article, discussion and conclusions, preparation of the text; Markevich D.P.: analysis and statistical processing of the results, discussion and conclusions, approval of the final version of the article.

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

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Viktorovich NE, Markevich DP. Nerve blocks of the lower limb as a component of analgesia after knee arthroplasty. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):28–34. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-03>

Введение

Ежегодно в мире наблюдается неуклонный рост операций ТЭКС [1]. Согласно S. M. Kurtz et al., за период с 2012 по 2030 г. количество артропластик коленного сустава только в США увеличится в 7 раз и превысит 3,5 млн случаев в год [2]. Большое значение у данной категории пациентов имеет ранняя функциональная реабилитация в послеоперационном периоде [1, 2]. Сильная послеоперационная боль сопровождается более 60 % пациентов, подвергнувшихся ТЭКС, приводя к развитию кинезиофобии, увеличению сроков постельного режима, периода ранней стационарной медицинской реабилитации и восстановления функции сустава [3–5]. Большинство исследователей указывают на необходимость мультимодального подхода к обезболиванию пациентов после артропластики коленного сустава [4–6]. С целью анальгезии у данных пациентов используются различные методы контроля боли, в том числе проводниковые блокады нервов нижней конечности [3, 6–8]. Однако проблема послеоперационного обезбоживания пациентов после ТЭКС до конца не решена [4–6]. Одной из причин, обуславливающих трудности в купировании и предупреждении боли после артропластики коленного сустава, рассматривают обильную, сложную и анатомически вариативную иннервацию колена [4, 9]. Согласно закону Хилтона чувствительная иннервация коленного сустава осуществляется из нервов, ветви которых обеспечивают также мышечные группы, участвующие в движениях колена [4]. Считаем перспективным у пациентов после ТЭКС использование с целью анальгезии и раннего восстановления функции колена проводниковых блокад дистальных ветвей пояснично-

го и крестцового нервных сплетений, иннервирующих коленный сустав.

Цель исследования

Оценить влияние проводниковых блокад нервов на обезбоживание и двигательную функцию нижней конечности после ТЭКС.

Материалы и методы

За период с 10.01.2024 по 28.03.2025 проведено проспективное рандомизированное исследование. В исследование были включены 63 пациента, которым выполнено тотальное цементное эндопротезирование коленного сустава по причине деформирующего остеоартроза III–IV стадии. На проведение исследования получено одобрение Комитета по этике Могилевской городской больницы скорой медицинской помощи N 2 от 27.11.2023. Группу 1 составили 29 пациентов (17 женщин и 12 мужчин) в возрасте 69 [64; 73] лет, которым в послеоперационном периоде для обезбоживания проводили блокады периферических нервов нижней конечности. Группу 2 составили 34 пациента (27 женщин и 7 мужчин) в возрасте 65 [62; 69] лет, которым не проводили проводниковые блокады. Критериями включения в исследование были возраст пациентов от 18 лет и старше и наличие письменного информированного согласия пациента на участие в исследовании. Критерии исключения из исследования: возраст пациентов до 18 лет и отказ пациента от участия в исследовании.

Группы пациентов достоверно не различались между собой по возрасту, массе тела, росту, индексу массы тела (ИМТ), соотношению половой принадлежности, $p > 0,05$. Общая характеристика пациентов обеих групп представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика пациентов групп 1 и 2, Me [LQ; UQ]
Table 1. Characteristics of patients in groups 1 and 2, Me [LQ; UQ]

Показатель	Группа 1, n = 29	Группа 2, n = 34	p
Пол, муж./жен.	10/19	7/27	0,34 ¹
Возраст, лет	69 [64; 73]	65 [62; 69]	0,14 ²
Рост, см	166 [160; 170]	165 [158; 170]	0,63 ²
Масса тела, кг	85 [78; 92]	89,5 [84; 97]	0,16 ²
ИМТ, кг/м ²	31,3 [29; 33,6]	33,4 [29,7; 36]	0,14 ²

Примечание. 1 — для статистического анализа использован критерий χ^2 с поправкой Йетса на непрерывность; 2 — для статистического анализа использован критерий Манна — Уитни.

С целью премедикации в обеих группах пациентов использовали: габапентин 300 мг перед сном накануне и за 2 ч до операции, кеторолак 30 мг внутримышечно за 2 ч до вмешательства, диазепам 10 мг внутримышечно вечером и за 30–40 мин перед операцией, атропин 0,6–1 мг внутримышечно за 30 мин до операции. В операционной перед проведением спинальной анестезии проводили инфузию раствора Рингера в объеме 5–7 мл/кг в течение 15–25 мин.

Анестезиологическое обеспечение в обеих группах было представлено унилатеральной спинальной анестезией на уровне L3–L4 (гипербарический раствор бупивакаина 0,5 % — 1,8–2,2 мл). Ацетаминофен 1000 мг внутривенно назначали за 30 мин до окончания операции. После завершения операции у пациентов обеих групп оценивали моторный блок по шкале Bromage. В последующем на операционном столе пациентам группы 1 под ультразвуковой навигацией выполняли проводниковые блокады *n. tibialis*, *n. saphenus*, *n. vastus medialis*, *n. obturatorius* и передних кожных ветвей бедренного нерва прооперированной конечности. *N. obturatorius* блокировали в верхней трети бедра до разделения его на переднюю и заднюю ветви. Проводниковые блокады *n. saphenus*, *n. vastus medialis* и передних кожных ветвей бедренного нерва проводили в средней трети бедра на уровне расположения глубокой артерии бедра под портняжной мышцей. Блокаду *n. tibialis* выполняли в верхней части подколенной ямки. Для проводниковых блокад нервов применяли 0,75 % раствор ропивакаина с добавлением эпинефрина в дозе 2 мкг на 1 мл раствора местного анестетика.

В течение первых трех суток после операции в обеих группах с целью анальгезии с интервалом в 8 ч использовали: кеторолак 30 мг и промедол 20 мг внутримышечно, ацетаминофен 1000 мг внутривенно. Габапентин в дозе 300 мг назначали перед сном в течение трех суток по-

сле вмешательства. Оценку болевого синдрома проводили с помощью ВАШ через 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 24, 36 и 48 ч после операции. В случае возникновения «прорывной» боли и при оценке по ВАШ ≥ 7 баллов в обеих группах дополнительно применяли 20 мг промедола. Для оценки силы (F) квадрицепса бедра оперированной конечности использовали шкалу Совета по медицинским исследованиям Великобритании (Medical Research Council Muscle Scale (MRC)) через 3, 6, 12, 24 и 36 ч после операции (0 — отсутствие сокращений мышц; 1 — видимые сокращения мышц, но движения отсутствуют; 2 — движения в конечности без преодоления силы тяжести; 3 — движения в конечности, способные преодолеть силу тяжести, но не дополнительное сопротивление; 4 — движения, способные частично преодолеть сопротивление, оказываемое врачом; 5 — нормальная мышечная сила).

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica, 10.0 (trial). Использовали критерий Shapiro – Wilk's test для проверки соответствия данных нормальному распределению. Значимость статистических гипотез оценивали непараметрическими методами. Описательная статистика представлена в виде медианы и квартилей — Me [LQ; UQ] — для количественных и процентными соотношениями для качественных признаков. Проверку гипотезы о статистически значимом различии в независимых группах проводили с помощью Mann – Whitney test. Сравнение категориальных переменных между независимыми группами проводили с использованием критерия хи-квадрат (χ^2) Пирсона, а при числе наблюдений менее 10 применяли критерий χ^2 с поправкой Йетса на непрерывность, в тех случаях, когда число наблюдений было ≤ 5 , использовали двусторонний критерий Фишера. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Всем пациентам обеих групп было успешно выполнено ТЭКС и проведено адекватное и эффективное анестезиологическое обеспечение.

Группы пациентов достоверно не различались между собой по продолжительности оперативного вмешательства, объему раствора местно-

го анестетика для спинальной анестезии, объему интраоперационной инфузионной терапии, оценкам по шкале Bromage после операции, $p > 0,05$.

Продолжительность вмешательства и особенности спинальной анестезии в обеих группах представлены в таблице 2.

Таблица 2. Интраоперационные показатели групп 1 и 2, Me [LQ; UQ]

Table 2. Intraoperative parameters of groups 1 and 2, Me [LQ; UQ]

Показатель	Группа 1, n = 29	Группа 2, n = 34	p
Продолжительность операции, мин	115 [105; 125]	120 [110; 120]	0,53 ¹
Инtrateкально бупивакин, мл	2,1 [1,8; 2,2]	2 [1,8; 2,1]	0,08 ¹
Шкала Bromage, балл	2 [1; 3]	2 [2; 3]	0,17 ¹
Интраоперационная инфузия, мл	1180 [950; 1460]	1230 [1100; 1520]	0,21 ¹

Примечание. 1 — для статистического анализа использован критерий Манна – Уитни.

Пациентам группы 1 для проводниковых блокад *n. tibialis* использовали 6 [5; 7] мл раствора местного анестетика; *n. saphenus* — 7 [5; 8] мл; *n. vastus medialis* — 4 [4; 5] мл; для *n. obturatorius* — 5 [5; 6] мл; для блокад кожных ветвей бедренного нерва — 6,5 [6; 7] мл. Общий объем раствора местного анестетика для проведения блокад — 28,5 [25; 33] мл (213,8 [187,5; 247,5] мг ропивакаина).

Гипотензию, потребовавшую вазопрессорной поддержки норэпинефрином, отметили у

1 пациента группы 1. Осложнение было успешно купировано. Также у 1 пациента группы 1 на третьи сутки после операции развился алкогольный делирий.

При оценке послеоперационной боли значимые различия между группами выявлены в динамике на каждом этапе послеоперационного исследования, $p < 0,05$ (таблица 3).

Таблица 3. Оценка послеоперационной боли у пациентов групп 1 и 2

Table 3. Assessment of postoperative pain in patients in groups 1 and 2

Этапы оценки боли после операции	Группа 1, n = 29; оценка боли ВАШ, балл	Группа 2, n = 34; оценка боли ВАШ, балл	p
Через 2 ч	0 [0; 3,5]	4 [1; 6]	0,003
Через 3 ч	1,5 [1; 4]	7 [5; 9]	0,001
Через 4 ч	2 [0; 4]	6 [5; 8]	0,0001
Через 5 ч	2,5 [0; 4,5]	7 [5; 8]	0,00001
Через 6 ч	2 [1; 4]	6,5 [5; 8]	0,00001
Через 8 ч	3 [0; 4,5]	6 [5,5; 8]	0,00001
Через 12 ч	2,5 [0; 4,5]	7 [5; 8]	0,0001
Через 24 ч	3 [2; 4]	5 [4; 6]	0,0001
Через 36 ч	2 [1; 3]	4 [3; 5]	0,001
Через 48 ч	1 [0; 2]	3 [3; 4]	0,0001

Примечание. Для статистического анализа использован критерий Манна – Уитни.

Дополнительное применение промедола в связи с выраженным болевым синдромом в течение первых суток после артропластики потребовалось в 1 случае в группе 1, а в группе 2 — в 24 случаях у 17 пациентов, $p = 0,0001$.

При оценке силы квадрицепса по шкале MRC различия между группами выявлены только через 3 ч после операции: в группе 1 F составила 3 [2; 4] балла, а в группе 2 — 4 [3; 5] балла ($p = 0,001$). Значимых различий между группами

пациентов по шкале MRC через 6, 12, 24 и 36 ч после ТЭКС не выявили: F квадрицепса бедра через 6 ч в группе 1 составила 4 [3; 5] балла, в группе 2 — 4 [4; 5] балла ($p = 0,12$); F через 12 ч в группе 1 — 5 [4; 5] баллов, в группе 2 — 4 [4; 5] балла ($p = 0,08$); F квадрицепса через 24 ч в группе 1 — 5 [5; 5] баллов, в группе 2 — 5 [4; 5] баллов ($p = 0,2$); F через 36 ч в группе 1 — 5 [5; 5] баллов, в группе 2 — 5 [4; 5] баллов ($p = 0,3$).

В течение первых суток после ТЭКС (через 18–22 ч после операции) с помощью медицинского персонала и вспомогательных устройств вертикализироваться и перемещаться с неполной нагрузкой на оперированную ногу смогли 6 (20,7 %) пациентов группы 1, а в группе 2 из-за боязни усиления боли пациенты в течение 24 ч после ТЭКС не вставали с больничной койки.

Для эффективного купирования и контроля болевого синдрома, сопровождающего пациентов после тотальной артропластики коленного сустава, необходимо соблюдение принципов мультимодальной анальгезии [5, 6, 10, 11]. На базе информационного ресурса PubMed на поисковый запрос «nerve block after total knee arthroplasty» за период с 31.03.2020 по 31.03.2025 выявлено 291 сообщение. В проанализированных источниках не было обнаружено информации о применении комбинации проводниковых блокад нервов, предложенной в нашем исследовании (*n. tibialis*, *n. saphenus*, *n. vastus medialis*, *n. obturatorius* и передних кожных ветвей бедренного нерва). В многочисленных работах продемонстрирована эффективность проводниковых блокад нервов нижней конечности у пациентов после ТЭКС [3, 7, 8]. Однако рабочая группа Европейского общества регионарной анестезии и терапии под руководством Р. М. Lavand'homme не рекомендует для послеоперационного обезболивания после тотальной артропластики колена использование эпидуральной и спинальной анестезий, проводниковых блокад седалищного и бедренного нервов [6]. Основная причина данных рекомендаций связана с развитием при данных методах анальгезии мышечной слабости нижней конечности, что приводит к продленному постельному режиму, задержке времени восстановления функции колена, увеличивает риск падений пациентов при попытках вертикализации, а при нейроаксиальных блокадах — к развитию гипотензии, задержке мочи, необходимости длительного мониторинга наблюдения в отделении интенсивной терапии. Из регионарных методов анальгезии после ТЭКС Р. М. Lavand'homme et al. рекомендуют блокаду приводящего канала, околосоуставную инфильтрационную анестезию, которые обеспечивают адекватный уровень обе-

зболивания и достаточную функцию коленного сустава [6].

Так, Д. В. Морозов и соавторы исследовали болевой синдром, потребность в опиоидах и движения в коленном суставе у 82 пациентов после ТЭКС [8]. Их испытуемые были разделены на группы: 1 — системное обезболивание, 2 — блокада только бедренного нерва, 3 — блокада бедренного и большеберцового нерва, 4 — блокада приводящего канала (БПК) и большеберцового нерва. При БПК авторы указывали на возможность блокады *n. saphenus*, *n. vastus medialis* и в некоторых случаях *n. obturatorius* и *n. tibialis*. С целью продленного послеоперационного обезболивания в эпинеуральное пространство бедренного нерва и приводящего канала болюсно вводили 0,2 % раствор ропивакаина. Д. В. Морозов и соавторы отметили значимо более выраженный болевой синдром и большую потребность в анальгетиках в группе без блокад. В группе, где блокировали только бедренный нерв, выявили достоверно большие оценки боли в покое по сравнению с группами 3 и 4 в первые сутки после операции. В то же время они указали, что сочетание блокады ветвей бедренного нерва с блокадой большеберцового нерва значительно улучшает качество послеоперационного обезболивания в первые 24 ч после ТЭКС, а блокада приводящего канала по сравнению с блокадой *n. femoralis* сопровождается значительно меньшей слабостью четырехглавой мышцы бедра.

Кроме того, N. Elkassabany et al. провели исследование среди 62 пациентов (две группы по 31 пациенту), целью которого была проверка гипотезы о том, что блокада бедренного нерва после протезирования коленного сустава приводит к высокому риску падения пациентов в послеоперационном периоде в сравнении с пациентами, у которых выполнили БПК [12]. Авторы указали на то, что БПК приводит к значимому сохранению силы квадрицепса в сравнении с блокадой бедренного нерва. В указанном исследовании авторы не обнаружили достоверного снижения риска падения между группами пациентов, $p = 0,7$. Однако А. В. Курганский и К. Н. Храпов в своем обзоре указывают, что падения пациентов в послеоперационном периоде после блокады бедренного нерва варьируют от 0,7 до 1,6 %, а необходимость в повторных вмешательствах на бедре из-за падений возникает у 0,4 % пациентов [10, 12]. В нашем исследовании случаев падения пациентов в послеоперационном периоде не зарегистрировано.

Также С. I. Salvadores de Arzuaga et al. в своем исследовании, куда были включены 78 пациентов, подвергнувшихся тотальной артропластики коленного сустава, сформировали три группы

и пришли к заключению, что в группе пациентов, которым с целью послеоперационного обезболивания блокировали бедренный нерв, наблюдался лучший контроль боли через 6, 24 и 48 ч после операции по сравнению с группами пациентов, в которых проводили блокады в области бедренного треугольника или приводящего канала [7]. Авторы отметили, что достоверно большая потребность в наркотических анальгетиках была в группе пациентов, которым выполняли БПК. Также они выявили, что в течение первых 6 ч после ТЭКС в группах с БПК и бедренного треугольника сила квадрицепса бедра больше, чем в группе пациентов с блокадой бедренного нерва. Однако различий по данному показателю между тремя группами через 24 и 48 ч не выявили [7]. В нашем исследовании достоверное снижение силы четырехглавой мышцы в группе пациентов с блокадами нервов было спустя 3 и 6 ч после ТЭКС. Однако в группе 1 в послеоперационном периоде отмечали значимо менее выраженный болевой синдром в сравнении с группой 2.

Интересны результаты, представленные в обзоре и метаанализе F. Wang et al. [3]. Авторы проанализировали 30 исследований, посвященных анальгезии пациентов после тотального эндопротезирования колена. Они пришли к заключению, что непрерывная БПК с блокадой коленных нервов наиболее эффективно позволяет контролировать боль в покое через 24–48 ч после операции. В то же время пациенты, которым проводилась БПК и инфильтрация между подколенной артерией и капсулой колена имели самый низкий показатель боли при движении через 24 ч после ТЭКС. При оценке двигательной функции конечности в группах пациентов, которым проводилась БПК в сочетании с блокадой коленных нервов и с инфильт-

трацией между подколенной артерией и капсулой колена, выявили самое короткое время в тесте Timed Up and Go. Наибольшая амплитуда самостоятельных движений была в группе пациентов, которым выполняли непрерывную БПК в сочетании с блокадой большеберцового нерва. Авторы также указали на эффективный и адекватный контроль боли и лучшие показатели движения в конечности при использовании продленных комбинированных блокад нервов, иннервирующих колено, в сравнении с однократными и единичными блокадами нервов.

В нашей работе проведено сравнение группы пациентов после ТЭКС с системным мультимодальным обезболиванием и группы, в которой как один из компонентов анальгезии применили комбинацию блокад нервов: *n. tibialis*, *n. saphenus*, *n. vastus medialis*, *n. obturatorius* и передних кожных ветвей бедренного нерва. Исследование продемонстрировало, что после ТЭКС применение проводниковых блокад нервов нижней конечности позволяет значимо уменьшить использование опиоидных анальгетиков и эффективно предупреждать появление «прорывной» боли в раннем послеоперационном периоде. Отметим, что в течение первых 24 ч после операции 20,7 % пациентов группы с проводниковыми блокадами смогли возобновить движения в коленном суставе, хотя и в неполном объеме.

Заключение

Блокады периферических нервов нижней конечности эффективно снижают боль после эндопротезирования коленного сустава и в 20,7 % случаев позволяют приступить к ранней активизации пациентов.

Список литературы / References

1. Kurtz SM, Lau E, Ong K, Zhao K, Kelly M, Bozic KJ. Future young patient demand for primary and revision joint replacement: national projections from 2010 to 2030. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(10):2606-2612.
2. Nashwan AJ. Optimizing pain management in elderly patients post-knee surgery: A novel collaborative strategy. *World Journal of Clinical Cases.* 2024;12(15):2475-2478. DOI: <https://doi.org/10.12998/wjcc.v12.i15.2475>
3. Wang F, Wu J, Wu Y, Han X, Dai H, Chen Q. Different peripheral nerve blocks for patients undergoing total knee arthroplasty: a network meta-analysis of randomized controlled trials. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery.* 2024;144:4179-4206. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-024-05507-y>
4. Богомолов А.Н., Канус И.И. Анестезиологическое обеспечение и послеоперационное обезболивание при тотальном эндопротезировании коленного сустава. *Новости хирургии.* 2012;20(6):102-110. Bogomolov AN, Kanus II. Anesthesia provision and postoperative analgesia at total endoprosthesis of the knee joint. *Novosti Khirurgii.* 2012;20(6):102-110. (In Russ.).
5. Li J, Ma Y, Xiao L. Postoperative pain management in total knee arthroplasty. *Orthopaedic Surgery.* 2019;11:755-761. DOI: <https://doi.org/10.1111/os.12535>
6. Lavand'homme PM, Kehlet H, Rawal N, Joshi GP. Pain management after total knee arthroplasty. *Eur J Anaesthesiol.* 2022;39:743-757. DOI: <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001691>
7. De Arzuaga CIS, Miguel M, Biarnes A, Garcia M, Naya J, Khoudeir A et al. Single-injection nerve blocks for total knee arthroplasty: femoral nerve block versus femoral triangle block versus adductor canal block - a randomized controlled double-blinded trial. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery.* 2023;143:6763-6771. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-023-04960-5>
8. Морозов Д.В., Боронина И.В., Рябцева А.А., Никулина Т.А. Влияние блокад различных ветвей седалищного и бедренного нервов на качество послеоперационного обезболивания после эндопротезирования коленного сустава. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии.* 2018;11(2):110-113.

DOI: <https://doi.org/10.18499/2070-478X-2018-11-2-110-113>

Morozov DV, Boronina IV, Ryabtseva AA, Nikulina TA. The influence of different branches of sciatic and femoral nerves blocks on the postoperative analgesia quality after knee joint replacement. *Journal of Experimental and Clinical Surgery*. 2018;11(2):110-113. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.18499/2070-478X-2018-11-2-110-113>

9. Бонцевич С.В., Юсифов Я.Э. Вариативная анатомия иннервации коленного сустава и её значение в его хирургии. *Смоленский медицинский альманах*. 2021;(1):60-62.

Bontsevich SV, Yusifov YE. Variative anatomy of the knee joint innervation and its significance in the surgery of this joint. *Smolenskij Medicinskij Al'manah*. 2021;(1):60-62. (In Russ.).

10. Курганский А.В., Храпов К.Н. Подходы к послеоперационному обезболиванию при операциях тотального эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2018;15(4):76-85.

DOI: <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2018-15-4-76-85>

Kurganskiy AV, Khrapov KN. Approaches to post-operative pain relief during total knee and hip replacement. *Messenger of*

Anesthesiology and Resuscitation. 2018;15(4):76-85. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2018-15-4-76-85>

11. Ходьков Е.К. Болобошко К.Б., Кубраков К.М., Усович А.К., Ловиков Д.Н. Сравнительная эффективность методов анальгезии при эндопротезировании коленного сустава. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2020;19(1):66-72.

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.1.66>

Khadzou K, Balaboshka KB, Kubrakov KM, Usovich AK, Lovikov DN. Comparative efficiency of analgesia methods for total knee arthroplasty. *Vestnik Vitebskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2020;19(1):66-72. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.1.66>

12. Elkassabany N, Antosh S, Ahmed M, Nelson CA, Israelite C, Badiola IJ et al. The risk of falls after total knee arthroplasty with the use of a femoral nerve block versus an adductor canal block. *Anesthesia and Analgesia*. 2016;122(5):1696-1703.

DOI: <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000001237>

Информация об авторах / Information about the authors

Викторович Никита Евгеньевич, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации № 1, УЗ «Могилевская клиническая больница скорой медицинской помощи»; ассистент филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии и урологии УО «Гомельский государственный медицинский университет», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1825-3542>

e-mail: nikita.viktorovich.2015@mail.ru

Маркевич Денис Петрович, врач анестезиолог-реаниматолог (заведующий) отделения анестезиологии и реанимации № 1, УЗ «Могилевская клиническая больница скорой медицинской помощи»; к.м.н., доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии, руководитель филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии и урологии УО «Гомельский государственный медицинский университет», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1117-3877>

e-mail: snyter1977@gmail.com

Nikita E. Viktorovich, Anesthesiologist and Resuscitator of the Anaesthesiology and Resuscitation Department №1, Mogilev Clinical Hospital of Emergency Care; Assistant at the Branch of Departments of Anaesthesiology and Resuscitation, and Urology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1825-3542>

e-mail: nikita.viktorovich.2015@mail.ru

Denis P. Markevich, Anesthesiologist and Resuscitator (Head) of the Anaesthesiology and Resuscitation Department № 1, Mogilev Clinical Hospital of Emergency Care; Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Anaesthesiology and Resuscitation Department, Head of the Branch of Departments of Anaesthesiology and Resuscitation, and Urology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1117-3877>

e-mail: snyter1977@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Маркевич Денис Петрович

e-mail: snyter1977@gmail.com

Denis P. Markevich

e-mail: snyter1977@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 14.05.2025

Поступила после рецензирования / Accepted 11.07.2025

Принята к публикации / Revised 18.02.2026



Спонтанный пневмоторакс: особенности возникновения и течения на примере пациентов, пролеченных за трехлетний период в условиях хирургического торакального отделения

О. А. Ярмоленко¹, А. С. Рудой², Е. Г. Малаева¹, Э. С. Иноземцев³,
Д. А. Зиновкин¹, И. Л. Мамченко¹, М. А. Дука¹, Т. В. Алейникова¹

¹Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

²Республиканский научно-практический центр «Кардиология», г. Минск, Беларусь

³Гомельская областная клиническая больница, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Рассмотреть известные на настоящий момент теории возникновения спонтанного пневмоторакса (СП). Изучить гендерную и возрастную структуру группы пациентов с СП, выявить общие закономерности течения СП у пациентов г. Гомеля и Гомельской области.

Материалы и методы. Проанализированы литературные данные о генезе СП. Проведен ретроспективный анализ 226 медицинских карт стационарных пациентов, проходивших лечение на базе хирургического торакального отделения учреждения «Гомельская областная клиническая больница» в период 2019–2021 гг. по поводу СП. Проведена сравнительная оценка социальных, антропометрических, эпидемиологических, клинических данных пациентов. Полученные данные обрабатывали в программном пакете Statistica, 10.0 с применением методов описательной статистики.

Результаты. Определена гендерная и возрастная структура пациентов с СП. В сформированной группе преобладали мужчины (79,6 %), средний возраст составил 36,1 года (95 % ДИ 34,2–38,0, SD = 14,6). Выявлено, что в группе преобладали пациенты с первичным СП (ПСП) по отношению ко вторичному (88 и 12 % соответственно). В группе преобладали пациенты с нормальным индексом массы тела (ИМТ) — медиана составила 20,4±3,2 кг/м². Иные конституциональные особенности, важные для определения диспластического фенотипа, в рамках ретроспективного исследования уточнить не удалось. У подавляющего большинства пациентов не было предвестников и триггерных факторов возникновения СП. Среди провоцирующих факторов отдельные пациенты отметили поднятие тяжестей накануне возникновения СП (n = 11), тренировки в тренажерном зале с силовыми упражнениями накануне СП или бег на длинные дистанции (n = 7), а также наличие в анамнезе острого респираторного заболевания (n = 19). У большинства пациентов СП был правосторонним (n = 176; 77,9 %), с локализацией разрыва в S1–S2 сегментах. Макроскопически и микроскопически гистологический материал демонстрировал признаки буллезной эмфиземы в 198 (87,6 %) случаях.

Заключение. В работе проанализированы существующие рабочие гипотезы о причинах возникновения СП. Проанализирована гендерная и возрастная структура пациентов с СП на примере 226 пациентов, пролеченных стационарно за трехлетний период. В исследуемой группе ПСП выявлялся чаще у мужчин молодого возраста, что соответствует литературным данным. Выявлена частота встречаемости и нозологические формы вторичного СП, среди которых преобладала хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), вторичный СП достоверно чаще встречался у пациентов пожилого возраста. Преваляровала правосторонняя локализация процесса с поражением верхушечных сегментов легких. У подавляющего большинства пациентов на гистологическом исследовании легочной ткани, резецированной при хирургическом вмешательстве, выявлены множественные буллы, не описываемые на рентгеновских снимках легких. Объем СП до хирургического лечения в среднем составлял половину от нормального. При анализе медицинских карт стационарных пациентов сделан вывод об отсутствии данных для оценки диспластического фенотипа пациентов по современным критериям. Для детального и полного исследования роли соединительнотканной дисплазии в генезе СП, а также наличия гистологических маркеров, указывающих на несостоятельность соединительной ткани и процессы фиброобразования, требуется проведение проспективного исследования.

Ключевые слова: спонтанный пневмоторакс, буллезная эмфизема легких, дисплазия соединительной ткани

Вклад авторов. Ярмоленко О.А., Рудой А.С., Малаева Е.Г.: концепция и дизайн исследования; Иноземцев Э.С., Зиновкин Д.А., Мамченко И.Л., Дука М.А., Алейникова Т.В.: сбор материала, обзор публикаций по теме статьи; Рудой А.С.: проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Работа выполнена при поддержке БРФФИ, договор № M24-097, № государственной регистрации 20241425 от 08.07.2024.

Для цитирования: Ярмоленко ОА, Рудой АС, Малаева ЕГ, Иноземцев ЭС, Зиновкин ДА, Мамченко ИЛ, Дука МА, Алейникова ТВ. Спонтанный пневмоторакс: особенности возникновения и течения на примере пациентов, пролеченных за трехлетний период в условиях хирургического торакального отделения. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):35–42. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-04>

Spontaneous pneumothorax: features of its occurrence and course in patients treated over a three-year period in a thoracic surgery department

Olga A. Yarmolenko¹, Andrey S. Rudoy², Ekaterina G. Malaeva¹,
Eduard S. Inozemcev³, Dmitry A. Zinovkin¹, Inna L. Mamchenko¹, Maria A. Duka¹,
Tatyana V. Aleynikova¹

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Republican Scientific and Practical Centre "Cardiology", Minsk, Belarus

³Gomel Regional Clinical Hospital, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To consider currently known theories of spontaneous pneumothorax (SP). To study gender and age structure of the SP patient group, and to identify common patterns in the course of SP among patients in Gomel and the Gomel region.

Materials and methods. Literary data on the genesis of SP were analyzed. A retrospective analysis of 226 medical records of hospital patients treated for SP at the surgical thoracic department of the Gomel Regional Clinical Hospital in the period 2019–2021 was conducted. A comparative assessment of patients' social, anthropometric, epidemiological, and clinical data was conducted. The obtained data were processed in the STATISTICA 10.0 software package using descriptive statistics.

Results. The gender and age distribution of patients with SP was determined. Males with an average age of 36,1 (95% CI 34.2 – 38.0, SD=14.6) in a formed group predominated (79.6%). It was found out that patients with primary spontaneous pneumothorax (PSP) were more common than secondary spontaneous pneumothorax (88% and 12%, respectively). Patients with a normal body mass index (BMI) predominated in the group, median value complied 20,4±3,2 kg/m². Other constitutional features important for determining the dysplastic phenotype could not be clarified within the retrospective study. The vast majority of patients had no precursors or trigger factors for the development of SP. Individual patients noted lifting weights the day before the onset of SP (n=11), training in the gym with strength exercises the day before SP or long-distance running (n=7), as well as presence of acute respiratory disease in a medical history (n = 19) among the provoking factors. The majority of patients had right-sided SP (n=176; 77.9%) with the rupture localized in the S1-S2 segments. Macroscopic and microscopic histological material is shown signs of the bullous emphysema in 198 (87,6%) cases.

Conclusion. This study analyzes existing working hypotheses regarding the causes of SP. Gender and age structure of the patients with SP in the case of 226 patients treated at hospitals over a three-year period. PSP was more frequently diagnosed in young men in the study group that corresponds to published data. The frequency of occurrence and nosological forms of secondary SP were identified, among which chronic obstructive pulmonary disease predominated; secondary SP was significantly more common in elderly patients. The right-sided localization of the process with damage to the apical segments of the lungs prevailed. Multiple bullae that were not detected on X-ray images of the lungs were revealed in the vast majority of patients during the histological examination of lung tissue resected during surgical intervention. The volume of SP prior to surgical treatment amounted to a half of normal. Analysis of medical records revealed a lack of data for evaluation of the dysplastic phenotype of the patients according to the current criteria. A prospective study is needed for a detailed and comprehensive study of the role of connective tissue dysplasia in the development of SP, as well as the presence of histological markers indicating connective tissue dysfunction and fibrosis.

Keywords: *spontaneous pneumothorax, bullous emphysema of the lungs connective tissue dysplasia*

Author contributions. Yarmolenko O.A., Rudoy A.S., Malaeva E.G.: concept and design of the research; Inozemcev E.S., Zinovkin D.A., Mamchenko I.L., Duka M.A., Aleynikova T.V.: collection of material, review of publications on the topic of the article; Rudoy A.S.: checking critical content, approval of the manuscript for publication.

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

Funding. The work was carried out with the support of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research, Contract No. M24-097, State Registration No. 20241425 dated 08.07.2024.

For citation: Yarmolenko VA, Rudoy AS, Malaeva EG, Inozemcev ES, Zinovkin DA, Mamchenko IL, Duka MA, Aleynikova TV. Spontaneous pneumothorax: features of its occurrence and course in patients treated over a three-year period in a thoracic surgery department. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):35–42. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-04>.

Введение

Спонтанный пневмоторакс — это синдром, при котором в плевральной полости скапливается воздух без видимых причин, таких как травма, ятрогенное вмешательство или инфекционное поражение легочной ткани [1]. По данным зарубежных литературных источников, таких как British thoracic society (BTS), ежегодное число госпитализаций по поводу СП за последние 50 лет увеличилось с 9,1 до 14,1 на 100 тыс. человек [2]. Общая заболеваемость составляет 24 на 100 тыс. населения ежегодно для пациентов мужского пола (пиковый возраст — 20–24 и 80–84 года) и 9,8 на 100 тыс. в год — для пациентов женского пола (пиковый возраст — 30–34 70–74 года). Смертность составляет 0,09 % среди мужчин и 0,06 % среди женщин. У мужчин в возрасте от 16 до 40 лет СП встречается в 12–15 раз чаще, чем у женщин [2].

Впервые подробно описал СП французский врач Р. Лазннек в 1819 г., уточненное и современное описание принадлежит Н. Kjaergard (1932) [3]. Большинство авторов в классификации оперируют терминами «*первичный СП*» у лиц, не имеющих патологии со стороны легочной системы в анамнезе (наиболее часто представлен буллезной эмфиземой) и «*вторичный СП*», возникающий на фоне прогрессирующего поражения легочной паренхимы (ХОБЛ, бронхиальная астма, муковисцидоз, идиопатический фиброзирующий альвеолит, лимфангиолейомиоматоз, туберозный склероз, гистиоцитоз X, саркоидоз, пневмокониозы, синдром Бёрта – Хога – Дьюба) [3–6]. Однако ко вторичному СП нельзя отнести появление воздуха в плевральной полости вследствие деструкции легочной ткани на фоне пневмонии, туберкулеза, злокачественных новообразований. Катамениальный пневмоторакс — это форма СП, связанная с внетазовым эндометриозом, при которой эпизоды возникают в строго определенные сроки: за сутки до или в течение 72 ч после начала менструации. Стертость клинических проявлений нередко затрудняет диагностику, однако циклический характер и типичные морфологические изменения диафрагмы играют ключевую роль при установке диагноза [3]. Описаны единичные случаи вторичного СП на фоне пороков развития легочной ткани: врожденной мальформации дыхательных путей и секвестрации легких [7]. Рассматривались теории хронического механического повреждения (синдром остистых ребер, отрыв плевральной спайки), рефлекторное воздействие, например, при выполнении акупунктуры.

Также изучалось влияние инфекции COVID-19 на рост числа СП: популяционное ис-

следование проводилось в Великобритании по данным национальных регистров госпитализированных пациентов за период с 2017 по 2023 г. Выявлен рост СП, причиной которых послужила коронавирусная инфекция, пик пришелся на 2021 г., однако в случае исключения пациентов с COVID-19 число госпитализаций с пневмотораксом во время пандемии и после нее не отличалось от такового в допандемийный период [8].

В последние два десятилетия появляется все больше работ о непосредственной роли дисплазии соединительной ткани (ДСТ) в формировании буллезной эмфиземы [9, 10]. Итогом стало появление СП в протоколах диагностики наследственных нарушений соединительной ткани. В клинических рекомендациях по недифференцированным ДСТ Российского научного медицинского общества терапевтов 2022 г. СП является одним из диагностических критериев с коэффициентом достоверности 5,63 [11]. Однако роль ДСТ до сих пор недооценивается пульмонологами и торакальными хирургами, и ряд таких пациентов остается без комплексного системного лечения и профилактики.

Среди дисплазий принято выделять две группы:

1) наследственные нарушения соединительной ткани (ННСТ) или синдромные моногенные заболевания (синдром Марфана, Элерса – Данло, синдром Луиса Дитца, синдром Стиклера, синдром несовершенного остеогенеза, синдром аневризмы-остеоартрита и др.), строго генетически детерминированные, распространенность в популяции крайне низка, включены в специальные регистры редких заболеваний;

2) недифференцированные соединительнотканые дисплазии, которые широко представлены в популяции (по разным источникам — от 13 до 70 %), развитие которых обусловлено полигенной и мультифакториальной предрасположенностью, реализуемой под влиянием средовых факторов.

Дискуссия в отношении связи эмфиземы с ДСТ продолжается. Главным аргументом служит тот факт, что нужно принимать во внимание и другие факторы риска развития буллезной эмфиземы: дефицит ингибиторов эластазы, мутацию генов экстрацеллюлярной супероксиддисмутазы, длительное курение, воздействие поллютантов окружающей среды, особенности профессиональной деятельности, перенесенные инфекционные заболевания и т. д. Но появляется все больше публикаций, опровергающих главенствующую роль альфа-1-антитрипсина (ААТ) в генезе буллезной эмфиземы. М. В. Вершинина и соавт. при определении концентрации ААТ в сыворотке крови у 184 пациентов со СП не по-

лучили данных, свидетельствующих о снижении концентрации ААТ в системном кровотоке [10].

Установлено, что у пациентов с буллезной эмфиземой легких имеется достоверно более низкое соотношение коллагенов I и III типов как в микропрепаратах легкого, так и кожи [12].

В последнее время в научных исследованиях активно изучаются биологические маркеры ННСТ, которые являются также маркерами воспаления и фиброза. К ним относятся трансформирующий фактор роста- β 1 (TGF- β 1), человеческий галектин-3 (GAL-3) и ряд других биологически активных молекул — белков экстрацеллюлярного матрикса, роль и значение которых в клинической практике до конца не определены. Продемонстрирована ключевая роль расторможенной TGF- β -активности в фиброгенез-зависимой активации мезенхимальных клеток — миофибробластов (α -SMA+) в развитии особого морфогенетического варианта и раннего фиброза в молодом возрасте у лиц с марфаноподобными состояниями (А. С. Рудой, 2016) [13].

Так, А. В. Михеев, С. Н. Трушин, в своей работе изучали роль TGF- β как стимулятора фиброгенеза и индикатора степени развития буллезной эмфиземы легких. Влияние антагонистов рецепторов ангиотензина II (лозартана) на процессы ремоделирования стенки бронхов и легочной ткани у крыс с папаининдуцированной буллезной эмфиземой легких активно изучается [14].

Предположительно, в основе разрушения эластических волокон легких лежит процесс накопления и активации нейтрофилов и макрофагов, стимулируемый ТФР- β . Изучается роль дисфункции местных ингибиторов пептидаз в развитии воспалительных процессов в легких (ингибитор секреторной лейкоцитарной пептидазы (SLPI), ингибитор протеиназы 3 (PI3), α 1-протеазный ингибитор) и влияние на их продукцию TGF- β через Smad – сигнальный путь (*Similar to Mothers Against Decapentaplegic*) [14].

Возможно, имеющиеся на сегодняшний день разрозненные данные и теории являются патогенетическими звеньями одной цепи. Проведение дальнейших клинико-патофизиологических исследований, изучение гистологического материала легкого у пациентов с доказанным наличием эмфиземы, поиск новых молекул, которые являются ключевыми при сборке межклеточного матрикса, может быть целесообразным для лучшего понимания роли соединительнотканной дисплазии в развитии патологии легких, механизмов терапевтического воздействия и подхода к ведению данной группы пациентов. Представляет интерес выяснить, всегда ли фенотипические признаки будут коррелировать с наличием гистологических маркеров, выявить особенности

СП на фоне ДСТ, сравнить частоту рецидивов, оценить клинико-функциональные изменения органов дыхания после перенесенного СП у лиц с наличием ДСТ и без таковой.

Цель исследования

Рассмотреть известные на настоящий момент теории возникновения СП. Изучить гендерную и возрастную структуру группы пациентов с СП, выявить общие закономерности течения СП у пациентов г. Гомеля и Гомельской области.

Материалы и методы

Дизайн исследования: наблюдательное, поперечное, одноцентровое.

Проведен ретроспективный анализ 226 медицинских карт стационарных пациентов, проходивших лечение на базе хирургического торакального отделения учреждения «Гомельская областная клиническая больница» в период с 2019 по 2021 г., госпитализированных по поводу СП.

Критерии включения: все зарегистрированные случаи без ограничения пациентов по возрасту, пациенты с первичным и вторичным пневмотораксом, первым эпизодом или рецидивом.

Критерии исключения: травматический пневмоторакс, в том числе ятрогенный; пневмоторакс как осложнение туберкулеза легкого, гнойно-деструктивных процессов в легких.

В исследуемой группе было 180 мужчин (79,6 %), 46 женщин (20,4 %). Средний возраст пациентов — 36,1 года (95 % ДИ 34,2–38,0, SD = 14,6). Медиана возраста — 33 [25; 43] года.

Из сопутствующих заболеваний в анамнезе отмечались: ишемическая болезнь сердца — у 9 (4 %) человек, артериальная гипертензия — у 17 (7,5 %), острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе — у 3 (1,3 %), хронический бронхит — у 5 (2,21 %), ХОБЛ — у 9 (4 %), бронхиальная астма — у 3 (1,3 %), саркоидоз Бека — у 1 (0,4 %), лимфоангиоматоз — у 2 (0,9 %), интерстициальная болезнь легких неуточненная — у 3 (1,3 %), эндометриоз — у 4 (1,8 %), язва двенадцатиперстной кишки — у 2 (0,9 %), киста яичника — у 2 (0,9 %), тромбоэмболия легочной артерии — у 1 (0,4 %), врожденные пороки сердца — у 3 (1,3 %), геморрагическая лихорадка с почечным синдромом — у 1 (0,4 %), варикоцеле — у 2 (0,9 %), пролапс митрального клапана — у 4 (1,8 %), узловых зоб — у 1 (0,4 %), экстирпация матки по поводу миомы — у 3 (1,3 %), детский церебральный паралич — у 2 (0,9 %), сведения о перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19 в анамнезе — у 4 (1,8 %), внегоспитальная пневмония в анамнезе — у 2 (0,9 %), перенесенный 30 лет назад туберкулезный плеврит — у 1 (0,4 %) пациента.

Помимо гендерной и возрастной структуры, анализировались следующие данные: СП первичный либо вторичный, количество пациентов с рецидивирующим СП, в том числе в течение года, преимущественная локализация, провоцирующие факторы, особенности клинической картины, наличие осложнений, объем поражения легких по данным рентгенологического исследования, морфологические данные — анализ описаний биопсийного материала.

Об объеме спавшегося легкого, согласно рекомендации Британского торакального общества, судили косвенно: путем измерения линии между спавшимся легким на уровне верхушки и грудной стенкой на рентгеновском снимке [15].

Биопсийный материал фиксировали в формалине, проводили по восходящим концентрациям изопропилового спирта, промежуточных сред: изопропиловый спирт — вазелиновое масло, вазелиновое масло, затем — в двух порциях парафина. После этого биоптаты заливали в парафиновые блоки, с которых получали гистологические срезы толщиной 5–7 мкм и монтировали их на предметные стекла. Окраску проводили гематоксилином и эозином по стандартной методике, после чего срезы закрывали покровными стеклами с использованием монтирующей среды.

Результаты представлены в виде абсолютных и относительных величин. Статистическую обработку данных проводили с помощью программного пакета Statistica, 10.0 с применением методов описательной статистики (описание мер центральной тенденции — среднего арифметического, медианы; мер вариабельности — стандартного отклонения (SD), интерквартильного размаха (IQR)).

Результаты и обсуждение

В данной трехлетней выборке среди 226 пациентов с СП преобладали мужчины, соотношение полов составило 4:1. Медиана возраста — 33 [25; 43] года. Возрастная структура пациентов

(медиана, IQR, диапазон признака) с учетом распределения по годам за период исследования представлена на диаграмме размаха (рисунок 1).

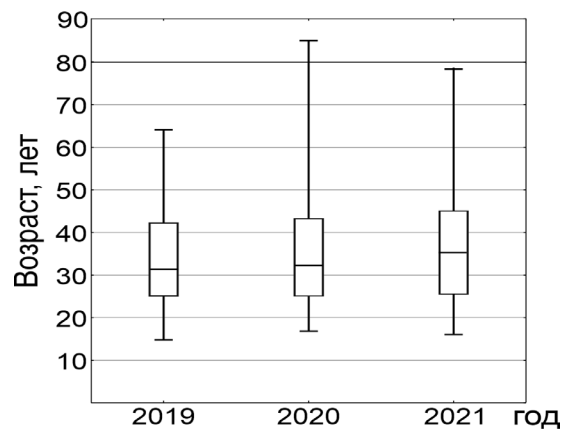


Рисунок 1. Возрастная структура пациентов в исследуемой группе (диаграмма размаха)

Figure 1. Age structure of patients in the study group (box plot)

На долю ПСП приходится 199 (88 %) госпитализаций, вторичного СП — 27 (12 %) госпитализаций за анализируемый период. По годам: в 2019 г. с ПСП госпитализировано 67 (96,1 %) пациентов, в 2020 г. — 79 (87,3 %), в 2021 г. — 53 (79,6 %) пациента. Вторичный пневмоторакс достоверно чаще встречался у пациентов пожилого и среднего возраста — 60 [47; 72] лет. Медиана возраста пациентов с ПСП — 28 [22; 41] лет. Нозологическими формами, ассоциированными со вторичным СП, у пациентов исследуемой группы являлись: хронический бронхит — 5 (2,21 %) случаев, ХОБЛ — 9 (4 %), бронхиальная астма — 3 (1,3 %), саркоидоз Бека — 1 (0,4 %), лимфангиоматоз — 2 (0,9 %) случая, интерстициальная болезнь легких неуточненная — 3 (1,3 %), эндометриоз — 4 (1,8 %) случая. Распределение нозологических форм внутри подгруппы пациентов со вторичным СП представлено на рисунке 2.

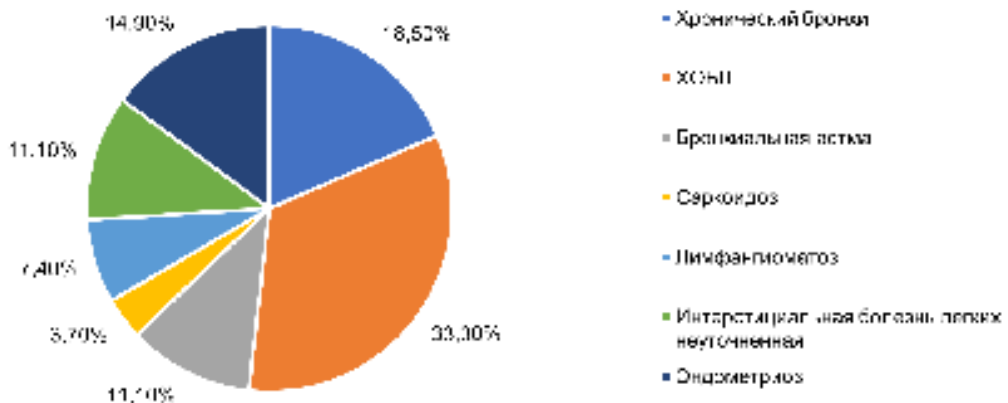


Рисунок 2. Структура сопутствующих заболеваний пациентов со вторичным СП (%)

Figure 2. Structure of the concomitant diseases of the patients with secondary SP (%)

Количество повторных в рамках одного года госпитализаций по поводу рецидива СП: в 2020 г. — 6 случаев (у 1 пациента отмечалось 2 рецидива за год, у 4 — по 1 рецидиву), в 2021 г. — 7 случаев (4 рецидива у 1 пациента, по 1 рецидиву у 3 пациентов).

Наблюдается незначительный относительный рост обращений за медицинской помощью по поводу СП в осенне-зимний период: в 2019 г. — 30 (42,9 %), в 2020 г. — 56 (62,1 %), в 2021 г. — 43 (63,2 %) обращения.

Анализируя антропометрические данные наших пациентов, мы не нашли подтверждения, что, как правило, пациенты с СП астеничны [2]: в анализируемой группе преобладали лица с нормальным ИМТ — медиана составила $20,4 \pm 3,2$ кг/м², однако у 68 (31 %) пациентов отмечалась недостаточная масса тела — ИМТ $\leq 18,5$ кг/м², что составило менее 1/3 от всех пациентов, у 16 (7 %) пациентов отмечалась избыточная масса тела, 3 пациента были с ожирением 1-й степени, 2 пациента — с ожирением 2-й степени. Детальные сведения о наличии изменений фенотипа, свидетельствующие в пользу критериев ДСТ, часто выявляемой по данным литературных источников [9, 10], в медицинских картах стационарного пациента отсутствуют, что говорит о необходимости проведения проспективного исследования с оценкой фенотипа по специальному протоколу с балльной шкалой. Оценить роль курения в развитии СП и его рецидивов в рамках данного исследования не удалось ввиду отсутствия данных в медицинских картах стационарного пациента.

Самыми распространенными жалобами пациентов при поступлении в стационар являлись: одышка в покое и при физической нагрузке — у 221 (98 %) пациента, боль в грудной клетке присутствовала у 215 (95 %) пациентов, кашель отмечался у 36 (16 %) пациентов. Среди триггерных факторов пациенты отмечали подъемы тяжести накануне возникновения СП ($n = 11$), занятия в тренажерном зале с силовыми упражнениями накануне СП или бег на длинную дистанцию ($n = 7$), перенесенное острое респираторное заболевание ($n = 19$) в течение предшествовавшего месяца до возникновения СП. Не было зафиксировано случаев, связанных с перепадами атмосферного давления, перелетами, нырянием и т. п. Частота отмеченных триггерных факторов низка, что делает их статистически не значимыми. Таким образом, исследование показывает, что подавляющее большинство пациентов не отмечает каких-либо провоцирующих факторов в генезе СП, последний, как правило, случается на фоне хорошего самочувствия при выполнении рутинных дел или в состоянии полного покоя, преимущественно в первой половине дня.

У 207 пациентов был проведен анализ результатов морфологического исследования образцов легочной ткани, полученных при выполнении видеоассоциированной торакотомии, преимущественно из S1–S2 сегментов легких. Макроскопически и микроскопически гистологический материал констатировал признаки буллезной эмфиземы — в 198 случаях, у 176 (89 %) пациентов это были множественные буллы, размер булл — 1,6 [1,2; 1,9] см. Выраженный спаечный процесс зафиксирован у 65 (29 %) пациентов: по данным протокола операции видеоассоциированного торакального вмешательства выявлялись плевроапикальные спайки, в единичных случаях — плеврокардиальные, по данным рентгенологического метода исследования — преимущественно плевродиафрагмальные. Кистозное перерождение легких отмечается у 9 (4,5 %) пациентов. Также в гистологическом материале закономерно выявляются участки периваскулярного и перибронхиального склероза, фиброза легочной ткани, лимфоцитарной инфильтрации, субплевральных кровоизлияний в легочной ткани, бронхиолэктазы, дислектазы.

У большинства пациентов СП был правосторонним ($n = 176$; 77,9 %), у подавляющего большинства пациентов локализация разрыва определялась в S1–S2 сегментах. По объему коллабированного легкого до проведения оперативного вмешательства малый СП (коллапс до 1/4 объема) определялся у 17 % пациентов, большой СП подразделялся на компрессию до 1/2 объема — у 44 % пациентов, компрессия на 2/3 от первоначального объема и более отмечалась у 29 % пациентов. У 10 % пациентов пневмоторакс был тотальным. В структуре осложнений СП наиболее часто отмечался плевральный выпот (38 % пациентов), замедленное расправление легкого (13 % случаев).

Заключение

Анализ данных пациентов хирургического торакального отделения за указанный период 2019–2021 гг. свидетельствует о распространенности СП у лиц молодого возраста, что соответствует литературным данным [1–3]. В структуре группы преобладали мужчины, чаще отмечалась правосторонняя локализация процесса с поражением верхушечных сегментов легких. Большинство пациентов затруднялись предположить причину или провоцирующий фактор развития СП. Вторичный СП встречался в 12 % случаев в исследуемой группе, достоверно чаще у пациентов пожилого возраста. Среди нозологических форм превалировала ХОБЛ. У подавляющего большинства пациентов на гистологическом исследовании легочной ткани, резецированной при

хирургическом вмешательстве, выявлены множественные буллы, не описываемые на рентгеновских снимках легких. Объем СП до хирургического лечения в среднем составлял половину от нормального. Для детального и полного исследования роли соединительнотканной дисплазии

в генезе СП, а также наличия гистологических маркеров, указывающих на несостоятельность соединительной ткани и процессы фиброобразования в легких, требуется проведение проспективного исследования.

Список литературы / References

- Mendogni P, Vannucci J, Ghisalberti M, Anile M, Aramini B, Congedo MT, et al. Epidemiology and management of primary spontaneous pneumothorax: a systematic review. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2020;30(3):337-345. DOI: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivz290>
- Shorthose M, Barton E, Walker S. The contemporary management of spontaneous pneumothorax in adults. *Breath (Sheff).* 2023 Dec. 19 (4):230135. DOI: <https://doi.org/10.1183/20734735.0135-2023>
- Яблонский П.К., Петров А.С., Пищик В.Г., Атюков М.А. Оржешковский О.В. Спонтанный пневмоторакс: учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2013. С. 42. Yablonsky PK, Petrov AS, Pishchik VG, Atyukov MA, Orzheshkovsky O.V. Spontaneous pneumothorax: textbook. St. Petersburg: Publishing house St. Petersburg University, 2013. P. 42.
- Михеев А.В. Этиология первичного спонтанного пневмоторакса. *Земский Врач.* 2015;28(4):14-19. Mikheev A.V. Etiology of primary spontaneous pneumothorax. *Zemsky Doctor.* 2015;28(4):14-19. (in Russ.).
- Sattler EC, Syunyaeva Z, Mansmann U, Steinlein OK. Genetic risk factors for spontaneous pneumothorax in Birt-Hogg-Dubé syndrome. *Chest.* 2020;157(5):1199-1206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.12.019>
- Wang Y, Cai M, Jiang X, Lv G, Hu D, Zhang G, et al. Exons 1-3 deletion in FLCN is associated with increased risk of pneumothorax in Chinese patients with Birt-Hogg-Dubé syndrome. *Orphanet J Rare Dis.* 2023 May 12;18(1):115. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13023-023-02710-9>
- Агафонов Г.М., Петров А.С., Атюков М.А., Новикова О.В., Земцова И.Ю., Двораковская И.В., Яблонский П.К. Секвестрация верхней доли правого легкого – редкая причина правостороннего рецидивирующего спонтанного пневмоторакса. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2024;(1):102-109. DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia2024011102>
- Agafonov GM, Petrov AS, Atyukov MA, Novikova OV, Zemtsova IYu, Dvorakovskaya IV, Yablonsky PK. Right upper lobe pulmonary sequestration as a rare cause of recurrent spontaneous pneumothorax. *Journal of Surgery, named N.I. Pirogov.* 2024;(1):102-109. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/hirurgia2024011102>
- Zhong X, Goldacre R, Morris EJA, Halifax RJ. Trends in incidence of pneumothorax in England before, during and after the COVID-19 pandemic (2017-2023): a population-based observational study. *The Lancet Regional Health.* 2024; Jul 1;44:100994. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2024.100994>
- Вершинина М.В., Нечаева Г.И., Хоменя А.А., Исаева А.С., Ратынская И.А., Анайко И.Д., Фороносова О.А. Значение медицинской реабилитации при бронхолегочном синдроме у больных с дисплазией соединительной ткани. *Бюллетень сибирской медицины.* 2017;16(2):105-113. Vershinina MV, Nechaeva GI, Homenia AA, Isaeva AS, Ratynskaya IA, Anaiko ID, Foronosova OA. The importance of medical rehabilitation for bronchopulmonary syndrome in patients with connective tissue dysplasia. *Bulletin of Siberian Medicine.* 2017;16 (2):105-113. (in Russ.).
- Вершинина М.В., Гринберг Л.М., Нечаева Г.И., Филатова А.С., Неретин А.В., Хоменя А.А., Говорова С.Е. Первичный спонтанный пневмоторакс и дисплазия соединительной ткани: клинико-морфологические параллели. *Пульмонология.* 2015;25(3):340-349. Vershinina MV, Grinberg LM, Nechaeva GI, Filatova AS, Neretin AV, Homenia AA, Govorova SE. Primary spontaneous pneumothorax and connective tissue dysplasia: clinical and morphological parallels. *Pulmonology.* –2015;25(3):340-349. (in Russ.).
- Клинические рекомендации. Недифференцированные дисплазии соединительной ткани. *Терапия.* 2024;10(5S):1-43. Clinical guidelines. Undifferentiated connective tissue dysplasias. *Therapy.* 2024;10(5S):1-43 (in Russ.).
- Иванов И.С., Термибулатов В.И., Клеткин М.Е., Окунев О.А., Иванова И.А. Соотношение типов коллагена при буллезной эмфиземе. *Новости хирургии.* 2018;26(3):293-300. Ivanov IS, Termibulatov VI, Kletkin ME, Okunev OA, Ivanova IA. The ratio of collagen types in bullous emphysema. *News of surgery.* 2018;(26)3:293 -300. (in Russ.).
- Рудой А.С. Синдромные и «семейные» аневризмы грудной аорты (наследственные аортопатии): монография. Минск: Тирас-Н, 2016. 141 с. Rudoy AS. Syndromic and "familial" aneurysms of the thoracic aorta (hereditary aortopathies): monograph. Minsk: Tiras-N, 2016. 141 P. (in Russ.).
- Михеев А.В., Трушин С.Н. Эффекты антагонистов рецепторов ангиотензина II в лечении экспериментальной буллезной эмфиземы легких. *Наука молодых (Eruditio Juvenium).* 2019;7(2):190-198. Mikheev AV, Trushin SN. Effects of angiotensin II receptor antagonists in treatment of experimental bullous pulmonary emphysema. *Science of the young (Eruditio Juvenium).* 2019;7(2):190-198. DOI: <https://doi.org/10.23888/HMJ201972190-198>
- MacDuff A, Arnold A, Harvey J. Management of spontaneous pneumothorax: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline, 2010. *Thorax.* 2010;65(2):18-31. DOI: <https://doi.org/10.1136/thx.2010.137042>

Информация об авторах / Information about the authors

Ярмоленко Ольга Альфредовна, старший преподаватель кафедры внутренних болезней № 1 с курсами эндокринологии и гематологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7867-9362>
e-mail: olgayarmolenka@mail.ru

Olga A. Yarmolenko, Senior Lecturer at the Department of Internal Diseases No. 1 with the courses of Endocrinology and Hematology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7867-9362>
e-mail: olgayarmolenka@mail.ru

Рудой Андрей Семенович, д.м.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории хирургии сосудов, ГУ «Республиканский научно-практический центр „Кардиология“, Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9010-0264>

e-mail: andrewrudoj@gmail.com

Малаева Екатерина Геннадьевна, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой внутренних болезней № 1 с курсами эндокринологии и гематологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1051-0787>

e-mail: dr-malaeva@mail.ru

Иноземцев Эдуард Сергеевич, врач-торакальный хирург, У «Гомельская областная клиническая больница», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1817-0687>

e-mail: drdinozemcev@gmail.com

Зиновкин Дмитрий Александрович, к.б.н., доцент кафедры патологической анатомии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3808-8832>

e-mail: zinovkin_da@gsmu.by

Мамченко Инна Леонидовна, старший преподаватель кафедры внутренних болезней № 1 с курсами эндокринологии и гематологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6151-5011>

e-mail: mamchenkoinnagomel@gmail.com

Дука Мария Анатольевна, ассистент кафедры внутренних болезней № 1 с курсами эндокринологии и гематологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3876-3563>

e-mail: dukalis24@hotmail.com

Алейникова Татьяна Васильевна, старший преподаватель кафедры внутренних болезней № 1 с курсами эндокринологии и гематологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8836-1932>

e-mail: wond-1@mail.ru

Andrey S. Rudoy, Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Vascular Surgery, Republican Scientific and Practical Center “Cardiology”, Minsk, Belarus.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9010-0264>

e-mail: andrewrudoj@gmail.com

Ekaterina G. Malaeva, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Internal Diseases No.1 with the courses of Endocrinology and Hematology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1051-0787>

e-mail: dr-malaeva@mail.ru

Eduard S. Inozemcev, Thoracic Surgeon, Gomel Regional Clinical Hospital, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1817-0687>

e-mail: drdinozemcev@gmail.com

Dmitry A. Zinovkin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Pathological Anatomy, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3808-8832>

e-mail: zinovkin_da@gsmu.by

Inna L. Mamchenko, Senior Lecturer at the Department of Internal Diseases No. 1 with the courses of Endocrinology and Hematology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6151-5011>

e-mail: mamchenkoinnagomel@gmail.com

Maria A. Duka, Assistant at the Department of Internal Diseases No. 1 with courses in Endocrinology and Hematology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3876-3563>

e-mail: dukalis24@hotmail.com

Tatyana V. Aleynikova, Senior Lecturer at the Department of Internal Diseases No. 1 with the courses of Endocrinology and Hematology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8836-1932>

e-mail: wond-1@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Ярмоленко Ольга Альфредовна

e-mail: olgayarmolenka@mail.ru

Olga A. Yarmolenko

e-mail: olgayarmolenka@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 26.09.2025

Поступила после рецензирования / Accepted 09.01.2026

Принята к публикации / Revised 18.02.2026

УДК 616.831-005.8-036.8-009.7

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-05>

Особенности возникновения разных фенотипов постинсультного болевого синдрома (результаты катamnестического исследования)

Н. Н. Усова

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Уточнить особенности возникновения, характеристики и сопутствующие симптомы различных фенотипов постинсультного болевого синдрома (ПИБС) в катamnестическом опросе.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное когортное исследование, основанное на анализе медицинской документации с последующим проспективным телефонным интервьюированием. Из архива инсультного неврологического отделения учреждения здравоохранения «Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны» методом случайной выборки были отобраны 300 карт стационарных пациентов, пролеченных по поводу острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) в период с 2018 по 2020 г. включительно. Среди пациентов было 211 мужчин, 89 женщин, средний возраст — 57,7±8,5 года. Структурированный опросник включал вопросы, направленные на оценку следующих аспектов ПИБС: локализация, время дебюта относительно периода ОНМК, длительность и характер боли. Дополнительно фиксировались данные о наличии и выраженности спастичности (повышенного мышечного тонуса), сопутствующих нарушениях сна, а также о получаемой пациентами анальгетической и патогенетической терапии. Статистическая обработка выполнена с использованием программного пакета Statistica, 12.0 (StatSoft, Inc.).

Результаты. Анализ медицинской документации выявил наличие ПИБС в остром периоде заболевания у 97 пациентов (32,3 % от общей когорты). Установлена значимая корреляция между возникновением болевого синдрома в остром периоде и типом перенесенного ОНМК ($r = 0,42$; $p < 0,05$). Частота развития ПИБС была выше в группе с внутримозговым кровоизлиянием (ВМК) по сравнению с группой с инфарктом головного мозга (ИГМ): 71,7 % (43 случая) против 22,5 % (54 случая) соответственно ($\chi^2 = 21,3$; $p < 0,001$). При проведении катamnестического опроса через 1–3 года после перенесенного инсульта болевой синдром был верифицирован у 178 пациентов (59,3 %). Распространенность ПИБС в отдаленном периоде значительно превышала таковую в остром периоде ($\chi^2 = 44,1$; $p < 0,001$). Изолированный болевой синдром одного типа был зафиксирован у 96 пациентов (53,9 % в группе с ПИБС). Его структура распределялась следующим образом: головная боль — 52 пациента (29,2 %); боль в плече — 29 (16,3 %); скелетно-мышечная боль — 8 (4,5 %); центральная боль в конечностях — 7 пациентов (3,9 %). Комбинированные формы ПИБС, включающие несколько видов боли, наблюдались у 82 пациентов (46,1 %): сочетание двух видов боли — 66 пациентов (37,1 %); сочетание трех видов боли — 12 (6,7 %); сочетание четырех видов боли — 4 пациента (2,3 %).

Заключение. ПИБС представляет собой клинически гетерогенное, часто коморбидное состояние, требующее дифференцированного подхода к диагностике и лечению. Полученные данные об особенностях фенотипов ПИБС, их временной динамике и сопутствующей симптоматике могут служить основой для разработки персонализированных алгоритмов ведения пациентов после инсульта, направленных на улучшение функциональных исходов и качества жизни.

Ключевые слова: инсульт, постинсультный болевой синдром, спастичность, центральный постинсультный болевой синдром, боль в плече

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Усова НН. Особенности возникновения разных фенотипов постинсультного болевого синдрома (результаты катamnестического исследования). Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):43–50. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-05>

Occurrence peculiarities of different phenotypes of post-stroke pain syndrome (results of a follow-up study)

Natallia N. Usava

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To clarify the peculiarities of occurrence, characteristics and associated symptoms of various phenotypes of post-stroke pain syndrome (PSPS) in a follow-up survey.

Materials and methods. A retrospective cohort study was conducted based on an analysis of medical records followed by prospective telephone interviews. A total of 300 records of inpatients treated on account of acute cerebrovascular accident (ACVA) from 2018 till 2020 inclusive were randomly selected from the archives of the Stroke Neurology Department of the Gomel University Clinic – Regional Hospital for Veterans of the Great Patriotic War. There were 211 men, 89 women, average age is 57.7 ± 8.5 years old. A structured survey included questions aimed at assessing the following aspects of PSPS: localization, time of onset relative to the moment of ACVA, duration and nature of pain. Data on the presence and severity of spasticity (hypermyotonia), concomitant sleep disorders, as well as the analgesic and pathogenetic therapy received by the patients were recorded additionally. Statistical processing was performed using the software package “Statistica 12.0” (StatSoft, Inc.).

Results. Analysis of medical records revealed the presence of PSPS in the acute period of the disease in 97 patients (32,3% of the total cohort). A significant correlation was established between the occurrence of pain syndrome in the acute period and the type of the past ACVA ($r=0,42$; $p<0,05$). The incidence of PSPS was significantly higher in the ICH group compared to the IGM group: 43 cases (71,7%) versus 54 cases (22,5%), respectively ($\chi^2=21,3$; $p<0,001$). During the follow-up survey, pain syndrome was verified in 178 patients (59,3%) in 1–3 years after the stroke. The prevalence of PSPS in the late period significantly exceeded that in the acute period ($\chi^2=44,1$; $p<0,001$). Isolated pain syndrome of one type was recorded in 96 patients (53,9% of the group with PSPS). Its structure was distributed as follows: headache – 52 patients (29,2%); shoulder pain – 29 patients (16,3%); musculoskeletal pain – 8 patients (4,5%); central pain in the extremities – 7 patients (3,9%). Combined forms of PSPS, including several types of pain, were observed in 82 patients (46,1%): combination of 2 types of pain – 66 patients (37,1%); combination of 3 types of pain – 12 patients (6,7%); combination of 4 types of pain – 4 patients (2,3%).

Conclusion. PSPS is a clinically heterogeneous, often comorbid condition requiring a differentiated approach to diagnosis and treatment. The data obtained on the characteristics of PSPS phenotypes, their temporal dynamics, and associated symptoms can serve as the basis for developing personalized algorithms for post-stroke patient care aimed at improving functional outcomes and quality of life.

Keywords: stroke, post-stroke pain syndrome, spasticity, central post-stroke pain syndrome, shoulder pain

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

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Usava NN. Occurrence peculiarities of different phenotypes of post-stroke pain syndrome (results of a follow-up study). *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):43–50. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-05>

Введение

Острые нарушения мозгового кровообращения и их отсроченные последствия продолжают оставаться одной из наиболее значимых медико-социальных проблем в глобальном масштабе. Согласно данным исследования Global Burden of Disease Study (2019), инсульт сохраняет статус второй ведущей причины смертности в мире, обуславливая 11,6 % всех случаев смерти, а в структуре общего бремени болезней (сочетание показателей смертности и инвалидности) занимает третье место (5,7 %) [1]. За три десятилетия (1990–2019 гг.) наблюдался тревожный рост ключевых эпидемиологических показателей: абсолютное число новых случаев увеличилось на 70 %, распространенность —

на 85 %, а смертность — на 43 % [1]. Эта глобальная тенденция находит свое отражение и на национальном уровне. В Республике Беларусь цереброваскулярные заболевания, в первую очередь инфаркт мозга и ВМК, вносят существенный вклад в показатели первичной инвалидизации. Так, в 2018 г. только среди лиц трудоспособного возраста было впервые признано инвалидами 2012 пациентов с данными диагнозами, что соответствует 3,8 случая на 100 тыс. населения.

Оптимизация медицинской реабилитации после перенесенного инсульта, выступающей в качестве краеугольного камня для восстановления функциональной независимости и приемлемого качества жизни пациента, напрямую зависит от эффективного контроля постинсультных

осложнений. Особое место среди них занимает ПИБС, который выступает значимым модифицируемым фактором, негативно влияющим на все аспекты реабилитационного процесса. Согласно данным различных исследований, распространенность хронической боли после инфаркта мозга и ВМК варьирует от 11 до 55 % случаев, при этом примерно 70 % пораженных пациентов испытывают болевые ощущения ежедневно [2, 3].

Наличие ПИБС ассоциировано с достоверным ухудшением общего состояния пациентов [4, 5] и служит предиктором менее благоприятных восстановительных траекторий. Ключевым негативным следствием ПИБС является существенное замедление темпов восстановления утраченных неврологических функций: у пациентов с болевым синдромом этот процесс может протекать в два раза медленнее по сравнению с пациентами без боли [6, 7].

Патофизиологическая и клиническая гетерогенность ПИБС представляет собой серьезную диагностическую и терапевтическую проблему. Иллюстрацией полиморфности его проявлений служат результаты исследования Е. В. Костенко (2017): среди 1317 пациентов в раннем восстановительном периоде после инсульта ПИБС был верифицирован в 46 % случаев. Структура синдрома включала центральную постинсультную боль (8 %), плечелопаточный болевой синдром (37 %), головную боль (24 %), боль, связанную со спастичностью (21 %), и дорсалгию (56 %), причем у части пациентов наблюдалось сочетание нескольких болевых феноменов [8].

Прогноз при ПИБС часто остается неблагоприятным, с тенденцией к хронизации и персистенции болевых ощущений на протяжении многих лет [5]. Прямым следствием хронического ПИБС становятся стойкое снижение качества жизни, развитие депрессивных и тревожных расстройств, инсомния. Длительный прием анальгетических препаратов создает дополнительные риски, включая развитие лекарственной зависимости, ухудшение социальной адаптации и повышение суицидального риска.

Таким образом, ПИБС трансформируется из симптома в самостоятельное мультиморбидное состояние, требующее комплексного междисциплинарного подхода, что и определяет актуальность его углубленного изучения для совершенствования реабилитационных алгоритмов.

Цель исследования

Уточнить особенности возникновения, характеристики и сопутствующие симптомы различных фенотипов ПИБС в катamnестическом опросе.

Материалы и методы

Проведено ретроспективное когортное исследование, основанное на анализе медицинской документации с последующим проспективным телефонным интервьюированием. Из архива инсультного неврологического отделения УЗ «Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны» методом случайной выборки были отобраны 300 карт стационарных пациентов, пролеченных по поводу ОНМК в период с 2018 по 2020 г. включительно.

За выбранным контингентом было проведено отсроченное катamnестическое наблюдение посредством структурированного телефонного интервью. Опрос выполнялся с использованием стандартизированной анкеты, разработанной для выявления и установления характеристик ПИБС. Интервьюирование проводилось с временными интервалами: через 1, 2 и 3 года после перенесенного инсульта. В исследование включались только пациенты, способные к вербальной коммуникации по телефону и давшие устное информированное согласие на участие. Лица с когнитивными или речевыми нарушениями, препятствующими проведению опроса, были исключены из дальнейшего анализа.

В конечную аналитическую когорту вошли 300 проинтервьюированных пациентов (211 мужчин, 89 женщин, средний возраст — $57,7 \pm 8,5$ года). По типу перенесенного ОНМК распределение было следующим: ИГМ — 240 случаев (80,0 %); ВМК — 60 случаев (20,0 %). Локализация сосудистого поражения: левый каротидный бассейн (ЛКБ) — 117 пациентов (39,0 %); правый каротидный бассейн (ПКБ) — 99 пациентов (33,0 %); вертебробазиллярный бассейн (ВББ) — 73 пациента (24,3 %); мультифокальное поражение — 7 пациентов (2,3 %); изолированное внутрижелудочковое кровоизлияние — 3 пациента (1,0 %).

Структурированный опросник включал вопросы, направленные на оценку следующих аспектов ПИБС: локализация, время дебюта относительно периода ОНМК, длительность и характер боли. Дополнительно фиксировались данные о наличии и выраженности спастичности (повышенного мышечного тонуса), сопутствующих нарушениях сна, а также о получаемой пациентами анальгетической и патогенетической терапии.

Все собранные данные были формализованы и внесены в электронную базу. Статистическая обработка выполнена с использованием программного пакета Statistica, 12.0 (StatSoft, Inc.). Количественные переменные, распределение которых отклонялось от нормального или тип

распределения которого был неизвестен, представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха [25-й (LQ); 75-й (UQ) процентиля]. Качественные признаки описаны с использованием абсолютных значений и процентных долей. Для сравнения независимых выборок применялся непараметрический U-критерий Манна — Уитни. Сопоставление качественных показателей проводилось с помощью критерия χ^2 (с поправкой Йетса для таблиц 2 x 2 при необходимости). Оценка корреляционных взаимосвязей осуществлялась методом ранговой корреляции Спирмена. Во всех видах анализа статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Анализ медицинской документации выявил наличие ПИБС в остром периоде заболевания у 97 пациентов (32,3 % от общей когорты). Среди них болевые ощущения в парализованных конечностях отмечали 65 человек (67,0 % от группы с ПИБС), в то время как цефалгии регистрировались у 32 пациентов (33,0 %).

Установлена значимая корреляция между возникновением болевого синдрома в остром периоде и типом перенесенного ОНМК ($r = 0,42$; $p < 0,05$). Частота развития ПИБС была достоверно выше в группе с ВМК по сравнению с группой ИГМ: 71,7 % (43 случая) против 22,5 % (54 случая) соответственно ($\chi^2 = 21,3$; $p < 0,001$).

При проведении катamnестического опроса через 1–3 года после перенесенного инсульта болевой синдром был верифицирован у 178 пациентов (59,3 %). Распространенность ПИБС в отдаленном периоде значимо превышала таковую в остром периоде ($\chi^2 = 44,1$; $p < 0,001$).

На основании анализа жалоб пациентов были идентифицированы следующие клинические варианты ПИБС: центральная постинсультная боль (в пораженной половине тела); боль в плече паретичной конечности; скелетно-мышечная боль; постинсультная головная боль; смешанный болевой синдром.

Изолированный болевой синдром одного типа был зафиксирован у 96 пациентов (53,9 % в группе с ПИБС). Его структура распределялась следующим образом: головная боль — 52 пациента (29,2 %); боль в плече — 29 (16,3 %); скелетно-мышечная боль — 8 (4,5 %); центральная боль в конечностях — 7 (3,9 %).

Комбинированные формы ПИБС, включающие несколько видов боли, наблюдались у 82 пациентов (46,1 %): сочетание двух видов боли — у 66 пациентов (37,1 %); сочетание трех видов боли — у 12 (6,7 %); сочетание четырех видов боли — у 4 пациентов (2,3%).

Был проведен анализ возникновения болевого синдрома в группах через 1, 2, 3 года после инсульта (таблица 1).

Таблица 1. Фенотипы и характеристики ПИБС у пациентов через 1, 2, 3 года после инсульта
Table 1. Phenotypes and characteristics of PSPS in patients in 1, 2, 3 years after stroke

Характеристики	1-й год после инсульта, n = 98, % (чел.)	2-й год после инсульта, n = 96, % (чел.)	3-й год после инсульта, n = 106, % (чел.)	χ^2 ; p
Наличие боли	61,2 (60)	58,3 (56)	58,5 (62)	$p > 0,05$
Разновидность постинсультного болевого синдрома				
Центральная	3,3 (2)	3,6 (2)	4,8 (3)	$p > 0,05$
Плечо	23,3 (14)	7,1 (4)	17,7 (11)	$^{1-2}5,76$; $p = 0,03$
Суставно-мышечная	3,3 (2)	7,1 (4)	3,2% (2)	$p > 0,05$
Голова	13,3 (8)	44,6 (25)	30,6 (19)	$^{1-2}9,75$; $p = 0,002$
Смешанная	56,7 (34)	37,5 (21)	43,5 (27)	$p > 0,05$

Распространенность ПИБС оставалась стабильно высокой на протяжении всего периода наблюдения, не демонстрируя статистически значимой динамики ($p > 0,05$). Наблюдались существенные изменения в структуре болевых синдромов с течением времени. Смешанный болевой синдром был наиболее частым фенотипом в 1-й и 3-й год наблюдения, однако его доля имела тенденцию к снижению в течение трех лет. Головная боль продемонстрировала статистически значимую динамику между годами наблюдения, ее доля резко возросла ко 2-му году ($p = 0,002$),

а к 3-му году несколько снизилась. Боль в плече максимально часто наблюдалась на 1-м году, затем ее частота значительно снизилась ($p = 0,03$) с последующим умеренным ростом на 3-м году. Центральная постинсультная боль и суставно-мышечная боль встречались реже и без выраженной динамики в течение трех лет.

Проведен анализ характеристик различных фенотипов ПИБС в зависимости от видов инсульта, патогенетических подтипов ИГМ и локализации (таблица 2).

Таблица 2. Общие характеристики фенотипов ПИБС
Table 2. General characteristics of PSPS phenotypes

Характеристики	Центральная боль ¹ , n = 7, % (чел.)	Боль в плече ² , n = 29, % (чел.)	Суставно-мышечная боль ³ , n = 8, % (чел.)	Головная боль ⁴ , n = 52, % (чел.)	Смешанная боль ⁵ , n = 82, % (чел.)	χ^2 ; p
Распределение фенотипов боли	3,9 (7)	16,3 (29)	4,5 (8)	29,2 (52)	46,1 (82)	
Вид ОНМК						
ИГМ	71,4 (5)	65,5 (19)	100,0 (8)	90,3 (47)	75,6 (62)	p > 0,05
ВМК	28,6 (2)	34,5 (10)		9,6 (5)	24,4 (20)	
Патогенетический подтип ИГМ						
Атеротромботический	80,0 (4)	78,9 (15)	87,5 (7)	57,5 (27)	75,8 (47)	p > 0,05
Кардиоэмболический	20,0 (1)	—	12,5 (1)	14,9 (7)	17,7 (11)	
Лакунарный	—	21,1 (4)	—	19,1 (9)	4,8 (3)	
Криптогенный	—	—	—	4,3 (2)	4,3 (2)	
Гемодинамический	—	—	—	4,3 (2)	1,6 (1)	
Локализация инсульта						
ПКБ	71,4 (5)	41,4 (12)	37,5 (3)	25,0 (13)	42,7 (35)	p > 0,05
ЛКБ	14,3 (1)	44,8 (13)	25,0 (2)	36,5 (19)	36,6 (30)	
ВББ	14,3 (1)	13,8 (4)	37,5 (3)	34,6 (18)	14,6 (12)	
Мультифокальный	—	—	—	1,9 (1)	4,9 (4)	
желудочки	—	—	—	1,9 (1)	1,2 (1)	
Тяжесть неврологического дефицита						
NIHSS при поступлении	7,0 [3,0;8,0]	6,0 [3,0;8,0]	4,0 [3,0;6,0]	5,0 [4,0;7,0]	8,0 [7,0;11,0]	1-5 = 0,045 2-5 = 0,0007 3-5 = 0,0007 4-5 < 0,0005
NIHSS при выписке	6,0 [2,0;8,0]	3,0 [3,0;4,0]	3,0 [3,0;3,5]	3,0 [3,0;4,0]	7,0 [7,0;8,0]	2-5 < 0,0005 3-5 = 0,002 4-5 < 0,0005

Статистически значимых различий в распределении видов и подтипов инсульта между группами с разными фенотипами ПИБС выявлено не было (p > 0,05). Во всех фенотипах ПИБС доминировал атеротромботический подтип ИГМ, кардиоэмболический и лакунарный варианты встречались реже и с различной частотой в разных группах. Значимой связи между фенотипом ПИБС и локализацией очага инсульта также не установлено (p > 0,05). Обращает на себя внимание преобладание ИГМ в ПКБ при центральном ПИБС. Обнаружены значимые различия в сте-

пени тяжести инсульта между группами. При поступлении наиболее тяжелый неврологический дефицит отмечался в группе пациентов со смешанной болью по сравнению со всеми остальными фенотипами ПИБС (p < 0,05). При выписке из инсультного отделения установленная закономерность сохранилась. Пациенты со смешанной болью имели наихудшие функциональные исходы по сравнению с пациентами с болью в плече, суставно-мышечной и головной болью (p < 0,05).

Проведен анализ временных характеристик различных фенотипов ПИБС (таблица 3).

Таблица 3. Временные характеристики возникновения различных фенотипов ПИБС
Table 3. Time characteristics of the occurrence of different phenotypes of PSPS

Характеристики	Центральная боль ¹ , n = 7, % (чел.)	Боль в плече ² , n = 29, % (чел.)	Суставно-мышечная боль ³ , n = 8, % (чел.)	Головная боль ⁴ , n = 52, % (чел.)	Смешанная боль ⁵ , n = 82, % (чел.)	χ^2 ; p
Первичный	100,0 (7)	86,2 (25)	75,0 (6)	71,2 (37)	87,8 (72)	*4-5,77; p = 0,03
Повторный	—	13,8 (4)	25,0 (2)	28,8 (15)	12,2 (10)	
Время, прошедшее после инсульта						
1-й год	28,6 (2)	48,3 (14)	25,0 (2)	15,0 (4)*	41,5 (34)*	**4-5,15,79; p = 0,001
2-й год	28,6 (2)	13,8 (4)	50,0 (4)	48,1 (25)*	25,6 (21)*	
3-й год	42,9 (3)	37,9 (11)	25,0 (2)	36,5 (19)	32,9 (27)	

Окончание таблицы 3

End of Table 3

Характеристики	Центральная боль ¹ , n = 7, % (чел.)	Боль в плече ² , n = 29, % (чел.)	Суставно-мышечная боль ³ , n = 8, % (чел.)	Головная боль ⁴ , n = 52, % (чел.)	Смешанная боль ⁵ , n = 82, % (чел.)	χ^2 ; p
Время появления болевого синдрома						
До 1 месяца	14,3 (1)*	20,7 (6)	37,5 (3)	69,2 (36)*	47,6 (39)	*1-47,11; p = 0,008
1–3 месяца	85,7 (6)*	62,1 (18)	12,5 (1)	25,0 (13)*	37,8 (31)	
3–6 месяцев	—	17,2 (5)	—	5,8 (3)	10,9 (9)	
Более 6 месяцев	—	—	50,0 (4)	—	3,7% (3)	
Длительность приступа боли						
Несколько часов	—	—	50,0 (4)	71,2 (37)*	9,8 (8)	*2-420,63; p < 0,0005 x²⁻⁵15,2; p = 0,001 0⁴⁻⁵30,84; p < 0,0005
Несколько дней	14,3 (1)	37,9 (11)*x	—	19,2 (10)* ^o	4,9 (4) x ^o	
Постоянно	85,7 (6)	62,1 (18) x	50,0 (4)	9,6 (5) ^o	85,4 (70)x ^o	

Выявлена значимая связь между фенотипом ПИБС и первичным либо повторным инсультом. Так, центральная и смешанная боль чаще возникла при первичном инсульте, а наибольшая доля повторных инсультов наблюдалась в группах с головной и суставно-мышечной болью. Распределение пациентов с разными фенотипами ПИБС по годам наблюдения также имело значимые различия. Так, для 1-го года после инсульта более характерно возникновение боли в плече и смешанной боли. На 2-м году у пациентов чаще возникали суставно-мышечная и головная боли. Через три года после инсульта все фенотипы ПИБС были представлены достаточно равномерно.

Выявлены достоверные различия в сроках дебюта ПИБС. Так, раннее начало (до 1 месяца) наиболее характерно для головной и смешанной

боли. Центральный болевой синдром в основном возникал в промежутке 1–3 месяца от момента начала инсульта. Позднее начало (более 6 месяцев) являлось отличительной чертой скелетно-мышечной постинсультной боли.

Обнаружены значимые различия в паттернах длительности боли между фенотипами. Так, постоянная боль абсолютно преобладала при центральном и смешанном фенотипах и превалировала при боли в плече. Пароксизмальная боль являлась ключевой характеристикой головной постинсультной боли. При суставно-мышечном фенотипе в равной степени присутствовали постоянные и пароксизмальные боли.

При различных фенотипах ПИБС рассмотрены сопутствующие симптомы (таблица 4).

Таблица 4. Сопутствующие симптомы различных фенотипов ПИБС

Table 4. Associated symptoms of different phenotypes of PSPS

Характеристики	Центральная боль ¹ , n = 7, % (чел.)	Боль в плече ² , n = 29, % (чел.)	Суставно-мышечная боль ³ , n = 8, % (чел.)	Головная боль ⁴ , n = 52, % (чел.)	Смешанная боль ⁵ , n = 82, % (чел.)	χ^2 ; p
Повышение мышечного тонуса	57,1 (4)	62,1 (18)	12,5 (1)	5,7 (3)	78,1 (64)	¹⁻⁴11,05; p = 0,0009 ²⁻³4,34; p = 0,037 ²⁻⁴27,87; p < 0,0005 ³⁻⁵12,51; p = 0,0004 ⁴⁻⁵63,64; p < 0,0005
Изменение чувствительности	85,7 (6)	93,1 (27)	50,0 (4)	21,2 (11)	80,5 (66)	¹⁻⁴9,59; p = 0,002 ²⁻³5,7; p = 0,017 ²⁻⁴35,86; p < 0,0005 ⁴⁻⁵40,8; < 0,0005

Окончание таблицы 4
End of Table 4

Характеристики	Центральная боль ¹ , n = 7, % (чел.)	Боль в плече ² , n = 29, % (чел.)	Суставно-мышечная боль ³ , n = 8, % (чел.)	Головная боль ⁴ , n = 52, % (чел.)	Смешанная боль ⁵ , n = 82, % (чел.)	χ^2 ; p
Онемение	71,4 (5)	72,4 (21)	37,5 (3)	21,2 (11)	71,9 (59)	¹⁻⁴ 5,55; p = 0,018 ²⁻⁴ 18,38; p < 0,0005 ⁴⁻⁵ 30,91; p < 0,0005
Чувство покалывания и бегания мурашек	42,9 (3)	79,3 (23)	25,0 (2)	7,7 (4)	60,9 (50)	¹⁻⁴ 4,32; p = 0,038 ²⁻³ 6,14; p = 0,013 ²⁻⁴ 39,81; p < 0,0005 ³⁻⁵ 4,19; p = 0,04 ⁴⁻⁵ 43,31; p < 0,0005
Чувство прохождения электрического тока	14,3 (1)	10,3 (3)	25,0 (2)	—	46,3 (38)	²⁻⁵ 10,42; p = 0,001 ⁴⁻⁵ 31,39; p < 0,0005
Повышение чувствительности к прикосновению	—	—	—	—	3,7 (3)	p > 0,05
Повышенная чувствительность к холоду	—	—	—	—	3,7 (3)	p > 0,05
Нарушение сна	85,7 (6)	48,3 (14)	25,0 (2)	19,2 (10)	78,1 (64)	¹⁻⁸ 8,36; p = 0,0038 ²⁻⁴ 6,2; p = 0,012 ²⁻⁵ 7,72; p = 0,005 ³⁻⁵ 7,95; p = 0,005 ⁴⁻⁵ 42,17; p < 0,0005

Выявлены значимые различия в частоте встречаемости ряда симптомов при разных фенотипах боли. Повышение мышечного тонуса являлось наиболее характерным симптомом для пациентов со смешанным фенотипом боли, значимо отличаясь по частоте от всех других групп (p < 0,05). Умеренная частота спастичности отмечена при боли в плече и центральной боли, тогда как при головной и суставно-мышечной боли данный симптом встречался редко. Изменение чувствительности и онемение максимально были выражены при трех фенотипах боли (боли в плече, центральной и смешанной боли), статистически значимо превосходя показатели в группах пациентов с головной и суставно-мышечной болью (p < 0,05). Парестезии (покалывание, «мурашки») преобладали при боли в плече и смешанной боли значимо чаще, чем при других фенотипах

(p < 0,05). Ощущение прохождения электрического тока было наиболее специфично для смешанной боли, достоверно отличаясь от частоты при боли в плече (p = 0,001) и головной боли (p < 0,0005). Нарушения сна были особенно характерны для пациентов с центральной и смешанной болью (p < 0,05).

Заключение

Таким образом, ПИБС является частым и устойчивым осложнением, выявляемым у 59,3 % пациентов в отдаленном периоде (1–3 года после инсульта). Его распространенность значимо возрастает по сравнению с острым периодом, что подчеркивает необходимость длительного мониторинга болевых симптомов. ПИБС достоверно чаще развивается после ВМК (71,7 %), чем после инфаркта мозга (22,5 %). При этом тип инсульта и

локализация очага не оказывают значимого влияния на структуру фенотипов ПИБС, что свидетельствует о сложном многофакторном патогенезе синдрома.

Выделены пять основных фенотипов ПИБС: 1) центральная боль; 2) боль в плече; 3) суставно-мышечная боль; 4) головная боль; 5) смешанный болевой синдром. Смешанный фенотип является наиболее частым (46,1 %) и ассоциирован с наиболее тяжелым неврологическим дефицитом и худшими функциональными исходами.

Установлены значимые различия в дебюте и динамике болевых синдромов: раннее начало (до 1 месяца) характерно для головной и смешанной боли. Центральная боль чаще возникает в период 1–3 месяца после инсульта. Суставно-мышечная боль в половине случаев может дебютировать спустя 6 месяцев и более, что

требует особого внимания при долгосрочном наблюдении.

Наиболее тяжелые сопутствующие симптомы (спастичность, нарушения чувствительности, парестезии, инсомния) наблюдаются при смешанном фенотипе ПИБС, что дополнительно ухудшает качество жизни и затрудняет реабилитацию. Головная боль чаще проявляется пароксизмальным характером и реже сопровождается спастичностью.

Наличие ПИБС, особенно смешанного фенотипа, является маркером более тяжелого инсульта и менее благоприятного восстановления. Пациентам с ПИБС требуется раннее включение в междисциплинарные реабилитационные программы с акцентом на контроль боли и сопутствующих неврологических симптомов.

Список литературы / References

1. GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Neurol.* 2021;20(10):795-820. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(21\)00252-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00252-0)
2. Paolucci S, Martinuzzi A, Scivoletto G, et al. Assessing and treating pain associated with stroke, multiple sclerosis, cerebral palsy, spinal cord injury and spasticity. Evidence and recommendations from the Italian Consensus Conference on Pain in Neurorehabilitation. *Pain Pract.* 2016;52(6):827-840.
3. Agostinho M, Canaipa R, Honigman L, Treister R. No Relationships Between the Within-Subjects' Variability of Pain Intensity Reports and Variability of Other Bodily Sensations Reports. *Frontiers in Neuroscience.* 2019;13:774. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00774>
4. Чурюканов М.В. Центральная постинсультная боль: принципы диагностики и коррекции. *Эффективная фармакотерапия.* 2015;4(49):24-30.
Churyukanov MV. Central post-stroke pain: principles of diagnosis and correction. *Effective pharmacotherapy.* 2015;4(49):24-30. (In Russ.).
5. Klit XH, Finnerup NB, Jensen TS. Central post-stroke pain: clinical characteristics, pathophysiology, and management. *Lancet Neurol.* 2009;8(9):857-868. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70176-0](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70176-0)
6. Naess H, Lunde L, Brogger J. The effects of tigue, pain, and depression on quality of life in ischemic stroke patients: the Bergen stroke study. *Vasc Health Risk Manag.* 2012;8(9):407-413. DOI: <https://doi.org/10.2147/VHRM.S32780>
7. Klit H, Finnerup NB, Andersen G, Jensen TS. Central post stroke pain: a population-based study. *Pain.* 2011;153:818-824. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pain.2010.12.030>
8. Костенко Е.В. Постинсультные болевые синдромы: клинические аспекты, диагностические критерии, особенности терапии и реабилитационных мероприятий. *Медицинский Совет.* 2017;(17):63-71. DOI: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-17-63-71>
Kostenko EV. Post-stroke pain syndromes: clinical aspects, diagnostic criteria, features of therapy and rehabilitation measures. *Medical Council.* 2017;(17):63-71. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-17-63-71>

Информация об авторе / Information about the author

Усова Наталья Николаевна, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой неврологии и нейрохирургии с курсами медицинской реабилитации, ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2575-4055>
e-mail: nata_usova@mail.ru

Natallia N. Usava, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Neurology and Neurosurgery with the courses of Medical Rehabilitation, Faculty of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2575-4055>
e-mail: nata_usova@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Усова Наталья Николаевна
e-mail: nata_usova@mail.ru

Natallia N. Usava
e-mail: nata_usova@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 07.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 15.01.2026

Принята к публикации / Revised 18.02.2026

УДК 616.831-005.4-085.849:616.13-089

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-06>

Эффективность комбинированной реперфузионной терапии у пациентов с инфарктом мозга

А. В. Скачков¹, А. Д. Шваева¹, Н. В. Галиновская²

¹Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны, г. Гомель, Беларусь

²Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Проанализировать эффективность комбинированной реперфузионной терапии (РТ) у пациентов с инфарктом мозга (ИМ) на основе данных реестра неврологического отделения № 1 учреждения здравоохранения «Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны» (Университетская клиника) за 2024 г.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ 30 случаев ИМ у пациентов, пролеченных в Университетской клинике за 2024 г. Среди них было 12 женщин, 18 мужчин, средний возраст — 69 [62; 74] лет. Всем пациентам выполнен соматический и неврологический осмотр, клинические анализы, проведена оценка функционального статуса, выполнена компьютерная томография, установлен подтип ИМ согласно TOAST. Перед проведением системной тромболитической терапии (ТЛТ) и по окончании РТ оценен балл по шкале National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS). У каждого пациента выявлены временные интервалы оказания помощи: время «от начала до двери», «от двери до иглы», «от двери до пункции». Восстановление кровотока оценивалось по шкале Thrombolysis in Cerebral Infarction (TICI). Исходы лечения оценены в конце острого периода. Данные анализировали с применением пакета Statistica, 10.0., языка программирования R.

Результаты. Возраст пациентов, которым была проведена РТ, составил: 75 [71,3; 83] лет у женщин и 64 [56; 69] года у мужчин, $p < 0,001$. Преобладающим патогенетическим подтипом был: атеротромботический у мужчин — 90 %, $p = 0,046$; кардиоэмболический у женщин — 42 %, $p = 0,017$. Временные параметры реперфузии соответствовали национальным требованиям: 93 [65; 110] мин «от начала до двери»; 35 [25; 110] мин — «от двери до иглы»; 97,5 [82; 140] мин — «от двери до пункции». Временные интервалы не отличались у пациентов с различными исходами ИМ. Удовлетворительный процент реперфузии составил 68 % > 2 баллов по шкале TICI, летальность после РТ — 16 %. На исход ИМ у пациентов после РТ оказывал влияние балл NIHSS при поступлении: $OR = 1,54$, $\chi^2 = 6,34$, $p = 0,012$.

Заключение. Выявлены удовлетворительные результаты применения РТ в условиях неврологического отделения № 1 учреждения здравоохранения «Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны»: летальность была меньше, чем указано в ряде литературных источников (16 % против 19 %). Выявлены факторы, коррекция которых потенциально может улучшить исход ИМ.

Ключевые слова: инфаркт мозга, реперфузионная терапия, механическая тромбэктомия, системный тромболитизис

Вклад авторов. Шваева А.Д., Галиновская Н.В.: концепция и дизайн исследования; Скачков А.В., Шваева А.Д.: сбор данных, формирование базы данных, первичный анализ; Скачков А.В., Шваева А.Д., Галиновская Н.В.: статистический анализ, написание текста статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Скачков АВ, Шваева АД, Галиновская НВ. Эффективность комбинированной реперфузионной терапии у пациентов с инфарктом мозга. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):51–57.

DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-06>

Effectiveness of combined reperfusion therapy in patients with cerebral infarction

Aliaksandr V. Skachkou¹, Anastasiya D. Shvayeva¹, Natallia V. Halinouskaya²

¹Gomel University Clinic – Regional Hospital for Veterans of the Great Patriotic War, Gomel, Belarus

²Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To analyze effectiveness of combined reperfusion therapy (RT) in patients with cerebral infarction (CI) based on registry data of Neurology Department No. 1 of the Gomel University Clinic – Regional Hospital for Veterans of the Great Patriotic War over 2024.

Materials and methods. A retrospective analysis of 30 cases of CI in patients treated at the Gomel University Clinic over 2024 was conducted. 12 women and 18 men, average age is 69 [62; 74] years old were involved. All patients underwent a somatic and neurological examination, clinical tests, functional status assessment, computed tomography was performed, and IM subtype was determined according to the TOAST. The National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score was assessed before conducting systemic thrombolytic therapy and after RT. Time intervals for providing assistance were defined for each patient: “from onset to door”, “from door to needle”, “from door to puncture”. Blood flow recovery was assessed using the Thrombolysis in Cerebral Infarction (TICI) scale. Treatment outcomes were assessed at the end of the acute period. The data were analyzed using STATISTICA 10.0, R language.

Results. The age of patients underwent RT was: 75 [71.3; 83] years old in women and 64 [56; 69] years old in men, $p < 0.001$. The predominant pathogenetic subtype was atherothrombotic in men — 90%, $p = 0.046$, cardioembolic in women — 42%, $p = 0.017$. The time parameters of reperfusion complied with the national requirements: 93 [65; 110] minutes “from onset to door”; 35 [25; 110] minutes from door to needle; 97.5 [82; 140] minutes “from door to puncture”. Time intervals did not differ in patients with different CI outcomes. Satisfactory reperfusion percent was 68% > 2 points on the TICI scale, mortality after RT was 16%. The outcome of CI after RT was influenced by NIHSS score on admission: $OR = 1.54$, $\chi^2 = 6.34$, $p = 0.012$.

Conclusion. Satisfactory results of RT application within the Neurology Department No. 1 of the Gomel University Clinic – Regional Hospital for Veterans of the Great Patriotic War were identified, with mortality lower than the literature data (16% versus 19%). The factors, correction of which can potentially improve the outcome of CI, were identified.

Keywords: cerebral infarction, reperfusion therapy, mechanical thrombectomy, systemic thrombolysis

Author contributions. Shvaeva A.D., N.V Halinouskaya N.V.: study concept and design; Shvaeva A.D., Skachkov A.V.: data collection, database creation, and primary analysis; Skachkov A.V., Shvaeva A.D., Halinouskaya N.V.: statistical analysis and manuscript writing.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Skachkou AV, Shvayeva AD, Halinouskaya NV. Effectiveness of combined reperfusion therapy in patients with cerebral infarction. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):51–57. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-06>

Введение

Инфаркт мозга остается одной из ведущих причин смертности и стойкой инвалидизации населения во всем мире [1]. Прорывом в его лечении стало внедрение РТ, направленной на быстрое восстановление кровотока в окклюзированной артерии. Золотым стандартом является внутривенный тромболитический (ТЛТ) в течение 4,5 ч от начала симптомов ИМ с использованием лекарственного средства «Альтеплаза» и эндоваскулярная механическая тромбэктомия (МТ) при проксимальных окклюзиях крупных артерий [2]. Однако на сегодняшний день рассматривается и возможность использования тенектеплазы с достижением положительных результатов [3, 4].

Эффективность и безопасность МТ были неоспоримо доказаны в серии крупных рандомизированных клинических исследований (MRCLEAN, ESCAPE, REVASCAT и др.), а затем мета-анализами, показавшими, что добавление МТ к ТЛТ увеличивает вероятность хорошего функционального исхода по модифицированной шкале Рейникена 0–2 на 19–31 % при максимальном балле, равном 5 [5, 6]. Последующие исследования (DAWN, DEFUSE-3) расширили терапевтическое окно для МТ до 24 ч для тщательно отобранных пациентов с помощью методов нейровизуализации [7, 8].

Однако результаты фундаментальных исследований, полученные в условиях высоко-селективных центров экспертного уровня, не

всегда напрямую транслируются на рутинную клиническую практику региональных медицинских учреждений [9]. Ключевыми факторами, определяющими успех, являются организация работы сосудистых центров, соблюдение временных интервалов и доступность современных технологий [10, 11].

Цель исследования

Проанализировать эффективность комбинированной РТ у пациентов с ИМ на основе данных реестра неврологического отделения № 1 учреждения здравоохранения «Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны» за 2024 г.

Материалы и методы

Дизайн исследования: одноцентровое ретроспективное обсервационное исследование на основе анализа базы данных (реестра) пациентов, получивших РТ по поводу ИМ в Университетской клинике, за 2024 г. Критерии включения: пациенты с ИМ, поступившие в Университетскую клинику во временном интервале до 4,5 ч от момента возникновения симптомов ИМ (в терапевтическом окне) и которым была проведена РТ (МТ с или без ТЛТ) в 2024 г.

Всего в анализ было включено 30 последовательных случаев, среди пациентов было 12 женщин и 18 мужчин, медиана возраста — 69 [62; 74] лет. Из сопутствующих заболеваний наиболее частыми были: ишемическая болезнь сердца (100 %), артериальная гипертензия (90 %, 28 человек), фибрилляция предсердий (19 %, 6 человек), сахарный диабет 2 типа (6 %, 2 человека) без различий по полу. Все пациенты были обследованы согласно постановлению Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 18.01.2018 № 8 и приказу Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 24.08.2022 № 1100, включая оценку неврологического и соматического статуса, проведение общего и биохимического анализов крови, общего анализа мочи, функциональных и лучевых методов обследования, выполнена компьютерная томография. До выполнения ТЛТ был определен патогенетический подтип ИМ согласно классификации TOAST (Н. Р. Adams. et al., 1993, степень тяжести неврологического дефицита по шкале NIHSS). Повторная оценка шкалы NIHSS проводилась после РТ.

Авторами исследования были оценены: время от начала симптомов ИМ до поступления пациента в приемное отделение Университетской клиники, время от поступления пациента до ТЛТ, время от поступления до пункции артерии. При анализе учитывались примененный метод МТ (аспирация, стент-ретривер, комбинированные техники), степень восстановления кровотока по шкале Thrombolysis in Cerebral Infarction (TICI), исходы лечения по окончании острого периода ИМ.

Исходы лечения были оценены как первичные конечные точки в конце острого периода (30 суток) и представлены следующими позициями: выписка из больничной организации здравоохранения, перевод в паллиативное отделение, смерть.

Статистический анализ проводился с использованием пакетов описательной и непараметрической статистики программного комплекса Statistica, 10.0. Нормальность распределения данных оценивалась тестом Шапиро – Уилка. Количественные данные представлены в виде медианы (Me), верхнего 75 % (UQ) и нижнего 25 % (LQ) квартилей, категориальные переменные — в процентах. Различия при множественном сравнении оценивались методом Крускала – Уоллиса (KW), попарное сравнение двух групп проводилось с применением U-критерия Манна – Уитни (MW). Различия качественных признаков оценивали критерием χ^2 с поправкой Йетса. Достоверность изменений в процессе лечения определялось с применением signtest (st). Корреляционный анализ выполнили с помощью коэффициента Спирмена, прогностическую значимость оценивали посредством нелинейного логистического регрессионного анализа. К достоверным различиям отнесено значение $p < 0,05$. Иллюстрации созданы с применением языка программирования R.

Результаты и обсуждение

Пациенты женского пола, получавшие РТ, были существенно старше мужчин: 75 [71,3; 83] лет и 64 [56; 69] года соответственно, $z = 3,7$, $p_{MU} < 0,001$. Жителей г. Гомеля было госпитализировано 61 % (18 человек), района и области — 39 % (12 человек), что соответствовало распределению плотности населения. Структура патогенетических подтипов представлена на рисунке 1.

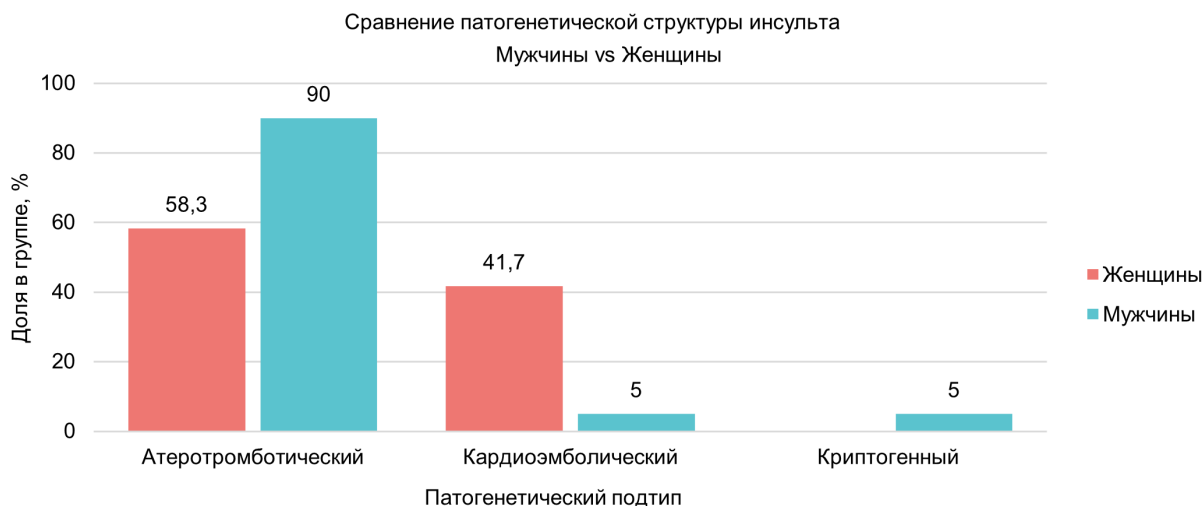


Рисунок 1. Распределение подтипов ИМ по TOAST
Figure 1. Distribution of IM subtypes according to TOAST

В группе подтипов с ИМ преобладал атеротромботический (АТ) (78 %) подтип; кардиоэмболический (КЭ) подтип ИМ составил 19 %; в 3 % случаев определить подтип ИМ не удалось. Сравнительный анализ методом χ^2 выявил преобладание женщин среди лиц с КЭ подтипом ИМ, в то время как при АТ ИМ преобладали мужчины. Преобладание АТ ИМ отражает высокую распространенность атеросклероза магистральных

артерий головы, являющегося ключевым показанием для применения эндоваскулярных методов [5, 6]. Отсутствие лакунарного ИМ было ожидаемо, так как этот тип не является показанием для проведения РТ.

Распределение тяжести ИМ у пациентов до поступления и в динамике представлено на рисунке 2.



Рисунок 2. Тяжесть ИМ по шкале NIHSS до и после РТ

Примечания:

1. Тонкие линии отражают индивидуальные изменения; толстые линии — изменения Me по каждой группе.
2. Данные представлены в виде Me [LQ; UQ].

Figure 2. MI severity according to NIHSS scale before and after RT

Notes:

1. Thin lines represent individual changes; thick lines – changes in Me for each group.
2. Data are presented as Me [LQ;UQ].

Распределение степени тяжести ИМ по шкале NIHSS до и после РТ межгрупповых различий по полу и подтипам ИМ ($p_{KW} > 0,1$). Оценка динамики по группам выявила только тенденцию к снижению балла NIHSS в группе мужчин с АТ ИМ. Тем

не менее у большинства пациентов (26 человек) наблюдалось улучшение в виде снижения балла NIHSS. Сводный анализ балла NIHSS от исхода ИМ представлен на рисунке 3.

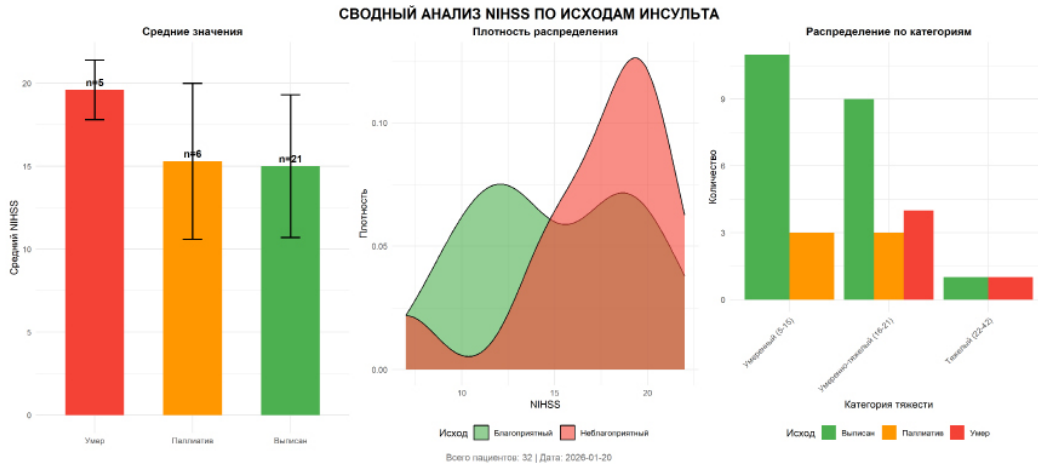


Рисунок 3. Тяжесть ИМ по шкале NIHSS до и после РТ
Figure 3. Severity of IM according to NIHSS scale before and after RT

Балл NIHSS у пациентов при поступлении имел тенденцию к отличию в группе лиц, умерших в последующем ($p_{KW} < 0,001$). В группе лиц с ИМ, выписанных из Университетской клиники по окончании острого периода, наблюдалось существенное снижение балла NIHSS (13,5 [11; 18,5] и 4 [3; 6], $p_{st} < 0,001$), в то время как у пациентов, переведенных в паллиативное отделение, изменений балла NIHSS не наблюдалось (16 [14; 19] и 19 [17; 20], $p_{st} < 0,001$).

Соблюдение временных интервалов — критически важный фактор прогноза «время = мозг». При анализе времени onset-to-door его Me соста-

вила 93 [65; 110] мин. Данный показатель отражает осведомленность населения об инсульте и эффективность работы службы скорой медицинской помощи и является удовлетворительным. При этом отмечена тенденция к более короткому временному интервалу доставки жителей г. Гомеля, что укладывается в границы допустимого интервала (рисунок 4).

Медиана времени «от двери до иглы» составила 35 [25; 110] мин. Этот показатель соответствовал целевому показателю в < 45 мин [12], но у 23 % (7 человек) превысил необходимый интервал.

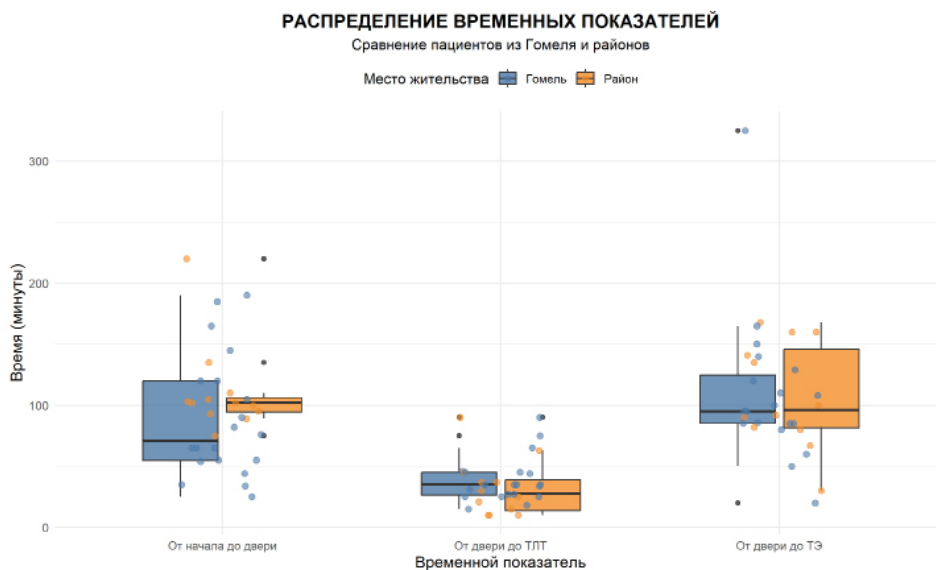


Рисунок 4. Показатель временных параметров у пациентов с ИМ, получавших РТ
Figure 4. Indicators of time in IM patients underwent RT

Медиана времени «от двери до пункции» составила 97,5 [82; 140] мин. Таким образом, различий во временных показателях после доставки пациента в приемное отделение между жителями города и района не наблюдалось. Несмотря на то, что этот показатель незначительно превышал целевой ориентир (< 90 мин согласно литературным данным [13]), в отдельных случаях существует наличие организационных резервов для оптимизации лечения. Отбор пациентов для выполнения РТ проводился непосредственно во время ТЛТ и осуществлялся врачом-эндоваскулярным хирургом совместно с врачом-неврологом и врачом-анестезиологом-реаниматологом. Критериями для выполнения ТЭ являлись место и степень окклюзии

интракраниальных артерий. Оценка балла NIHSS на этом этапе не проводилась.

В результате РТ успешная реперфузия (TICI 2b-3) была достигнута в 21 случае из 30 (68 %). Данный результат полностью соответствует показателям эффективности, достигнутым в крупных рандомизированных исследованиях и отраженным в международных регистрах [5, 6, 14]. Медиана среднего балла по NIHSS после лечения у выживших пациентов составила 4 [3; 12].

Далее нами была проведена оценка влияния места жительства пациентов на балл NIHSS при поступлении (рисунок 5).

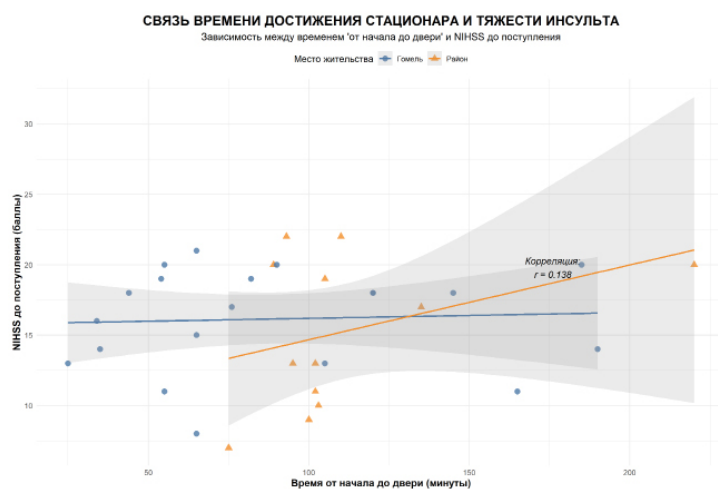


Рисунок 5. Показатель временных параметров у пациентов с ИМ, подвергшихся РТ, от балла NIHSS
Figure 5. Indicators of time parameters in IM patients underwent RT on NIHSS score

Однако здесь также не было выявлено существенной связи.

В результате выполнения комбинированной РТ в обследуемой группе не было выявлено кровоизлияний и повторного ИМ. Летальность среди лиц, получавших РТ, составила 16 % (5 человек), что сопоставимо с данными крупных исследований (например, в исследовании MR CLEAN летальность составила около 19 %) [5]. Среди факторов, влияющих на возникновение неблагоприятного исхода, нам удалось установить только величину балла по NIHSS при поступлении: 20 [19; 20] баллов, OR = 1,54, $\chi^2 = 6,34$, $p = 0,012$. Таким образом, увеличение NIHSS при поступлении на 1 балл приводит к повышению риска неблагоприятного исхода в 1,54 раза. При этом и у всех умерших впоследствии пациентов наблюдалось восстановление кровотока: у 1 пациента до 1 балла по шкале TICI, у 2 — до 2 баллов, у 2 — до 3 баллов. Восстановление кровотока более 2 баллов также произошло у 50 % пациентов, переведенных в последующем в паллиативное отделение, и 75 % — выписанных из Универси-

тетской клиники в конце острого периода ИМ. Различий в исходах между мужчинами и женщинами выявлено не было.

Заключение

В результате проведенного анализа данных реестра лиц, получавших комбинированную РТ в условиях неврологического отделения № 1 учреждения здравоохранения «Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны» (Университетская клиника), была описана половозрастная и патогенетическая структура лиц с ИМ с преобладанием атеротромботического подтипа ИМ у мужчин и кардиоэмболического у женщин, что, вероятно, было связано с тем, что женщины имели больший возрастной ценз, $p_{MU} < 0,001$.

Организационная логистика выполнения реперфузии соответствовала установленным национальным требованиям и составляла 93 [65; 110] мин «от начала до двери», 35 [25; 110] мин — «от двери до иглы», 97,5

[82; 140] мин — «от двери до пункции». Все указанные временные интервалы не отличались у пациентов с различными исходами ИМ.

Безопасность комбинированной РТ определялась отсутствием вторичных осложнений и

удовлетворительным процентом успешной реперфузии (68 %) вне зависимости от исхода ИМ. Наибольшее влияние на исход ИМ оказывала степень тяжести ИМ по шкале NIHSS при поступлении, OR = 1,54, $\chi^2 = 6,34$, $p = 0,012$.

Список литературы / References

1. GBD 2016 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2019;18:439-458. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(19\)30034-1](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(19)30034-1)
2. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke. *Stroke.* 2019;50:e344-e418. DOI: <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000211>
3. Xiong Y, Chen HS, Wang AM, Wang Y, Pan Y, Liu L, et al. Rationale and design of tenecteplase reperfusion therapy in acute ischaemic cerebrovascular events III (TRACE III): a randomised, phase III, open-label, controlled trial. *Stroke Vasc Neurol.* 2024;9:e002310. DOI: <https://doi.org/10.1136/svn-2023-002310>
4. Fan S, Wang Y, Hao Y, Liu L. Reperfusion therapy for acute ischemic stroke: where we are and where to go. *J Transl Intern Med.* 2025;13:1-3. DOI: <https://doi.org/10.1515/jtjm-2025-0001>
5. Fransen PS, Beumer D, Berkhemer OA, et al. MR CLEAN, a multicenter randomized clinical trial of endovascular treatment for acute ischemic stroke in the Netherlands: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2014;15:343. DOI: <https://doi.org/10.1186/1745-6215-15-343>
6. Goyal M, Menon BK, van Zwam WH, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. *Lancet.* 2016;387:1723-1731. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00163-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00163-X)
7. Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, et al. Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct. *N Engl J Med.* 2018;378:11-21. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1706442>
8. Albers GW, Marks MP, Kemp S, et al. Thrombectomy for stroke at 6 to 16 hours with selection by perfusion imaging. *N Engl J Med.* 2018;378:708-718. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1713973>
9. MacKenzie IER, Moeini-Naghani I, Sigounas D, et al. Trends in endovascular mechanical thrombectomy in treatment of acute ischemic stroke in the United States. *World Neurosurg.* 2020;138:e839-e846.
10. Kim J, Easton D, Zhao H, et al. Global stroke statistics 2023: availability of reperfusion services around the world. *Int J Stroke.* 2023;19:259-269. DOI: <https://doi.org/10.1177/1747493023121044>
11. Campbell BCV. Hyperacute ischemic stroke care—current treatment and future directions. *Int J Stroke.* 2024;19:755-762. DOI: <https://doi.org/10.1177/17474930241239119>
12. Meretja A, Keshkaran A, Saver JL, et al. Door-to-needle times for tissue plasminogen activator administration and clinical outcomes in acute ischemic stroke before and after a quality improvement initiative. *JAMA.* 2013;309:2480-2485. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2013.6959>
13. Saver JL, Goyal M, van der Lugt A, et al. Time to treatment with endovascular thrombectomy and outcomes from ischemic stroke: a meta-analysis. *JAMA.* 2016;316:1279-1288. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2016.13647>
14. Mujanovic A, Strbian D, Demeestere J, Marto JP, Puetz V, Nogueira RG, Abdalkader M, et al. Safety and clinical outcomes of endovascular therapy versus medical management in late presentation of large ischemic stroke. *Eur Stroke J.* 2024;9:908-919. DOI: <https://doi.org/10.1177/23969873241249406>

Информация об авторах/ Information about the authors

Скачков Александр Васильевич, заведующий неврологическим отделением № 1 (для пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения), УЗ «Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5101-5409>

e-mail: skachkov75@tut.by

Шваева Анастасия Дмитриевна, врач-невролог неврологического отделения № 1 (для пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения), УЗ «Гомельская университетская клиника — областной госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2581-5357>

e-mail: ashvayeva@gmail.com

Галиновская Наталья Викторовна, д.м.н., профессор, декан факультета повышения квалификации и переподготовки, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1706-0144>

e-mail: halinouskaya@gsmu.by

Aliaksandr V. Skachkou, Head of the Neurology Department № 1 (for patients with acute cerebral circulation disorder), Gomel University Clinic — Regional Hospital for Veterans of the Great Patriotic War, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5101-5409>

e-mail: skachkov75@tut.by

Anastasiya D. Shvayeva, Neurologist at Neurology Department № 1 (for patients with acute cerebral circulation disorder), Gomel University Clinic — Regional Hospital for Veterans of the Great Patriotic War, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2581-5357>

e-mail: ashvayeva@gmail.com

Natallia V. Halinouskaya, Doctor of Medical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1706-0144>

e-mail: halinouskaya@gsmu.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Шваева Анастасия Дмитриевна

e-mail: ashvayeva@gmail.com

Anastasiya D. Shvayeva

e-mail: ashvayeva@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 14.10.2025

Поступила после рецензирования / Accepted 22.01.2026

Принята к публикации / Revised 18.02.2026



Диагностика долихоколона и колоптоза по результатам рентгенологических исследований в специализированном учреждении

Е. М. Авдюшина¹, В. В. Берещенко²

¹Гомельская областная специализированная клиническая больница, г. Гомель, Беларусь

²Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Определить частоту и структуру встречаемости долихоколона и колоптоза у пациентов с хроническим запором и рецидивирующим болевым абдоминальным синдромом.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное одноцентровое описательное исследование. Обследовано 206 пациентов за период с января 2023 по декабрь 2025 г. Мужчин было 82, женщин — 124. Средний возраст пациентов составил 51,5 года. Критерием включения являлось наличие рецидивирующего болевого абдоминального синдрома в сочетании с хроническим запором (первая группа) и без запора (вторая группа). Критериями исключения были перенесенные операции на толстой кишке, острый воспалительный процесс в толстой кишке и брюшной полости, невозможность проведения ирригоскопии по медицинским показаниям. Выполнялась ирригоскопия или ирригография с оценкой положения толстой кишки в горизонтальном и вертикальном положении пациента.

Результаты. Жалобы на хронические запоры и периодические боли в животе были у 160 пациентов (первая группа), у 46 человек присутствовал только рецидивирующий болевой синдром (вторая группа). У 33 (21 %) пациентов первой группы был выявлен долихоколон, у 13 (8 %) пациентов диагностирован колоптоз, у 61 (38 %) пациента выявлено сочетание долихоколона и колоптоза, у 38 (24 %) пациентов обнаружены другие причины запора (психогенный характер запора, нерациональное питание, гиподинамия, прием лекарственных препаратов, эндокринные нарушения). Кроме этого, у 15 (9 %) пациентов этой группы был выявлен рак толстой кишки.

У 46 пациентов второй группы, несмотря на другие заболевания толстой кишки, анатомических изменений в виде долихоколона и колоптоза выявлено не было.

Заключение. Полученные результаты подтверждают необходимость комплексного рентгенологического подхода в обследовании пациентов с хроническими запорами, а также диагностическую ценность ирригоскопии и ирригографии как метода выбора для оценки протяженности, конфигурации и патологической подвижности толстой кишки. Исследование пациента в вертикальном положении является ключевым для выявления нестабильного (подвижного) колоптоза, недоступного для эндоскопических методов. Своевременная диагностика долихоколона и колоптоза позволяет корректно определить причину нарушения пассажа и способствует выбору оптимальной лечебной тактики, предотвращая осложнения хронической кишечной дисфункции.

Ключевые слова: долихоколон, колоптоз, хронический запор, ирригоскопия, ирригография, рентгенологическая диагностика

Вклад авторов. Авдюшина Е.М., Берещенко В.В.: концепция исследования, обзор публикаций, написание текста, обсуждение данных, редактирование, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Авдюшина ЕМ, Берещенко ВВ. Диагностика долихоколона и колоптоза по результатам рентгенологических исследований в специализированном учреждении. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):58–69. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-07>

Diagnosis of dolichocolons and coloaptosis based on the results of X-ray studies in a specialized institution

Elena M. Avdyushina¹, Valentin V. Bereshchenko²

¹Gomel Regional Specialized Clinical Hospital, Gomel, Belarus

²Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To determine the frequency and pattern of incidence of dolichocolon and coloaptosis in patients with chronic constipation and recurrent abdominal pain syndrome.

Materials and methods. A retrospective, single-center descriptive study was conducted. A total of 206 patients were examined for the period from January 2023 till December 2025. There were 82 men and 124 women. The average age of the patients was 51.5 years old. Inclusion criteria were recurrent abdominal pain syndrome, either with or without chronic constipation (group 1) or without constipation (group 2). Exclusion criteria included previous colon surgery, acute inflammatory processes in the colon and abdominal cavity, and the impossibility of performing an irrigoscopy for medical reasons. Barium enema or irrigography was performed, assessing the position of the colon in both horizontal and vertical positions.

Results. Complaints of chronic constipation and intermittent abdominal pain were in 160 patients (group 1), while recurrent pain syndrome presented only in 46 patients (group 2). Thirty-three (21%) patients in the first group were diagnosed with dolichocolon, 13 (8%) patients were diagnosed with coloaptosis, and 61 (38%) patients had a combination of dolichocolon and coloaptosis. Other causes of constipation were found in 38 (24%) patients (psychogenic constipation, poor diet, physical inactivity, medication use, endocrine disorders). Additionally, 15 (9%) patients in this group were diagnosed with colon cancer.

In 46 patients of the second group, no anatomical changes in the form of dolichocolon and coloaptosis were detected despite other diseases of the colon.

Conclusion. The obtained results confirm the need for a comprehensive radiographic approach in examining patients with chronic constipation, as well as the diagnostic value of barium enema and irrigography as methods of choice for assessing the length, configuration, and abnormal mobility of the colon. Examination in the upright position is key to identifying unstable (mobile) coloaptosis, which is inaccessible to endoscopic methods. Examination of a patient in an upright position is a key one to identifying unstable (mobile) coloaptosis, which is inaccessible to endoscopic methods. Timely diagnosis of dolichocolon and coloaptosis allows accurately determination of the cause of the obstructed passage and facilitates the selection of optimal treatment policy, preventing complications of chronic intestinal dysfunction.

Keywords: *dolichocolon; coloaptosis; chronic constipation; barium enema; barium enema; radiographic diagnostics*

Author contributions. Avdyushina E.M., Bereshchenko V.V.: study concept, publication review, writing, data discussion, editing, and approval of the manuscript for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Avdyushina EM, Bereshchenko VV. Diagnosis of dolichocolons and coloaptosis based on the results of x-ray studies in a specialized institution. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):58–69. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-07>

Введение

Современный образ жизни в значительной степени изменяет привычки питания (нерегулярное питание и употребление фаст-фудов), происходит снижение физической активности населения, что оказывает негативное влияние на здоровье, в том числе на деятельность желудочно-кишечного тракта, одним из наиболее распространенных последствий этого являются хронические запоры [1, 2].

Запор является распространенной проблемой среди взрослого населения и характеризуется затруднением дефекации, редким стулом и ощущением неполного опорожнения кишечника, вызывая дискомфорт и снижая качество жизни

пациентов [3]. На сегодняшний день запором принято считать состояние, при котором опорожнение кишечника происходит менее трех раз в неделю и акт дефекации сопровождается дополнительными усилиями с выделением непластичных уплотненных каловых масс [4]. Одной из возможных причин хронических запоров являются анатомические аномалии кишечника, такие как долихоколон и колоптоз [5, 6]. Эти состояния характеризуются удлинением ободочной кишки (долихоколон) и ее патологическим изменением положения в брюшной полости (колоптоз) [7, 8]. Для точной диагностики этих состояний используются специальные методы визуализации, включая ирригоскопию и ирриграфию [9–11].

Цель исследования

Определить частоту и структуру встречаемости долихоколона и колоптоза у пациентов, прошедших рентгенологическое исследование толстой кишки по поводу хронических запоров с рецидивирующим болевым абдоминальным синдромом в специализированном учреждении.

Материалы и методы

Исследование выполнено на базе учреждения «Гомельская областная специализированная клиническая больница» (У «ГОСКБ») и включало анализ данных пациентов, прошедших рентгенологическое исследование толстой кишки в связи с жалобами на хронические запоры, боли в животе или подозрением на анатомические anomalies толстой кишки.

Проведено ретроспективное одноцентровое описательное исследование, в которое были включены 206 пациентов, обратившихся в рентгеновский кабинет за период с января 2023 по декабрь 2025 г. Критерием включения являлось наличие клинических симптомов, предполагающих нарушение пассажа по толстой кишке. Критериями исключения были ранее перенесенные операции на толстой кишке, выраженный острый воспалительный процесс в толстой кишке и брюшной полости, а также невозможность проведения ирригоскопии по медицинским показаниям.

Все пациенты проходили стандартную подготовку к ирригоскопии, включающую: назначение

бесшлаковой диеты за двое суток до исследования; прием слабительных препаратов по принятой в учреждении схеме (1 л раствора макрогола 4000 на 20 кг массы тела пациента) или очистительные клизмы накануне и утром в день исследования. Качество подготовки оценивалось непосредственно перед введением контраста.

Для визуализации толстой кишки выполнялась ирригоскопия или ирригография с ретроградным введением контрастного вещества (BaSO₄). Исследование проводили на цифровом или пленочном рентгенодиагностическом аппарате с использованием стандартной операционной процедуры, утвержденной в У «ГОСКБ».

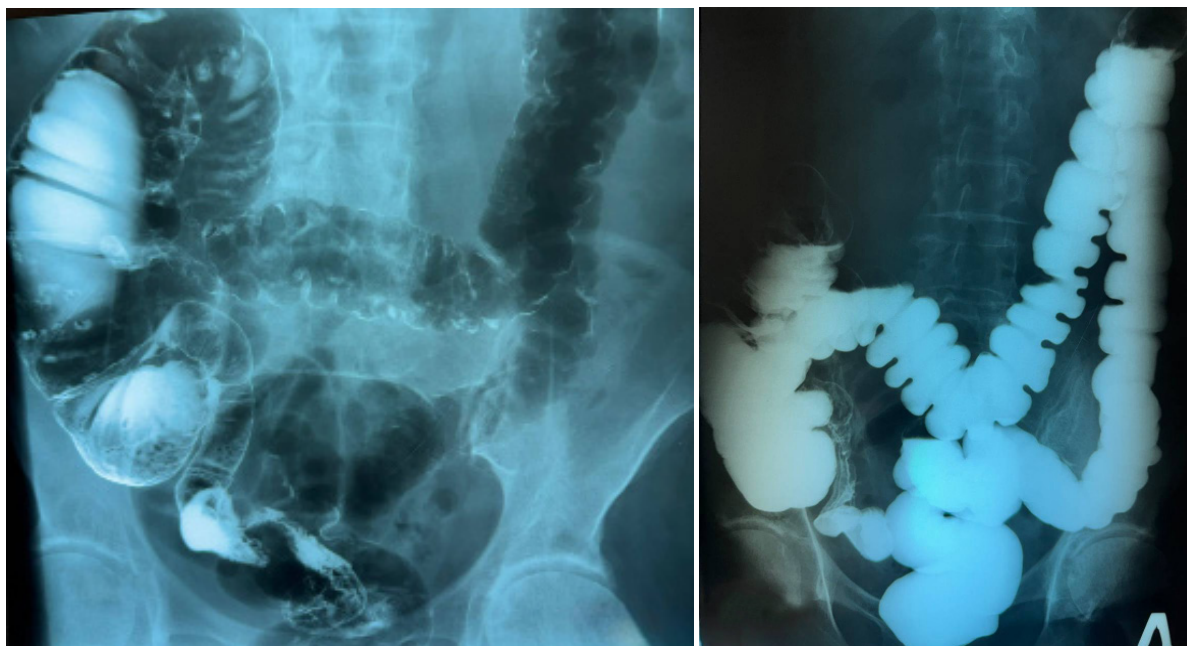
Для диагностики колоптоза и долихоколона обязательным являлось проведение исследования пациентов в двух положениях:

— лежа на спине — для оценки формы, протяженности, наличия удлинения отделов ободочной кишки;

— стоя — для определения патологической подвижности и смещения отделов толстой кишки под действием гравитации.

При описании ирригограмм для характеристики колоптоза мы различаем его следующие рентгенологические виды:

1. *Фиксированный колоптоз*, характеризующийся неизменностью положения толстой кишки независимо от позы пациента (рисунок 1). В нашем исследовании встречался в 24 % случаев (18 человек).



А

Б

Рисунок 1. Колоптоз (фиксированный вариант):

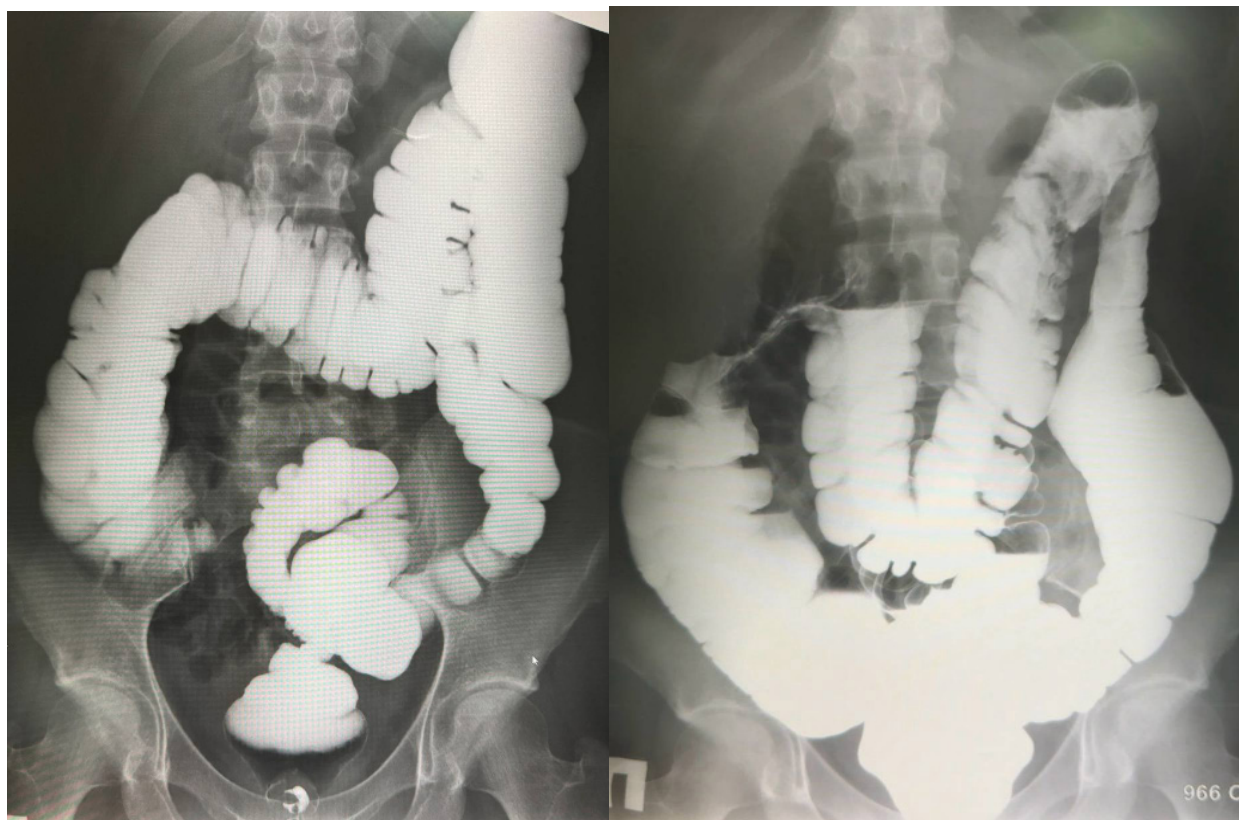
А — при положении пациента лежа; Б — при положении пациента стоя. Пациент Б., пол: женский, 66 лет

Figure 1. Coloptosis (fixed variant):

А — patient in prone position; Б — patient in standing position. Patient B., gender: female, 66 years old

2. *Нестабильный (подвижный) колоптоз*, проявляющийся изменением положения кишки при переходе пациента из горизонтального в

вертикальное положение (рисунок 2). В нашем исследовании выявлен в 76 % случаев (56 человек).



А

Б

Рисунок 2. Колоптоз (нестабильный / подвижный вариант):

А — пациент в положении лежа; Б — пациент в положении стоя. Пациент М, пол: женский, 42 года

Figure 2. Colloptosis (unstable/mobile variant):

A — patient in prone position; B — patient in standing position. Patient M, gender: female, 42 years old

Дополнительно пациентам выполнялись обзорные рентгенограммы до и после контрастирования; серия рентгенограмм при контролируемом заполнении толстой кишки; рентгенограммы после эвакуации контраста (по показаниям).

Полученные данные анализировались методом простой описательной статистики. Для расчета частоты встречаемости использовали процентное распределение от общего числа пациентов и от числа лиц с хроническим запором. Статистическая обработка выполнялась с использованием стандартных пакетов программ для описания медицинской статистики (Excel, 2016).

Результаты и обсуждение

Обследовано 206 пациентов. Пациенты находились как на амбулаторном, так и на стационарном лечении в У «ГОСКБ». Мужчин было 82 (40 %), женщин — 124 (60 %). Средний возраст составил 51,5 (18_{мин}; 85_{макс}) года. У мужчин средний возраст — 48,5 года, у женщин — 53,0 года.

Жалобы на хронические запоры и периодические боли в животе были у 160 пациентов (первая группа), у 46 человек присутствовал только рецидивирующий болевой синдром (вторая группа).

В результате проведенного рентгенологического исследования были получены следующие результаты:

1. В первой группе у 33 (21 %) пациентов был выявлен долихоколон (рисунок 3).

2. У 13 (8 %) пациентов диагностирован колоптоз (рисунок 4), в том числе с синдромом Пайра (рисунок 5).

3. У 61 (38 %) пациента выявлено сочетание долихоколона и колоптоза (рисунок 6).

4. У 38 (24 %) пациентов обнаружены другие причины запора (психогенный характер запора, нерациональное питание, гиподинамия, прием лекарственных препаратов, эндокринные нарушения). Кроме того, у 15 (9 %) пациентов этой группы был выявлен рак толстой кишки (рисунок 7).

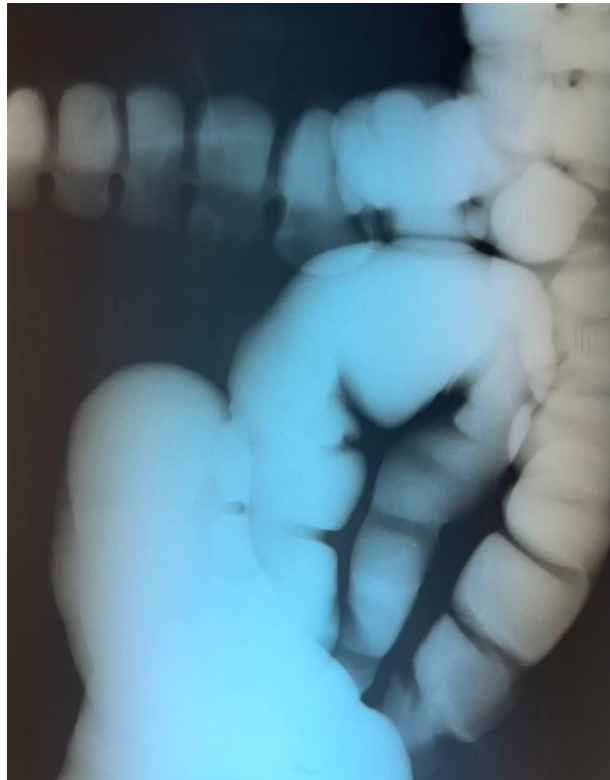


Рисунок 3. Долихоколон. Удлинение толстой кишки в сигмовидном отделе по типу «трехстволки».
Пациент Л., пол: мужской, 69 лет

Figure 3. Dolichocolon. Elongation of the colon in the sigmoid region by "three-barreled" type. Patient L., gender: male, 69 years old.



Рисунок 4. Колоптоз. Пациент Х., пол: мужской, 69 лет
Figure 4. Coloptosis. Patient H., gender: male, 69 years old.



Рисунок 5. Колоптоз. Синдром Пайра. Пациент Г., пол: женский, 62 года
Figure 5. Coloptosis. Payre's Syndrome. Patient G., gender: female, 62 years old

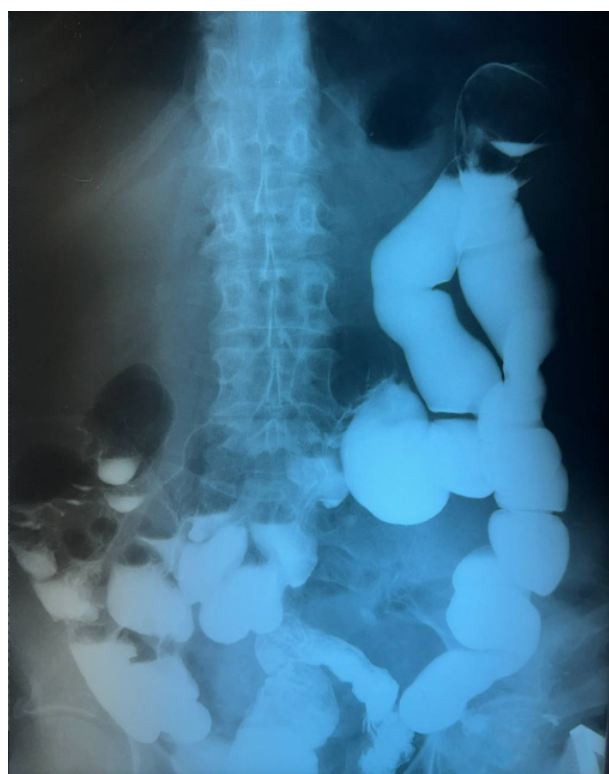


Рисунок 6. Долихоколон. Колоптоз. Пациент М., пол: женский, 72 года
Figure 6. Dolichocolon. Coloptosis. Patient M., gender: female, 72 years old.

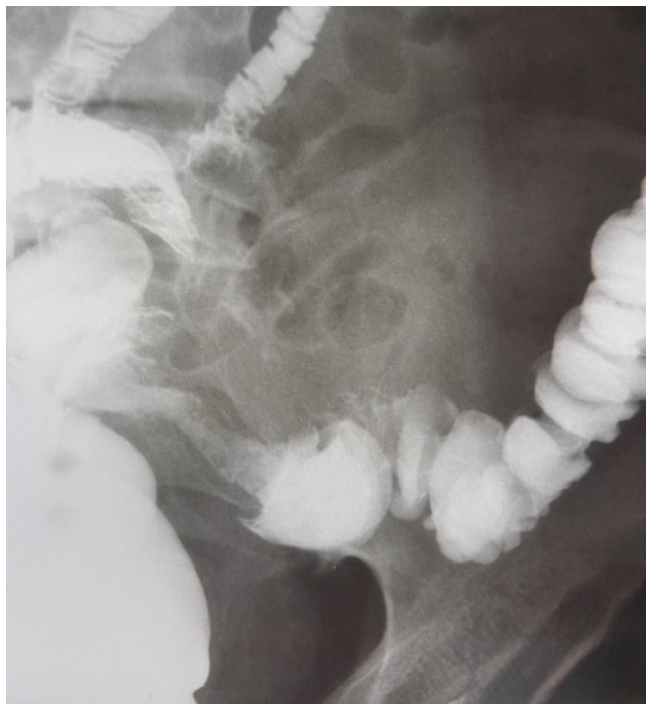


Рисунок 7. Cr дист/3 сигмовидной кишки. Пациент Б., пол: мужской, 61 год
 Figure 7. Cr dist/3 of the sigmoid colon. Patient B., gender: male, 61 years old

Таким образом, на долю долихоколона и колоптоза среди всех обследованных пациентов первой группы пришлось 67 % случаев, на иные причины (включая рак толстой кишки) — 33 % случаев запоров.

У 46 пациентов второй группы, несмотря на предъявляемые болевые жалобы, рентге-

нологически анатомических изменений в виде долихоколона и колоптоза выявлено не было. Были сделаны следующие рентгенологические заключения:

1. Дивертикулез толстой кишки (в том числе с явлениями дивертикулита) выявлен у 22 (48 %) пациентов (рисунок 8).



Рисунок 8. Дивертикулез толстой кишки с явлениями дивертикулита. Пациент М., пол: мужской, 75 лет
 Figure 8. Diverticulosis of the colon with signs of diverticulitis. Patient M., gender: male, 75 years old

2. Колит встречался у 11 (24 %) человек (рисунок 9).

3. Образования толстой кишки доброкачественного характера (рисунок 10), в том числе ворсинчатая опухоль (рисунок 11), встречалась у 5 (11 %) пациентов.

4. Толстокишечный свищ был выявлен у 4 (9 %) человек (рисунок 12).

5. Диффузный полипоз толстой кишки обнаружен у 2 (4 %) человек (рисунок 13), болезнь Крона встречалась у 2 (4 %) человек.



Рисунок 9. Колит. Пациент К, пол: мужской, 54 года
Figure 9. Colitis. Patient K, gender: male, 54 years old.



А

Б

Рисунок 10. Доброкачественное образование восходящей ободочной кишки:
А — прямая проекция; Б — косая проекция. Пациент К., пол: мужской, 59 лет
Figure 10. Benign formation of the ascending colon:
A – frontal view; B – oblique view. Patient K., gender: male, 59 years old



Рисунок 11. Ворсинчатая опухоль восходящей ободочной кишки. Пациент М., пол: мужской, 75 лет
Figure 11. Villous tumor of the ascending colon. Patient M., gender: male, 75 years old



Рисунок 12. Свищевой ход прямой кишки. Пациент М., пол: женский, 72 года
Figure 12. Fistula tract of the rectum. Patient M., gender: female, 72 years old



Рисунок 13. Диффузный полипоз толстой кишки. Пациент К., пол: женский, 39 лет
Figure 13. Diffuse polyposis of the colon. Patient K., gender: female, 39 years old

Учитывая полученные результаты (67 % пациентов с запорами имели долихоколон и/или колоптоз), можно сделать вывод, что данные состояния влияют на работу желудочно-кишечного тракта. Анатомическое удлинение и неправильное расположение толстой кишки затрудняют прохождение кишечного содержимого, что ведет к развитию хронического запора. Диагностика этих состояний требует тщательного подхода и использования специальных методов визуализации. Ирригоскопия и ирригография на сегодняшний день остаются золотым стандартом в ди-

агностике долихоколona и колоптоза благодаря своей точности и информативности, доступности исследования. Фиброколоноскопия, в свою очередь, не дает общего представления об анатомической структуре и протяженности кишки, но в то же время является стандартным исследованием для визуализации патологии слизистой толстой кишки. Данные два метода являются взаимодополняющими, а не конкурирующими.

Клиническая значимость выявленной патологии как причины запора заключается в необходимости своевременной коррекции нарушений

дефекации. Хронические запоры приводят к ряду осложнений, включая геморрой, анальные трещины, к развитию дивертикулеза толстой кишки и т. д.

Заключение

Долихоколон и колоптоз являются частыми находками при рентгенологических исследованиях у пациентов с хроническими запорами и болевым абдоминальным синдромом. В первой группе обследованных пациентов данные состояния выявлены у 67 % человек, что подчеркивает их значимую роль в формировании нарушений пассажа по толстой кишке, и, в свою очередь, такой симптом, как запор, может указывать на их наличие.

Ирригоскопия и ирригография с оценкой кишечника в горизонтальном и вертикальном положениях пациента остаются высокоинформативными методами для диагностики как фиксированного, так и нестабильного колоптоза, а также различных вариантов долихоколона. Эти исследования позволяют точно определить степень удлинения и патологическую подвижность ободочной кишки, что невозможно установить при эндоскопических методах.

Полученные результаты подтверждают важность комплексного рентгенологического подхода в выявлении анатомических причин хронических запоров. Своевременная диагностика долихоколона и колоптоза способствует выбору оптимальной тактики ведения пациента.

Список литературы / References

1. Cui J, Xie F, Yue H, et al. Physical activity and constipation: A systematic review of cohort studies. *J Glob Health*. 2024;14:04197. Published 2024 Nov 22. DOI: <https://doi.org/10.7189/jogh.14.04197>
2. Chang L, Lin Y, Lo T, Chen M, Kuo, H. Understanding the Lifestyle Correlates with Chronic Constipation and Self-Rated Health. *Food and Nutrition Sciences*. 2015;6:391-398. DOI: <https://doi.org/10.4236/fns.2015.64040>
3. Costilla VC, Foxx-Orenstein AE. Constipation in adults: diagnosis and management. *Curr Treat Options Gastroenterol*. 2014;12(3):310-321. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11938-014-0025-8>
4. Клинические рекомендации по диагностике и лечению взрослых больных с долихоколон. *Экспертная комиссия Общероссийской Общественной Организации «Ассоциация колопроктологов РФ»*. Москва, 2013г. 16 с.
Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of adult patients with dolichocolon. Expert commission of the All-Russian Public Organization "Association of Proctologists of the Russian Federation." Moscow, 2013. 16 p. (in Russ.).
5. Heredia DJ, Dickson EJ, Bayguinov PO, Hennig GW, Smith TK. Colonic elongation inhibits pellet propulsion and migrating motor complexes in the murine large bowel. *The Journal of physiology*. 2010;588(Pt 15):2919-2934. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.191445>
6. Dinning PG, Smith TK, Scott SM. Pathophysiology of colonic causes of chronic constipation. *Neurogastroenterology and motility*. 2009;21 Suppl. 2(Suppl 2):20-30. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2982.2009.01401.x>
7. Bharucha AE, Dorn SD, Lembo A, Pressman A. American Gastroenterological Association medical position statement on constipation. *Gastroenterology*. 2013;144(1):211-217. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2012.10.029>
8. Raahave D. Dolichocolon revisited: An inborn anatomic variant with redundancies causing constipation and volvulus. *World J Gastrointest Surg*. 2018 Feb 27;10(2):6-12. DOI: <https://doi.org/10.4240/wjgs.v10.i2.6>
9. Dilmaghani S, Lupianez-Merly C, Fetzer J, BouSaba J, Halawi H, Camilleri M. Colon Volume by Computed Tomography and Scintigraphic Colonic Transit in Constipated Patients with or Without Redundant Colon. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2024 Nov;22(11):2327-2329.e2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2024.04.009>
10. Raahave D. Dolichocolon revisited: An inborn anatomic variant with redundancies causing constipation and volvulus. *World J Gastrointest Surg*. 2018 Feb 27;10(2):6-12. DOI: <https://doi.org/10.4240/wjgs.v10.i2.6>
11. Sun K, Xie X, Hu J, Qian Q, Liu W, Hong Y, et al. Degree of transverse colon ptosis: an alternative surrogate for evaluation of slow transit constipation. *Quant Imaging Med Surg*. 2023 Sep 1;13(9):5664-5675. DOI: <https://doi.org/10.21037/qims-23-28>

Информация об авторах / Information about the authors

Авдюшина Елена Михайловна, врач-рентгенолог (заведующий) рентгеновского кабинета, У «Гомельская областная специализированная клиническая больница», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8042-8781>

e-mail: ElenaAvdiushyna@yandex.by

Берещенко Валентин Владимирович, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой хирургических болезней № 3, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8269-8075>

e-mail: val_71@inbox.ru

Elena M. Avdyushina, Radiologist (Head) of the X-ray room, Gomel Regional Specialized Clinical Hospital, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8042-8781>

e-mail: ElenaAvdiushyna@yandex.by

Valentin V. Bereshchenko, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Surgical Diseases No.3, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8269-8075>

e-mail: val_71@inbox.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Авдюшина Елена Михайловна
e-mail: ElenaAvdiushyna@yandex.by

Elena M. Avdyushina
e-mail: ElenaAvdiushyna@yandex.by

Поступила в редакцию / Received 29.12.2025

Поступила после рецензирования / Accepted 26.01.2026

Принята к публикации / Revised 18.02.2026



Микробиоценоз влагалища у пациенток с истмико-цервикальной недостаточностью

А. В. Гатальская, Т. Н. Захаренкова

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Определить особенности микробиоценоза влагалища у пациенток с истмико-цервикальной недостаточностью (ИЦН).

Материалы и методы. В проспективное исследование были включены 69 беременных на сроках 16–24 недели в возрасте 34 (32; 36) года. Пациентки были разделены на две группы. Основную группу составили 39 беременных с ИЦН. В группу сравнения вошли 30 женщин без ИЦН. Состояние микробиоценоза влагалища оценивали с помощью микроскопии и бактериологии вагинальной жидкости, рН-метрии вагинальной жидкости, методом «Фемофлор-16».

Результаты. Заболевания, ассоциированные с нарушениями микробиоценоза влагалища по совокупности микроскопических критериев, диагностированы у 46,2 % (18 из 39) пациенток с ИЦН и 16,7 % (5 из 30) пациенток без ИЦН ($\chi^2 = 5,374$, $p = 0,020$). У беременных с ИЦН чаще отмечается нарушение микробиоценоза влагалища в виде бактериального вагиноза, что сопровождается более высоким уровнем рН вагинальной жидкости ($Z = -2,784$; $p = 0,005$). У пациенток основной группы по результатам бактериологического исследования влагалищного отделяемого положительные посевы встречались в 41,0 % (16 из 39) случаев против 6,7 % (2 из 30) случаев в группе сравнения ($\chi^2 = 8,676$; $p = 0,003$). Нарушения микробиоценоза влагалища по данным «Фемофлор-16» отмечены у 23,1 % (9 из 39) пациенток основной группы и 23,3 % (7 из 30) группы сравнения ($\chi^2 = 0,069$; $p = 0,792$). В микробиоценозе влагалища у пациенток с ИЦН значимо чаще представлены микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae* ($p = 0,0005$), *Staphylococcus spp.* ($p = 0,0001$); повышена концентрация *Ureaplasma (urealyticum + parvum)* — более 10^4 ГЭ/мл.

Заключение. Метод рН-метрии вагинальной жидкости необходим как скрининговый метод диагностики нарушений микробиоценоза влагалища пациенткам с ИЦН до ее коррекции, применение молекулярно-генетических методов диагностики состояния микробиоценоза влагалища позволяет более точно определить состояние микробиоты урогенитального тракта с целью выбора медикаментозной схемы лечения до коррекции ИЦН.

Ключевые слова: микробиоценоз влагалища, истмико-цервикальная недостаточность

Вклад авторов. Гатальская А.В.: дизайн исследования, сбор анамнеза течения беременности, родов, набор материала у исследуемых, обработка, создание базы исследуемых; Захаренкова Т.Н.: дизайн исследования, редактирование, сбор анамнеза течения беременности, родов, набор материала у исследуемых, обработка, создание базы исследуемых, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Гатальская АВ, Захаренкова ТН. Микробиоценоз влагалища у пациенток с истмико-цервикальной недостаточностью. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):70–76. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-08>

Vaginal microbiocenosis in patients with cervical insufficiency

Anna V. Gatalskaya, Tatsiana N. Zakharenkova

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To determine features of the vaginal microbiocenosis in pregnant women with cervical insufficiency.

Materials and methods. The prospective study included 69 pregnant women between 16 and 24 weeks of gestation, aged 34 (32; 36) years old. The patients were divided into two groups. The main group consisted of 39 pregnant women with cervical insufficiency. The comparison group included 30 women without cervical insufficiency. Condition of the vaginal microbiome was assessed using microscopy and bacteriology of vaginal fluid, vaginal fluid pH testing, and the Femoflor-16 method.

Results. Diseases associated with disturbances in the vaginal microbiocenosis according to a set of microscopic criteria were diagnosed in 46.2% (18 of 39) of patients with cervical insufficiency and 16.7% (5 of 30) of patients without cervical insufficiency ($\chi^2=5,374$, $p=0,020$). In pregnant women with cervical insufficiency, a violation of the vaginal microbiocenosis in the form of bacterial vaginosis is more often observed, which is accompanied by a higher pH level of vaginal fluid ($Z=-2,784$; $p=0,005$). In patients of the main group, according to the results of bacteriological examination of vaginal discharge, positive cultures were found in 41.0% (16 of 39) cases versus 6.7% (2 of 30) cases in the comparison group ($\chi^2=8,676$; $p=0,003$). According to Femoflor-16 data, vaginal microbiocenosis disorders were noted in 23.1% (9 of 39) of patients in the main group and 23.3% (7 of 30) in the comparison group ($\chi^2=0,069$; $p=0,792$). In the vaginal microbiocenosis of patients with cervical insufficiency, microorganisms of the *Enterobacteriaceae* family ($p=0,0005$), *Staphylococcus spp.* ($p=0,0001$) are significantly more frequently represented; the concentration of *Ureaplasma (urealyticum + parvum)* is increased to more than 10^4 GE/ml.

Conclusion. The method of pH-metry of vaginal fluid is necessary as a screening method for diagnosing disorders of the vaginal microbiocenosis in patients with cervical insufficiency before its correction, the use of molecular genetic methods for diagnosing the state of the vaginal microbiocenosis allows for a more accurate determination of the state of the urogenital tract microbiota in order to select a drug treatment regimen before correcting cervical insufficiency.

Keywords: vaginal microbiocenosis, isthmic-cervical insufficiency.

Author contributions. Gatal'skaya A.V.: study design, collection of anamneses of pregnancy and childbirth, collection of material from subjects, processing, creation of a database of subjects; Zakharenkova T.N.: study design, editing, collection of anamneses of pregnancy and childbirth, collection of material from subjects, processing, creation of a database of subjects, approval of the manuscript for publication.

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

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Gatal'skaya AV, Zakharenkova TN. Vaginal microbiocenosis in patients with cervical insufficiency. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):70–76. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-08>

Введение

Микробиота влагалища существенно влияет на течение гестационного процесса. У здоровых женщин репродуктивного возраста вагинальный биотоп более чем на 90 % представлен лактобациллами, обеспечивающими высокий уровень противомикробной защиты посредством продукции молочной кислоты, подавляющей рост патогенной микрофлоры и создающей кислую среду во влагалище [1–3].

Микробиом влагалища изменяется на протяжении жизни женщины. Его состав зависит от возраста, акушерского анамнеза, сексуальной активности, вредных привычек (курение), приема гормональных лекарственных средств [2, 4, 5].

В микробиоме влагалища могут преобладать различные виды *Lactobacillus* [1, 6–8]. Видами, чаще всего встречаемыми в вагинальном биотопе у беременных, являются *L. crispatus*, *L. gasseri* и *L. jensenii* [6, 7].

Стабильность микробиоты влагалища во время беременности поддерживается отсутствием циклических гормональных изменений, менструальных кровотечений, снижением сексуальной активности, что создает благоприятные условия для роста и размножения лактобацилл [9–11]. Состояние микробиома влагалища может коррелировать с вероятностью таких акушерских осложнений, как ИЦН, преждевременные роды, преждевременный разрыв плодных оболочек, которые связаны с уменьшением количества

Lactobacillus spp. [12, 13]. При этом условно-патогенные микроорганизмы влагалищного биотопа вырабатывают различные протеазы, которые разрушают коллаген, составляющий основу соединительной ткани и определяющий эластичность плодных оболочек, следовательно это позволяет рассматривать цервиковагинальные инфекции как один из факторов преждевременного ремоделирования шейки матки и разрыва плодных оболочек [14]. Частота цервиковагинальных инфекций при ИЦН четко не определена и составляет от 32 до 70 % [15–17]. Данные о структуре инфекционной патологии урогенитального тракта у пациенток с ИЦН в момент выявления данного осложнения (вопрос о том, что первично — инфекция или несостоятельность шейки матки) постоянно обсуждается в литературных источниках [14, 15, 18].

Таким образом, существует необходимость определения влагалищного биоценоза при ИЦН до ее коррекции для обеспечения физиологического течения гестационного процесса [19, 20].

Цель исследования

Определить особенности микробиоценоза влагалища у пациенток с ИЦН.

Материалы и методы

Проведено проспективное исследование, включающее 69 беременных на сроках 16–24 недели в возрасте 34 (32;36) года. Паци-

ентки были разделены на две группы. Основную группу составили 39 беременных с ИЦН в возрасте 33 (30;35) года. В группу сравнения вошли 30 женщин без ИЦН в возрасте 34,5 (32;38,6) года. Все женщины групп исследования прошли комплекс мероприятий по подготовке к беременности.

Критериями включения в основную группу исследования были информированное согласие пациентки на участие, после одобрения комитетом по этике учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет»; одноплодная беременность; признаки ИЦН по данным ультразвуковой трансвагинальной цервикометрии. Критерии невключения в группы исследования: многоплодная беременность; ЭКО-индуцированная беременность; пороки развития у плода; инфекционные и аутоиммунные заболевания; экстрагенитальная патология в стадии декомпенсации.

Оценка микробиоценоза влагалища у пациенток групп исследования проводилась с помощью: микроскопии и бактериологического исследования вагинального отделяемого; полуколичественного метода рН-метрии вагинальной жидкости с применением гинекологических зеркал с рН-индикатором (ООО «Медицинское предприятие „Симур“, Республика Беларусь) и одноразовых тест-полосок с нанесенным сенсорным слоем индикатора со шкалой деления от 3,0 до 7,0 (Кольпо-тест рН, ООО «Биосенсор АН», Российская Федерация); метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) «Фемофлор-16» (ООО «ДНК-ТЕХНОЛОГИЯ», Российская Федерация).

Статистическая обработка данных выполнена при помощи программ Excel (2016), MedCalc, 10.2.0.0 (MedCalc, Mariakerke, Belgium). Количественные признаки представлены как медиана (Me) и интерквартильный размах (Q1; Q3). Так как распределение количественных признаков в группах отличалось от нормального, использовали непараметрические методы статистики. Для сопоставления двух независимых групп использовался критерий Манна — Уитни (Z). Различия между группами по качественным признакам оценивали с помощью метода χ^2 . Статистически значимыми считались различия между группами при значении $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Возраст пациенток основной группы составил 33 (30; 35) года, группы сравнения — 34,5 (32; 38,6) года, что не имело значимых различий ($Z = 1,849$; $p = 0,064$).

При анализе паритета беременности установлено, что в основной группе значимо чаще

пациентки были первобеременными — 30,8 % (12 из 39), чем в группе сравнения — 6,7 % (2 из 30) ($\chi^2 = 4,62$; $p = 0,030$). В основной группе частота встречаемости пациенток с повторной беременностью и первыми предстоящими родами составила 15,4 % (6 из 39) против 6,7 % (2 из 30) в группе сравнения ($\chi^2 = 0,551$; $p = 0,458$).

Отягощенный акушерский анамнез наблюдался у 92,3 % (36 из 39) женщин в основной группе и 53,3 % (16 из 30) женщин — в группе сравнения, что имело статистически значимые различия ($\chi^2 = 11,582$; $p = 0,0006$).

При анализе исходов предыдущих беременностей у повторнобеременных пациенток в группах исследования установлено, что невынашивание беременности наблюдалось у 46,2 % (18 из 39) женщин основной группы и у 33,3 % (10 из 30) женщин группы сравнения ($\chi^2 = 0,685$; $p = 0,408$). При этом ранние самопроизвольные выкидыши были в анамнезе у 5,1 % (2 из 39) женщин основной группы и у 13,3 % (4 из 30) женщин группы сравнения ($\chi^2 = 0,590$; $p = 0,442$), поздние самопроизвольные выкидыши и преждевременные роды — у 20,5 % (8 из 39) пациенток основной группы и у 6,7 % (2 из 30) женщин в группе сравнения ($\chi^2 = 1,625$; $p = 0,202$), неразвивающаяся беременность была у 5,1 % (2 из 39) пациенток основной группы и у 13,3 % (4 из 30) пациенток группы сравнения ($\chi^2 = 0,590$; $p = 0,442$). Только в основной группе в анамнезе было привычное невынашивание беременности — у 15,4 % (6 из 39) пациенток ($p = 0,069$), прерывание беременности по медико-генетическим показаниям — у 5,1 % (2 из 39) женщин ($p = 0,593$), внематочная беременность — у 10,3 % (4 из 39) женщин ($p = 0,198$). Прерывание беременности по желанию женщины в сроке до 12 недель отмечено у 30,8 % (12 из 39) пациенток основной группы и у 20,0 % (6 из 30) пациенток группы сравнения ($\chi^2 = 0,538$; $p = 0,463$).

Беременность осложнилась вагинитом в 1–2-м триместре до постановки диагноза ИЦН у 46,2 % (18 из 39) пациенток основной группы, что было значимо чаще, чем в группе сравнения, где у 13,3 % (4 из 30) пациенток на сроке до 16 недель был диагностирован вагинит ($\chi^2 = 6,967$; $p = 0,008$).

На момент диагностирования ИЦН у беременных основной группы уровень рН вагинальной жидкости составил 4,8 (4,5; 4,9), в группе сравнения на этом же сроке — 4,2 (4,2; 4,6), что имело статистически значимые различия ($Z = -2,784$, $p = 0,005$).

При микроскопии вагинального отделяемого у женщин основной группы количество лейкоцитов в поле зрения составило 8 (4; 14), группы сравнения — 6 (3; 18), что значимо не различа-

лось ($Z = -0,823$; $p = 0,410$). При этом отсутствовала корреляция между уровнем pH и количеством лейкоцитов при микроскопии вагинального отделяемого как в основной группе, так и в группе сравнения ($r_{so} = 0,158$; 95 % CI $-0,166 — 0,451$; $p = 0,329$; $r_{scp} = 0,068$; 95 % CI $-0,299 — 0,418$; $p = 0,721$). При оценке соотношения лейкоцитов и эпителиальных клеток при микроскопии вагинального отделяемого в исследуемых группах

статистически значимых различий получено не было ($Z = -0,508$, $p = 0,611$).

По совокупности микроскопических критериев у 46,2 % (18 из 39) пациенток основной группы и 16,7 % (5 из 30) пациенток группы сравнения диагностированы заболевания, ассоциированные с нарушениями микробиоценоза влагалища (таблица 1), что имело статистически значимые различия ($\chi^2 = 5,374$, $p = 0,020$).

Таблица 1. Частота урогенитальных инфекций у пациенток групп исследования по результатам микроскопии отделяемого влагалища, абс. (отн. %)

Table 1. Frequency of urogenital infections in patients of the study groups according to the results of microscopy of vaginal discharge, abs. (rel. %)

Характер нарушений	Основная группа, n = 39	Группа сравнения, n = 30	Уровень статистической значимости, p
Нарушения микрофлоры, в том числе:	18 (46,2 %)	5 (16,7 %)	$\chi^2 = 5,374$ $p = 0,020$
– вагинит неспецифической этиологии	11 (28,2 %)	5 (16,7 %)	$\chi^2 = 0,702$ $p = 0,402$
– бактериальный вагиноз	7 (17,9 %)	0	$\chi^2 = 4,185$ $p = 0,040$

Количество лейкоцитов в поле зрения по данным микроскопии вагинального отделяемого у беременных с диагнозом «Вагинит» в основной группе составило 40 (26; 100), в группе сравнения — 40, что статистически значимо не различалось ($p = 0,913$).

Уровень pH вагинальной жидкости у пациенток групп исследования без признаков нарушений микробиоценоза влагалища по данным микроскопии вагинального отделяемого составил 4,5 (4,2; 4,8) в основной группе и 4,2 (4,2; 4,6) — в группе сравнения, что не имело статистически значимых различий ($Z = 1,257$, $p = 0,208$).

По результатам бактериологического исследования влагалищного отделяемого выявлены значимые различия между пациентками основной группы и группы сравнения ($\chi^2 = 8,676$; $p = 0,003$), где положительные посевы встречались в 41,0 % (16 из 39) и в 6,7 % (2 из 30) случаев соответственно. У женщин основной группы были выделены: *Klebsiella pneumoniae* — у 2 беременных, *Enterococcus faecalis* — у 3, *Enterobacter aerogenes* — у 3, *Candida spp.* — у 3 беременных, *Streptococcus agalactiae* — у 1 и *Escherichia coli* — у 4 пациенток. В группе сравнения у 1 пациентки был получен рост *Klebsiella pneumoniae* и у 1 — *Candida spp.*

При оценке микробиоценоза влагалища с использованием «Фемофлор-16» абсолютный нормоценоз выявлен у 28,2 % (11 из 39) пациенток основной группы и 46,7 % (14 из 30) —

группы сравнения ($\chi^2 = 1,766$; $p = 0,183$). Условный нормоценоз был диагностирован у 48,7 % (19 из 39) женщин основной группы, в том числе условный нормоценоз, обусловленный *Candida spp.* — у 4 женщин, *Mycoplasma hominis*, *Ureaplasma (urealyticum + parvum)* — у 15 женщин. В группе сравнения условный нормоценоз был выявлен у 30,0 % (9 из 30) женщин, в том числе условный нормоценоз, обусловленный *Candida spp.* — у 3 пациенток, *Mycoplasma hominis*, *Ureaplasma (urealyticum + parvum)* — у 6 пациенток ($\chi^2 = 1,749$; $p = 0,186$).

Нарушения микробиоценоза влагалища отмечены у 23,1 % (9 из 39) пациенток основной группы и 23,3 % (7 из 30) — группы сравнения ($\chi^2 = 0,069$; $p = 0,792$). При этом в основной группе нарушения микробиоценоза влагалища были представлены в форме выраженного смешанного дисбиоза у 3 беременных, выраженного анаэробного дисбиоза — у 4, умеренного анаэробного дисбиоза — у 1 пациентки, умеренного аэробного дисбиоза — у 1 беременной; в группе сравнения — выраженного аэробного дисбиоза — у 1 женщины, выраженного анаэробного дисбиоза — у 3, умеренного анаэробного дисбиоза — у 3 женщин.

Среди пациенток основной группы с поздними самопроизвольными выкидышами и преждевременными родами в анамнезе микробиоценоз влагалища в данную беременность соответствовал абсолютному нормоценозу у 1 женщины, ус-

ловному нормоценозу — у 5 женщин и у 2 пациенток имелись нарушения в виде выраженного анаэробного дисбиоза.

В таблице 2 приведены показатели концентрации отдельных микроорганизмов в общей

бактериальной массе влагалищной микрофлоры в исследуемых группах.

Таблица 2. Концентрация отдельных видов микроорганизмов во влагалищном биоценозе у пациенток групп исследования по результатам «Фемофлор-16» (\log^{10} ГЭ/мл; Me (Q₁; Q₃))

Table 2. Concentrations of individual types of microorganisms in the vaginal biocenosis in pregnant women of the study groups based on the results of Femoflor-16 (\log^{10} GE/ml; Me (Q₁; Q₃))

Микроорганизмы	Основная группа, n = 39	Группа сравнения, n = 30	Уровень значимости, p
<i>Lactobacillus spp.</i>	7,5 (7,2; 8,1)	7,05 (6,8; 7,5)	0,051
Семейство <i>Enterobacteriaceae</i> / <i>Enterobacteriaceae</i>	3,3 (0; 3,7)	0 (0; 0)	0,0005
<i>Streptococcus spp.</i>	0 (0; 3,2)	0 (0; 0)	0,099
<i>Staphylococcus spp.</i>	3,8 (3,3; 4,1)	0 (0; 0)	0,0001
<i>Gardnerella vaginalis</i> + <i>Prevotella bivia</i> + <i>Porphyromonas spp.</i>	4,2 (3,1; 4,9)	3,4 (0; 4,3)	0,189
<i>Eubacterium spp.</i>	4,3 (0,34; 4,6)	4,0 (0; 4,6)	0,581
<i>Sneathia spp.</i> + <i>Leptotrichia spp.</i> + <i>Fusobacterium spp.</i>	0 (0; 0)	0 (0; 0)	0,561
<i>Megasphaera spp.</i> + <i>Veillonella spp.</i> + <i>Dialister spp.</i>	3,3 (0; 4,2)	1,55 (0; 3,8)	0,464
<i>Lachnobacterium spp.</i> + <i>Clostridium spp.</i>	0 (0; 2,7)	0 (0; 3,8)	0,342
<i>Mobiluncus spp.</i> + <i>Corynebacterium spp.</i>	3,2 (0; 3,48)	0 (0; 3,1)	0,117
<i>Peptostreptococcus spp.</i>	0 (0; 3,4)	0 (0; 3,32)	0,918
<i>Atopobium vaginae</i>	0 (0; 1,2)	0 (0; 0)	0,851
<i>Candida spp.</i>	0 (0; 0)	0 (0; 3,36)	0,250
<i>Mycoplasma hominis</i>	0 (0; 0)	0 (0; 0)	0,790
<i>Ureaplasma (urealyticum + parvum)</i>	4,05 (0; 5,1)	2,55 (0; 5,4)	0,172

Из данных таблицы 2 видно, что микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae* значимо чаще были представлены в микробиоценозе у пациенток основной группы, чем у пациенток группы сравнения ($\chi^2 = 13,555$; $p = 0,0005$). У 51,3 % (20 из 39) женщин основной группы методом ПЦР выявлены микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae*, в то время как при бактериологическом исследовании у этих женщин рост микроорганизмов был получен у 10 пациенток: *Escherichia coli* — у 4, *Enterobacter aerogenes* — у 3, *Klebsiella pneumoniae* — у 2 и *Streptococcus agalactiae* — у 1 пациентки.

При ПЦР диагностике *Staphylococcus spp.* выявлен у 71,8% (28 из 39) пациенток основной группы, однако при бактериологическом исследо-

вании роста данного микроорганизма получено не было, что могло быть связано с проведенным антибактериальным лечением предшествовавшего вагинита или вагиноза. При этом у 16 пациенток не было получено роста патогенной и условно-патогенной микрофлоры, у 12 пациенток получен массивный рост других микроорганизмов (*Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter aerogenes*, *Candida spp.*, *Escherichia coli*), что могло явиться фактором, затрудняющим рост *Staphylococcus spp.* на питательных средах.

Концентрация *Ureaplasma (urealyticum + parvum)* у пациенток основной группы составила более 10^4 ГЭ/мл, в то время как в группе сравнения наблюдался незначимый титр — $10^{2,55}$ ГЭ/мл данных микроорганизмов.

В исходе беременности в основной группе в 2 раза чаще произошли преждевременные роды — у 15,4 % (6 из 39) пациенток против 6,7 % (2 из 30) пациенток группы сравнения, хотя статистически значимых различий выявлено не было ($\chi^2 = 0,551$; $p = 0,458$). Анализ микробиоценоза влагалища показал, что у 1 пациентки основной группы с преждевременными родами в анамнезе коррекции шейки матки предшествовал выраженный смешанный дисбиоз, у 2 пациенток основной группы диагностирован условный нормоценоз, обусловленный *Mycoplasma hominis* или *Ureaplasma (urealyticum + parvum)*, предшествовавший преждевременным родам, и у 3 пациенток наблюдался абсолютный нормоценоз. В группе сравнения у беременных с преждевременными родами микробиоценоз влагалища на сроке 16–18 недель соответствовал нормоценозу: у 1 пациентки — абсолютному, у 1 — условному, обусловленному *Mycoplasma hominis*, *Ureaplasma (urealyticum + parvum)*.

Заключение

У беременных с ИЦН при микроскопическом исследовании вагинального отделяемого чаще отмечается нарушение микробиоценоза влагали-

ща в виде бактериального вагиноза, что сопровождается более высоким уровнем pH вагинальной жидкости ($p = 0,005$).

При бактериологическом исследовании вагинального отделяемого у пациенток на момент диагностики ИЦН значимо чаще получен рост патогенной и условно-патогенной микрофлоры ($\chi^2 = 8,676$; $p = 0,003$).

Детальное изучение биоценоза влагалища методом ПЦР в режиме реального времени показало, что в микробиоценозе влагалища у пациенток с ИЦН значимо чаще выявлены микроорганизмы семейства *Enterobacteriaceae* ($p = 0,0005$), *Staphylococcus spp.* ($p = 0,0001$); более высокая концентрация *Ureaplasma (urealyticum + parvum)* — более 10^4 ГЭ/мл.

Таким образом, метод pH-метрии вагинальной жидкости необходим как скрининговый метод диагностики нарушений микробиоценоза влагалища всем пациенткам с ИЦН до ее коррекции, применение молекулярно-генетических методов диагностики состояния микробиоценоза влагалища позволяет более точно определить состояние микрофлоры урогенитального тракта с целью выбора медикаментозной схемы лечения до коррекции ИЦН.

Список литературы / References

- Mancabelli L, Tarracchini C, Milani C, Lugli GA, Fontana F, Turroni F, et al. Vaginites of the human vaginal microbiome. *Environmental Microbiology*. 2021;23(3):1780-1792. DOI: <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15441>
- Kwon MS, Lee HK. Host and Microbiome Interplay Shapes the Vaginal Microenvironment. *Front Immunol*. 2022 Jun 28;13:919728. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.919728>
- Будилова О.В. Современные представления о лактобациллах влагалища женщин репродуктивного возраста. *Журнал акушерства и женских болезней*. 2016;65(4):34-43. DOI: <https://doi.org/10.17816/JOWD65434-43>
- Budilovskaya OV. Current views on vaginal lactobacilli in women of reproductive age. *Journal of Obstetrics and Women's Diseases*. 2016;65(4):34-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/JOWD65434-43>
- Lehtoranta L, Ala-Jaakkola R, Laitila A, Maukonen J. Healthy Vaginal Microbiota and Influence of Probiotics Across the Female Life Span. *Frontiers in Microbiology*. 2022;(13):819958. DOI: <https://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2022.819958>
- Garcia-Velasco J, Menabrito M, Catalan IB. What fertility specialists should know about the vaginal microbiome: A review. *Reproductive Biomedicine Online*. 2017;(35):103-112. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbmo.2017.04.005>
- France MT, Ma B, Gajer P, Brown S, Humphrys MS, Holm JB, et al. VALENCIA: a nearest centroid classification method for vaginal microbial communities based on composition. *Microbiome*. 2020 Nov 23;8(1):166. DOI: <https://dx.doi.org/10.1186/s40168-020-00934-6>
- Федорова К.С., Абрамовских К.А., Савочкина А.Ю., Минасова А.А., Зотова М.А., Саматова А.И., и др. Состояние биоценоза влагалища в зависимости от видового разнообразия лактобактерий. *Инфекция и иммунитет*. 2024;3(14): 544-550. DOI: <https://doi.org/10.15789/2220-7619-TSO-16754>
- Fedorova KS, Abramovskikh KA, Savochkina AYU, Minasova AA, Zotova MA, Samatova AI, et al. The state of the vaginal biocenosis depending on the species diversity of lactobacilli. *Infection and immunity*. 2024; 3(14): 544-550. (In Russ.).
- Будилова О.В., Шипицына Е.В., Герасимова Е.Н. и др. Видовое разнообразие вагинальных лактобацилл в норме и при дисбиотических состояниях. *Журнал акушерства и женских болезней*. 2017; 66(2):24-32. DOI: <https://doi.org/10.17816/JOWD66224-32>
- Budilovskaya OV, Shipitsyna EV, Gerasimova EN, et al. Species diversity of vaginal lactobacilli in norm and in dysbiotic states. *Journal of Obstetrics and Women's Diseases*. 2017;66(2):24-32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/JOWD66224-32>
- Демкин В.В. Видовое разнообразие лактобактерий вагинального микробиома: как посмотреть. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. 2018;36(3):3-12. DOI: <https://doi.org/10.17116/molgen2018360313>
- Demkin VV. Species diversity of lactobacillus of vaginal microbiome: how to see. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2018;36(3):3-12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17116/molgen2018360313>
- Bayar E, Bennett PhR, Chan D, Sykes L, MacIntyre DA. The pregnancy microbiome and preterm birth. *Seminars in Immunopathology*. 2020;42(4):487-499. DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s00281-020-00817-w>
- Odogwu NM, Onebunne CA, Chen J, et al. Lactobacillus crispatus thrives in pregnancy hormonal milieu in a Nigerian patient cohort. *Sci Rep*. 2021 Sep 13;11(1):18152. DOI: <https://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-96339-y>
- Бахтияров К.Р., Абдулаева А.Ш., Бимурзаева М.Б., Королёва Д.В., Кузьмина П.И. Изменения микробиома как один из факторов развития истмико-цервикальной недостаточности. *Архив акушерства и гинекологии им. В.Ф. Снегирёва*. 2024;11(1):49-56. DOI: <https://dx.doi.org/10.17816/2313-8726-2024-11-1-49-56>

Bakhtiyarov KR, Abdulaeva ASH, Vimurzayeva MB, Koroleva DV, Kuz'mina PI. Changes in the microbiome as a factor in the development of isthmio-cervical insufficiency. V.F. Snegirev Archives of Obstetrics and Gynecology. 2024;11(1):49-56. (in Russ.).

DOI: <https://dx.doi.org/10.17816/2313-8726-2024-11-1-49-56>

13. Dominguez-Bello M.G. Gestational shaping of the maternal vaginal microbiome. *Nat Med*. 2019;25(6):882-883.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0483-6>

14. Ходжаева З.С., Гусейнова Г.Э., Муравьева В.В. и др. Характеристика микробиоты влагалища у беременных с досрочным преждевременным разрывом плодных оболочек. *Акушерство и гинекология*. 2019;(12):64-73.

DOI: <https://dx.doi.org/10.18565/aig.2019.12.66-74>

Khodzhaeva ZS, Guseynova GE, Muravyeva VV, et al. Characteristics of the vaginal microbiota in pregnant women with preterm premature rupture of the membranes. *Obstetrics and Gynecology*. 2019;(12):64-73. (in Russ.).

DOI: <https://dx.doi.org/10.18565/aig.2019.12.66-74>

15. Mönckeberg M, Valdés R, Kusanovic JP, et al. Patients with acute cervical insufficiency without intra-amniotic infection/inflammation treated with cerclage have a good prognosis. *J. Perinat. Med*. 2019;47(5):500-509.

DOI: <https://dx.doi.org/10.1515/jpm-2018-0388>

16. Mešić Đogić L, Lučić N, Mičić D, et al. Correlation between cervical infection and preterm labor. *Med. Glas (Zenica)*. 2017;14(1): 91-97.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17392/886-16>

17. Долгушина В.Ф., Курносенко И.В., Алиханова Е.С., Семёнов Ю.А. Цервико-вагинальные инфекции при истмико-

цервикальной недостаточности. *Доктор.Ру*. 2021;20(1):61-67. DOI: [10.31550/1727-2378-2021-20-1-61-67](https://doi.org/10.31550/1727-2378-2021-20-1-61-67)

Dolgushina VF, Kurnosenko IV, Alikhanova ES, Semenov YuA. Cervical and Vaginal Infections in Insufficiencia Istmico-cervical. *Doctor.Ru*. 2021;20(1):61-67. (in Russ.).

18. Пустотина О.А., Остроменский В.В. Инфекционный фактор в генезе невынашивания беременности. *Эффективная фармакотерапия*. 2019;15(13):26-33.

DOI: <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2019-15-13-26-33>

Pustotina OA, Ostromensky VV. Infectious factor in the miscarriage genesis. *Effective Pharmacotherapy*. 2019;15(13):26-33. (in Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2019-15-13-26-33>

19. Захаренкова Т.Н., Каплан Ю.Д. Влияние микробиоты урогенитального тракта на исходы беременности. *Акушерство. Гинекология. Генетика*. 2019;16(2):5-15.

Zakharenkova TN, Kaplan YuD. The influence of urogenital tract microbiota on pregnancy outcome. *Obstetrics. Gynecology. Genetics*. 2019;16(2):5-15. (in Russ.).

20. Захаренкова Т.Н., Приходько А.Н., Гатальская А.В., Балашова В.Г. Диагностическая роль рН-метрии вагинальной жидкости при различных состояниях в акушерстве и гинекологии. *Репродуктивное здоровье. Восточная Европа*. 2025;15(5):665-678.

DOI: <https://dx.doi.org/10.34883/PI.2025.15.5.009>

Zakharenkova TN, Prikhodko AN, Gatalskaya AV, Balashova VG. Diagnostic Role of pH-Metry of Vaginal Discharge in Various Conditions in Obstetrics and Gynecology. *Reproductive Health Eastern Europe*. 2025;15 (5):665-678. (in Russ.).

DOI: <https://dx.doi.org/10.34883/PI.2025.15.5.009>

Информация об авторах / Information about the authors

Гатальская Анна Викторовна, ассистент кафедры акушерства и гинекологии с курсом ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4759-9446>

e-mail: a.v.gatalskaya@mail.ru

Захаренкова Татьяна Николаевна, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии с курсом ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0718-8881>

e-mail: tera03@yandex.by

Anna V. Gatalskaya, Assistant at the Department of Obstetrics and Gynecology with the course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4759-9446>

e-mail: a.v.gatalskaya@mail.ru

Tatsiana N. Zakharenkova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology with the course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0718-8881>

e-mail: tera03@yandex.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Гатальская Анна Викторовна

e-mail: a.v.gatalskaya@mail.ru

Anna V. Gatalskaya

e-mail: a.v.gatalskaya@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 13.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 21.01.2026

Принята к публикации / Revised 18.02.2026

УДК: 616-089.5-053.2

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-09>

Сравнительный анализ методов установки ларингеальной маски при проведении сочетанной анестезии у детей

А. М. Карамышев¹, С. А. Павлюченко¹, И. А. Серко²

¹Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

²Гомельская областная клиническая детская больница, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Оценить эффективность и безопасность двух методов установки ларингеальной маски (ЛМ) во время проведения сочетанной анестезии у детей.

Материалы и методы. Все пациенты мужского пола ($n = 85$), медиана возраста составила 2 года (1,5; 4). В зависимости от метода установки ЛМ при проведении сочетанной анестезии были сформированы две клинические группы. В 1-й клинической группе ($n = 44$) применялась стандартная методика установки ЛМ, во 2-й ($n = 41$) использовалась установка ЛМ с поворотом на 180° .

Результаты. Проведенный сравнительный анализ гемодинамических показателей выявил значимые различия, указывающие на менее выраженную гемодинамическую реакцию во 2-й клинической группе ($p = 0,0016$). Кроме того, суммарное время установки ЛМ — 25,9 с (24,7; 28,8) ($p = 0,00017$), время первой попытки — 25,0 с (23,8; 26,5) ($p = 0,00065$) и число попыток ее введения во 2-й группе были статистически значимо ниже по сравнению с группой, где применялась стандартная техника ($\chi^2 = 6,12$, $df = 2$, $p = 0,046$ ($p = 0,0494$, точный критерий Фишера)).

Однако межгрупповых различий по уровню давления утечки в ротоглотке, наличию крови на манжете после извлечения ЛМ, наличию боли в горле на следующий день после операции выявлено не было.

Заключение. Применение метода установки ЛМ с поворотом на 180° показало большую эффективность, о чем свидетельствует меньшее время установки ЛМ на 14,4 %, которое было статистически значимо ниже — 25,9 с (24,7; 28,8) против 30,6 с (27,4; 38,9) ($p < 0,05$); на 9,7 % меньшим временем, затраченным на проведение первой попытки — 25,0 с (23,8; 26,5) против 27,7 с (25,9; 29,1) ($p < 0,05$); меньшим количеством попыток, необходимых для установки, и менее выраженной реакцией частоты сердечных сокращений (ЧСС) — 130,0 в минуту (125,0; 135,0) против 137,5 в минуту (132,0; 145,0) ($p < 0,05$), чем при использовании стандартного метода установки ЛМ.

Ключевые слова: ларингеальная маска, анестезия у детей, ингаляционная анестезия, показатели гемодинамики, методы установки ЛМ

Вклад авторов. Карамышев А.М.: концепция и дизайн исследования, сбор материала, общее редактирование, формирование выводов, утверждение окончательного варианта статьи; Павлюченко С.А.: обзор публикаций по теме статьи, анализ и статистическая обработка результатов и их изложение, обсуждение, библиография; Серко И.А.: сбор материала, инструментальные исследования, библиография.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки

Для цитирования: Карамышев АМ, Павлюченко СА, Серко ИА. Сравнительный анализ методов установки ларингеальной маски при проведении сочетанной анестезии у детей. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):77–84. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-09>

Comparative analysis of laryngeal mask placement techniques during combined anesthesia in children

Andrei M. Karamyshau¹, Stanislav A. Pavlyuchenko¹, Ina A. Siarko²

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Gomel Regional Clinical Children's Hospital, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To evaluate the efficacy and safety of two methods of laryngeal mask (LM) placement during combined anesthesia in children.

Materials and methods. All patients were males (n=85), age median was 2 years old (1,5; 4). 2 clinical groups were created depending on the methods of mask placement during combined anesthesia. The standard LM insertion technique was applied in the 1st clinical group (n=44), LM insertion with 180° rotation was used in the 2nd clinical group (n=41).

Results. Conducted comparative analysis of hemodynamic parameters revealed significant differences indicating a less pronounced hemodynamic reaction in the 2nd clinical group (p=0.0016). Moreover, the total LM insertion time was 25.9 seconds (24.7; 28.8) (p=0.00017), first attempt time was 25.0 seconds (23.8; 26.5) (p=0.00065) and the number of attempts to inject it in group 2 were statistically significantly lower compared to the group using the standard technique (χ^2 6.12, df=2, p=0.046 (p=0.0494, Fisher's exact test)).

However, none intergroup differences were found regarding oropharyngeal leak pressure, presence of blood on the cuff after LM extraction, and the presence of a sore throat the day after surgery.

Conclusion. Using of the laryngeal mask placement technique with 180° rotation showed greater efficiency, as evidenced by a 14.4% shorter LM placement time, which was statistically significantly lower – 25.9 sec. (24.7; 28.8), versus 30.6 sec. (27.4; 38.9) (p<0.05); 9.7% less time spent on the first attempt – 25.0 sec. (23.8; 26.5), versus 27.7 sec. (25.9; 29.1) (p<0.05); less attempts to install and less HR changing – 130.0 per min. (125.0; 135.0), versus 137.5 per min. (132.0; 145.0) (p<0.05) than using the standard LM placement method.

Keywords: laryngeal mask, pediatric anesthesia, inhalation anesthesia, hemodynamic parameters, LMA insertion methods

Author contributions. Karamyshau A.M.: concept and design of the study, collection of material, general editing, formation of conclusions, approval of the final version of the article; Pavlyuchenko S.A.: review of publications on the topic of the article, analysis and statistical processing of the results and their presentation, discussion, bibliography; Siarko I.A.: material collection, instrumental research, bibliography

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

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Karamyshau AM, Pavlyuchenko SA, Siarko IA. Comparative analysis of laryngeal mask placement techniques during combined anesthesia in children. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):77–84. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-09>

Введение

Актуальность нашего исследования определяется двумя ключевыми факторами: популярностью применения ЛМ в современной детской анестезиологической практике и необходимостью минимизации осложнений в периоперационном периоде. При этом разнообразие существующих техник установки (стандартная или классическая, ротационная, пальцевая и др.) приводит к вариабельности клинических исходов, включая частоту успешной установки с первой попытки, время, затраченное на процедуру, необходимость привлечения ассистента, дополнительных техник и риск развития таких критических осложнений, как ларингоспазм, аспирация или травма гортани [1, 2].

Ларингеально-масочная анестезия имеет ряд преимуществ перед другими методами, а именно: техническая простота установки, относительно надежная герметичность контура в сравнении с лицевой маской, возможность проводить анестезию как на спонтанном дыхании, так и с механической вентиляцией легких. Однако имеется и ряд существенных ограничений: применение при оперативных вмешательствах на органах грудной и брюшной полостей; в латеро и прон-позиции; у пациентов с полным желудком. Существует несколько техник введения ЛМ, каждая из которых может влиять на скорость, успешность и результат [3].

На сегодняшний день (за исключением информации из нескольких источников, встречаемых в англоязычной литературе) не проводилось систематического сравнения различных техник введения ЛМ по таким критериям, как количество попыток установки, оценка легкости установки, как первичный исход, боль в горле в раннем послеоперационном периоде, реакция гемодинамики в ответ на установку ЛМ [4–6].

Проведенный авторами анализ клинических рандомизированных исследований, посвященных сравнению различных техник установки ЛМ, выявил существенную гетерогенность результатов и отсутствие единого мнения относительно оптимального метода введения [7–11].

В ряде исследований доказано, что ротационные техники (в том числе поворот на 90° или 180°) улучшают успешность введения ЛМ, однако между ними существует противоречие: какой именно ротационный метод лучше — 90° или 180° [4, 5].

Имеются литературные данные о том, что техника с поворотом ЛМ на 180° может рассматриваться как эффективная альтернатива, особенно при использовании устройств с анатомической формой и у детей [8, 10].

Таким образом, ввиду гетерогенности мнений и отсутствия унифицированных клинических рекомендаций, регламентирующих определенные методы установки ЛМ, напрямую влияющих

на качество и безопасность анестезиологического обеспечения, авторами проведено данное исследование.

Цель исследования

Оценить эффективность и безопасность двух методов установки ЛМ во время проведения сочетанной анестезии у детей.

Материалы и методы

Данное исследование — вторичный анализ семилетних данных, собранных в ходе проспективного рандомизированного одноцентрового исследования («Анестезиологическое обеспечение хирургической коррекции врожденных пороков развития нижних отделов мочеполовой системы у детей») [12, 13].

В соответствии с оригинальным дизайном исследования пациенты мужского пола с заболеваниями мочеполовой системы были рандомизированы для оценки эффективности каудальной анестезии. Цель настоящего анализа — оценить у этой же когорты пациентов ранее не исследованный аспект: эффективность двух методов установки ЛМ.

Перед исследованием было получено положительное заключение комитета по этике Гомельского государственного медицинского университета (выписка из протокола № 1 от 10.12.2016) и информированное согласие родителей на его проведение. В исследовании принимали участие 85 пациентов мужского пола, которым выполнялись плановые оперативные вмешательства, направленных на коррекцию

врожденных пороков развития мочеполовой системы (ВПРМПС), в отделении урологии Гомельской областной клинической больницы за период с 2016 по 2019 г.

Пациенты были госпитализированы в больницу организацию накануне операции с объемом обследования согласно протоколам диагностики и лечения, утвержденным Министерством здравоохранения Республики Беларусь (приказ Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 08.06.2011 № 615 «Об утверждении клинического протокола анестезиологического обеспечения»).

Все пациенты при оценке операционно-анестезиологического риска по классификации ASA относились к 1–2-му классу. Так, 44 пациентам (1-я клиническая группа) в качестве метода обеспечения проходимости верхних дыхательных путей (ВДП) применялась стандартная техника установки ЛМ [3]; 41 пациенту (2-я клиническая группа) в качестве метода обеспечения проходимости ВДП применялась техника установки ЛМ с поворотом на 180° [4]. Установка ЛМ в двух группах, проведение исследования выполнялось одной анестезиологической бригадой в составе врача-анестезиолога-реаниматолога высшей категории со стажем работы более 15 лет и медсестры-анестезиста высшей категории со стажем работы более 25 лет. Пациентам обеих групп оперативные вмешательства, направленные на коррекцию ВПРМПС, выполнялись под сочетанной анестезией (таблица 1) [12, 13].

Таблица 1. Виды оперативных вмешательств у пациентов 1-й и 2-й клинических групп
Table 1. Types of surgeries in the patients of the 1st and 2nd clinical groups

Название операции	Количество операций
Формирование уретры по Снодграссу	41
Закрытие свища уретры	8
Низведение яичек (яичка)	20
Удаление водянки	5
Циркумцизио	11
Всего	85

Показатели основных антропометрических характеристик, таких как возраст, вес, рост и класс ASA, между двумя группами были сопоста-

вимы и статистически значимых различий между двумя группами выявлено не было ($p > 0,05$) (таблица 2).

Таблица 2. Сравнение основных характеристик двух клинических групп

Table 2. Comparison of main characteristics of two clinical groups

Параметр	1-я клиническая группа	2-я клиническая группа	P-значение
Возраст, годы	2,0 (1,5; 3,5)	2,0 (1,0; 5,0)	> 0,05*
Рост, см	95,0 (86,0; 111,0)	96,0 (89,0; 109,0)	> 0,05*
Вес, кг	14,5 (12,0; 17,0)	14,0 (12,0; 20,0)	> 0,05*
Продолжительность операции, мин	90,0 (62,5; 102,5)	87,0 (65,0; 100,0)	> 0,05*
Продолжительность анестезии, мин	125,0 (95,0; 140,0)	110,0 (95,0; 130,0)	> 0,05*
ASA-класс:			
I	38 (86,4 %)	31 (75,6 %)	= 0,16^
II	6 (13,6 %)	10 (24,4 %)	

*Критерий Манна — Уитни (U-test).

^Точный критерий Фишера.

Методика проводимой анестезии не различалась в группах и включала следующие компоненты: премедикация — атропин 0,1 % в дозе 0,01 мг/кг, внутримышечно за 30 мин до операции; ингаляционная индукция анестезии севофлюраном в дозе 8 об% и смеси закиси азота с кислородом (0,5/0,5) с потоком свежего газа через лицевую маску, превышающим минутный объем дыхания пациента, далее после обеспечения венозного доступа и введения фентанила в дозе 2 мкг/кг выполнялась установка ЛМ. Подбор ЛМ осуществлялся по массе тела и возрасту. У пациентов обеих групп нами применялись силиконовые ЛМ 1-го поколения (Intersurgical).

У пациентов 1-й клинической группы применялась стандартная методика установки ЛМ. После разгибания головы выполняли введение ЛМ указательным пальцем, размещенным между воздуховодом и его манжетой, и продвигали вперед до ощущения сопротивления, после этого манжета раздувалась минимальным объемом воздуха, необходимым для герметизации ВДП [1, 3].

Пациентам 2-й клинической группы установка ЛМ выполнялась с поворотом на 180°. При этом апертура манжеты была направлена в сторону твердого нёба, после достижения задней стенки глотки выполнялся поворот ЛМ на 180° для ориентации апертуры ко входу в гортань и герметизация ВДП путем раздувания манжеты [1, 4].

После обеспечения проходимости ВДП анестезия поддерживалась смесью закиси азота с кислородом (0,6/0,4) в сочетании с севофлюраном (минимальная альвеолярная концентрация 1,0–1,5). Респираторная поддержка в режиме спонтанного дыхания либо в режиме PCV выпол-

нялась наркозно-дыхательным аппаратом Primus (Dräger, Германия). С целью обезболивания в обеих группах применялась каудальная блокада [12, 13].

Интраоперационный мониторинг состояния пациента включал проведение электрокардиографии, оценку ЧСС, неинвазивное измерение артериального давления (АД), проведение пульсоксиметрии, капнографии, термометрии, контроль газового состава во вдыхаемой и выдыхаемой смеси, определение минимальной альвеолярной концентрации ингаляционного анестетика.

После окончания оперативного вмешательства, отключения подачи ингаляционного анестетика и восстановления адекватного спонтанного дыхания проводилось удаление ЛМ на операционном столе с осмотром манжеты на наличие следов крови, продолжением подачи кислорода с $FiO_2 = 1,0$ до пробуждения пациента, после чего пациенты направлялись в профильное отделение.

Измерение АД проводилось автоматически кардиомонитором «Infinity Delta» (Dräger, Германия) по общепринятым правилам на трех этапах периоперационного периода: до индукции анестезии (1); после установки ЛМ (2) и до начала операции (3).

Для объективной оценки эффективности и безопасности стандартной техники установки ЛМ и техники с ротацией на 180° членами анестезиологической бригады были определены следующие ключевые критерии и конечные точки исследования: количество попыток; время установки в секундах, давление утечки в ротоглотке (mbar); сравнительный анализ изменения ЧСС, средне-

го АД (СрАД), систолического АД (САД), диастолического АД (ДАД) и частоты неблагоприятных инцидентов, таких как наличие крови на манжете после извлечения ЛМ, боль в горле на следующий день после анестезии.

Успешной считалась попытка установки ЛМ от момента извлечения ЛМ из упаковки до герметизации и контроля проходимости ВДП (капнография) с возможностью проведения ингаляционной анестезии без утечки газонаркоотической смеси в атмосферу операционной. При несоблюдении данных условий начиналась вторая попытка и т. д. Время установки ЛМ фиксировала медсестра-анестезист при помощи секундомера. Давление утечки фиксировалось после того, как попытка установки считалась успешной, кратковременно повышалось давление на вдохе с одновременной оценкой сброса газонаркоотической смеси через рот. Боль в горле оценивалась качественно при осмотре пациентов на следующий день после операции, ввиду возрастных особенностей — «да» либо «нет».

Статистическая обработка полученных данных проводилась посредством пакета прикладных статистических программ Microsoft Excel для

Windows, 8.1 (лицензионный номер X18-45392 1620005042000310), StatSoft Statistica Trial, 10.0 (США, серийный номер ZZS999000009906307 DEMO–5), языка программирования R. Достоверными признавались различия с уровнем достоверной доказательности не менее 95 %. Отличия считались достоверными при $p < 0,05$. Для проверки нормальности использовался критерий Шапиро – Уилка. Для описания переменных использовали методы непараметрической статистики. Для сравнения двух независимых групп использовали непараметрический критерий Манна – Уитни. Для сравнения процентного соотношения долей категориальных признаков применяли критерий Пирсона (хи-квадрат) и точный критерий Фишера. Для сравнения двух зависимых групп использовали критерий Вилкоксона.

Результаты и обсуждение

Для оценки влияния используемых нами техник введения ЛМ у детей на системную гемодинамику нами проведен сравнительный анализ изменения САД, ДАД, СрАД и ЧСС (таблица 3).

Таблица 3. Сравнение показателей гемодинамики на этапах исследования
Table 3. Comparison of hemodynamic indexes at the study stages

Параметры	Клиническая группа	Этапы исследования		
		1-й	2-й	3-й
САД, мм рт. ст.	1-я	100,0 (90,0; 105,0)	95,0 (90,0; 101,5)*	90,0 (85,0; 95,0)
	2-я	95,0 (90,0; 100,0)	90,0 (85,0; 100,0)*	89,0 (87,0; 95,0)
P-значение (U-test)		> 0,05	> 0,05	> 0,05
ДАД, мм рт. ст.	1-я	60,0 (50,0; 60,0)	50,0 (46,0; 58,0)*	50,0 (43,0; 55,0)
	2-я	55,0 (50,0; 60,0)	54,0 (46,0; 55,0)*	50,0 (43,0; 52,0)
P-значение (U-test)		> 0,05	> 0,05	> 0,05
СрАД, мм рт. ст.	1-я	70,0 (64,5; 73,3)	65,0 (60,95; 70,3)*	63,9 (58,9; 71,6)
	2-я	70,0 (63,3; 73,3)	66,6 (61,6; 70,0)*	61,6 (57,3; 66,6)
P-значение (U-test)		> 0,05	> 0,05	> 0,05
ЧСС, мин ⁻¹	1-я	130,0 (123,0; 140,0)	137,5 (132,0; 145,0)*	135,0 (126,5; 139,0)
	2-я	126,0 (120,0; 140,0)	130,0 (125,0; 135,0)*	132,0 (127,0; 138,0)
P-значение (U-test)		> 0,05	< 0,05	> 0,05

*Достоверность различий показателей по сравнению с предыдущим этапом ($p < 0,05$), критерий Вилкоксона.

Как видно из данных таблицы 3, у пациентов обеих клинических групп не было выявлено статистически значимых отличий показателей САД, ДАД, СрАД между собой на этапах исследования ($p > 0,05$, критерий Манна – Уитни), что

может свидетельствовать об отсутствии влияния метода введения ЛМ на показатели АД. При этом на 2-м этапе исследования выявлены различия в сторону более низких значений АД в обеих группах, при сравнении с исходными данными

($p < 0,05$, критерий Вилкоксона). Данные изменения можно объяснить депрессивным действием ингаляционной индукции анестезии на системную гемодинамику.

При оценке ЧСС нами также найдены статистически значимые отличия на 2-м этапе в сторону более высоких значений в обеих группах при сравнении с исходными показателями ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона). Однако при межгрупповом сравнении более выраженный подъем ЧСС на 2-м этапе отмечался в 1-й клинической группе ($p < 0,05$, критерий Манна – Уитни), что и может указывать на более выраженную стимуляцию сердечно-сосудистой системы при стандартной методике установки ЛМ.

Успешная установка ЛМ в 1-й клинической группе с первой попытки отмечена у 26 пациен-

тов (59 %), со второй — у 11 пациентов (25 %), с третьей — в 7 случаях (16 %). Успешная установка ЛМ во 2-й клинической группе с первой попытки отмечена у 33 пациентов (81 %), со второй — у 7 пациентов (17 %), с третьей — в 1 (2 %) случае. При сравнительной оценке двух методов по общему количеству попыток установки ЛМ выявились статистически значимые различия между группами по количеству выполненных попыток, критерий Пирсона, $\chi^2 = 6,12$, $df = 2$, $p = 0,046$ ($p = 0,0494$, точный критерий Фишера).

Оценивая время установки и давление утечки, мы провели сравнительный анализ данных показателей между двумя группами (таблица 4).

Таблица 4. Сравнительная оценка времени установки ЛМ и давления утечки в ротоглотке у пациентов двух групп

Table 4. Comparative assessment of LM insertion time and oropharyngeal leak pressure in patients of two groups.

Параметры	1-я клиническая группа	2-я клиническая группа	P-значение
Давление утечки в ротоглотке, mbar	22,0 (20,0; 23,0)	22,0 (21,5; 23,0)	> 0,05
Время установки, с	30,6 (27,4; 38,9)	25,9 (24,7; 28,8)	< 0,05
Время установки с первой попытки, с	27,7 (25,9; 29,1)	25,0 (23,8; 26,5)	< 0,05

Как видно из данных таблицы 4, статистически значимых различий по показателю давления утечки из ротоглотки выявлено не было ($p > 0,05$, критерий Манна – Уитни), что может свидетельствовать о надежной герметизации ВДП при применении любой из применяемых методик. В то же время установлено, что техника с поворотом ЛМ на 180° обеспечивала достоверно более короткое время установки по сравнению со стандартной техникой ($p < 0,05$). При этом время, затраченное на проведение первой попытки во 2-й клинической группе, было статистически

значимо меньшим ($p < 0,05$, критерий Манна – Уитни).

Давая сравнительную оценку безопасности двум техникам введения ЛМ, мы провели анализ неблагоприятных инцидентов. Согласно данным, представленным в таблице 5, статистически значимых различий между двумя группами по наличию следов крови на манжете после извлечения ЛМ и в частоте возникновения послеоперационной боли в горле на следующее утро после оперативного вмешательства не выявлено ($p > 0,05$, критерий Пирсона, χ^2).

Таблица 5. Сравнение частоты развития послеоперационной боли в горле и наличия крови на манжете у пациентов двух групп

Table 5. Comparison of the postoperative sore throat rate and the presence of blood at the cuff in patients of the two groups

Параметры	1-я клиническая группа	2-я клиническая группа	P-значение
Наличие крови на манжете			$\chi^2 = 3,02$, $df = 1$, $p = 0,08$ ($p = 0,07$, точный критерий Фишера)
Да	9 (20,93 %)	3 (7,5 %)	
Нет	34 (79,07 %)	37 (92,5 %)	
Боль в горле			$\chi^2 = 1,15$, $df = 1$, $p = 0,28$ ($p = 0,2$, точный критерий Фишера)
Да	13 (30,23 %)	8 (20 %)	
Нет	30 (69,77 %)	32 (80 %)	

В исследовании Н. Shetabi et al., где сравнивались стандартная техника установки ЛМ и техника тройного маневра, не было выявлено статистически значимых различий между группами по времени установки маски и количеству попыток. При анализе гемодинамики оказалось, что между группами САД, ДАД и СрАД на всех трех этапах различий не продемонстрировали [3].

В другом исследовании, проведенном S. J. Hashemi et al., включающем четыре метода — стандартный, поворот на 90°, поворот на 180° и использование большого пальца, — частота возникновения боли в горле и появления крови на манжете не различалась между группами, что соответствует полученным нами данным [4].

В проспективном рандомизированном исследовании Т. Shyam и V. Selvaraj, в котором проводилось сравнение стандартной техники введения ЛМ с методами поворота на 90° и 180°, не было выявлено статистически значимых различий как в величине давления утечки в ротоглотке, так и в частоте осложнений в виде наличия крови на манжете, болезненности в горле в послеоперационном периоде [5].

Так, В. Ghai et al., изучая стандартную, латеральную и ротационную техники установки ЛМ у детей, продемонстрировали, что ротационная техника характеризуется значительно более коротким временем успешного введения ЛМ и значительно реже ассоциирована с развитием осложнений, а общий показатель успешности при ее использовании статистически значимо превышает таковой при применении других методов [10].

Согласно исследованию М. М. Aghdashi et al., в котором авторы сравнивали стандартную методику с ротационной, не было выявлено статистически значимых различий между двумя группами по наличию крови на манжете и общему показателю успешности [8].

Результаты исследования М. Haghghi et al., где сравнивали стандартную технику и технику с поворотом на 180°, с включением пациентов, средний возраст которых составил 30±7 лет и масса тела более 70±10 кг, продемонстрировали статистически значимо быструю по времени установку ЛМ методом с поворотом на 180° — 10,7±3,6 с, чем при стандартном ме-

тоде — 21,7±4,8 с ($p < 0,05$, критерий Манна – Уитни). Авторами не выявлено статистически значимых различий в частоте выявления крови на манжете ЛМ, при этом полученные результаты отличались друг от друга в два раза — 16 (32 %) при стандартном методе установки и 8 (16 %) при технике с поворотом на 180° [9]. В нашем исследовании получены похожие результаты, однако полноценно сравнивать с применением статистических критериев наши результаты с результатами, полученными этими авторами, некорректно, так как изучались различные возрастные группы. По мнению авторов данного исследования, более высокая эффективность методики с установкой ЛМ с поворотом на 180° обусловлена более коротким временным промежутком, затраченным на проведение установки ЛМ с первой попытки, и как следствие — общим временем установки и отсутствием влияния на ЧСС. Это может быть обусловлено анатомо-физиологическими особенностями детского возраста, а также более физиологичным выбором метода установки ЛМ с поворотом на 180° для детей. Данную работу необходимо дополнить, для чего провести рандомизированное контролируемое многоцентровое исследование с включением в него специалистов с разным стажем и опытом работы, пациентов женского пола и, вероятно, с расширением спектра оперативных вмешательств.

Заключение

Применение метода установки ЛМ с поворотом на 180° показало большую эффективность, что подтверждается меньшим временем установки ЛМ — на 14,4 %, что было статистически значимо ниже — 25,9 с (24,7; 28,8) против 30,6 с (27,4; 38,9) ($p < 0,05$); на 9,7 % меньшим временем, затраченным на проведение первой попытки, — 25,0 с (23,8; 26,5) против 27,7 с (25,9; 29,1) ($p < 0,05$); меньшим количеством попыток, необходимых для установки, и менее выраженной реакцией ЧСС — 130,0 в минуту (125,0; 135,0) против 137,5 в минуту (132,0; 145,0) ($p < 0,05$), чем при использовании стандартного метода установки ЛМ.

Список литературы / References

1. Brimacombe JR. Insertion techniques. In: Brimacombe JR, editor. Laryngeal mask airway: principles and practice. 2nd ed. Philadelphia: Saunders; 2005. p. 223-281.
2. Brimacombe JR, Keller CA comparison of pharyngeal mucosal pressure and airway sealing pressure with the laryngeal mask airway in anesthetized adult patients. *Anesthesia & Analgesia*. 1998;87(6):1379-1382. DOI: <https://doi.org/10.1213/00005539-199812000-00032>
3. Shetabi H, Shahriari A, Aghadavoudi O. Conditions for insertion of the laryngeal mask airway in an innovative method vs the classic method. *Anesthesiology and Pain Medicine*. 2023;13(6):e140999. DOI: <https://doi.org/10.5812/aapm-140999>
4. Hashemi SJ, Shetabi H, Babaei Zade A. Evaluation of four techniques to administer laryngeal mask airway. *Advanced Biomedical Research*. 2023;12(1):97. DOI: https://doi.org/10.4103/abr.abr_18_22
5. Shyam T, Selvaraj V. Airway management using LMA—evaluation of three insertional techniques: a prospective randomised study. *Journal of Anaesthesiology Clinical*

Pharmacology. 2021;37(1):108-113.

DOI: https://doi.org/10.4103/joacp.JOACP_60_19

6. Goyal M, Dutt A, Khan Joad AS. Laryngeal mask airway insertion by classic and thumb insertion technique: a comparison. *F1000Research*. 2013;2:123.

DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.2-123.v1>

7. Eglen M, Kuvaki B, Günenç F, Ozbilgin S, Küçükgüçlü S, Polat E, et al. Comparison of three different insertion techniques with LMA-Unique™ in adults: results of a randomized trial. *Brazilian Journal of Anesthesiology*. 2017;67(5):521-526.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjan.2017.04.007>

8. Aghdashi MM, Valizade Hasanloei MA, Abbasivash R, Shokouhi S, Salehi Gharehvaran S. Comparison of the success rate of laryngeal mask airway insertion in classic and rotatory methods in pediatric patients undergoing general anesthesia. *Anesthesiology and Pain Medicine*. 2017;7(2):e38899.

DOI: <https://doi.org/10.5812/aapm.38899>

9. Haghghi M, Mohammadzadeh A, Naderi B, Seddighnejad A, Movahedi H. Comparing two methods of LMA insertion; classic versus simplified (airway). *Middle East Journal of Anaesthesiology*. 2010;20(4):509-514.

10. Ghai B, Makkar JK, Bhardwaj N, Wig J. Laryngeal mask airway insertion in children: comparison between rotational, lateral and standard technique. *Pediatric Anaesthesia*. 2008;18(4):308-312.

DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1460-9592.2008.02434.x>

11. İlkey BA, Fatma KA, Merve E, Derya Ö, Jülide E, Reyhan P. Comparison of the standard and triple airway maneuvering techniques for i-gel™ placement in patients undergoing elective surgery: a randomized controlled study. *Journal of Anaesthesia*. 2020;34(4):512-518.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00540-020-02780-0>

12. Карамышев, А.М. Роль каудальной блокады в модуляции стресс-ответа при хирургической коррекции врожденных пороков развития нижних отделов мочеполовой системы у детей. *Проблемы здоровья и экологии*. 2020;63(1):20-28.

DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2020-17-1-4>

Karamyshev A.M. Role of caudal blockade in the modulation of stress response in the surgical correction of congenital malformations of the lower parts of the urogenital system in children. *Problems of Health and Ecology*. 2020;63(1):20-28.

DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2020-17-1-4>

13. Карамышев А.М., Илюкевич Г.В. Гемодинамические проявления стресс-ответа и выбор метода анестезии при хирургической коррекции врожденных пороков развития мочеполовой системы у детей. *Медицина*. 2018;100(1):49-55.

Karamyshev A.M., Ilyukevich GV Hemodynamic manifestations of the stress response and choice of anesthesia method in surgical correction of congenital malformations of the urogenital system in children. *Medicine*. 2018;100(1):49-55. (In Russ).

Информация об авторах / Information about the authors

Карамышев Андрей Михайлович, к.м.н., доцент, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1472-4061>

e-mail: Karpion@mail.ru

Павлюченко Станислав Александрович, студент лечебного факультета, 4-го курса лечебного факультета, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6665-3161>

e-mail: Papaprofit14@gmail.com

Серко Инна Аркадьевна, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, У «Гомельская областная клиническая детская больница», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6697-7008>

e-mail: innaserko@mail.ru

Andrei M. Karamyshau, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Anaesthesiology and Resuscitation, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1472-4061>

e-mail: Karpion@mail.ru

Stanislav A. Pavlyuchenko, 4-th year Student of General Medicine Faculty, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6665-3161>

e-mail: Papaprofit14@gmail.com

Ina A. Siarko, Anaesthetists and Resuscitationist at the Department of Anaesthesiology and Resuscitation, Gomel Regional Clinical Children's Hospital, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6697-7008>

e-mail: innaserko@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Карамышев Андрей Михайлович

e-mail: Karpion@mail.ru

Andrei M. Karamyshau

e-mail: Karpion@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 18.02.2026



Нарушение баланса между этерифицированным и свободным холестерином плазмы крови при синдроме полиорганной недостаточности

А. Н. Осипенко

Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова, г. Могилев, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Оценить изменение уровней этерифицированного и свободного холестерина в плазме крови при синдроме полиорганной недостаточности (СПОН), обусловленном абдоминальным септическим процессом.

Материалы и методы. Исследованы фракции этерифицированного и свободного холестерина в образцах крови у 11 человек с обусловленным абдоминальным сепсисом СПОН, а также в крови 9 здоровых человек, составлявших контрольную группу. Для этого с помощью автоматического биохимического анализатора определялось содержание общего холестерина, а с помощью тонкослойной хроматографии проводился анализ фракций свободного и этерифицированного холестерина. Статистический анализ выполнялся с использованием методов непараметрической статистики; статистические отличия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты. Общий холестерин плазмы крови пациентов с сепсисом и СПОН характеризовался существенно сниженной долей этерифицированного холестерина и соответствующим образом увеличенной долей свободной формы этого липида. При этом значение отношения этерифицированного холестерина к свободному оказалось почти вчетверо меньше, чем в контрольной группе. Абсолютное содержание этерифицированного холестерина в плазме крови у данных пациентов составляло чуть более половины минимального значения, наблюдающегося в норме, тогда как аналогичный показатель свободного холестерина соответствовал нормальным значениям.

Заключение. Выявленные изменения подтверждают данные о снижении при сепсисе и СПОН активности лецитин-холестерин-ацилтрансферазы (ЛХАТ), при помощи которой происходит образование большей части этерифицированного холестерина крови путем этерификации его свободной формы. При этом следует учитывать, что данный процесс крайне важен для осуществления обратного транспорта холестерина. Полученные результаты также могут свидетельствовать о меньшей активности ацил-КоА-холестерин-ацилтрансферазы (АХАТ), осуществляющей внутриклеточную этерификацию холестерина. Учитывая, что печень является органом, который не только имеет ключевое значение в синтезе холестерина, но и играет основную роль в образовании ЛХАТ, а также в метаболизме холестерина с участием АХАТ, можно предположить, что снижение уровня этерифицированного холестерина при СПОН является следствием расстройства метаболической функции печени.

Ключевые слова: *этерифицированный холестерин, свободный холестерин, липопротеины, метаболизм, синдром полиорганной недостаточности, сепсис*

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Осипенко АН. Нарушение баланса между этерифицированным и свободным холестерином плазмы крови при синдроме полиорганной недостаточности. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):85–92. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-10>*

Imbalance between esterified and free cholesterol in blood plasma in multiple organ dysfunction syndrome

Alexander N. Osipenko

Mogilev State A. Kuleshov University, Mogilev, Belarus

Abstract

Objective. To evaluate changes in the levels of esterified and free cholesterol in blood plasma in multiple organ dysfunction syndrome (MODS) caused by an abdominal septic process.

Materials and methods. The fractions of esterified and free cholesterol were analyzed in blood samples from 11 patients with abdominal sepsis MODS, as well as in the blood of 9 healthy individuals made up the control group. The total cholesterol content was determined using an automatic biochemical analyzer, while thin-layer chromatography was

used to analyze the fractions of free and esterified cholesterol. Statistical analyses were performed using non-parametric statistics; statistical differences were considered significant at $p < 0.05$.

Results. The total plasma cholesterol of patients with sepsis and MODS was characterized by a substantially reduced esterified cholesterol fraction, and correspondingly increased free cholesterol proportion. Upon that the ratio of esterified to free cholesterol was almost four times lower than in the control group. The absolute concentration of esterified cholesterol in blood plasma of these patients was slightly more than half of the minimum normal value, while the concentration of free cholesterol was within the normal range.

Conclusion. The identified changes confirm data on decrease in the activity of lecithin-cholesterol acyltransferase (LCAT) in sepsis and MODS, which is responsible for the formation of the majority of esterified cholesterol in the blood by esterifying its free form. Moreover, it should be taken into account that this process is crucial for reverse cholesterol transport. Obtained results may also represent decreased activity of acyl-CoA cholesterol acyltransferase (ACAT), responsible for intracellular cholesterol esterification. Since the liver plays a leading role not only in cholesterol synthesis but also in LCAT production and ACAT-mediated esterification of cholesterol, the decline in esterified cholesterol levels during MODS likely reflects impaired hepatic metabolic function.

Keywords: esterified cholesterol, free cholesterol, lipoproteins, metabolism, multiple organ dysfunction syndrome (MODS), sepsis

Conflict of interests. The author declares no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Osipenko AN. Imbalance between esterified and free cholesterol in blood plasma in multiple organ dysfunction syndrome. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):85–92. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-10>

Введение

Опубликованные к настоящему времени в научных источниках данные свидетельствуют о том, что у пациентов с сепсисом и СПОН наблюдается глубокое нарушение метаболизма холестерина. Показано, что в плазме крови таких пациентов отмечается существенное снижение содержания уровня общего холестерина, а также уменьшение уровня холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП). В ряде работ также указывается на снижение содержания холестерина липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), которое, как отмечается, менее выражено, чем сокращение уровня холестерина ЛПВП [1]. Полученные к настоящему времени данные также свидетельствуют о том, что расстройство метаболизма холестерина при сепсисе и СПОН может негативно сказываться на состоянии пациентов. В частности, отмечается, что снижение уровня холестерина коррелирует как с риском развития сепсиса и СПОН, так и с тяжестью состояния пациентов, в том числе и с летальностью при данной патологии [1, 2].

Причина снижения холестерина при сепсисе и СПОН в настоящее время остается дискутируемой. В качестве наиболее вероятных путей развития гипохолестеринемии называются снижение синтеза холестерина в печени, а также расстройство его транспорта в кровотоке, в первую очередь обратного [1, 3–5].

В качестве доказательства нарушения синтеза холестерина приводятся данные о снижении активности 3-гидрокси-3-метил-глутарил-КоА (ГМГ-КоА)-редуктазы у крыс с сепсисом по сравнению со здоровыми животными. Данный

фермент катализирует синтез мевалоновой кислоты, образование которой представляет собой важную стадию на пути продукции холестерина. Кроме того, существуют свидетельства снижения экспрессии матричных РНК, необходимых для образования белка, связывающего регуляторный элемент стерола 2 (SREBP-2) и ГМГ-КоА-редуктазы в печени крыс при моделировании перитонита [1]. SREBP-2 активирует транскрипцию генов, участвующих в метаболизме холестерина. При этом повышение его активности сопровождается увеличением холестеринанового синтеза, а ингибирование его функции способствует снижению образования холестерина [6].

Нарушение обратного транспорта холестерина подтверждается снижением содержания холестерина ЛПВП в плазме крови, а также данными о снижении активности ЛХАТ, которая необходима для осуществления этого процесса [3, 4]. Активность ЛХАТ вызывает превращение большей части свободного холестерина плазмы крови в его эфиры (по некоторым данным — около 90 % [7]) и тем самым обеспечивает отток холестерина из периферических тканей в печень. Это связано с тем, что свободный холестерин, превращаясь в этерифицированный холестерин, благодаря высокой гидрофобности последнего перемещается с поверхности липопротеина в его ядро, освобождая место на поверхности липопротеиновой частицы для захвата новой молекулы свободного холестерина. Таким образом, образование этерифицированного холестерина при помощи ЛХАТ крайне важно для процесса удаления холестерина из периферических тканей и обратного транспорта холестерина в печень [7–10].

Однако исследование активности ЛХАТ является сложным и неприменимым в клинической практике. Тем не менее свидетельством снижения активности ЛХАТ является увеличение содержания свободного холестерина по отношению к этерифицированному [11]. При этом следует отметить, что изменение содержания холестерина в его этерифицированной и свободной формах в плазме крови при сепсисе и СПОН практически не изучалось. Поэтому также остается неясным, за счет какой из этих форм происходит снижение общего холестерина плазмы крови.

Цель исследования

Оценить изменение уровней этерифицированного и свободного холестерина в плазме крови при СПОН, обусловленном абдоминальным септическим процессом.

Материалы и методы

Данное исследование было проведено на малой выборке, так как носило пилотный характер и осуществлялось при помощи методики, подразумевающей продолжительную и сложную подготовку проб.

Объектом исследования послужила кровь 11 пациентов (6 мужчин и 5 женщин) в возрасте 50 [35,5; 61] лет со СПОН, обусловленным развитием абдоминального сепсиса. Сепсис устанавливали на основании критериев международной классификации Sepsis-3.

Возникновение абдоминального сепсиса и СПОН в 9 случаях стало следствием тяжелого острого/хронического панкреатита. Также в одном случае причиной развития данной патологии стал острый гангренозный прободной аппендицит и еще в одном — острый калькулезный перфоративный холецистит. Контролем служила кровь 9 здоровых человек (7 мужчин и 2 женщины) в возрасте 27 [22; 31] лет, проходивших медицинский осмотр. Выбор более молодых людей в контрольную группу был обусловлен меньшей вероятностью протекания у них невыявленной патологии, влияющей на липидный метаболизм (например, алкогольной болезни, сахарного диабета, заболеваний печени или почек). При этом пилотный характер исследования ограничивал возможность подбора идеально сопоставимых групп. Кроме того, полученные в опытной группе величины свободного и этерифицированного холестерина сравнивались с минимальными и максимальными значениями содержания данных форм холестерина в крови здоровых взрослых людей с учетом нормы общего холестерина, применяемой для таких лиц без разделения по полу и возрасту. В этой связи основным значением использования контрольной группы было

подтверждение соответствия полученных данных общепринятым. Следует также отметить, что вызванные СПОН изменения липидного профиля крови существенно превосходят возрастные и половые колебания данных параметров и в первую очередь зависят от степени тяжести состояния [1, 2, 12], поэтому возраст и пол не оказывают существенного влияния на соотношение этерифицированного и свободного холестерина в контексте сравнения данного показателя у пациентов с полиорганной недостаточностью и у здоровых лиц.

Содержание общего холестерина в сыворотке крови определялось при помощи биохимического анализатора AU680 (Beckman Coulter, США). Анализ фракций свободного и этерифицированного холестерина проводился с помощью тонкослойной хроматографии [13]. Количественная оценка разделенных на хроматограммах холестеринных фракций осуществлялась по интенсивности их окрашивания парами йода. Для проведения тонкослойной хроматографии предварительно выполнялась экстракция липидов из анализируемых образцов сыворотки крови по методу Фолча. Для этого к пробам сыворотки добавлялась смесь хлороформ-метанол в соотношении 2:1. После этого, для большей эффективности процесса экстракции, пробы перемешивались путем встряхивания. По завершении этапа экстракции проводилось центрифугирование проб с последующим отбором хлороформного слоя. Далее хлороформный экстракт концентрировался, для этого его подвергли упариванию в токе азота.

Хроматографическое разделение липидов на отдельные фракции проводилось сначала в системе растворителей «петролейный эфир – диэтиловый эфир» (в соотношении 96:4). При этом фронт элюента поднимался до верхнего края хроматографической пластины. Затем осуществлялось разделение в системе растворителей «петролейный эфир – диэтиловый эфир – уксусная кислота» (в соотношении 84:15:1). В этом случае фронт элюента поднимался до высоты 2/3 пластины. В первой системе растворителей происходило активное перемещение от места нанесения пробы (места старта) этерифицированного холестерина, во второй системе растворителей имело место активное движение к фронту элюента свободного холестерина. В качестве сорбента использовался слой силикагеля толщиной 90–120 мкм на подложке из алюминиевой фольги и размером частиц 8–12 мкм (пластины для тонкослойной хроматографии ПТСХ-АФ-В-УФ).

Окраска разделенных липидных фракций проводилась в парах йода. Для этого пластины

помещались в герметичный сосуд с кристаллами йода, после чего сосуд выдерживался при температуре 80 °С.

Следует отметить, что триглицериды отсутствовали на полученных хроматограммах. Это было связано с достаточно высокой активностью липаз в сыворотке крови, которая превышает аналогичную активность в плазме и приводит к распаду триглицеридов (для биохимического анализатора это не имеет существенного значения, так как данный прибор при определении триглицеридов регистрирует высвобождаемый глицерин). Кроме того, триглицериды в сравнении с холестерином хуже окрашиваются парами йода.

На заключительном этапе окрашенные хроматографические пластины помещались в систему визуализации, документирования и анализа изображений ImageQuant 300 (GE Healthcare Life Sciences, США). При помощи этой системы были получены монохромные изображения хроматограмм. Далее осуществлялся анализ изображений, на основании которого делался вывод об изменении соотношения фракций этерифицированного и свободного холестерина при сепсисе и полиорганной недостаточности.

Идентификацию свободного холестерина проводили по его положению на пластине для тонкослойной хроматографии, которое зависело от подвижности (активности перемещения вдоль пластины) данного липида в системе растворителей «петролейный эфир – диэтиловый эфир – уксусная кислота» (в соотношении 84:15:1). При этом использовался раствор свободного холестерина. Положение этерифицированного холестерина на хроматографической пластине определялось с учетом того факта, что только этот липид плазмы крови активно перемещается в системе растворителей «петролейный эфир – диэтиловый эфир» (в соотношении 96:4).

Оценка количественного соотношения между фракциями этерифицированного и свободного холестерина осуществлялась по интенсивности их окрашивания на хроматограммах. Для этого на основе полученных монохромных изображений были построены хроматографические профили в виде линий, образующих пики, соответствующие различным фракциям холестерина. При этом площадь пиков зависела от содержания этерифицированного и свободного холестерина в сыворотке крови, что позволяло судить о соотношении данных фракций.

Полученные значения показателей общего, этерифицированного и свободного холестерина

представлены с использованием медианы (Me) и интерквартильного размаха в формате Me [LQ; UQ], где LQ — нижний квартиль, UQ — верхний квартиль.

Оценка значимости различий между двумя несвязанными выборками проводилась с использованием U-критерия Манна – Уитни и теста Колмогорова – Смирнова. Для выявления различий между полученными величинами показателей общего, этерифицированного и свободного холестерина в опытной группе и значениями границ физиологической нормы (проверки гипотезы о различии медианы выборки и нормативного значения) использовался одновыборочный знаковый ранговый критерий Уилкоксона. Различия считались достоверными при $p < 0,05$. Полученные данные были обработаны статистически с использованием программ Microsoft Excel, 2010, BioStat, 2008, Statistica, 7.0 и статистических инструментов сайта Datanovia.com.

Результаты и обсуждение

Анализ хроматограмм показал существенное снижение в опытной группе интенсивности окрашивания фракций, относящихся к этерифицированному холестерину, по отношению к фракциям, соответствующим свободному холестерину (рисунок 1).

Изучение полученных при помощи ImageQuant 300 хроматографических профилей позволило установить, что у здоровых людей этерифицированный холестерин составляет 72,25 [71,09; 73,15] % от общего холестерина, в то время как свободный холестерин — 27,75 [26,85; 28,91] %, что полностью соответствует данным из научной литературы [10, 14, 15]. В случае сепсиса и СПОН этерифицированный холестерин составляет 40,68 [32,68; 43,21] % от общего холестерина, в то время как свободный холестерин — 59,32 [56,79; 67,32] % ($p = 0,0002$). Таким образом, свойственное для плазмы крови пациентов с полиорганной недостаточностью значение отношения этерифицированного холестерина к свободному снижено примерно в 3,8 раза по сравнению с соответствующим значением в контроле (рисунок 2).

Абсолютное содержание общего холестерина в крови пациентов с сепсисом и СПОН было ниже значений в норме (3,6–5,2 ммоль/л) и составляло 3,03 [2,35; 3,28] ммоль/л.

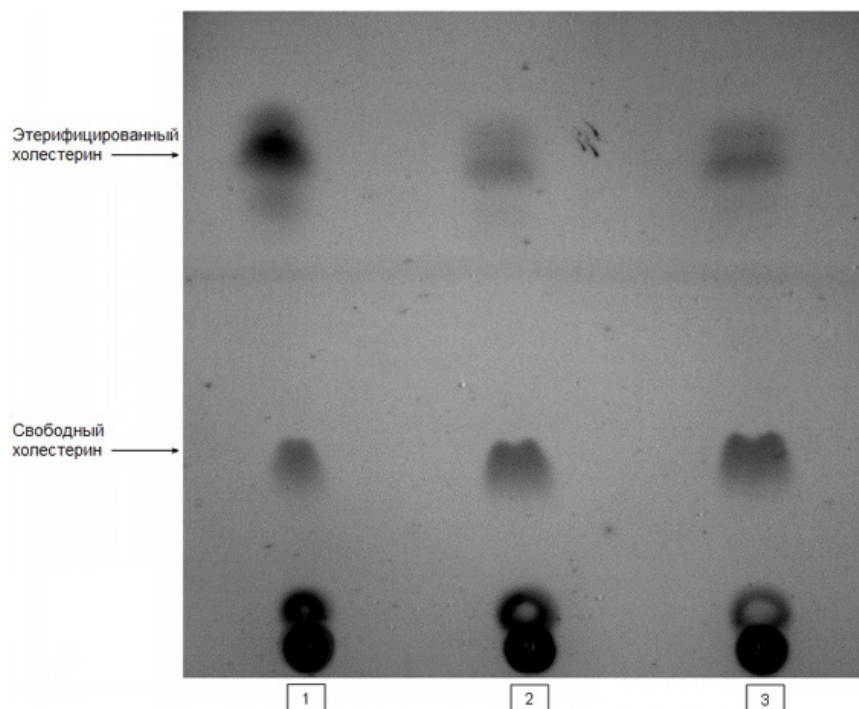


Рисунок 1. Черно-белое изображение хроматограммы с фракциями этерифицированного и свободного холестерина, полученной в результате анализа методом тонкослойной хроматографии сыворотки крови здорового человека (1) и пациентов с сепсисом и СПОН (2–3)

Figure 1. Black-and-white image of a chromatogram with fractions of esterified and free cholesterol obtained by thin-layer chromatography analysis of blood serum of a healthy individual (1) and patients with sepsis and MODS (2-3).

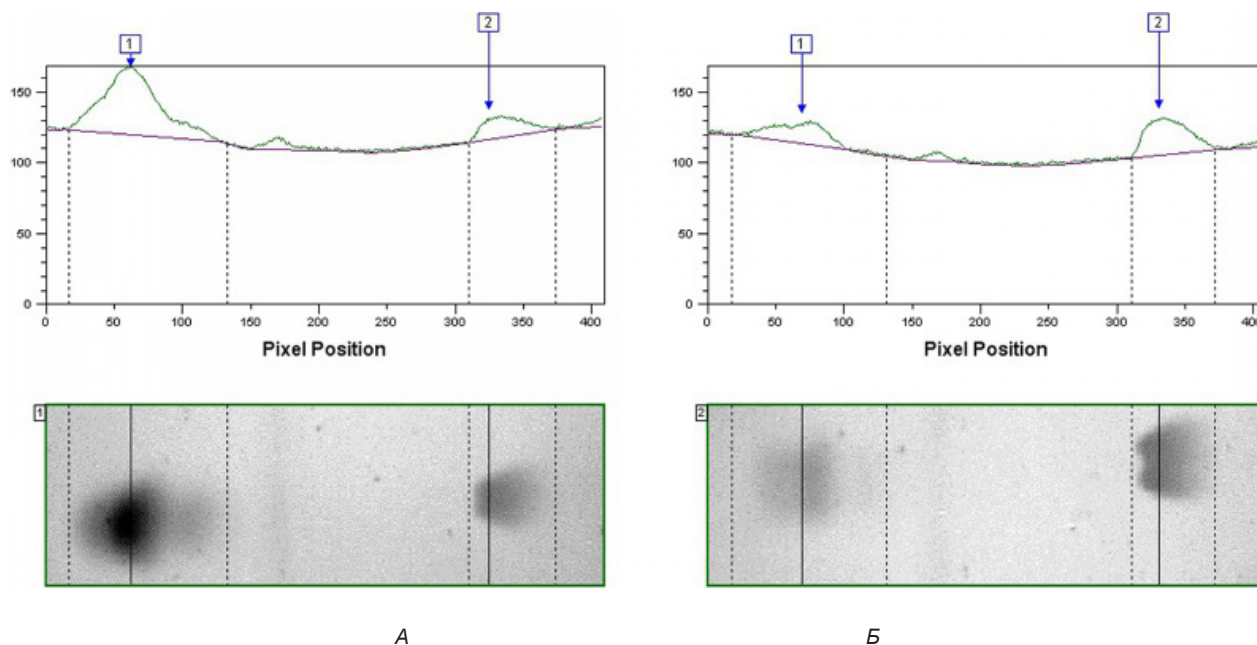


Рисунок 2. Профили хроматограмм, иллюстрирующие сниженный уровень этерифицированного холестерина по отношению к его свободной форме в крови при сепсисе и СПОН: А — хроматографический профиль, полученный при изучении сыворотки крови здорового человека; Б — пациента с сепсисом и СПОН. Первый пик на хроматограмме соответствует этерифицированному холестерину, второй — свободному холестерину

Figure 2. Chromatographic profiles demonstrating reduced level of esterified cholesterol relative to its free form in blood in sepsis and MODS: A — Chromatographic profile obtained in studying blood serum of a healthy individual; B — a patient with sepsis and MODS.

The first chromatographic peak corresponds to esterified cholesterol, and the second one to free cholesterol

Сопоставляя полученные результаты с общепринятыми данными о содержании общего холестерина в норме, а также с опубликованными сведениями о соотношении между этерифицированным и свободным холестерином у здоровых лиц [10, 14, 15], можно провести сравнение мо-

лярных концентраций анализируемых фракций холестерина при сепсис-индуцированном СПОН с аналогичными показателями у людей без патологии. Соответствующие сравнительные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели холестерина крови в норме и у пациентов с обусловленным сепсисом СПОН
Table 1. Blood cholesterol parameters in the normal condition and in patients with sepsis-induced MODS

Показатель	Норма	СПОН	p-value
Содержание общего холестерина, ммоль/л	3,6–5,2	3,03 [2,35; 3,28]*	0,0025
Доля этерифицированного холестерина в общем холестерине, %	60–80	40,68 [32,68; 43,21]***	0,0005
Доля свободного холестерина в общем холестерине, %	20–40	59,32 [56,79; 67,32]***	0,0005
Содержание этерифицированного холестерина, ммоль/л	2,16–4,16	1,25 [0,73; 1,42]***	0,0005
Содержание свободного холестерина, ммоль/л	0,72–2,08	1,76 [1,59; 1,86]	0,9985

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Примечание. Показатели пациентов с абдоминальным сепсисом и СПОН представлены в виде медианы и межквартильного размаха: Me [LQ; UQ].

Сопоставление установленных в ходе исследования молярных концентраций этерифицированного и свободного холестерина в плазме крови при сепсисе и СПОН с рассчитанными значениями данных показателей в норме показывает, что абсолютное содержание этерифицированного холестерина на фоне патологии составляет чуть более половины минимального нормального значения, в то время как соответствующий показатель свободного холестерина находится в физиологических границах.

Таким образом, результаты исследования говорят о том, что уменьшение уровня общего холестерина плазмы крови происходит за счет снижения его этерифицированной формы. В свою очередь это может указывать на то, что образование свободного холестерина в клетках печени при сепсисе и СПОН существенно не снижается. Тем не менее достаточно высокий уровень свободного холестерина при сепсисе и СПОН может быть результатом более значительного сокращения поступления холестерина крови в ткани организма, чем снижение холестерина синтеза в печени.

Следует отметить, что, по данным недавно опубликованной статьи Q. Wang с соавт. [16], аналогичное изменение наблюдается при моделировании септического процесса у крыс. Повышенный уровень свободного холестерина по отношению к этерифицированному у септических животных авторы объясняют преимущественно нарушением обратного транспорта холестерина в результате снижения активности ЛХАТ, которая

катализирует образование этерифицированного холестерина из свободного холестерина на поверхности ЛПВП [16]. Показано, что снижение активности ЛХАТ вызывает повышение уровня свободного холестерина и фосфатидилхолина в ЛПВП, приводит к расстройству вывода холестерина из тканей и его накоплению в них [17].

Таким образом, выявленные изменения расширяют представления о характере нарушения липидного обмена при сепсисе и СПОН, а также подтверждают данные о снижении при данной патологии активности ЛХАТ и, соответственно, сокращении интенсивности переноса холестерина из тканей организма на ЛПВП.

Уменьшение активности ЛХАТ, а также уровня холестерина ЛПВП может быть связано с сокращением образования ЛПВП, а также появлением дисфункциональных ЛПВП, которые теряют способность удерживать холестерин. Например, нарушение структуры и функции апопротеина А1, который является основным белком ЛПВП и активатором ЛХАТ, будет способствовать снижению активности этерификации свободного холестерина в кровотоке.

Имеются данные, свидетельствующие, что у пациентов с септическим шоком не только значительно снижается количество частиц ЛПВП в плазме крови, но и происходит сдвиг в сторону более крупных и, как считается, менее функциональных частиц ЛПВП [5, 18].

При этом инфузия ЛПВП или белков, функционально подобных апопротеину А1, в животных моделях сепсиса снижает летальность [5, 19].

Таким образом, в настоящее время требуют дополнительных исследований вопрос о том, какой из этих патофизиологических механизмов нарушения функции ЛПВП является ведущим.

Еще одной причиной нарушения этерификации холестерина может быть снижение активности АХАТ в печени. Установлено [8, 10], что внутри клеток этерифицированный холестерин синтезируется из свободного холестерина при участии данного фермента, при этом печень образует большую часть эндогенного холестерина. Затем образовавшийся в печени этерифицированный холестерин появляется в кровотоке в составе липопротеинов очень низкой плотности и ЛПНП.

Следует отметить, что расстройство функции гепатоцитов может быть причиной как нарушения активности печеночной АХАТ, так и обуславливать снижение активности ЛХАТ, которая [9, 20] в основном вырабатывается в печени. Отмечается [20, 21], что повреждение печени сопровождается снижением активности ЛХАТ и процесса этерификации холестерина. При этом [11, 20] на фоне заболеваний печени наблюдается снижение этерифицированного холестерина по отношению к его свободной форме. Кроме того [7], нарушения функции печени часто сопровождаются снижением как холестерина ЛПВП, так и доли этих липопротеинов в липопротеиновом спектре плазмы крови, особенно при тяжелых поражениях данного органа.

На ведущую роль печени в нарушении метаболизма холестерина при сепсисе и СПОН указывает установленный нами впервые [22], а затем и отмеченный другими авторами [23, 24] факт дефицита плазмалогенов в плазме крови при данной патологии. Плазмалогены, как и холестерин, в основном синтезируются в печени, а нарушение их внутрипеченочного синтеза или выделения печенью приводит к соответствующему снижению содержания данных фосфолипидов в плазме крови.

Полученные в работе результаты указывают на необходимость в дальнейших исследованиях с использованием более объемных, а также более однородных контрольных и опытных групп с целью установления соответствующих референсных значений и выявления корреляционных

связей между содержанием различных форм холестерина в условиях полиорганной недостаточности. Требуется выяснения вопрос о том, как установленное изменение распределения форм холестерина в крови при СПОН влияет на содержание холестерина в клеточных мембранах и мембранные процессы. Следует также отметить, что в случае разработки методики, позволяющей поточное (высокопроизводительное) выполнение анализов по определению содержания этерифицированного и свободного холестерина в крови, данные показатели (наряду с общим холестерином и холестерином ЛПВП), вероятно, могли бы использоваться для объективной оценки состояния пациентов с полиорганной недостаточностью или другими тяжелыми патологиями.

Заключение

С помощью тонкослойной хроматографии и автоматизированного биохимического анализа удалось установить, что в плазме крови пациентов с сепсисом и СПОН уровень этерифицированного холестерина по отношению к уровню свободного холестерина снизился почти вчетверо; при этом наблюдалось значительное снижение абсолютного содержания этерифицированного холестерина, тогда как молярная концентрация свободного холестерина соответствовала нормальным значениям. Таким образом, полученные результаты подтверждают данные о снижении при сепсисе и СПОН активности фермента ЛХАТ, который связан с поверхностью ЛПВП, отвечает за образование в кровотоке этерифицированного холестерина и активность переноса холестерина тканей на ЛПВП. Определенный вклад в снижение уровня этерифицированного холестерина также может вносить снижение активности АХАТ, осуществляющей внутриклеточное образование этерифицированного холестерина.

Учитывая, что печень является органом, который не только имеет ключевое значение в синтезе холестерина, но и играет основную роль в образовании ЛХАТ, а также в метаболизме холестерина с участием АХАТ, можно предположить, что снижение уровня этерифицированного холестерина при СПОН является следствием расстройства метаболической функции печени.

Список литературы / References

- Hofmaenner DA, Kleymann A, Press A, Bauer M, Singer M. The Many Roles of Cholesterol in Sepsis: A Review. *Am J Respir Crit Care Med.* 2022;205(4):388-396. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.202105-1197TR>
- Точило С.А. Предикторы развития синдрома полиорганной дисфункции у пациентов после абдоминальных хирургических вмешательств. *Новости хирургии.* 2017;25(5):494-502.
- Tachyla SA. Predictors for the development of multiple organ dysfunction syndrome in patients after abdominal surgery. *Novosti Khirurgii.* 2017;25(5):494-502. (In Russ.). DOI: <https://dx.doi.org/10.18484/2305-0047.2020.2.180>
- Green P, Theilla M, Singer P. Lipid metabolism in critical illness. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2016;19(2):111-115. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000253>
- Reisinger AC, Schuller M, Sourij H, Stadler JT, Hackl G, Eller P, Marsche G. Impact of Sepsis on High-Density Lipoprotein Metabolism. *Front Cell Dev Biol.* 2022;9:795460. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.795460>

5. Tanaka S, Couret D, Tran-Dinh A, Duranteau J, Montravers P, Schwendeman A, Meilhac O. High-density lipoproteins during sepsis: from bench to bedside. *Crit Care*. 2020;24(1):134. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-020-02860-3>
6. Гуцол Л.О., Коршунова Е.Ю., Непомнящих С.Ф. Роль микроРНК в регуляции метаболизма холестерина. *Современные проблемы науки и образования*. 2019;4:144.
- Gutsol LO, Korshunova EY, Nepomnyaschikh SF. The role of microRNA in cholesterol metabolism regulation. *Modern problems of science and education*. 2019;4:144. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.29020>
7. Камышников В.С., Алехнович Л.И., Кузьменко А.Т. Лабораторная диагностика ишемической болезни сердца. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2010.
- Kamyshnikov VS, Alekhovich LI, Kuz'menko AT. Laboratory diagnostics of coronary heart disease. Minsk: Education and upbringing, 2010. (In Russ.).
8. Перова Н.В., Озерова И.Н., Метельская В.А. Метаболическая система выведения холестерина из тканей. Возможность активации ее ключевых звеньев. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2006;2(2):49-56.
- Perova NV, Ozerova IN, Metelskaya VA. Metabolic system of cholesterol elimination from tissues. Possibility of activation its key parts. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2006;2(2):49-56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2006-2-2-49-56>
9. Rousset X, Shamburek R, Vaisman B, Amar M, Remaley AT. Lecithin cholesterol acyltransferase: an anti- or pro-atherogenic factor? *Curr Atheroscler Rep*. 2011;13(3):249-56. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11883-011-0171-6>
10. Vance DE, Vance JE, eds. Biochemistry of lipids, lipoproteins and membranes. 5th ed. Amsterdam: Elsevier; 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53219-0.X5001-6>
11. Kaiser T, Kinny-Köster B, Bartels M, Berg T, Scholz M, Engelmann C, et al. Cholesterol esterification in plasma as a biomarker for liver function and prediction of mortality. *BMC Gastroenterol*. 2017;17(1):57. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12876-017-0614-9>
12. Чиркин А.А., Доценко Э.А., Камышников В.С., Улащик В.С., Костин Г.М., Козловская С.П. и др. Физиологические значения лабораторных тестов у населения республики Беларусь: справочное пособие. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2010.
- Chirkin AA, Docenko JeA, Kamyshnikov VS, Ulashchik VS, Kostin GM, Kozlovskaja SP, et al. Physiological parameters of laboratory tests of the population of the Republic of Belarus: directory. Minsk: Education and upbringing, 2010. (In Russ.).
13. Мэдди Э., ред. Биохимическое исследование мембран. Москва: Мир; 1979.
- Maddy AN, ed. Biochemical Analysis of Membranes. London: Chapman and Hall; New York: John Wiley & Sons; 1976. (Russ. ed. Meddi E, ed. Biokhimicheskoe issledovanie membran. Moscow: Mir Publ., 1979).
14. Gonen A, Miller YI. From inert storage to biological activity-in search of identity for oxidized cholesteryl esters. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:602252. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.602252>
15. Röschlau P, Bernt E, Gruber W. Cholesterol and esterified cholesterol. In *Methods of Enzymatic Analysis*, 2nd English ed., edited by H. U. Bergmeyer, 4:1890-1893. New York: Academic Press, 1974. [date of access 2025 July 02]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/book/9780120913022/methods-of-enzymatic-analysis>
16. Wang Q, Guo L, Hao D, Ito M, Mineo C, Shaul PW, et al. Elevated free cholesterol levels due to impaired reverse cholesterol transport are a risk factor for polymicrobial sepsis in mice. *Journal of Biological Chemistry*. 2024;300(12):107974. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2024.107974>
17. Gao H, Wu J, Sun Z, Zhang F, Shi T, Lu K, et al. Influence of lecithin cholesterol acyltransferase alteration during different pathophysiological conditions: A 45 years bibliometrics analysis. *Front Pharmacol*. 2022;13:1062249. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1062249>
18. Tanaka S, Diallo D, Delbosc S, Genève C, Zappella N, Yong-Sang J, et al. High-density lipoprotein (HDL) particle size and concentration changes in septic shock patients. *Ann Intensive Care*. 2019;9(1):68. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0541-8>
19. Zhang Z, Datta G, Zhang Y, Miller AP, Mochon P, Chen YF, Chatham J, Anantharamaiah GM, White CR. Apolipoprotein A-I mimetic peptide treatment inhibits inflammatory responses and improves survival in septic rats. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2009;297(2):H866-H873. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.01232.2008>
20. Simon JB, Kepkay DL, Poon R. Serum cholesterol esterification in human liver disease: role of lecithin-cholesterol acyltransferase and cholesterol ester hydrolase. *Gastroenterology*. 1974;66(4):539-547.
21. Чиркин А.А., Коневалова Н.Ю., Гидранович Л.Г. Характеристика лецитинхолестерол-ацилтрансферазной реакции в сыворотке крови при регенерации печени. Научные доклады высшей школы. *Биологические науки*. 1990;(11):26-34.
- Chirkin AA, Konevalova Nlu, Gidranovich LG. The characteristics of the lecithin-cholesterol-acyltransferase reaction in the blood serum during liver regeneration. *Nauchnye Doki Vyssh Shkoly Biol Nauki*. 1990;(11):26-34. (In Russ.).
22. Осипенко А.Н., Марочков А.В., Акулич Н.В. Дисфункция пероксисом как одна из возможных причин развития синдрома полиорганной недостаточности. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012;(4(2)):96-100.
- Osipenko AN, Marochkov AV, Akulich NV. Dysfunction of peroxisomes as one of possible causes of development of multiple organ dysfunction syndrome. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012;(4(2)):96-100. (In Russ.).
23. Brosche T, Bertsch T, Sieber CC, Hoffmann U. Reduced plasmalogen concentration as a surrogate marker of oxidative stress in elderly septic patients. *Arch Gerontol Geriatr*. 2013;57(1):66-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.archger.2013.02.007>
24. Pike DP, McGuffee RM, Geerling E, Albert CJ, Hoft DF, Shashaty MGS, et al. Plasmalogen loss in sepsis and SARS-CoV-2 Infection. *Front Cell Dev Biol*. 2022;10:912880. DOI: <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.912880>

Информация об авторе / Information about the author

Осипенко Александр Николаевич, старший преподаватель кафедры естественных наук, УО «Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова», Могилев, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8836-8990>
e-mail: alospipenko@yandex.ru

Alexander N. Osipenko, Senior Lecturer at the Department of Natural Sciences, Mogilev State A. Kuleshov University, Mogilev, Belarus
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8836-8990>
e-mail: alospipenko@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Осипенко Александр Николаевич
e-mail: alospipenko@yandex.ru

Alexander N. Osipenko
e-mail: alospipenko@yandex.ru

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 19.02.2026

УДК 537.312.54:[616.24+616.15]-018.1-092.9

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-11>



Радиационно-индуцированные изменения ткани легкого и размеров наночастиц крови крыс в ранний отдаленный период после облучения

Э. А. Надыров¹, И. Л. Кравцова¹, А. С. Пилотович², И. А. Челнокова²,
М. Н. Стародубцева^{1,2}

¹Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

²Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Оценить влияние локального рентгеновского облучения грудной клетки на гистологическую картину легочной ткани и размерный профиль наночастиц крови у молодых крыс в ранний отдаленный период после облучения.

Материалы и методы. Однократное локальное облучение 6-месячных крыс линии Wistar проводили с использованием рентгеновского аппарата биологического назначения X-RAD 320 Precision X-ray Inc в дозах 0,1, 1 и 15 Гр. После 3-недельного постлучевого периода были измерены размеры наноразмерных частиц крови методом динамического рассеяния света; проведено гистологическое исследование легких крыс, необлученных и облученных в различных дозах.

Результаты. С ростом дозы облучения от 0,1 до 15,0 Гр нарастает интерстициальный отек с инфильтрацией лимфоцитами и нейтрофилами и с одновременным формированием интерстициальной пневмонии и бронхопневмонии (15 Гр), увеличивается соотношение строма/паренхима ($r_s = 0,365$; $p = 0,001$), в крови размеры наночастиц существенно увеличивались после облучения молодых крыс с дозой 15 Гр. Проведенный сравнительный анализ влияния ионизирующего излучения на крыс молодого и зрелого возраста выявил, что если молодой организм склонен к более острой, деструктивной воспалительной реакции, то организм в зрелом возрасте быстрее запускает механизмы хронического воспаления и фиброобразования, что в долгосрочной перспективе увеличивает вероятность тяжелой дыхательной недостаточности.

Заключение. Установлено, что возраст является критическим фактором, определяющим степень тяжести радиационного поражения легких. Полученные экспериментальные данные могут послужить теоретической базой для оценки радиационных повреждений с учетом возраста организма, способствующие минимизации рисков при лучевой терапии и различных радиоэкологических бедствиях.

Ключевые слова: рентгеновское излучение, молодые крысы, легкое, фиброз, старение, наночастицы крови

Вклад авторов: Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической и экспериментальной работ и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Благодарность. Авторы выражают благодарность сотруднику государственного научного учреждения «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси» Е. А. Медведевой и лаборанту научно-исследовательской лаборатории УО «Гомельский государственный медицинский университет» О. В. Гигс за техническую помощь в лабораторных исследованиях и работе с животными.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограмма «Радиация и биологические системы», задание 3.01.2 «Разработать критерии оценки радиационно-индуцированных изменений ткани внутренней среды, основанной на анализе структуры и механических свойств клеточного компонента на моделях *in vitro* и *in vivo*».

Для цитирования: Надыров ЭА, Кравцова ИЛ, Пилотович АС, Челнокова ИА, Стародубцева МН. Радиационно-индуцированные изменения ткани легкого и размеров наночастиц крови крыс в ранний отдаленный период после облучения. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):93–103. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-11>

Radiation-induced changes in lung tissue and the size of rat blood nanoparticles in the early long-term period after irradiation

Eldar A. Nadyrov¹, Irina L. Kravtsova¹, Nastassia S. Pilotovich²,
Irina A. Chelnokova², Maria N. Starodubtseva^{1,2}

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To evaluate the effect of local chest X-ray irradiation on the histological picture of lung tissue and the size profile of blood nanoparticles in young rats in the early long-term period after irradiation.

Materials and methods. A single local irradiation of 6-month-old Wistar rats was performed using a biological X-ray machine X-RAD 320 Precision X-ray Inc at doses of 0.1, 1 and 15 Gy. After a 3-week post-radiation period, the sizes of nanoscale blood particles were measured by dynamic light scattering method; a histological examination of the rats' lungs, non-irradiated and irradiated, was performed.

Results. With increase of the absorbed dose from 0.1 to 15.0 Gy, interstitial edema increases with infiltration by lymphocytes and neutrophils, and with the simultaneous formation of interstitial pneumonia and bronchopneumonia (15 Gy), the stroma/parenchyma ratio increases ($r_s = 0.365$; $p = 0.001$), the size of nanoparticles in the blood increased significantly after irradiation of young rats with a dose of 15 Gy. A conducted comparative analysis of the effects of ionizing radiation on young and mature rats revealed that if a young organism is prone to a more acute, destructive inflammatory reaction, then the body in adulthood triggers the mechanisms of chronic inflammation and fibrosis faster, which in the long term increases the likelihood of severe respiratory failure.

Conclusion. It was found that age is a critical factor determining the severity of radiation damage to the lungs. The experimental data obtained can serve as a theoretical basis for assessing radiation damage, taking into account the age of the body, helping to minimize the risks of radiation therapy and various radioecological disasters.

Keywords: X-ray radiation, young rats, lung, fibrosis, aging, blood nanoparticles

Author contributions. All authors made significant contributions to the search, analytical and experimental work and preparation of the article, read and approved the final version for publication.

Acknowledgement. The authors express their gratitude to Medvedeva E. A., researcher of the Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, and Gigs O.B., laboratory assistant at the Research Laboratory of Gomel State Medical University, for technical assistance in laboratory research and work with animals.

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

Funding. The work was carried out within the State Programme of Scientific Research "Natural Resources and Environment", Subprogram "Radiation and Biological Systems", Task 3.01.2 "To develop criteria for assessing the radiation-induced changes in tissues of the internal environment based on an analysis of the structural and mechanical properties of the cellular component using *in vitro* and *in vivo* models".

For citation: Nadyrov EA, Kravtsova IL, Pilotovich NS, Chelnokova IA, Starodubtseva MN. Radiation-induced changes in lung tissue and the size of rat blood nanoparticles in the early long-term period after irradiation. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):93–103. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-11>

Введение

Радиационно-индуцированные повреждения ткани легкого были выявлены с первых попыток использования ионизирующего излучения в медицине [1]. Ионизирующее излучение вызывает нарушение структуры нуклеиновых кислот, белков и липидов, что приводит к нарушению клеточного цикла, изменению в свойствах и функциях как клеток нормальных тканей, так и раковых клеток. Принято выделять несколько стадий развития радиационно-индуцированных повреждений легких. Например, у человека выделяют следующие стадии: острую, латентную, эксудативную, промежуточную и фиброз. Первая

стадия, длящаяся в течение нескольких дней, проходит без видимых симптомов для пациента, но в течение этой стадии происходят важные воспалительные изменения в организме, включающие аккумуляцию иммунных клеток, апоптоз пневмоцитов 1-го типа, легочный отек и сосудистые изменения. В течение двух недель увеличивается синтез цитокинов, таких как TNF- α , IL-6, IL-1, bFGF, PDGF β . В течение 6–8 недель имеет место окислительная модификация молекулы ДНК, гипоксия, уменьшение реперфузии и повышение экспрессии TGF β -1. Происходят дистрофические изменения эпителиальных и эндотелиальных клеток, дисфункция ресничек и изме-

нение секреции бокаловидных клеток. Начиная с 3–12 недель проявляются симптомы пневмонита из-за дегенеративных изменений альвеолоцитов 2-го типа, коллапса альвеол, повреждения эндотелиальных клеток мелких кровеносных сосудов, микроваскулярного тромбоза, сужения капилляров, что приводит к развитию фиброза. Механизмы запуска развития фиброза до сих пор не полностью ясны и широко изучаются. Стадия развития фиброза начинается спустя 6–8 месяцев после облучения и может длиться у человека многие годы [1].

Исследования показывают, что примерно у 50 % пациентов с раком легких развивается пневмонит после лучевой терапии, и только у 16–28 % — фиброз [2, 3]. Многие факторы влияют на степень развития радиационных повреждений легких. Корреляция между вероятностью развития пневмонита и дозой облучения не является линейной. Вероятность резко возрастает после преодоления пороговой дозы. Так, повреждение ткани легких для человека наблюдается реже при дозе меньше 20 Гр и более вероятно — при дозах 30–40 Гр [1, 4, 5]. Считают, что пожилые пациенты с коморбидным фоном имеют более высокий риск повреждения легких после облучения в сравнении с молодыми пациентами [6, 7]. В биологической модели с использованием молодых крыс (моложе 6 месяцев) облучение легких гамма-излучением в дозе 15 Гр приводило к распаду ткани легкого (наблюдался пик клеток лаважа легкого) на 4-й неделе и развитию фиброза после 5-й недели после облучения [8, 9].

Одним из основных механизмов нецелевого (нетаргетного) действия радиации при локальном облучении является механизм с участием внеклеточных везикул. Ионизирующее излучение вызывает повышение секреции разными клетками экзосом, внеклеточных везикул размером от 30 до 120–150 нм, благодаря активации стресс-индуцированных сигнальных путей секреции экзосом в зависимости от типа излучения, дозы, времени, клеточного типа [10]. Экзосомы крови могут играть важную роль в развитии радиационно-индуцированных повреждений легких.

Несмотря на наличие достаточного числа научных исследований радиационно-индуцированных поражений легких, имеются ключевые пробелы в знаниях: низкая частота фиброза (только 16–28 % случаев после лучевой терапии), нелинейная зависимость от дозы (пороговые эффекты выше 20–30 Гр) и влияние факторов риска, таких как возраст и коморбидность [6, 7]. На моделях с крысами (Ward, 1993) показаны пневмонит и фиброз, но отсутствуют детальные данные о раннем отдаленном периоде (3–12 недель) и взаимосвязи с наночастицами крови (экзосомами), которые играют ключевую роль в нетаргет-

ных эффектах радиации [10]. Дополнительные экспериментальные исследования заполняют эти пробелы, прояснив механизмы развития фиброза, в том числе, с участием экзосом.

Цель исследования

Оценить влияние локального рентгеновского облучения грудной клетки (в дозах 0,1; 1 и 15 Гр) на структурную организацию легочной ткани и размерный профиль наночастиц крови у молодых крыс в ранний отдаленный период после облучения.

Материалы и методы

Животные. До начала эксперимента было получено одобрение комитета по этике учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» на проведение исследования (протокол № 2 от 24.03.2021). Все экспериментальные работы с лабораторными животными выполнялись в соответствии с общепринятыми нормами обращения с животными и правилами Директивы 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях, от 22 сентября 2010 г. Животные содержались в стационарных условиях вивария Института радиобиологии Национальной академии наук Беларуси на полноценном стандартном пищевом рационе и свободным доступом к воде, 12/12-часовом режиме освещения и темноты, согласно установленным нормам (рисунок 1А). Опыты проведены с участием крыс-самцов линии Wistar ($n = 14$), возраст животных — 6 месяцев на момент начала опыта.

Облучение животных. Однократное локальное облучение животных проводили с использованием рентгеновского аппарата биологического назначения X-RAD 320 Precision X-ray Inc (США) в дозах 0,1 Гр (3 особи), 1 Гр (3 особи), 15 Гр (4 особи) (напряжение на трубке — 50 кВ, сила тока — 12,5 мА, средняя мощность дозы — 2,57 сГр/мин, фильтр № 1 (2 мм Al), расстояние до объекта — 50 см). Животные предварительно седатировались и фиксировались на столике для облучения (рисунок 1Б). Облучению подвергали область грудной клетки животных. Контрольная группа была сформирована из 4 крыс, которые находились в тех же условиях, что и экспериментальная группа, но без воздействия рентгеновского излучения. Выведение животных из эксперимента осуществлялось через 21 день после воздействия рентгеновским излучением. На момент выведения из эксперимента не выявлено существенных различий веса животных среди групп, облученных в разных дозах: 394,1±78,4 г (контроль), 370,3±11,6 г (0,1 Гр), 384,5±60,2 г (1 Гр) и 310,8±31,4 г (15 Гр).



А



Б

Рисунок 1. Фотографии, иллюстрирующие условия содержания (А) и облучения (Б) животных
Figure 1. Photographs illustrating the conditions of keeping (A) and irradiation (B) of animals

Получение образцов ткани легкого и гистологические исследования. На фоне глубокого эфирного наркоза проводили реперфузию легкого физиологическим раствором. После удаления из организма легкие промывали дважды сбалансированным солевым раствором Хэнкса, помещали в 10%-ный забуференный формалин и оставляли при комнатных условиях. Далее образцы фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина и проводили по батарее спиртов с возрастающей концентрацией. Затем материал заливали в парафин и изготавливали серийные срезы толщиной 4–6 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином. Цифровой видеокamerой на базе микроскопа HumaScope Premium при увеличении окуляра $\times 10$ и объектива на $\times 10$, 40 проводили микрофотосъемку случайных полей зрения гистологических препаратов в промежуточных отделах верхних долей легких. Для оценки площади (%) воздухоносных путей (паренхима) и стромы использовали морфометрическую программу ImageG, в дальнейшем рассчитывали соотношение стромы/паренхима. Общее количество измерений показателей площадей составило для группы 0,1 Гр — 21, для 1,0 Гр — 21, для 15,0 Гр — 29 полей зрения микроскопа.

Измерение размера наноразмерных частиц крови. Размеры частиц плазмы крови оценивали с использованием BeNano 180 Zeta Pro (Bettersize Instruments Ltd., КНР) на основе измерения параметров динамического рассеяния света. Кровь отбирали из желудочка сердца шприцем, предва-

рительно обработанным антикоагулянтом, и вносили в пробирку с 3,2 % двузамещенного цитрата натрия, приготовленного на фосфатно-солевом буфере в соотношении 9:1. Плазму крови получали центрифугированием (22 °С, 3000 об./мин, 10 мин). Плазму хранили при 18 °С и размораживали непосредственно перед измерением. Определение размера наночастиц плазмы крови крыс проводили при 25 °С и угле 173°, используя в качестве диспергатора фосфатно-солевой буфер (рН 7,4). Для каждого образца крови проведено не менее 6 измерений. В анализ размеров наночастиц плазмы крови были включены данные распределения частиц по размерам с пиковыми значениями более 30 нм и менее 150 нм, что позволило удалить из анализа данные по агрегатам белков, липопротеинов низкой и высокой плотности, микросом и апоптотических тел. Среднее значение размеров наночастиц плазмы крови (экзосом) для каждой экспериментальной группы (необлученные и облученные в разных дозах) рассчитывались по формуле:

$$d_{cp} = \frac{d_1 A_1 + d_2 A_2 + \dots + d_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n},$$

где d_{cp} — среднее значение размера частиц для экспериментальной группы животных;

d_i — пиковое значение размера частиц по кривым распределения частиц по размерам;

A_i — площадь, занимаемая пиком в общем распределении частиц по размерам.

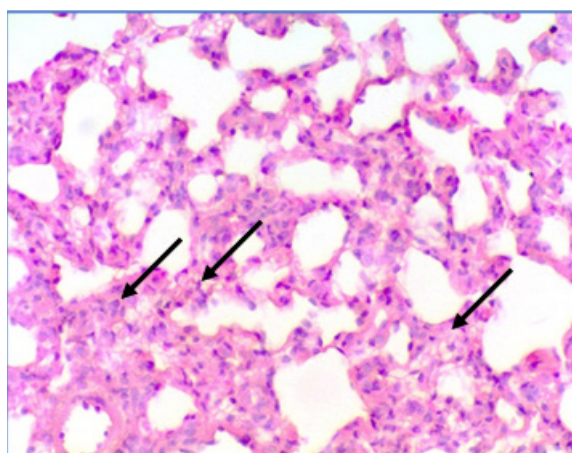
Данные для расчетов были сняты с BeNano 180 Zeta Pro как распределение частиц по гидродинамическому диаметру. Частиц на одно измерение — десятки тысяч, измерения на образец — не менее 8. При этом оценивается один из нескольких пиков на кривой распределения параметра в узком интервале значений как положение пика — среднее значение и ширина пика — стандартное отклонение. По полученным данным была возможна реализации только одного метода сравнения: t-критерия Стьюдента.

Статистический анализ данных. Статистический анализ опытных данных проводили с помощью пакета статистических программ SPSS 22.0, on-line статического калькулятора Statistical Kingdom и программы Origin Pro. Нормальность распределения числовых признаков проводили с использованием критерия Шапиро – Уилка. Результаты анализа представлены в виде среднего выборочного (M) и стандартной ошибки (SE) или

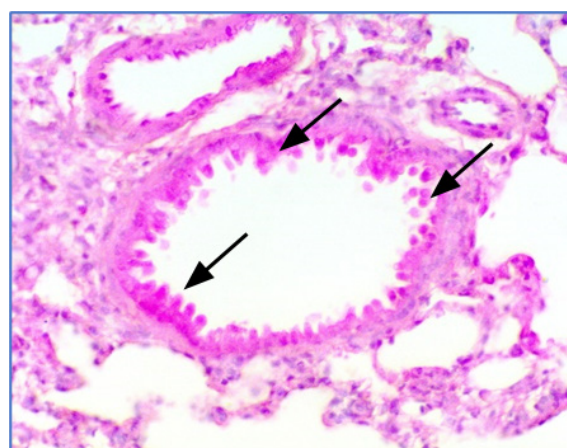
стандартного отклонения (SD) или медианы и границ интерквартильного интервала (Me [LQ; UQ]). Сравнение параметров разных выборок проводили с использованием критерия Краскела – Уоллиса с последующим множественным сравнением, t-критерия Стьюдента, корреляционный анализ — по Спирмену.

Результаты и обсуждение

Радиационно-индуцированные гистологические изменения легкого молодых крыс после 3-недельного постлучевого периода. На 21-е сутки эксперимента при облучении лабораторных животных дозой 0,1 Гр в легких определялось: равномерное снижение воздушности, утолщение межальвеолярных перегородок в связи с интерстициальным отеком и слабовыраженной очаговой инфильтрацией лимфоцитами и нейтрофилами (рисунок 2А).



А



Б

Рисунок 2. Легкое крысы, доза 0,1 Гр:

А — снижение воздушности, утолщение межальвеолярных перегородок; Б — дегенерация и десквамация респираторного эпителия. Окраска: гематоксилином и эозином. Увеличение: ×400

Figure 2. Rat lung, dose 0.1 Gy:

A — decreased airiness, thickening of interalveolar septa; B — degeneration and desquamation of respiratory epithelium. Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: ×400

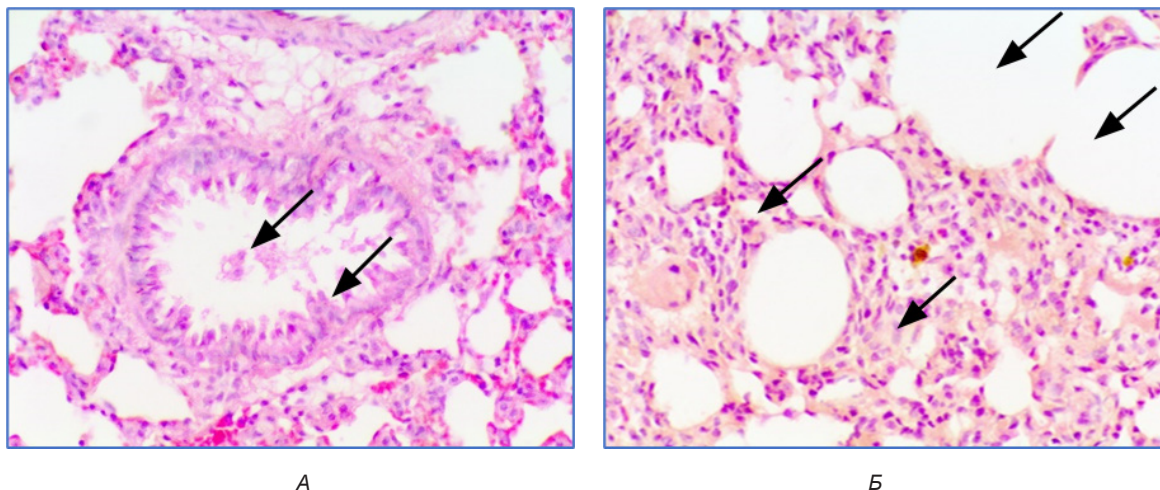
У отдельных животных отмечалось разрушение межальвеолярных перегородок. В средних и малых бронхах — дистрофические изменения респираторного эпителия, проявляющиеся в набухании клеток, вакуолизации их цитоплазмы, образовании цитоплазматических пузырьков, потере ресничек, гиперэозинофилии цитоплазмы. В бронхиолах наблюдалась десквамация эпителия от базальной мембраны (рисунок 2Б). У двух особей бронхи имели морфологические признаки панбронхита. Периваскулярно отмечался незначительный отек, увеличение количества фибробластов и межклеточного вещества, инфильтрация нейтрофилами и лимфоцитами.

В стенке сосудов, особенно артериальных, наблюдалось утолщение мышечной оболочки. У одного животного субплеврально сформировался очаг воспаления. В целом, морфологическая картина соответствовала реактивным изменениям в ответ на облучение, что проявлялось в виде утолщения межальвеолярных перегородок в связи с интерстициальным отеком и инфильтрацией лейкоцитами с очагами десквамации эпителия бронхов и бронхиол.

На 21-е сутки эксперимента после облучения лабораторных животных дозой 1,0 Гр изменения в тканях легких становятся более выраженными и затрагивают все структуры бронхиального де-

рева и респираторных отделов. Усиливается десквамация поврежденных эпителиальных клеток, выстилающих бронхи и бронхиолы (рисунок 3А). Соединительная ткань стенок бронхов отечна,

волокнистые структуры разрыхлены. Происходит новообразование коллагеновых волокон за счет располагающихся здесь фибробластов.



А

Б

Рисунок 3. Легкое крысы, доза 1,0 Гр:

А — десквамация респираторного эпителия в малых бронхах; Б — утолщенные перегородки в интерстиции и эмфизема, резко расширенные альвеолы. Окраска: гематоксилином и эозином. Увеличение: $\times 400$

Figure 3. Rat lung, dose 1.0 Gy:

A — desquamation of respiratory epithelium in small bronchi; B — thickened septa in the interstitium and emphysema, sharply dilated alveoli. Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: $\times 400$

Увеличиваются количество и размеры перибронхиальных, периваскулярных и интерстициальных полиморфноклеточных инфильтратов в сравнении с предыдущей дозой облучения. Наблюдается снижение воздушности, продолжается увеличение толщины межальвеолярных перегородок. Утолщенные перегородки интерстициальной ткани чередуются с эмфизематозно измененными участками легких, представленными резко расширенными альвеолами (рисунок 3Б). Определяется десквамация альвеолоцитов 1-го типа и пролиферация альвеолоцитов 2-го типа. В отдельных участках легких в альвеолах накапливался богатый фибрином экссудат, увеличивается количество макрофагов, в том числе с пенистой цитоплазмой. Отмечается переполнение кровью капилляров, резкая дилатация лимфатических сосудов с явлениями лимфостаза, наличием отека жидкости в просветах отдельных альвеол и периваскулярных пространствах. В отдельных кровеносных сосудах наблюдается плазматическое пропитывание стенки, которое сопровождается набуханием, вакуолизацией и частичным слущиванием поврежденного эндотелия. Более выражены и распространены периваскулярные инфильтраты, содержащие лимфоциты и макрофаги, в сравнении с дозой 1,0 Гр. В целом, морфологическая картина соответствовала очаговой интерстициальной пневмонии.

На 21-е сутки эксперимента в легких лабо-

раторных крыс после облучения поглощенной дозой в 15,0 Гр наблюдались выраженные патологические изменения. В центральных и периферических отделах легких определялась очаговая интерстициальная пневмония и очаги сливной дольковой бронхопневмонии (50 % лабораторных животных) и панацинарная эмфизема (рисунок 4А).

В отдельных мелких бронхах имелись морфологические признаки хронического бронхита: десквамированный эпителий, скопления нейтрофилов, лимфоцитов и макрофагов в соединительной ткани. Кроме того, в просвете мелких бронхов формировались слизистые пробки, включающие десквамированный эпителий, слизь и нити фибрина. В бронхах и бронхиолах отмечалась дегенерация респираторного эпителия. Крупные и мелкие сосуды имели утолщенные стенки, участки липоматоза в адвентициальной оболочке (рисунок 4Б).

В сосудах микроциркуляторного русла наблюдалось полнокровие, в очагах интерстициальной пневмонии определялся гемосидероз (рисунок 5А, Б). В целом морфологическая картина легких соответствовала интерстициальной пневмонии с формированием межальвеолярного, периваскулярного и перибронхиального фиброза.

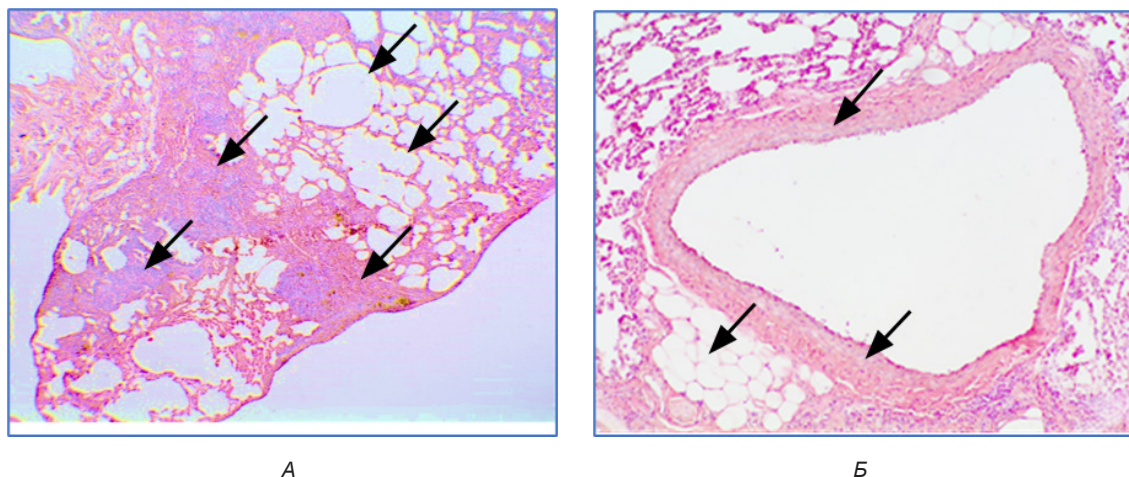


Рисунок 4. Легкое крысы, доза 15,0 Гр:
А — очаговая интерстициальная и сливная дольковая пневмония, панацинарная эмфизема; Б — утолщенная стенка артерии и липоматоз в адвентициальной оболочке. Окраска: гематоксилином и эозином. Увеличение: $\times 100$
Figure 4. Rat lung, dose 15.0 Gy:
A — focal interstitial and confluent lobular pneumonia, panacinar emphysema; B — thickened arterial wall and lipomatosis in the adventitia. Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: $\times 100$

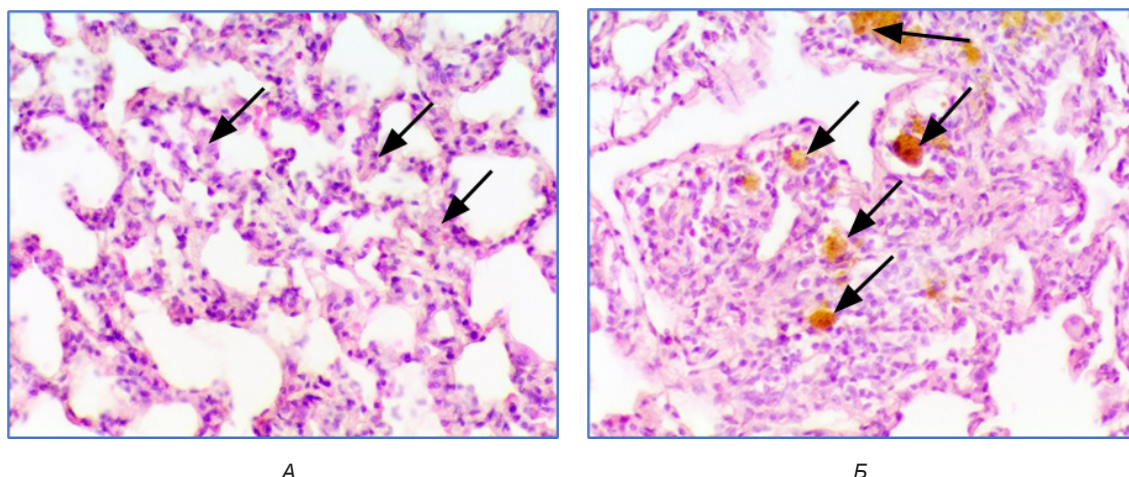


Рисунок 5. Легкое крысы, доза 15,0 Гр:
А — сосуды микроциркуляторного русла, полнокровие, периваскулярный отек; Б — гемосидероз.
Окраска: гематоксилином и эозином. Увеличение: $\times 400$
Figure 5. Rat lung, dose 15.0 Gy:
A — microcirculatory vessels, congestion, perivascular edema; B — hemosiderosis. Staining: hematoxylin and eosin. Magnification: $\times 400$

Количественная оценка площадей паренхимы (воздухоносных путей) и стромы легкого и их соотношений представлена в таблице 1.

Таблица 1. Площади воздухоносных путей (паренхима) и стромы легкого и их соотношение
Table 1. Areas of airways (parenchyma) and lung stroma, and their ratio

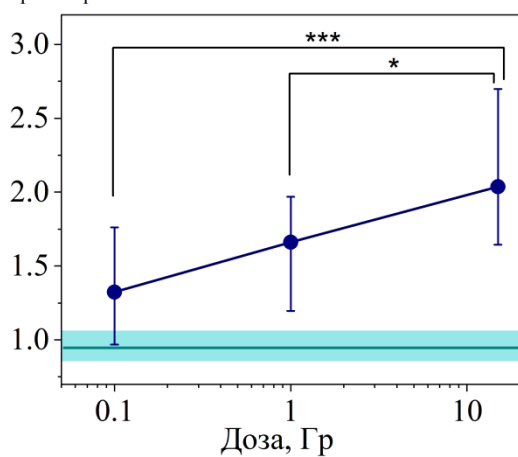
Группа	Паренхима (%)	Строма (%)
1 (0,1 Гр)	43,73 \pm 10,27	56,26 \pm 10,27
2 (1,0 Гр)	39,75 \pm 10,51	60,24 \pm 10,51
3 (15,0 Гр)	32,93 [27,04; 38,39]	67,07 [62,18; 72,95]
р-величина	$p_{1,2} = 0,299$ $p_{1,3} = 0,002$ $p_{2,3} = 0,026$	$p_{1,2} = 0,299$ $p_{1,3} = 0,002$ $p_{2,3} = 0,026$

Примечание. Данные представлены как $M \pm SE$ и $Me [LQ; UQ]$.
Note: Data are presented as $M \pm Se$ and $Me [LQ; UQ]$.

Как видно из данных таблицы 1, площадь паренхимы постепенно снижалась с ростом дозы облучения, стромы — возрастала, соответственно соотношение строма/паренхима уменьшалась с ростом дозы облучения. При этом различия были статистически значимы при сравнении 1-й и 3-й группы ($p = 0,002$) и 2-й и 3-й группы. Анализ

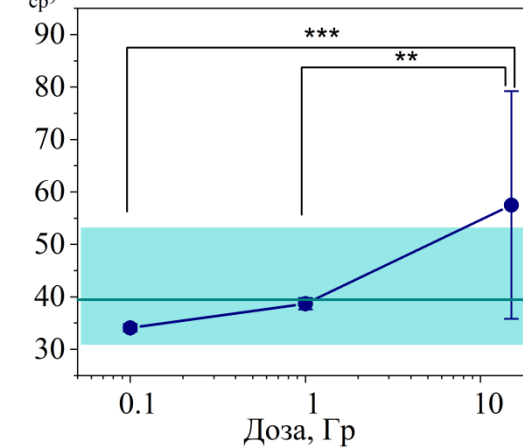
показал положительную корреляционную связь между соотношением объемов стромы и паренхимы в легком и поглощенной дозой: с ростом дозы облучения увеличивалось соотношение строма/паренхима ($r_s = 0,365$; $p = 0,001$) (таблица 1, рисунок 6А).

$A_{стр}/A_{пар}$, отн. ед.



А

$d_{ср}$, нм



Б

Рисунок 6. Радиационно-индуцированные изменения соотношения стромы и паренхимы ($A_{стр}/A_{пар}$) в ткани легкого и размеров наночастиц крови (d).

Данные представлены как Me [LQ; UQ], критерий Краскела – Уоллисса с множественным сравнением(А): * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$; $M \pm SD$, t-критерий Стьюдента(Б): ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Figure 6. Radiation-induced changes in the stroma-to-parenchyma ratio ($A_{стр}/A_{пар}$) in lung tissue and blood nanoparticle sizes (d). Data are presented as Me [LQ; UQ], Kruskal-Wallis multiple comparison test(А): * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$; $M \pm SD$, Student's t-test(Б): ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Полученные результаты свидетельствуют, что с ростом дозы облучения от 0,1 до 15,0 Гр нарастает интерстициальный отек с инфильтрацией лимфоцитами и нейтрофилами и с одновременным формированием интерстициальной пневмонии и бронхопневмонии (15 Гр). Как следствие, у лабораторных животных развивается хроническая дыхательная недостаточность.

Изменения размеров наночастиц крови у молодых крыс после облучения и 3-недельного постлучевого периода. Размеры наночастиц плазмы крови крыс, оцененные методом динамического светорассеяния, для контрольных животных составили $39,7 \pm 9,6$ нм, что соответствует размерам экзосом, оцененных для крови 14-месячных крыс в более ранней работе [11]. В крови облученных животных размеры этих наночастиц существенно увеличивались после облучения молодых крыс с дозой 15 Гр и 3-недельного постлучевого периода ($57,5 \pm 21,7$ нм, $p < 0,01$ в сравнении с контролем, t-критерий) (рисунок 6Б).

Заключение

В настоящем исследовании представлены результаты гистологического анализа ткани лег-

кого и размеров наночастиц плазмы крови молодых крыс. По своему возрасту 6-месячная крыса соответствует примерно 18-летнему человеку [12]. В ранней работе мы исследовали действие рентгеновского излучения на область грудной клетки более зрелых крыс, возраст которых составил 14 месяцев на момент включения их в эксперимент [11]. Возраст 14 месяцев у крыс — это стадия зрелости организма, что в сравнении с человеческой жизнью соответствует 35–37 годам. Представляется интересным сравнительный анализ действия ионизирующего излучения при одних условиях на крыс разного возраста.

При дозе облучения в 0,1 Гр разница между возрастными группами достаточно хорошо выражена. Легкие молодых (6 месяцев) животных имеют реакцию, близкую к пороговой. В то же время легкие зрелых (14 месяцев) животных отвечают более выраженной патологической реакцией (деструкция межальвеолярных перегородок, дистрофия и десквамация бронхиального эпителия). Низкая доза 0,1 Гр является субклинической для молодого организма, но превышает порог чувствительности для зрелого организма, у которого уже есть возрастные изменения и снижены ком-

пенсаторные возможности. У более возрастных животных наблюдается не просто усиление тех же процессов, что и у молодых, а появление новых, более тяжелых компонентов повреждения.

При дозе облучения в 1,0 Гр легкие 14-месячных животных демонстрируют значительно более тяжелую и комплексную патологическую реакцию по сравнению с 6-месячными. У молодых (6 месяцев) животных изменения носят в основном воспалительно-деструктивный характер (бронхит, мелкоочаговая эмфизема, очаговая пневмония). У старших (14 месяцев) животных к этим процессам добавляются пролиферативно-склеротические изменения (активное новообразование коллагена, утолщение перегородок), что указывает на начало пострадиационного фиброза. У молодых животных патологические процессы носят очаговый характер, в то время как у старших он становится диффузным, затрагивая все отделы легкого.

При дозе облучения в 15,0 Гр обе возрастные группы имеют обширные патологические изменения. Однако их характер отличается. У молодых (6 месяцев) животных патология имеет более острый, деструктивный и экссудативный характер (абсцедирование, гиалиновые мембраны, разрывы альвеолярных стенок, кровоизлияния). Это свидетельствует о выраженной реакции на высокую дозу облучения. У 14-месячных животных реактивные изменения носят хронический и пролиферативно-склеротический характер (утолщение сосудистых стенок, хронический бронхит, признаки гемосидероза). Организм реагирует в рамках возрастных ограничений, с акцентом на фиброз и ремоделирование тканей. Такое явление, как липоматоз, проявляется по-разному: у молодых животных он возникает в самой легочной ткани как следствие резкого нарушения метаболизма, а у зрелых — в сосудистых оболочках, что более типично для возрастных изменений и хронических процессов.

У зрелых крыс прослеживалось увеличение степени фиброза с увеличением дозы облучения с 0,1 до 15 Гр [11]. У молодых крыс не обнаружено качественных изменений состава легочной ткани, соответствующих проявлению фиброза выше второй степени, оцененной с использованием полуколичественной шкалы фиброза по гистологическим образцам ткани легкого. При этом в модели молодых крыс увеличение размеров наночастиц крови наблюдается в ответ на облучение в большой дозе (15 Гр). Для более старших крыс похожее по величине увеличение размеров наночастиц имело место уже при более низкой дозе — 0,1 Гр [11].

Фиброз, как известно, является результатом комплекса клеточных и молекулярных процессов,

требующих скоординированной коммуникации между несколькими типами клеток, с включением большого разнообразия межклеточных сигнальных путей. Участниками этой сложной коммуникации между клетками являются внеклеточные везикулы, такие как экзосомы [13]. Внеклеточные везикулы, высвобождаемые клетками при стрессе, вызванном ионизирующим излучением, несут в себе содержимое, которое вызывает патологические изменения в клетках-мишенях. Внеклеточные везикулы крови после локального облучения организма могут способствовать фиброзу даже в отдаленных от места первичного облучения областях организма. Различные сигнальные пути вовлекаются в развитие и прогрессирование фиброза, например TGF- β , WNT/ β -катенин, PI3K/AKT и YAP/TAZ. Эти сигнальные пути стимулируют активацию фибробластов, трансформацию их миофибробласты, эпителиально-мезенхимальный и эндотелий-мезенхимальный переходы. Исследования показывают, что внеклеточные везикулы содержат микроРНК, белки и липиды, которые влияют на поведение фибробластов, иммунную сигнализацию и архитектуру тканей [14]. Увеличение размеров наночастиц крови после облучения более старших по возрасту крыс при дозе 0,1 Гр могут свидетельствовать об активации профибротических процессов к концу 3-недельного постлучевого периода, что также может иметь место при высокой дозе (15 Гр) для молодых крыс, в то время как после облучения более старых крыс в дозе 1 или 15 Гр к 3-недельному постлучевому периоду стадия инициации фиброза (подготовка условий для перехода фибробластов в миофибробласты), вероятно, уже была пройдена, о чем может свидетельствовать увеличение жесткости фибробластов в области ядра для облученных в этих дозах крыс, выявленное методом атомно-силовой микроскопии [15].

В нашем исследовании возраст является критическим фактором, определяющим степень тяжести радиационного поражения легких. Причем различия наблюдаются между молодым и зрелым организмом, т. е. организмом, только вступающим в ранний период старения. Молодой организм склонен к более острой, деструктивной воспалительной реакции, в то время как организм в зрелом возрасте быстрее запускает механизмы хронического воспаления и фиброобразования, что в долгосрочной перспективе увеличивает вероятность тяжелой дыхательной недостаточности.

Полученные экспериментальные данные могут послужить теоретической базой для оценки радиационных повреждений *in vivo*, а также разработки мероприятий по минимизации рисков

при лучевой терапии. Кроме того, исследование фокусируется на критериях радиационно-индуцированных изменений соединительной ткани

(соотношение строма/паренхима, фиброз), что имеет значение для разработки более эффективных методов терапий фиброза.

Список литературы / References

1. Rahi MS, Parekh J, Pednekar P, Parmar G, Abraham S, Nasir S, Subramaniyam R, Jeyashanmugaraja GP, Gunasekaran K. Radiation-Induced Lung Injury—Current Perspectives and Management. *Clin Pract.* 2021;11(3):410-429. DOI: <https://doi.org/10.3390/clinpract11030056>
2. Zhou Y, Yang X, Liu H, Luo W, Liu H, Lv T, et al. Value of [⁶⁸Ga] Ga-FAPI-04 imaging in the diagnosis of renal fibrosis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2021;48(11):3493-3501. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00259-021-05343-x>
3. Chen Z, Wu Z, Ning W. Advances in molecular mechanisms and treatment of radiation-induced pulmonary fibrosis. *Transl Oncol.* 2019;12(1):162-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranon.2018.09.009>
4. Barriger RB, Forquer JA, Brabham JG, Andolino DL, Shapiro RH, Henderson MA, et al. A dose-volume analysis of radiation pneumonitis in non-small cell lung cancer patients treated with stereotactic body radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2012;82:457-462. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2010.08.056>
5. Taghian AG, Assaad SI, Niemierko A, Kuter I, Younger J, Schoenthaler R, Roche M, Powell SN. Risk of pneumonitis in breast cancer patients treated with radiation therapy and combination chemotherapy with paclitaxel. *J Natl Cancer Inst.* 2001;93:1806-1811. DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/93.23.1806>
6. Kimura T, Togami T, Takashima H, Nishiyama Y, Ohkawa M, Nagata Y. Radiation pneumonitis in patients with lung and mediastinal tumours: A retrospective study of risk factors focused on pulmonary emphysema. *Br J Radiol.* 2012;85(1010):135-141. DOI: <https://doi.org/10.1259/bjr/32629867>
7. Jin H, Tucker SL, Liu HH, Wei X, Yom SS, Wang S, Komaki R, Chen Y, Martel MK, Mohan R et al. Dose-volume thresholds and smoking status for the risk of treatment-related pneumonitis in inoperable non-small cell lung cancer treated with definitive radiotherapy. *Radiother Oncol.* 2009;91(3):427-432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2008.09.009>
8. Ward HE, Kemsley L, Davies L, Holecek M, Berend N. The Effect of Steroids on Radiation-Induced Lung Disease in the Rat Radiation. *Research.* 1993;136(1):22-28.
9. Gurley LR, London JE, Tietjen GL, van der Kogel AJ, Dethloff LA, Lehnert BE. Lung hyperpermeability and changes in biochemical constituents in bronchoalveolar lavage fluids following X irradiation of the thorax. *Radiat. Res.* 1993;134(2):151-159.
10. Kadhim M, Cagatay ST, Elbakrawy EM. Non-targeted effects of radiation: a personal perspective on the role of exosomes in an evolving paradigm. *Int J Radiat Biol.* 2022;98(3):410-420. DOI: <https://doi.org/10.1080/09553002.2021.1980630>
11. Надыров ЭА, Кравцова ИЛ, Шклярва АН, Стародубцева МН. Интегральные взаимосвязи параметров соединительной ткани при реакции организма крыс на локальное облучение верхней половины туловища. *Проблемы здоровья и экологии.* 2024;21(4):103-112. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-4-11>
12. Nadyrov E.A., Kravtsova I.L., Shklyarova N.M., Starodubtseva M.N. Integrated interrelations of connective tissue parameters during the rats' body response to local irradiation. *Health and Ecology Issues.* 2024;21(4):103-112. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-4-11>
13. Andreollo NA, Santos EF, Araújo MR, Lopes LR. Rat's age versus human's age: what is the relationship? *Arq Bras Cir Dig.* 2012;25(1):49-51. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-67202012000100011>
14. Henderson NC, Rieder F, Wynn TA. Fibrosis: from mechanisms to medicines. *Nature.* 2020;587(7835):555-566. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2938-9>
15. Nija RJ, Niithya TG. Pulmonary fibrosis and exosomes: pathways to treatment. *Mol Biol Rep.* 2025;52(1):749. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11033-025-10855-y>
16. Шклярва АН, Стародубцева МН. АСМ-анализ неоднородности механических свойств поверхности фибробластов после радиационного воздействия Вещи Национальной академіі навук Беларусі. *Серія фізико-технічних наук.* 2025;70(3):198-208. DOI: <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2025-70-3-198-208>
17. Shklyarova AN, Starodubtseva MN. ASM analysis of the heterogeneity of mechanical properties of fibroblast surfaces after radiation exposure. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. *Series of Physical and Technical Sciences.* 2025;70(3):198-208. DOI: <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2025-70-3-198-208>

Информация об авторе / Information about the authors

Надыров Эльдар Аркадьевич, к.м.н., доцент, доцент кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0896-5611>

e-mail: nadyrov2006@rambler.ru

Кравцова Ирина Леонидовна, к.м.н., доцент, заведующий кафедрой гистологии, цитологии и эмбриологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5038-9670>

e-mail: iuri_shpakovski@mail.ru

Пилотович Анастасия Станиславовна, младший научный сотрудник лаборатории устойчивости биологических систем, ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8226-6843>

e-mail: ms.pilotovich@list.ru

Eldar A. Nadyrov, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Histology, Cytology and Embryology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0896-5611>

e-mail: nadyrov2006@rambler.ru

Irina L. Kravtsova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Histology, Cytology and Embryology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5038-9670>

e-mail: iuri_shpakovski@mail.ru

Nastassia S. Pilotovich, Junior Researcher at the Laboratory of Biological Systems Stability, Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8226-6843>

e-mail: ms.pilotovich@list.ru

Челнокова Ирина Александровна, научный сотрудник лаборатории устойчивости биологических систем, ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6812-753X>

e-mail: irenachelnokova@gmail.com

Стародубцева Мария Николаевна, д.б.н., доцент, профессор кафедры медицинской и биологической физики, УО «Гомельский государственный медицинский университет»; главный научный сотрудник лаборатории устойчивости биологических систем, ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», Гомель, Беларусь

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8516-0884>

e-mail: marysta@mail.ru

Irina A. Chelnokova, Researcher at the Laboratory of Biological Systems Stability, Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6812-753X>

e-mail: irenachelnokova@gmail.com

Maria N. Starodubtseva, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Medical and Biological Physics, Gomel State Medical University, Chief Researcher at the Laboratory of Stability of Biological Systems, Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8516-0884>

e-mail: marysta@mail.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Надыров Эльдар Аркадьевич

e-mail: nadyrov2006@rambler.ru

Eldar A. Nadyrov

e-mail: nadyrov2006@rambler.ru

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 18.02.2026



Экспериментальная оценка герметичности закрытия перфоративного отверстия желудка бесшовными способами

Е. И. Макаревич¹, В. В. Кудло¹, И. Г. Жук¹, Д. Ф. Якимович²

¹Гродненский государственный медицинский университет, г. Гродно, Беларусь

²Гродненская университетская клиника, г. Гродно, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Провести анализ герметичности закрытия перфоративного отверстия желудка бесшовными способами в сравнении с шовным в эксперименте.

Материалы и методы. Изучена макроскопическая картина брюшной полости, проведены пневмогидропрессия желудка и микробиологическое исследование содержимого брюшной полости у 80 животных из 4 групп.

Результаты. В проведенном исследовании при сравнении макроскопической картины, пневмогидропрессии, микробиологической оценки традиционного (шовного) и бесшовных методов закрытия перфоративного отверстия язвы желудка значимых различий не выявлено.

Заключение. Способ ушивания за счет механической фиксации тканей представляется более прочным, однако бесшовные методы ввиду свойств материалов и методики применения создают условия, достаточные для формирования герметичности перфоративного отверстия, и не уступают шовным.

Ключевые слова: прободная язва желудка, ушивание, бесшовные методы закрытия, фибриновый клей

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической и экспериментальной работы, в подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Макаревич ЕИ, Кудло ВВ, Жук ИГ, Якимович ДФ. Экспериментальная оценка герметичности закрытия перфоративного отверстия желудка бесшовными способами. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):104–110. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-12>

Experimental evaluation of the closure tightness of the perforated opening of the stomach using sutureless methods

Evgeny I. Makarevich¹, Viktor V. Kudlo¹, Igor G. Zhuk¹, Dmitry F. Yakimovich²

¹Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

²Grodno University Clinic, Grodno, Belarus

Abstract

Objective. To conduct an analysis of the closure tightness of the perforated opening of the stomach using sutureless methods in comparison with suture methods in an experiment.

Materials and methods. The macroscopic picture of the abdominal cavity was studied, gastric pneumohydropressure and microbiological examination of the abdominal cavity contents were performed in 80 animals from 4 groups.

Results. In the conducted study, when comparing the macroscopic picture, pneumohydropressure, microbiological assessment of the traditional (suture) and sutureless methods of closure of the perforated opening of the gastric ulcer, no significant differences were found.

Conclusion. The method of suturing by mechanical fixation of tissues appears to be more durable, however, sutureless methods, due to the properties of the materials and the method of application, create conditions sufficient for the formation of a hermetic seal of the perforation hole, and are not inferior to suture methods.

Keywords: perforated gastric ulcer, suturing, sutureless closure methods, fibrin glue

Author contributions. All authors made significant contribution to the search, analytical and experimental work, to the preparation of the article, read and approved the final version for publication.

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

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Makarevich EI, Kudlo VV, Zhuk IG, Yakimovich DF. Experimental evaluation of the closure tightness of the perforated opening of the stomach using sutureless methods. Health and Ecology Issues. 2026;23(1):104–110. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-12>

Введение

Язва желудка и двенадцатиперстной кишки наблюдается у 3–15 % взрослого населения, а у 5–15 % пациентов отмечаются осложнения в виде перфорации язвы [1]. В настоящее время оптимальным методом лечения перфоративной язвы желудка является ушивание, однако он также имеет свои недостатки. В структуре послеоперационных осложнений лидирующее место занимает несостоятельность швов с развитием перитонита, частота которой составляет 2,3–3,8 % [2]. Таким образом, одним из актуальных и нерешенных вопросов в современной хирургии является выбор способа закрытия перфоративного дефекта, что наталкивает на поиск других методов.

В Республике Беларусь разработаны препараты, содержащие компоненты и факторы свертывающей системы крови (фибриновый клей «Фибрино-стат», «Фибрино-стат М»), которые применяются в клинической практике. Фибриновая субстанция клея высокопластичная, неагрессивная и гомологичная по отношению к реципиентным тканям и может применяться для фиксации и герметизации швов, с гемостатической целью, для ускорения заживления ран в пластической хирургии и гнойной [3]. Также перспективным является применение синтетических материалов. К ним можно отнести фторопласт-4 (Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси, г. Гомель) [4] и окисленная регенерированная целлюлоза — «Сургитамп» («Эргон Эст», г. Молодечно), которые обладают биологической совместимостью [5]. Гемостатический материал «Сургитамп» представляет собой фибриллярный рассасывающийся гемостатик из окисленной регенерированной целлюлозы с уровнем кислотности pH 3,5–4,5. Он обладает быстрым гемостатическим эффектом (2–4 мин), полностью рассасывается путем гидролиза (5–8 дней) даже при отсутствии крови, не вызывает нежелательных тканевых реакций [5].

Цель исследования

Провести анализ герметичности закрытия перфоративного отверстия желудка бесшовными способами в эксперименте в сравнении с шовным.

Материалы и методы

Исследования проводились на 80 белых лабораторных крысах весом 200–230 г. Все этапы эксперимента выполнялись в соответствии с «Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях». Под общим обезболиванием кетаминном (дозировка — 0,1 мл на 100 г веса) у лабораторной крысы моделировалась перфоративная язва желудка по разработанной нами методике (уведомление о положительном результате предварительной экспертизы по заявке на выдачу патента на изобретение № а20250082 от 12 июня 2025 г.). Животным по средней линии проводилась мини-лапаротомия. В рану выводился желудок и моделировалась перфоративная язва. На передней стенке его дистального отдела выполнялась инъекция в стенку 0,1 мл 3,6%-ного раствора HCl. После 10-минутной экспозиции визуально отмечался некроз передней стенки желудка в месте инъекции. В дальнейшем после проведения вышеперечисленных действий в центре некроза моделировалось перфоративное отверстие пункционной иглой диаметром 2 мм. Далее животные были разделены на 4 группы (по 20 особей в каждой группе) в зависимости от способа закрытия отверстия. В контрольной группе дефект закрывали узловыми швами с перитонизацией участком большого сальника на ножке. В 1-й опытной группе перфорацию герметизировали фрагментом высокопористого фторопласта-4 (в виде войлока) толщиной 2 мм путем приклеивания фибриновым клеем «Фибрино-стат», фрагмент полимерного материала выступал за края дефекта на 3 мм. Во 2-й опытной группе перфорацию закрывали фрагментом окисленной регенерированной целлюлозы с уровнем кислотности pH 3,5–4,5 «Сургитамп», который приклеивали фибриновым клеем «Фибрино-стат» с выступом за края отверстия на 3 мм. В 3-й опытной группе поверх перфоративного дефекта укладывали участок большого сальника на ножке, выступающий за края язвы на 3 мм, с фиксацией его фибриновым клеем «Фибрино-стат». После оперативного приема брюшную полость послойно ушивали. На 3, 7, 14, 28-е сутки после операции животные выводились из эксперимента по 5 особей. Проводилась макроскопическая оценка брюшной полости с оценкой наличия выпота, признаков перитонита, состояния брюши-

ны, несостоятельности и спаечного процесса в области вмешательства. После этого выполнялся посев отделяемого из брюшной полости. Микробиологические исследования выполнялись на кафедре микробиологии, вирусологии и иммунологии имени С. И. Гельберга учреждения образования «Гродненский государственный медицинский университет» по общепринятой методике.

После завершения вышеперечисленных исследований был выполнен контроль на герметичность в области операции путем проведения пневмогидропрессии по разработанной нами методике (удостоверение на рацпредложение № 1969 от 04.06.2025). Для этого применялось специальное устройство, состоящее из сфигмоманометра с воздушной грушей, к которой присоединена резиновая трубка с пластиковым наконечником. Макропрепарат желудка с закрытой перфорацией фиксировался, пережимался и пересекался в области нижней трети пищевода и дистально — в области двенадцатиперстной кишки. Для измерения давления желудок погру-

жался в контейнер с водой и заполнялся воздухом до размеров, превышающих физиологические, или регистрации отхождения пузырьков воздуха вследствие разрыва зоны закрытия перфорации. Далее регистрировались показания манометра, которые отражали давление разрыва либо максимального расширения желудка (в мм рт. ст.). С целью стандартизации исследования опытным путем было установлено максимальное давление (60 мм рт. ст.), при котором при проведении пневмогидропрессии желудок увеличивался до размеров, превышающих физиологические, однако не происходило диастатических разрывов серозной оболочки и нарушения герметичности органа. Данный показатель был принят за стандарт для всех препаратов.

Результаты и обсуждение

Результаты пневмогидропрессии и микробиологического исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты проведения пневмогидропрессии и микробиологического исследования
Table 1. Results of carrying out pneumatic hydropressure and microbiological examination

Сутки	Контрольная группа		1-я опытная группа		2-я опытная группа		3-я опытная группа	
	Проба на герметичность	Процент роста микроорганизмов	Проба на герметичность	Процент роста микроорганизмов	Проба на герметичность	Процент роста микроорганизмов	Проба на герметичность	Процент роста микроорганизмов
3-и	+	40 %	+	40 %	+	40 %	+	0 %
7-е	+	40 %	+	40 %	+	40 %	+	0 %
14-е	+	0 %	+	0 %	+	20 %	+	0 %
28-е	+	0 %	+	0 %	+	0 %	+	0 %

Примечание. «+» — положительная проба на герметичность при проведении пневмогидропрессии (отсутствие несостоятельности места герметизации перфоративного отверстия).

В исследуемых группах послеоперационной летальности не наблюдалось.

В контрольной группе на 3-и сутки выпота в брюшной полости, признаков внутрибрюшного кровотечения, несостоятельности ушитой перфорации не было, брюшина блестящая. В зоне воздействия серозная оболочка желудка несколько гиперемирована, с наложением фибрина, отек незначительный. При проведении теста на механическую прочность шва желудок раздувался с нагнетанием воздуха свыше 60 мм рт. ст., что визуально выглядело как напряженный «воздушный шар»; несостоятельности не выявлено. При выполнении микробиологического исследо-

вания на 3-и сутки у 2 крыс (40 %) этой группы из 5 выявлен рост микроорганизмов — кишечная палочка. На 7-е сутки при осмотре брюшной полости макроскопическая картина была аналогична таковой на 3-й сутки. При проведении пневмогидропрессии несостоятельности ушитой перфорации не установлено. Микробиологическая оценка выявила рост кишечной палочки у 2 особей (40 %) из 5 этой группы. На 14-е сутки при осмотре брюшной полости выпота в брюшной полости, признаков несостоятельности ушитой перфорации, наложения фибрина и изменений брюшины не было. Отмечалось наличие спаечного процесса в области герметизации.

При осуществлении теста на герметичность и раздувании желудка до размеров, превышающих физиологический, несостоятельности не определялось у всех особей. При выполнении микробиологического исследования роста микроорганизмов не выявлено (0 %). На 28-е сутки в контрольной группе при ревизии выпота в брюшной полости не обнаружено. Отмечался умеренный спаечный процесс между сальником, желудком и печенью. При проведении пневмогидропрессии и микробиологического исследо-

вания признаков несостоятельности ушитого дефекта и роста культур микроорганизмов не установлено (0 %).

В 1-й опытной группе на 3-и сутки при ревизии выпота в брюшной полости, признаков внутрибрюшного кровотечения, несостоятельности перфорации не было. В зоне воздействия по периферии серозная оболочка несколько гиперемирована, с наложением фибрина и большого сальника поверх приклеенного лоскута фторопласта-4, отек тканей незначительный (рисунок 1).

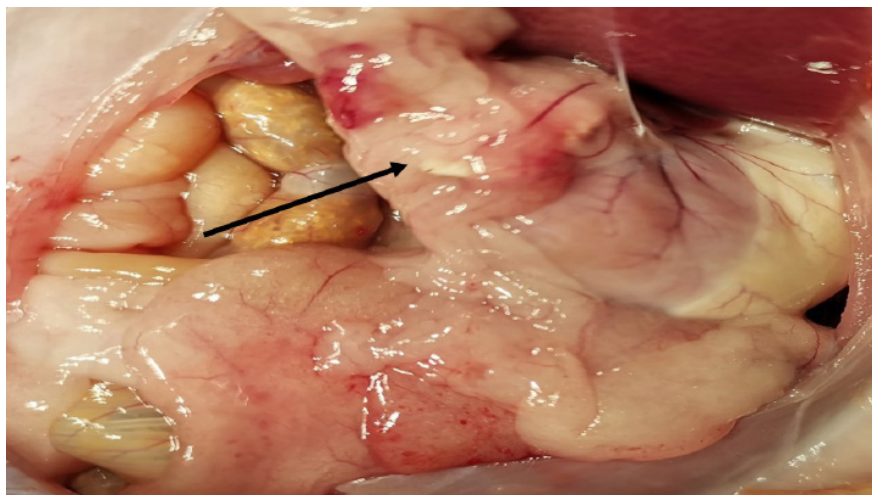


Рисунок 1. Макроскопическая картина брюшной полости на 3-и сутки в 1-й опытной группе. Стрелкой указан участок герметизации фторопластом-4

Figure 1. Macroscopic picture of the abdominal cavity on the day 3 in the 1st experimental group. The arrow indicates the area of sealing with fluoroplastic-4

При проведении теста на механическую прочность желудок наполнялся воздухом до размеров, превышающих физиологические (размер «воздушного шара»), с нагнетанием воздуха 60 мм рт. ст. Признаков несостоятельности не зафиксировано. При выполнении микробиологического исследования на 3-и сутки у 2 крыс (40 %) из 5 выявлен рост микроорганизмов — кишечная палочка. На 7-е сутки при осмотре брюшной полости выпота в брюшной полости, фибрина, признаков несостоятельности не было. Брюшина блестящая, розового цвета, отек незначительный. В зоне воздействия поверх лоскута фторопласта-4 определялся спаечный процесс с вовлечением большого сальника. При проведении пневмогидропрессии несостоятельности перфорации не установлено. Микробиологическая оценка выявила рост кишечной палочки у 2 особей (40 %) из 5 этой группы. На 14-е сутки выпота в брюшной полости, признаков несостоятельности перфорации, наложения фибрина не было, брюшина была блестящая, розового цвета. Отмечался спаечный процесс в области применения бесшовного метода без признаков воспаления. При проведении теста на герметичность

при раздувании желудка до размеров, превышающих физиологические, несостоятельности не определялось. Микробиологическое исследование роста микроорганизмов не выявило (0 %). На 28-е сутки в 1-й опытной группе при ревизии брюшной полости несостоятельности не выявлено. Определялись умеренные спайки между сальником и желудком, под которыми находился фрагмент фторопласта-4. Пневмогидропрессия и микробиологическое исследование признаков несостоятельности в зоне операции и роста культур микроорганизмов (0 %) не зафиксировано.

Во 2-й опытной группе (окисленная регенерированная целлюлоза «Сургитамп») на 3-и сутки при ревизии брюшной полости выпота, признаков несостоятельности не было, брюшина не отличалась от нормы по блеску и цвету. В зоне герметизации серозная оболочка несколько гиперемирована, с наложением большого сальника поверх лоскута приклеенной целлюлозы, отек был незначительным. При выполнении пневмогидропрессии желудок наполнялся воздухом до размеров, превышающих физиологические, с нагнетанием воздуха свыше 60 мм рт. ст., при этом несостоятельности перфорации не выявля-

но. По результатам микробиологического исследования на 3-и сутки у 2 крыс (40 %) из 5 выявлен рост кишечной палочки. На 7-е сутки при осмотре брюшной полости выпота в брюшной полости, фибрина, признаков несостоятельности не отмечено. Брюшина блестящая, розового цвета, отек незначительный. В зоне воздействия поперек приклеенной окисленной целлюлозы — спаечный процесс с вовлечением большого сальника. При проведении пневмогидропрессии несостоятельности закрытой перфорации нет. Микробиологическая оценка выявила рост микроорганизмов (кишечная палочка) у 2 особей (40 %) из 5 этой группы. На 14-е сутки выпота в брюшной полости, признаков несостоятельности перфорации, наложения фибрина не было. Отмечен умеренный спаечный процесс в послеоперационной области. При проведении теста на герметичность по описанной выше методике несостоятельности не установлено. Микробиологическое исследование показало рост кишечной палочки в одном случае (20 %) из пяти. На 28-е сутки во 2-й опытной группе при ревизии в брюшной полости выпота, признаков перитонита, несостоятельности нет. В наличии умеренные спайки между сальником, желудком и печенью. Брюшина блестящая, розового цвета. Пневмогидропрессия и микробиологическое исследование признаков несостоятельности и роста культур микроорганизмов не выявили (0 %).

В 3-й опытной группе (сальник и клей «Фибриностат») на 3-и сутки при осмотре брюшной полости выпота, признаков несостоятельности не было, брюшина блестящая, розового цвета. В зоне герметизации серозная оболочка несколько гиперемирована, с наложением участка большого сальника и фибрина. При выполнении теста на механическую прочность желудок наполнялся воздухом до размеров, превышающих физиологические, давление при этом составляло не менее 60 мм рт. ст., несостоятельности не выявлено. По результатам микробиологического исследования на 3-и сутки роста бактериальной флоры не отмечено (0 %). На 7-е сутки при осмотре выпота в брюшной полости, фибрина, признаков несостоятельности не было. В зоне воздействия определялся умеренный спаечный процесс с вовлечением большого сальника и печени. При проведении пневмогидропрессии признаки несостоятельности отсутствовали. Микробиологическое исследование роста микроорганизмов не выявило (0 %). На 14-е сутки выпота в брюшной полости, признаков несостоятельности перфорации, наложения фибрина не было. Отмечалось наличие спаечного процесса в области применения бесшовного метода без признаков воспаления. Брюшина была блестящей, розового цвета.

При нагнетании воздуха в желудок до размеров, превышающих физиологические, несостоятельности не определялось. Микробиологическое исследование не показало роста микроорганизмов (0 %). На 28-е сутки в 3-й опытной группе при ревизии в брюшной полости выпота, признаков перитонита, несостоятельности нет. При осмотре выявлены умеренные спайки между сальником, желудком и печенью. Пневмогидропрессия, микробиологическое исследование признаков несостоятельности и роста культур микроорганизмов не выявили (0 %).

Заживление язв является сложным процессом, который включает как миграцию клеток в эпителиальном слое, реэпителизацию, воспаление в месте повреждения, пролиферацию, образование грануляционной ткани, ангиогенез [6]. При различных степенях повреждения желудка процесс заживления отличается по времени и по механизмам. Язва состоит из двух основных структур: края язвы и грануляционной ткани. Последняя образуется в течение 2–3 суток и состоит из пролиферирующих соединительнотканых структур, которые и формируют рубец [6]. Ушивание перфоративной язвы желудка и двенадцатиперстной кишки имеет свои недостатки. Во-первых, повышенную вероятность несостоятельности швов (до 1,5–3 %) в ближайшем периоде после операции, во-вторых, присутствует риск деформации и послеоперационного стенозирования пилородуоденального сегмента [7]. При ушивании за счет механической компрессии возникает дополнительная ишемия тканей, которая ведет к прогрессированию воспаления.

Установлено, что прочность хирургического шва в стенках кишечника зависит именно от подслизистого слоя, богатого коллагеновыми волокнами, фибробластами и гистиоцитами. Многочисленные экспериментальные и клинические исследования показали, что сквозные и многорядные швы вызывают некроз слизистой оболочки, нагноение в области раны стенки кишечника и некроз вплоть до серозного слоя [8]. Выгодные условия кровоснабжения с минимальной лейкоцитарной инфильтрацией создаются при отсутствии инородных включений между соединяемыми тканями. Кроме того, установлено, что ряд послеоперационных факторов могут повлиять на прочность кишечных анастомозов в результате нарушения микроциркуляции в стенке [8]. При нормальной фибринолитической активности брюшины через 24–72 ч осуществляется лизис фибриновых сращений и восстановление мезотелия брюшины, как первый этап формирования герметизма в области перфорации. При снижении фибринолитической активности брюшины за счет ишемии и воспаления в течение 4–10 дней

происходит врастание фибробластов и эндотелиальных клеток, продукция коллагена и новых сосудов, формирование фиброзных плотных соединительнотканых сращений [9].

Вышеописанное использование бесшовной техники создает лучшие условия для оптимального заживления язвы за счет уменьшения ишемии тканей, отсутствия инородных включений между тканями, снижения инфицирования, уменьшения воспаления, что позволяет, вероятно в ранние сроки, быстро активизировать процессы формирования соединительной ткани, которая отвечает в первую очередь за герметичность перфоративного отверстия. В дополнение к этому свойства фибринового клея и окисленной целлюлозы, возможно, позволяют к моменту их лизиса сформировать рубцовую ткань, которой достаточно для достижения герметизма. Безусловно, шовный способ за счет механической фиксации тканей является более прочным на ранних сроках, но бесшовные методы, с учетом вышеперечисленных преимуществ и свойств материалов, создают условия, достаточные для формирования герметичности перфоративного отверстия и не уступают шовным. В проведенном исследовании при сравнении макроскопической картины, пневмогидропрессии, микробиологической оценки традиционного (шовного) и бесшовных методов закрытия перфоративного отверстия язвы желудка значимых различий не выявлено. Наличие

единичных положительных тестов в микробиологическом исследовании как в контрольной, так и в 1-й и 2-й опытных группах на ранних сроках вероятнее всего носит транзитный характер и может быть связано с техническими особенностями при выполнении забора материала для исследования. Это же подтверждается отсутствием визуальных признаков несостоятельности и нормальной послеоперационной макроскопической картиной у тех же экспериментальных животных.

Заключение

1. Результаты проведенных исследований свидетельствуют об отсутствии в брюшной полости значимых патологических макроскопических и микробиологических изменений после бесшовного закрытия перфоративного отверстия желудка разнородными материалами в сравнении с шовным.

2. Экспериментально подтверждено, что при закрытии перфоративного отверстия желудка волокнисто-пористым фторопластом-4, окисленной регенерированной целлюлозой «Сургитамп» и участком большого сальника на ножке, фиксированных с помощью фибринового клея «Фибриностат», герметичность в области операции не уступает по своим характеристикам таковой при применении стандартного ушивания.

Список литературы / References

1. Захаров Д.В., Уханов А.П., Жилин С.А., Большаков С.В., Леонов А.И., Амбарцумян В.М. Использование эндовидеохирургической технологии ушивания прободных язв желудка и двенадцатиперстной кишки. *Эндоскопическая хирургия*. 2018;24(3):17-20.
- Zaharov DV, Uhanov AP, Zhilin SA, Bolshakov SV, Leonov AI, Ambarcumjan VM. Use of endovideosurgical technology for suturing perforated ulcers of the stomach and duodenum. *Endoscopic surgery*. 2018;24(3):17-20. (In Russ.).
2. Алиев С.А., Алиев Э.С. Эндовидеохирургия перфоративных гастродуоденальных язв: возможности и перспективы. Обзор литературы. *Вестник хирургической гастроэнтерологии*. 2017;(4):17-25.
- Aliev SA, Aliev JS. Endovideosurgery of perforated gastroduodenal ulcers: opportunities and prospects. Literature review. *Herald of surgical gastroenterology*. 2017;(4):17-25. (In Russ.).
3. Бордаков В.Н., Доронин М.В., Бордаков П.В. Малоинвазивные вмешательства при применении гемостатического средства фибриностат. *Хирургия. Восточная Европа*. 2018;7(4):465-473.
- Bordakov VN, Doronin MV, Bordakov PV. Minimally invasive interventions using the hemostatic agent fibrinostat. *Surgery. East Europe* 2018;7(4):465-473. (In Russ.).
4. Кудло В.В., Киселевский Ю.М. Изменения показателей биохимического анализа крови при закрытии раны печени сальником, ТахоКомбом и Фторопластом-4 в эксперименте. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2016;2(54):50-54.
- Kudlo VV, Kiselevskij JuM. Changes in blood biochemistry parameters during liver wound closure with omentum, Tacho-
- omb and Fluoroplast-4 in the experiment. *Journal of Grodno State Medical University*. 2016;2(54):50-54. (In Russ.).
5. Воронцов А.К., Трошин В.П., Пархисенко Ю.А., Корсаков А.В., Климашевич А.В. Оценка эффективности применения гелевых сорбентов в крови при травматических повреждениях печени. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. 2020;1(53):38-47. DOI: <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2020-1-5>
- Voroncov AK, Troshin VP, Parhisenko JuA, Korsakov AV, Klimashevich AV. Evaluation of the effectiveness of using gel sorbents in the blood in traumatic liver injuries. *News of higher educational institutions. Volga region. Medical sciences*. 2020;1(53):38-47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21685/2072-3032-2020-1-5>
6. Подвигина Т.Т., Филаретова Л.П. Влияние глюкокортикоидных гормонов на процессы заживления в слизистой оболочке желудка. *Успехи физиологических наук*. 2016;47(1):3-14.
- Podvigina TT, Filaretova LP. The influence of glucocorticoid hormones on healing processes in the gastric mucosa. *Advances in physiological sciences*. 2016;47(1):3-14. (In Russ.).
7. Цуканов Ю.Т., Никитин В.Н. Результаты лечения пациентов с прободной язвой и рубцовой деформацией пилородуоденальной зоны. *Новости хирургии*. 2014;22(3):313-320.
- Cukanov JuT, Nikitin VN. Results of treatment of patients with perforated ulcer and cicatricial deformation of the pyloroduodenal zone. *Surgical news*. 2014; 22(3):313-320. (In Russ.).
8. Алиев Ф.Ш., Азизов С.Б., Лейманченко П.И., Крутских А.Г. Взгляд на механическую прочность анастомоза.

Тюменский медицинский журнал. 2014;16(4):52-55.
Aliev FSh, Azizov SB, Lejmanchenko PI, Krutskih AG. A look at the mechanical strength of anastomosis. *Tyumen Medical Journal*. 2014;16(4):52-55. (In Russ.).
9. Самарцев В.А., Кузнецова М.В., Гаврилов В.А., Кузнецова М.П., Паршаков А.А. Противоспаечные барьеры в

абдоминальной хирургии: современное состояние проблемы. *Пермский медицинский журнал*. 2017;34(2):87-93.
Samarcev VA, Kuznecova MV, Gavrilov VA, Kuznecova MP, Parshakov AA. Anti-adhesive barriers in abdominal surgery: current state of the problem. *Perm Medical Journal*. 2017;34(2):87-93. (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the authors

Макаревич Евгений Иосифович, ассистент 1-й кафедры хирургических болезней, УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8865-9260>

e-mail: makar9329@mail.ru

Кудло Виктор Валентинович, к.м.н., доцент кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, декан лечебного факультета, УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8587-5671>

e-mail: kudloviktor@gmail.com

Жук Игорь Георгиевич, д.м.н., профессор, ректор УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8542-6769>

e-mail: mailbox@grsmu.by

Якимович Дмитрий Францевич, заместитель главного врача по хирургии, УЗ «Гродненская университетская клиника» Гродно, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8997-8987>

e-mail: surgeongrodno@gmail.com

Evgeny I. Makarevich, Assistant at the 1st Department of Surgical Diseases, Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8865-9260>

e-mail: makar9329@mail.ru

Viktor V. Kudlo, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Dean of the Faculty of General Medicine, Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8587-5671>

e-mail: kudloviktor@gmail.com

Igor G. Zhuk, Doctor of Medical Sciences, Professor, Rector of Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8542-6769>

e-mail: mailbox@grsmu.by

Dmitry F. Yakimovich, Deputy Chief Physician for Surgery, Grodno University Clinic, Grodno, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8997-8987>

e-mail: surgeongrodno@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Макаревич Евгений Иосифович

e-mail: makar9329@mail.ru

Evgeny I. Makarevich

e-mail: makar9329@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 20.02.2026



Анализ временной нетрудоспособности пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции

О. Л. Никифорова

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Провести оценку структуры и длительности временной нетрудоспособности (ВН) пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции.

Материалы и методы. Проведено одноцентровое когортное исследование с участием 137 пациентов, наблюдаемых в государственном учреждении здравоохранения «Гомельская центральная городская клиническая поликлиника» (ГУЗ «ГЦГКП»), филиал № 12 с 2021 по 2025 г. Женщины в исследуемой когорте пациентов составили 67,2 % (92 человека), мужчины — 32,8 % (45 человек). Пациентов в трудоспособном возрасте было 81 % (111 человек).

Результаты. Листки/справки ВН не выдавались только 14,6 % пациентам с состоянием после COVID-19-инфекции за весь период наблюдения. Чаще всего фиксировались однократные или двукратные случаи ВН. Средняя длительность случая (СДС) ВН у пациентов нетрудоспособного возраста была более продолжительной, составив 24,8 ($p = 0,045$) в 2022 г., 48,5 ($p = 0,0006$) в 2023 г. и 24,5 ($p = 0,016$) дня в 2024 г., чем у пациентов трудоспособного возраста — 15,0, 21,0 и 18,5 дня соответственно. Среди причин ВН у пациентов трудоспособного возраста преобладали острые респираторные вирусные инфекции (ОРВИ), травмы и боль в спине, у пациентов нетрудоспособного возраста — ОРВИ, артериальная гипертензия (АГ) и заболевания суставов.

Заключение. Наличие перенесенной в анамнезе острой инфекции COVID-19 не выявило достоверного влияния на заболеваемость, частоту и структуру ВН.

Ключевые слова: состояние после COVID-19-инфекции, временная нетрудоспособность

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено в рамках Государственной программы научных исследований 4 «Трансляционная медицина», подпрограммы 4.2 «Фундаментальные аспекты медицинской науки»: «3.38. Разработать алгоритм прогнозирования пост-COVID-19-ассоциированной патологии на основании изучения клинико-лабораторных и функциональных показателей 2022–2024 гг.».

Для цитирования: Никифорова ОЛ. Анализ временной нетрудоспособности пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):111–118. DOI:<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-13>

Analysis of temporary disability in patients with post-COVID-19 infection

Olga L. Nikiforova

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To assess the structure and duration of temporary disability (TD) in patients with post-COVID-19 infection.

Materials and methods. A single-center cohort study was conducted involving 137 patients observed at Gomel Central City Clinical Polyclinic (GCCCP), Branch No. 12 from 2021 to 2025. Women accounted for 67.2% (92 people) of the study cohort of patients, and men – 32.8% (45 people). 81% (111 people) of patients were of working age.

Results. Temporary disability certificates were not issued to only 14.6% of patients with post-COVID-19 infection conditions during the entire observation period. The most common types of temporary disability were single or double cases. The average duration of the case (ADC) of temporary disability in non-working patients was longer, amounting to 24.8 ($p=0,045$) in 2022, 48.5 ($p=0,0006$) in 2023, and 24.5 ($p=0,016$) in 2024, compared to 15.0, 21.0, and 18.5 ($p=0,016$) in 2024 among working-age patients. Among the causes of temporary disability in patients of working age, the most common were acute respiratory viral infections (ARVI), injuries and back pain, while in patients of non-working age, the most common were ARVI, arterial hypertension (AH) and joint diseases.

Conclusion. A known history of acute COVID-19 infection did not reveal a significant impact on the incidence, frequency, and structure of temporary disability.

Keywords: *condition after COVID-19 infection, temporary disability*

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Funding. The study was conducted within the State Program of Scientific Research 4 "Translational Medicine", Sub-program 4.2 "Fundamental Aspects of Medical Science": "3.38 Develop an algorithm for predicting post-COVID-19 associated pathology based on the study of clinical, laboratory and functional indicators in 2022-2024".

For citation: Nikiforova OL. Analysis of temporary disability in patients with post-COVID-19 infection. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):111–118. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-13>

Введение

Пандемия инфекции COVID-19, объявленная Всемирной организацией здравоохранения в марте 2020 г., вызвала не только колоссальную нагрузку на систему здравоохранения ряда стран, но и нанесла огромный экономический ущерб [1]. Напряженность экономической ситуации ассоциирована с огромным количеством одновременно заболевших пациентов, принятыми жесткими карантинными мероприятиями, а также с гибелью более 7 млн человек [2, 3]. Социально-экономический кризис затронул все сферы жизнедеятельности населения множества стран, что в конечном итоге привело к выраженному снижению качества жизни. Большую роль в усугублении экономического кризиса стран внесли рост случаев ВН по разной его структуре, неоднократная выдача одному и тому же пациенту листка ВН в связи с заболеванием острой инфекцией COVID-19 в течение года, а также увеличение средней продолжительности периода заболевания, подтвержденного листком ВН.

Кроме того, у ряда пациентов после перенесенного острого процесса сохранились или возникли *de novo* жалобы и симптомы, которые привели к более частому обращению за медицинской помощью и дополнительной нагрузке на систему здравоохранения в целом, снижению качества жизни [4, 5]. W. Shah в 2021 и T. Greenhalgh с соавторами в 2020 г. выделили длительно сохраняющиеся симптомы в отдельную нозологическую единицу и назвали их постковидным синдромом, или long-COVID [6, 7]. В Республике Беларусь данный синдром получил название «состояния после COVID-19-инфекции» (U09). L. E. Vlaming-van Eijk и соавторы в своем исследовании описывают характеристику клинических фенотипов long-COVID, знания о которой имеют важное значение для понимания патофизиологических процессов, лежащих в основе данного синдрома [8]. И несмотря на то, что активно продолжается изучение механизмов патогенеза постковидного синдрома, в настоящее время отсутствуют единые диагностические маркеры и критерии развития данного синдрома, на основании которых могли бы быть назначены

лечебные, реабилитационные и профилактические мероприятия для пациентов, перенесших острую инфекцию COVID-19 [9–11].

Следует отметить, что преобладающее большинство научных исследований состояния пациентов после COVID-19-инфекции посвящены тем пациентам, которые перенесли острый процесс в средней по степени тяжести или тяжелой формах [12–14]. Однако подавляющая часть пациентов перенесли острую инфекцию COVID-19 в легкой форме, и данных о вкладе этой когорты пациентов в структуру нагрузки на систему здравоохранения в источниках литературы недостаточно, что и определило цель настоящего исследования.

Цель исследования

Провести оценку структуры и длительности ВН пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции.

Материалы и методы

Дизайн исследования: клиническое, одноцентровое, когортное.

Исследование проводилось на базе ГУЗ «ГЦГКП», филиал № 12. Период наблюдения — с 2021 по 2025 г. Критериями включения в исследование были: состояние после COVID-19-инфекции, возраст ≥ 18 лет. Наличие состояния после COVID-19-инфекции определялось пациентам, которые перенесли инфекцию COVID-19 и у которых возникли *de novo* или сохранялись более четырех недель после перенесенной острой инфекции жалобы разного характера. Для выявления симптомов состояния после COVID-19-инфекции использовался чек-лист. Состояние после COVID-19-инфекции устанавливалось пациентам, набравшим более 5 баллов чек-листа [15].

Критерии исключения: возраст < 18 лет, отсутствие информированного согласия и других критериев включения, наличие заболеваний нервной, костно-мышечной системы, которые могли обуславливать выявленные нарушения, иные инфекционные заболевания и психические расстройства. Участие в исследовании было добровольным и не предусматривало вознаграждения.

Информация о структуре и длительности ВН пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции, а также их увольнении по причине несоответствия занимаемой должности или выполняемой работе вследствие состояния здоровья была взята из медицинской информационной системы «Лекарь» и медицинских карт амбулаторных пациентов (ф025/у) ГУЗ «ГЦГКП», филиал № 12.

В исследовании участвовали 139 пациентов, перенесших инфекцию COVID-19 в легкой по степени тяжести форме, 2 пациента были исключены из анализа по объективным причинам (имели инвалидность 2-й группы без трудовых рекомендаций, которую получили до настоящего исследования).

Женщины в исследуемой когорте пациентов составили 67,2 % (92 человека), медиана воз-

раста — 52,5 года [47; 57]; мужчины — 32,8 % (45 человек), медиана возраста — 50 лет [45; 56]. Превалирующее большинство — 81 % (111 человек) — представлено пациентами трудоспособного возраста, из них женщин 65,8 % (73 человека) от общей когорты пациентов, мужчин — 34,2 % (38 человек). Методом полимеразной цепной реакцией был подтвержден диагноз инфекции COVID-19 у 97,8 % (134 человека) пациентов; методом экспресс-теста — у 2,2 % (3 человека) пациентов.

Распределение сопутствующих заболеваний у пациентов, с состоянием после инфекции COVID-19 представлено в таблице 1.

Таблица 1. Распространенность сопутствующих заболеваний у пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции

Table 1. Incidence of comorbidities in patients with post-COVID-19 infection

Заболевание	Общая, %	Мужчины, %	Женщины, %
АГ	52	43	55
Заболевания щитовидной железы	41	26	45
Заболевания почек	32	22	35
Люмбагия	29	35	27
Ожирение	28	35	25
Хронический гастрит	24	9	28
Первичный полиостеоартроз	23	13	27
Ишемическая болезнь сердца	20	9	24
Инфаркт миокарда в анамнезе	20	—	33
Хроническая сердечная недостаточность	20	5	24
Заболевания соединительной ткани	20	17	21
Цервикалгия	19	—	25
Нарушение ритма сердца	18	4	23
Стеатогепатоз	16	26	13
Липоматоз поджелудочной железы	14	22	12
Злокачественное новообразование в анамнезе	11	4	13
Малые аномалии развития сердца	10	4	12
Сахарный диабет	5	9	4

Источник: составлено автором.
Source: compiled by the author.

Из приведенного перечня следует, что наиболее часто среди преморбидного фона состояния после COVID-19 встречалась АГ, заболевания щитовидной железы и заболевания почек, что в трети случаев сочеталось с избыточной массой тела.

Все обследуемые заполнили информированное согласие на участие в исследовании, одобренное этическим комитетом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» (протокол № 5 от 14.12.2021). Исследование поддержано Государ-

ственной программой научных исследований 4 «Трансляционная медицина», подпрограммой 4.2 «Фундаментальные аспекты медицинской науки»: «3.38. Разработать алгоритм прогнозирования пост-COVID-19-ассоциированной патологии на основании изучения клинико-лабораторных и функциональных показателей 2022–2024 гг.».

Полученные результаты были внесены в обезличенную базу данных и подвергались анализу с применением программного комплекса Statistica, 10.0. Для анализа количественных данных определялось их распределение с применением теста Шапиро – Уилка. При отличном от нормального распределения результаты представлялись в виде медианы (Me), верхнего и нижнего 75–25 % процентилей (LQ–UQ). Для оценки различий количественных признаков между двумя независимыми группами, имеющими распределение, отличное от нормального, использовался U–критерий Манна – Уитни (MU). Для сравнения категориальных данных применяли критерий хи-квадрат (χ^2). Сравнительный анализ числа дней нетрудоспособности (ЧДН) у

пациентов трудоспособного и нетрудоспособного возрастов с состоянием после COVID-19 производился с помощью теста Манна – Кендалла. К достоверным различиям отнесено значение $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

По поводу острой инфекции COVID-19 пациенты нетрудоспособного возраста получали листок/справку о ВН на 18 дней [14; 21], пациенты трудоспособного возраста — на 13 дней [10; 17] ($p = 0,317$).

За период наблюдения исследуемой когорты пациентов с состоянием после COVID-19 листки/справки о ВН не выдавались 14,6 % пациентам (20 человек), из них пациентам трудоспособного возраста — 12,6 % (14 человек).

Сравнительный анализ ЧДН у пациентов трудоспособного и нетрудоспособного возрастов с состоянием после COVID-19 не выявил существенных различий (рисунок 1).

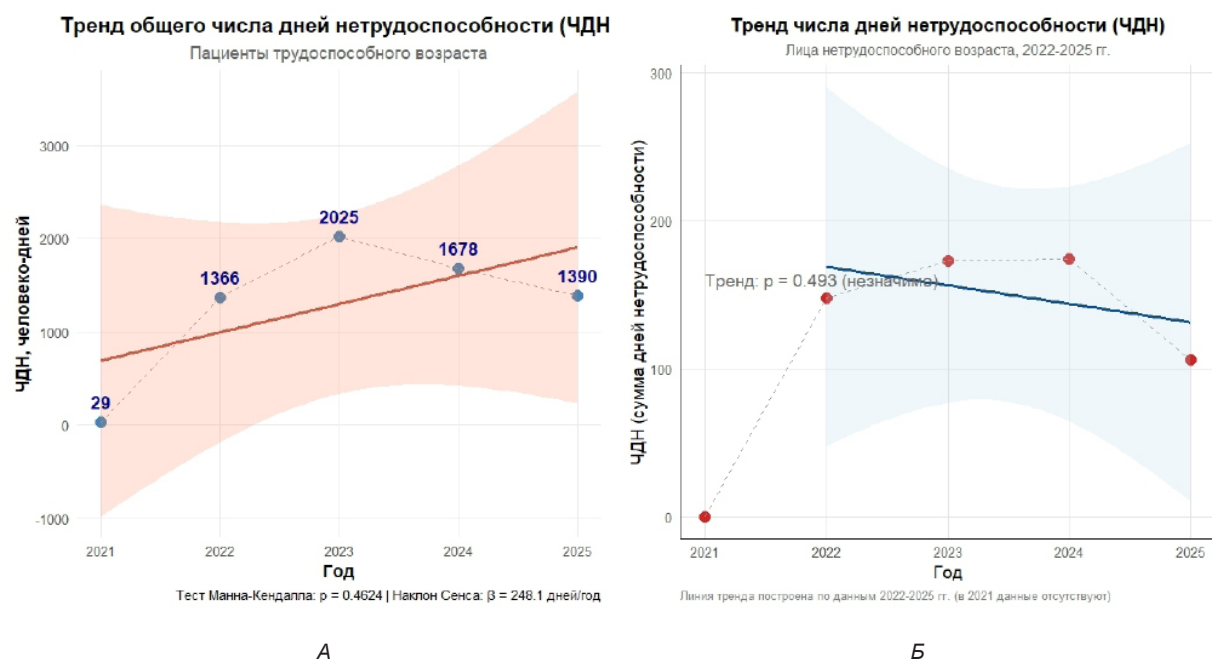


Рисунок 1. Число дней нетрудоспособности у пациентов трудоспособного (А) и нетрудоспособного (Б) возрастов с состоянием после COVID-19

Figure 1. Number of days of work incapacity in patients of working (A) and non-working (B) age with a condition after COVID-19

Увольнений по причине несоответствия занимаемой должности или выполняемой работе вследствие состояния здоровья, препятствующего исполнению профессиональных обязанностей, с формированием первичной инвалидности и без таковой у пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции за период наблюдения с 2021 по 2025 г. зафиксировано не было.

Структура ВН в наблюдаемый за пациентами с состоянием после инфекции период с 2021 по 2025 г. представлена на рисунке 2.

Структура ВН в год заболевания инфекцией COVID-19 (2022 г., указано стрелкой) не отличалась от таковой в 2023 г. Чаще всего пациенты с состоянием после COVID-19-инфекции получали листок/справку о ВН однократно: в 2022 г. —

24,2 % пациентов (30 человек), в 2023 г. — 23,4 % пациентов (29 человек), в 2024 г. — 25,8 % пациентов (32 человека) и в 2025 г. — 16,1 % пациентов (20 человек).

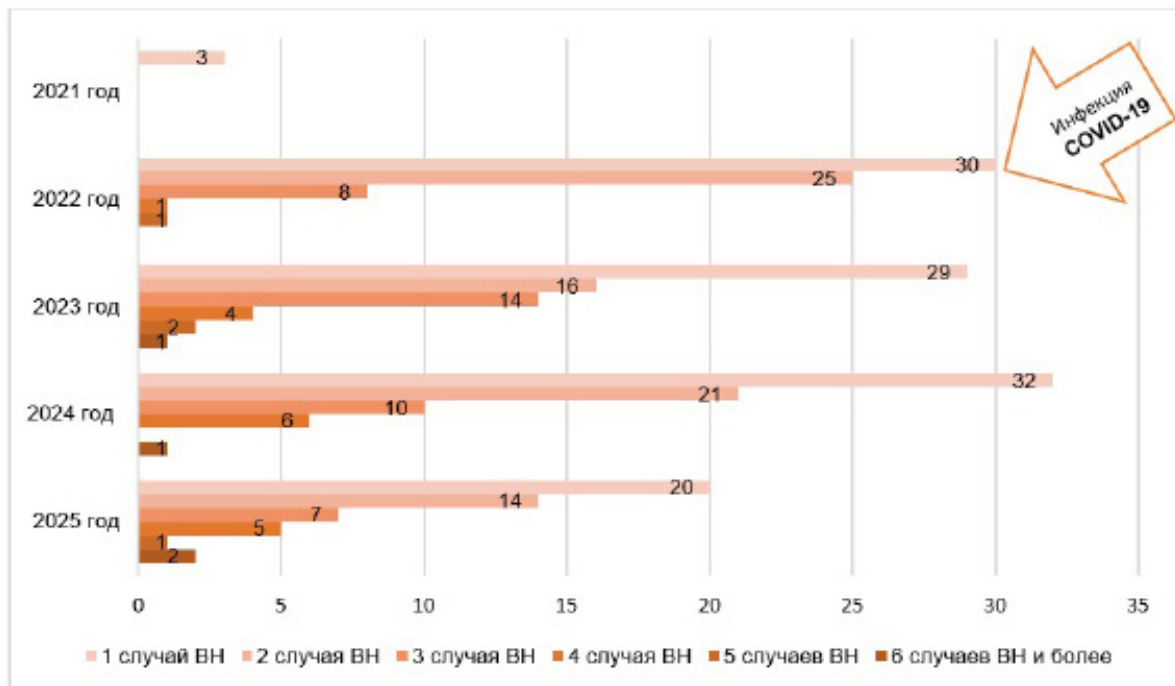


Рисунок 2. Распределение по количеству случаев ВН с 2021 по 2025 г. у пациентов трудоспособного возраста с состоянием после COVID-19

Figure 2. Distribution of temporary disability cases from 2021 till 2025 in working age patients with post-COVID-19

Далее был проведен анализ числа случаев нетрудоспособности (ЧСН) и СДС как у пациентов трудоспособного, так и нетрудоспособного возраста с состоянием после COVID-19-инфекции (таблица 2).

Таблица 2. Показатели временной нетрудоспособности пациентов, перенесших инфекцию COVID-19, с 2022 по 2025 г.

Table 2. Rates of temporary disability of patients came through COVID-19 from 2022 till 2025

Год	Пациенты трудоспособного возраста, n = 111		Пациенты нетрудоспособного возраста, n = 26		P _{Му} / χ^2
	Показатель	Me [LQ; UQ]n, %	Показатель	Me [LQ; UQ]n, %	
2022	СДС	15 [10; 24]	СДС	24,8 [34,5; 46,8]	p = 0,045
	ЧСН	103 (101 %)	ЧСН	9 (41 %)	p < 0,01
2023	СДС	21 [10; 37]	СДС	48,5 [71; 73,5]	p = 0,0006
	ЧСН	127 (124,5 %)	ЧСН	6 (27 %)	p < 0,01
2024	СДС	18,5 [9; 30]	СДС	24,5 [18; 50]	p = 0,016
	ЧСН	123 (120,6 %)	ЧСН	12 (55 %)	p < 0,01
2025	СДС	19 [10; 37]	СДС	44 [31; 44]	p = 0,055
	ЧСН	89 (87,3 %)	ЧСН	12 (55 %)	p < 0,01

Источник: составлено автором.

Source: compiled by the author.

Как следует из представленных в таблице данных, у пациентов нетрудоспособного возраста в 2022, 2023 и 2024 г. СДС была более продолжительной, причиной чего можно предположить обострение хронических заболеваний. В то же время доля случаев ВН в той же группе была существенно меньшей.

Далее была проведена оценка общей структуры заболеваемости пациентов с состоянием после COVID-19-инфекции в период с 2022 по 2025 г. у пациентов трудоспособного и нетрудоспособного возрастов (рисунок 3).

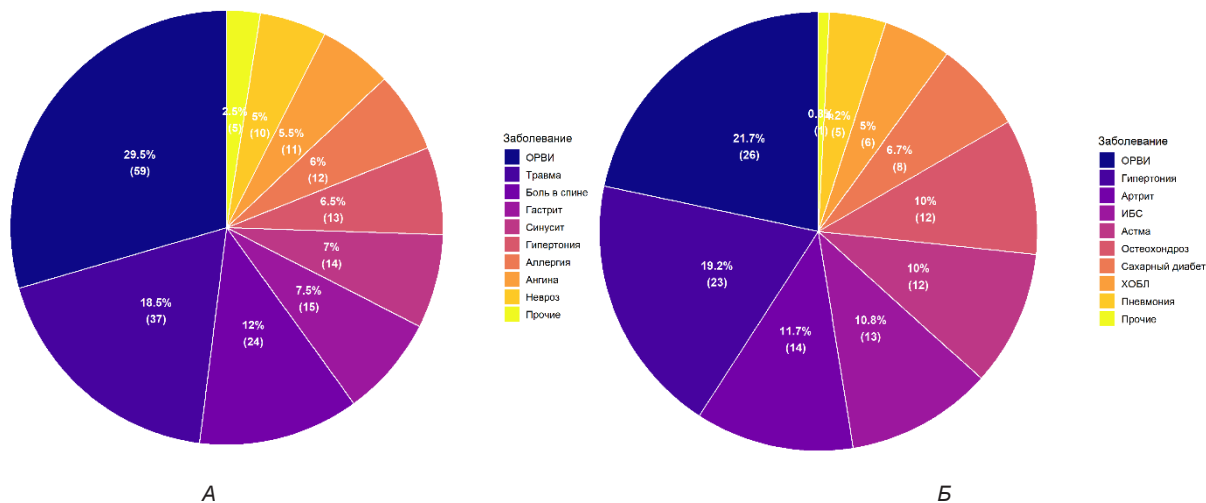


Рисунок 3. Общая структура заболеваемости пациентов с состоянием после COVID-19 трудоспособного (А) и нетрудоспособного (Б) возраста в период с 2021 по 2025 г.

Figure 3. General structure of morbidity in working age (A) and non-working age post-COVID-19 patients (B) over the period from 2021 till 2025

При анализе данных, приведенных на диаграммах, обращает на себя внимание тот факт, что наибольший совокупный вклад в обеих группах приходился на ОРВИ. Далее структура имела существенные различия: для трудоспособных значимый сектор составляли травмы и боль в спине, тогда как у нетрудоспособных преобладала АГ и заболевания суставов, что и объясняет более редкую и длительную ВН.

Распределение ВН по годам наблюдения представлено на рисунке 4.

Независимо от периода наблюдения, наибольший вклад в структуру ВН пациентов с состоянием после COVID-19 в период с 2021 по 2025 г. внесли ОРВИ. У пациентов трудоспособного возраста спектр заболеваний был широк, а частота их невысока, с незначительным нараста-

нием процента новообразований к 2025 г. В то же время у нетрудоспособных за весь период наблюдения преобладали сердечно-сосудистые заболевания и болезни костно-мышечной системы.

Заключение

Наличие перенесенной в анамнезе острой инфекции COVID-19 не выявило достоверного влияния на заболеваемость, частоту и структуру ВН.

На структуру ВН в изучаемой группе оказывала влияние возрастная категория пациентов. Принадлежность пациентов к нетрудоспособному возрасту ассоциирована с длительной ВН, а также преобладанием в ее структуре сердечно-сосудистых заболеваний и болезней костно-мышечной системы.

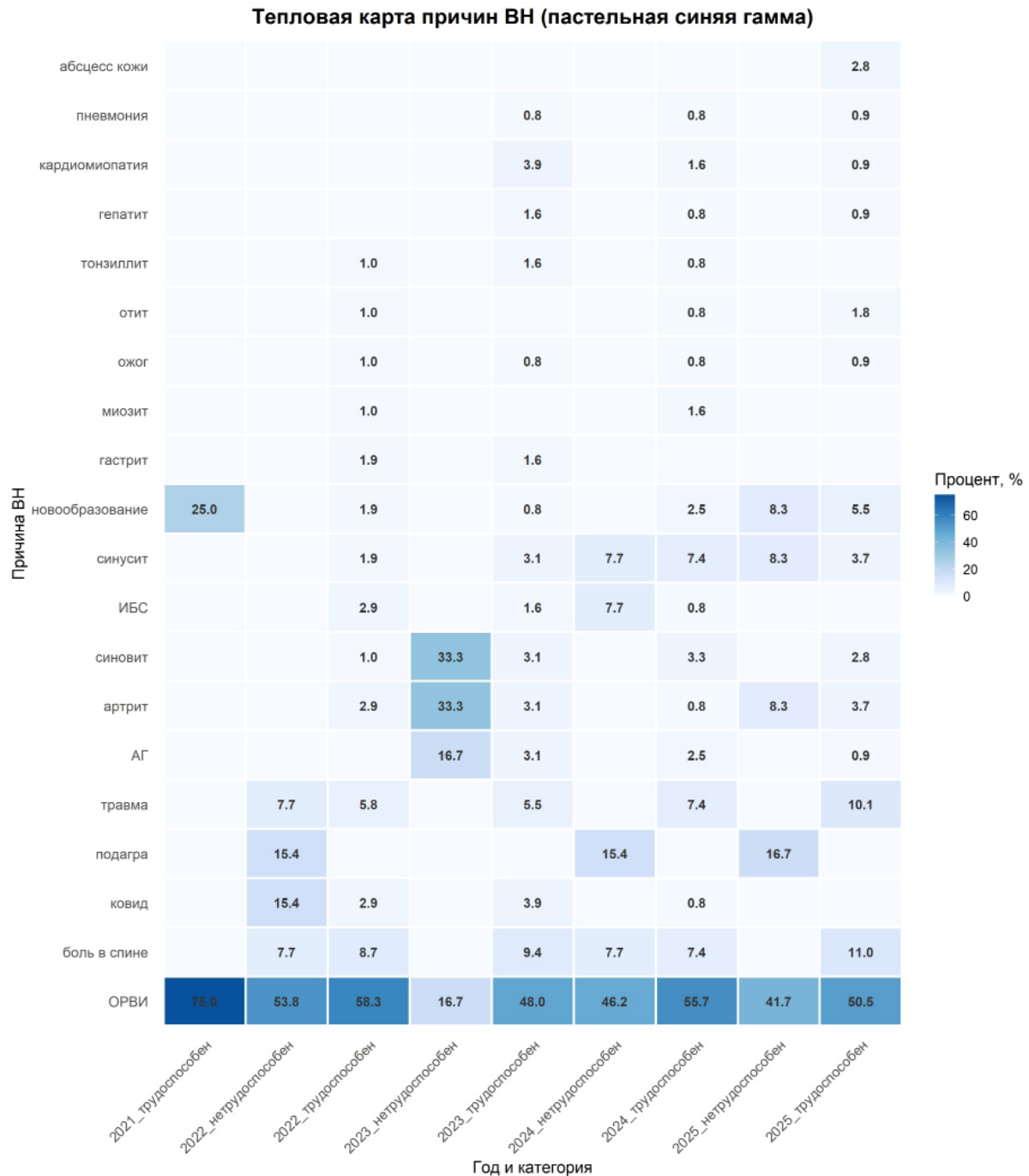


Рисунок 4. Структура заболеваемости пациентов с состоянием после COVID-19 в период с 2021 по 2025 г.
Figure 4. Structure of morbidity in post-COVID-19 patients over the period from 2021 till 2025

Список литературы / References

1. Смирнов А.В. Демографические и экономические последствия пандемии COVID-19 в Российской Федерации. *ДЕМИС. Демографические исследования*. 2025;5(2):22-39. [дата обращения: 17.09.2025]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/demograficheskie-i-ekonomicheskie-posledstviya-pandemii-covid-19-v-rossiyskoy-federatsii>
Smirnov A.V. Demographic and Economic Consequences of the COVID-19 Pandemic in the Russian Federation. *DE-MIS. Demographic Research*. 2025;5(2):22-39. [date of access: 17.09.2025]. Available from:

<https://cyberleninka.ru/article/n/demograficheskie-i-ekonomicheskie-posledstviya-pandemii-covid-19-v-rossiyskoy-federatsii> (In Russ.).
2. Савина Т.Н., Минаева О.А., Иванов Е.П., Родин М.А., Лебедева А.А. Влияние пандемии COVID-19 на экономический рост. *Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА*. 2024;(1):24-39.
Savina TN, Minaeva OA, Ivanov EP, Rodin MA, Lebedeva AA. The impact of the COVID-19 pandemic on economic growth. *Herald of the Moscow University of Finances and Law MFUA*.

2024;(1):24-39. (In Russ.).

3. Barfar E, Raei B, Daneshi S, Bagher Barahouei F, Hushmandi K. The burden of COVID-19 based on disability-adjusted life years: a systematic review of available evidence. *Front Public Health*. 2025;13:1401726.

DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1401726>

4. Chung Y.S., Lam C.Y., Tan P.H. et al. Comprehensive Review of COVID-19: Epidemiology, Pathogenesis, Advancement in Diagnostic and Detection Techniques, and Post-Pandemic Treatment Strategies. *Int J Mol Sci*. 2024;25(15):8155.

DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25158155>

5. Peter RS, Nieters A, Göpel S, Merle U, Steinacker JM, Deibert P, et al. Persistent symptoms and clinical findings in adults with post-acute sequelae of COVID-19/post-COVID-19 syndrome in the second year after acute infection: A population-based, nested case-control study. *PLoS Med*. 2025;22(1):e1004511.

DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004511>

6. Greenhalgh T, Knight M, A'Court C, et al. Management of post-acute covid-19 in primary care. *BMJ*. 2020;370:3026.

DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.m3026>

7. Shah W, Hillman T, Playford ED, et al. Managing the long term effects of COVID-19: Summary of NICE, SIGN, and RCGP rapid guideline. *BMJ*. 2021;372:136.

DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n136>

8. Vlaming-van Eijk LE, Tang G, Bourgonje AR, et al. Post-COVID-19 condition: clinical phenotypes, pathophysiological mechanisms, pathology, and management strategies. *J Pathol*. 2025;266(4-5):369-389.

DOI: <https://doi.org/10.1002/path.6443>

9. Nuber-Champier A, Breville G, Voruz P, Jacot de Alcântara I, Lalive PH, Allali G, et al. Inflammatory predictors of Post-COVID fatigue. *Brain Behav Immun Health*. 2025;49:101109.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2025.101109>

10. Barichello T, Kluwe-Schiavon B, Borba LA, Pedro LC, Niero FS, Dos Santos LN, et al. Alterations in Gut Microbiome Composition and Increased Inflammatory Markers in Post-

COVID-19 Individuals. *Mol Neurobiol*. 2025;62(6):8038-8047.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s12035-025-04769-w>

11. Mink S, Wilhelm F, Cadamuro J, Reimann P, Fraunberger P. Anti-SARS-CoV-2 Antibodies in Long-COVID-Markers of Protection or Elevated Risk? A Systematic Review. *Rev Med Virol*. 2025;35(2):e70027.

DOI: <https://doi.org/10.1002/rmv.70027>

12. Wang R, Lin M, Yu S, Xue X, Hu X, Wang Z. Predictors of post-COVID-19 syndrome: a meta-analysis. *J Infect Dev Ctries*. 2025;19(4):490-497.

DOI: <https://doi.org/10.3855/jidc.18574>

13. Meyer M, Jonveaux T, Banasiak C, Bié M, Cartz Piver L, Chatelain A. Long-term neuropsychological consequences of severe COVID-19 infection: the NEUROCOG-COVID study. *J Neurol*. 2025;272(5):363.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00415-025-13097-x>

14. Gasnier M, Pinson P, Beeker N, Truong-Allié C, Becquemont L, Falissard B, Corruble E, Colle R. Acute COVID-19 severity markers predict post-COVID new-onset psychiatric disorders: A 2-year cohort study of 34,489 patients. *Mol Psychiatry*. 2025 Apr;30(4):1329-1337.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41380-024-02739-7>

15. Стома И.О., Баранов О.Ю., Беляков Н.А., Галиновская Н.В., Воропаев Е.В., Рассохин В.В., и др. Изменение морфометрических и нейрохимических показателей структур мозга у пациентов с постковидным синдромом. *Вестні Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя медыцынскіх навук*. 2025;22(2):102-118.

DOI: <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2025-22-2-102-118>

Stoma IO, Baranov OYu, Belyakov NA, Halinouskaya NV, Voropaev EV, et al. Changes in morphometric and neurochemical parameters of brain structure in patients with post-COVID syndrome. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*. 2025;22(2):102-118. (in Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2025-22-2-102-118>

Информация об авторе / Information about the author

Никифорова Ольга Леонидовна, старший преподаватель кафедры поликлинической терапии и общеврачебной практики с курсом ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6123-2919>

e-mail: Nikiforova.O.L@yandex.ru

Olga L. Nikiforova, Senior Lecturer at the Department of Polyclinyc (Out-patient) Therapy and General Medical Practice with the course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6123-2919>

e-mail: Nikiforova.O.L@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Никифорова Ольга Леонидовна

e-mail: Nikiforova.O.L@yandex.ru

Olga L. Nikiforova

e-mail: Nikiforova.O.L@yandex.ru

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 20.02.2026



Роль спортивной квалификации и пола в формировании склонности к игровой зависимости у студентов

Е. В. Снытков¹, Ма Мин², С. Б. Мельнов²

¹Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет физической культуры, г. Минск, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Выявить роль спортивной квалификации и пола в формировании склонности к патологическому гемблингу у молодых людей белорусской популяции, а также оценить потенциал спортивной активности как защитного фактора против игровой зависимости.

Материалы и методы. В ходе исследования проведено сравнительное изучение склонности к патологическому гемблингу у студентов-спортсменов ($n = 499$) и студентов, не занимающихся спортом ($n = 352$), с использованием модифицированного Канадского показателя проблемного гемблинга (CPGI). Статистический анализ выполнен с применением U-критерия Манна – Уитни. Также проведена стратификация спортсменов по уровню спортивной квалификации и балансировка выборок по полу для контроля гендерного дисбаланса.

Результаты. Установлено, что юноши в обеих группах демонстрируют значительно более высокие уровни оценки игровой зависимости по сравнению с девушками. Значимые различия в уровнях игровой зависимости выявлены также между юношами из разных групп ($p = 0,0028$), в то время как различия между девушками из разных групп статистически не значимы ($p = 0,4459$). Была продемонстрирована ключевая роль гендерного фактора, а не спортивной активности как таковой ($p < 0,0001$). В то же время выявлен внутренний градиент в группе спортсменов: чем выше спортивный разряд, тем ниже проявление игровой зависимости ($p < 0,0001$), что позволяет предположить компенсаторный эффект интенсивных и структурированных тренировок либо психологическое удовлетворение результатами спортивных достижений.

Заключение. В результате опроса было выявлено, что мужчины демонстрируют более высокие уровни склонности к игровой зависимости по сравнению с женщинами. При этом различия по этому показателю между девушками-спортсменками и девушками из группы сравнения были незначимы, а юноши, не занимающиеся спортом, более существенно склонны к игровой зависимости, чем юноши-спортсмены.

Ключевые слова: патологический гемблинг, поведенческая зависимость, студенты-спортсмены, гендерные различия, защитные факторы

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Коллектив авторов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Работа выполнена за счет внутренних ресурсов.

Для цитирования: Снытков ЕВ, Ма Мин, Мельнов СБ. Роль спортивной квалификации и пола в формировании склонности к игровой зависимости у студентов. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):119–127. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-14>

Role of sports qualification and gender in propensity for development of gambling addiction in students

Eugeny V. Snytkov¹, Ma Ming², Sergey B. Melnov²

¹Institute of Genetics and Cytology National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

²Belorussian State University of Physical Culture, Minsk, Belarus

Abstract

Objective. To identify the role of athletic qualification and gender in propensity for pathological gambling in young people in Belarusian population, as well as to assess the potential of sports activities as a protective factor against gambling addiction.

Materials and methods. The study compared the propensity for pathological gambling in student athletes ($n=499$) and non-athlete students ($n=352$) using the modified Canadian Problem Gambling Index (CPGI). Statistical analysis was performed using the Mann – Whitney U test to compare group medians. Additionally, athletes were stratified by sports qualification level, and gender-balanced subsamples were constructed to control for gender imbalance.

Results. It was concluded that male participants in both groups demonstrated significantly higher gambling propensity scores compared to females. Significant differences were identified between young males from different groups ($p=0.0028$), whereas no such difference was found among young females ($p=0.4459$). The key role of gender factor rather than sport activity per se, was demonstrated ($p<0.0001$). At the same time, an internal gradient was identified in the group of athletes: the higher the sports category, the lower the manifestation of gambling addiction ($p < 0.0001$), which make it possible to suggest a compensatory effect of intensive and structured training or psychological satisfaction with the results of sports achievements.

Conclusion. The study revealed that males prove higher levels of gambling propensity than females. While no statistically significant difference was found between female athletes and non-athlete females, male non-athlete students showed significantly greater gambling propensity than male athletes.

Keywords: *pathological gambling, behavioral dependence, student-athletes, gender differences, protective factors*

Author contributions. All authors made significant contributions to the research and analysis, preparation of the article, and read and approved the final version for publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Funding. The work was completed using internal resources.

For citation: Snytkov EV, Ma Ming, Melnov SB. Role of sports qualification and gender in propensity for development of gambling addiction in students. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):119–127. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-14>

Введение

В проекте МКБ-11 указано, что расстройство вследствие пристрастия к азартным играм (патологический гемблинг) характеризуется поведенческим паттерном постоянного или периодически повторяющегося пристрастия к азартным играм, участие в которых может происходить как онлайн (т. е. с использованием интернета), так и оффлайн (т. е. без использования интернета), и проявляется в следующем:

1) нарушение контроля над участием в азартных играх (включая начало, частоту, степень выраженности, продолжительность, прекращение, контекст);

2) рост приоритета участия в азартных играх до такой степени, что пристрастие к ним начинает преобладать над другими жизненными интересами и повседневной деятельностью;

3) продолжение или более активное участие в азартных играх, несмотря на возникновение негативных последствий.

Почти не отличается в проекте МКБ-11 формулировка, раскрывающая суть патологического гейминга (расстройство вследствие пристрастия к компьютерным играм) [1]. В отличие от проекта МКБ-11, где гемблинг- и гейминг-расстройства выделены как отдельные нозологические единицы (6C50 и 6C51 соответственно) на основе единого диагностического шаблона поведенческих аддикций, в МКБ-10 игровая зависимость описана единым кодом F63.0 «Патологическое влечение к азартным играм», без дифференциации по объекту поведения и с менее детализированными диагностическими критериями [2]. Это отражает эволюцию клинического понимания проблемного игрового поведения: переход от описания симптомокомплекса при конкретном

виде поведения к концептуализации общего паттерна дезадаптивного поведения, лежащего в основе различных нехимических зависимостей.

Патологический гемблинг считается аддитивным расстройством, поскольку он активирует в мозге индивида те же нейробиологические системы вознаграждения, что и, например, наркотики, что приводит к необходимости повторять аддитивное поведение [3]. Показатели распространенности игровой зависимости существенно различаются в разных исследованиях [4], что может быть связано как с методологическими подходами (отбор лиц для формирования выборки, использование различных диагностических тестов), так и с различиями в распространенности азартных игр в разных обществах или же в разное время. Другие факторы, такие как доступность, также играют важную роль в распространенности игровой зависимости и в значительной степени зависят от мер государственного регулирования игрового бизнеса, принимаемых правительствами. Не вызывает сомнения тот факт, что в связи с обширной цифровизацией населения в данный момент доступность игр с последующим формированием пристрастия к ним является наибольшей за всю историю человечества.

Эмпирические данные свидетельствуют о том, что общие элементы, присущие различным симптомам зависимости, могут повышать вероятность развития перекрестного аддитивного поведения двумя важными способами [5, 6]: во-первых, общие элементы могут способствовать циклу взаимности, усугубляя риск перехода от одного аддитивного поведения к другому (например, человек злоупотребляет алкоголем и, выпивая, постепенно развивает неупорядоченное игровое поведение); во-вторых, люди могут

искать удовлетворение через альтернативные аддиктивные формы поведения, стремясь избавиться от ранее сформировавшейся зависимости (например, наркоманы могут заменять употребление наркотических веществ алкоголем, стремясь воздержаться от первого) [7].

На сегодняшний день доказательства взаимосвязи между различными формами зависимости были изучены с помощью корреляционного анализа [8, 9], логистической регрессии [10], моделирования структурными уравнениями [11] и др., и были сделаны выводы о высокой коморбидности и значимом перекрытии различных поведенческих аддикций: лица с одной формой аддиктивного поведения чаще демонстрируют симптомы другой формы аддиктивного поведения. Таким образом, наличие одной из форм аддиктивного состояния может служить маркером поведенческого риска по всем другим формам. Как следствие, вероятность развития других, более тяжелых, форм аддиктивного поведения, судя по имеющимся данным, значительно выше у лиц, имеющих игровую зависимость, что позволяет рассматривать игровую зависимость как один из предикторов развития более криминогенных социально неблагополучных зависимостей, таких как алкогольная и наркотическая.

Статистика по игровой зависимости населения Республики Беларусь недостаточна, однако в свободном доступе имеются данные о том, что игровые заведения, которых в Беларуси насчитывается почти 250, ежемесячно посещают около 3,5 млн человек. Причем около 15 % из них осуществляют это регулярно — два-три раза в неделю [12]. На актуальность данной проблемы указывает также и тот факт, что на сайте Министерства по налогам и сборам Республики Беларусь размещена информация о патологической игровой зависимости и дана ссылка на тест на определение уровня зависимости от азартных игр [13], которая ведет на страницу с тестом на определение уровня зависимости от азартных игр на сайте Республиканского научно-практического центра психического здоровья [14]. Это связано с тем, что ведомство, помимо контроля за лицензированием и налогообложением операторов азартных игр, участвует в реализации мер по профилактике аддиктивного поведения в рамках государственной политики. Соответствующие требования закреплены в постановлении Министерства по налогам и сборам Республики Беларусь «О порядке ведения и доведения до сведения организаторов азартных игр перечня физических лиц, ограниченных в посещении игорных заведений» от 30 ноября 2012 г. № 36, а также в постановлении Совета министров Республики Беларусь «О мерах по реализации Указа

Президента Республики Беларусь от 7 августа 2018 г. № 305» от 1 марта 2019 г. № 139.

Цель исследования

Выявить роль спортивной квалификации и пола в формировании склонности к патологическому гемблингу у молодых людей белорусской популяции, а также оценить потенциал спортивной активности как защитного фактора против игровой зависимости.

Материалы и методы

Исследование выполнено в дизайне аналитического поперечного сопоставительного исследования, направленного на оценку ассоциации между спортивной активностью, уровнем спортивной квалификации и полом спортсменов с выраженностью симптомов игрового расстройства. В рамках исследования были сформированы две группы. Основная группа включала студентов-спортсменов, занимающихся физической культурой в соответствии с образовательными программами вузов, в количестве 499 человек, из них юношей — 314 (62,9 %), девушек — 185 (37,1 %). Группа сравнения состояла из студентов, не занимающихся спортом, в количестве 352 человек: юношей — 78 (22,2 %), девушек — 274 (77,8 %). Нужно отметить, что размер выборки является достаточным, так как соответствует формуле необходимого объема выборки:

$$\frac{Z^2 \times (p) \times (1 - p)}{C^2}$$

где Z — значение стандартного нормального распределения, соответствующее желаемому уровню доверительной вероятности (например, 1,96 для 95%-ного доверительного интервала),

p — ожидаемая (предполагаемая) доля лиц с изучаемым признаком в генеральной совокупности,

C — допустимая ошибка оценки пропорции, т. е. половина ширины доверительного интервала (при желаемой точности $\pm 5\% \rightarrow C = 0,05$).

Согласно этой формуле, при объеме генеральной совокупности 5000 человек, 95%-ной доверительной точности и 5%-ном доверительном интервале необходимо иметь выборку в 357 человек, что значительно меньше объема выборки, использованной нами в исследовании [15].

Основная группа была поделена на подгруппы в зависимости от спортивного разряда. Так, спортивного разряда не имели 102 человека, из них 69 мужчин (13,8 \pm 1,54 %) и 33 женщины (6,6 \pm 1,11 %). Имели 3-й разряд 10 человек: 4 юноши (0,8 \pm 0,4 %) и 6 девушек (1,2 \pm 0,49 %);

47 человек имели 2-й разряд: 31 юноша (6,2±1,08%) и 16 девушек (3,2±0,79 %); 119 человек имели 1-й разряд: 88 юношей (17,6±1,7 %) и 31 девушка (6,2±1,08 %). Разряд «кандидат в мастера спорта» (КМС) имели 148 человек: 81 юноша (16,2±1,65 %) и 67 девушек (13,5±1,53 %). Разряд «мастер спорта» (МС) имели 62 человека: 34 юноши (6,9±1,13 %) и 28 девушек (5,6±1,03 %). Разряд «мастер спорта международного класса» (МСМК) имели 11 человек: 7 юношей (1,4±0,53 %) и 4 девушки (0,8±0,4 %).

Оценка склонности индивидов к патологическому гемблингу проводилась с использованием модифицированного Канадского показателя проблемного гемблинга (CPGI), который позволяет разделить выборку на три категории:

низкого риска, умеренного риска и проблемных групп [14].

В качестве критерия оценки различий для сравнения групп был использован U-критерий Манна – Уитни.

Результаты и обсуждение

Нами было проведено сравнение баллов, набранных участниками в ходе анкетирования, внутри основной группы с помощью U-критерия Манна – Уитни. Данное сравнение показало, что юноши-спортсмены в ходе опроса на наличие скрытой патологической игровой зависимости набирают значимо больше баллов по сравнению с девушками-спортсменками (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение медиан баллов по показателям анкетирования между юношами и девушками в основной группе спортсменов

Table 1. Comparison of median scores on questionnaire data between male and female in the main study group athletes

Половой состав группы	Объем выборки, чел.	Медиана [Q1–Q3]	U-статистика	p-value
Юноши	314	3,00 [1,00–5,00]	22 020,00	< 0,0001
Девушки	185	1,00 [0,00–3,00]		

В группе сравнения также выявлены значимые гендерные различия по количеству баллов, набранных в ходе анкетирования. Юноши получали значимо более высокие баллы по сравнению с девушками при $p < 0,0001$, однако наблюдаемая разница в баллах между полами была более выраженной в группе сравнения по сравнению с основной группой.

Также нами было проведено аналогичное сравнение внутри группы спортсменов высокого класса (КМС, МС, МСМК). В результате было выявлено, что юноши-спортсмены также в ходе анкетирования набирают значимо более высокие

баллы оценки патологического гемблинга, однако разница в медианах между юношами- и девушками-спортсменами высокого класса значительно меньше, чем при общем сравнении аналогичного показателя всей основной группы по полу (таблица 2). Снижение медианного балла и разницы между юношами и девушками в подгруппе спортсменов высокого класса позволяет выдвинуть гипотезу, согласно которой систематическая спортивная подготовка на высоком уровне может выступать в качестве фактора, ассоциированного со снижением риска развития симптомов патологического гемблинга.

Таблица 2. Сравнение медиан баллов по шкале патологического гемблинга между юношами и девушками среди спортсменов высокого класса (КМС/МС/МСМК)

Table 2. Comparison of median scores on the pathological gambling scale between male and female high-class athletes (CMS/MS/MSIK)

Половой состав группы	Объем выборки, чел.	Медиана [Q1–Q3]	U-статистика	p-value
Юноши	122	2,00 [1,00–4,00]	4938,50	0,0178
Девушки	99	1,00 [0,00–3,00]		

Несмотря на наличие гендерных различий в баллах по шкале игровой зависимости в обеих подгруппах, повышение спортивной квалификации сопровождается сокращением межполовой разницы в медианах баллов по шкале патологического гемблинга, что может указывать на моде-

рирующий эффект высокого уровня спортивной подготовки в отношении половых различий в склонности к игровому поведению.

Для подтверждения наблюдаемых различий в игровом поведении спортсменов высокого класса мы провели сравнение полученных в ходе

опроса результатов высокоуровневых спортсменов и спортсменов остальных категорий. U-критерий Манна – Уитни показал, что эти группы имеют значительные различия по баллам шкалы

патологического гемблинга и группа спортсменов высокого класса набирает меньшее количество баллов (таблица 3).

Таблица 3. Сравнение медиан баллов по шкале патологического гемблинга между спортсменами высокого класса (КМС/МС/МСМК) и спортсменами других категорий квалификации
Table 3. Comparison of median scores on the pathological gambling scale between high-class athletes (CMS/MS/MSIK) and athletes of other qualification categories

Категория	Объем выборки, чел.	Медиана [Q1–Q3]	U-статистика	p-value
КМС/МС/МСМК	221	2,00 [1,00–3,00]	24 421,00	< 0,0001
Остальные категории	278	3,00 [1,00–5,00]		

При сравнении основной группы и группы сравнения по медиане суммарных баллов по шкале патологического гемблинга нами были также выявлены значимые различия. Так, сту-

денты-спортсмены показали значимо более высокую медиану баллов, чем их сверстники, не вовлеченные в спортивную деятельность (таблица 4).

Таблица 4. Сравнение медиан баллов по шкале патологического гемблинга между студентами-спортсменами и студентами, не занимающимися спортом
Table 4. Comparison of median scores on the pathological gambling scale between student-athletes and non-athletic students

Группа	Объем выборки, чел.	Медиана [Q1–Q3]	U-статистика	p-value
Основная группа	499	2,00 [1,00–4,00]	79 243,00	0,0138
Группа сравнения	352	2,00 [1,00–3,00]		

Однако куда больший интерес представляет сравнение по медиане баллов по шкале патологического гемблинга юношей основной группы и группы сравнения. При этом сравнении наблю-

даются значимые различия: юноши, не занимающиеся спортом, продемонстрировали значимо более высокую медиану баллов, чем их сверстники-спортсмены (таблица 5).

Таблица 5. Сравнение медиан баллов по шкале патологического гемблинга между юношами-спортсменами и юношами, не занимающимися спортом
Table 5. Comparison of median scores on the pathological gambling scale between male athletes and non-athletic males

Группа	Объем выборки, чел.	Медиана [Q1–Q3]	U-статистика	p-value
Юноши-спортсмены	314	3,00 [1,00–5,00]	14 643,5	0,0069
Юноши, не занимающиеся спортом	78	3,00 [2,00–5,00]		

При этом девушки-спортсменки и девушки, не занимающиеся спортом, не имеют значимых

различий в медианах набранных в ходе анкетирования баллов (таблица 6).

Таблица 6. Сравнение медиан баллов по шкале патологического гемблинга между девушками-спортсменками и девушками, не занимающимися спортом
Table 6. Comparison of median scores on the pathological gambling scale between female athletes and non-athletic females

Группа	Объем выборки, чел.	Медиана [Q1–Q3]	U-статистика	p-value
Девушки-спортсменки	185	1,00 [0,00–3,00]	24 341,5	0,4618
Девушки, не занимающиеся спортом	274	1,00 [0,00–3,00]		

Углубленный анализ того, каким образом спортивная деятельность связана с уровнем симптомов игрового расстройства, был проведен путем сравнения по медиане баллов по шкале патологического гемблинга юношей-спортсменов

высокой категории и юношей из группы сравнения (таблица 7), а также юношей-спортсменов остальных категорий и юношей группы сравнения (таблица 8).

Таблица 7. Сравнение юношей категорий КМС/МС/МСМК и юношей группы сравнения по медиане баллов

Table 7. Comparison of male of CMS/MS/MSMK categories and males from the comparison group by median scores

Группа	Объем выборки, чел.	Медиана [Q1–Q3]	U-статистика	p-value
Юноши категорий КМС/МС/МСМК	122	2,00 [1,00–4,00]	3007,5	< 0,0001
Юноши группы сравнения	78	3,00 [2,00–5,00]		

В результате проведенного сравнения мы можем видеть, что юноши категорий КМС/МС/МСМК сильно отличаются по медиане баллов от

юношей группы сравнения и имеют более низкий набранный в ходе опроса балл.

Таблица 8. Сравнение по медиане баллов юношей-спортсменов низких категорий и юношей группы сравнения

Table 8. Comparison of median scores on the pathological gambling scale between male athletes of other qualification categories and males in the comparison group

Группа	Объем выборки, чел.	Медиана [Q1–Q3]	U-статистика	p-value
Юноши-спортсмены низкой квалификации	123	3,00 [1,00–5,00]	3887,0	0,0224
Юноши группы сравнения	78	3,00 [2,00–5,00]		

Однако при сравнении по медиане баллов юношей-спортсменов с более низкой квалификацией с юношами группы сравнения мы можем видеть, что разница между значениями медиан набранных в ходе анкетирования баллов значительно снижается с сохранением значимости различий между группами, а р-уровень ненамного ниже предварительно установленного уровня статистической значимости 0,05.

В целом по результатам исследования очевидно, что юноши в обеих группах являются более предрасположенными к игровому поведению по сравнению с девушками. Так, в обеих группах набранный в ходе анкетирования медианный балл по шкале патологического гемблинга оказался значимо выше у юношей. При этом различия в медианах набранных в ходе анкетирования

баллов между девушками из группы спортсменов и девушками из группы сравнения отсутствуют. Интересно, что набранный балл по шкале патологического гемблинга юношей из группы сравнения оказался, вопреки нашим ожиданиям, значимо выше, чем у юношей из группы спортсменов.

Очевидным является тот факт, что группы не сбалансированы по половому составу: в группе спортсменов намного больше юношей, чем в группе сравнения, где преобладают девушки. Для исключения влияния гендерного дисбаланса были построены сбалансированные выборки путем случайного отбора 78 юношей и 185 девушек в каждой группе. Сравнение этих групп показало, что значимые различия между группами по медианам набранных баллов отсутствуют (таблица 9).

Таблица 9. Сравнение медиан баллов сбалансированных основной группы и группы сравнения

Table 9. Comparison of balancing median scores between the main and comparison groups

Группа	Объем выборки, чел.	Медиана [Q1–Q3]	U-статистика	p-value
Основная группа	263	2,00 [1,00–4,00]	32 913,0	0,3302
Группа сравнения	263	2,00 [1,00–3,00]		

Также мы повторили сравнение медиан набранных в ходе анкетирования баллов сбалансированных по полу выборок между юношами основной группы и юношами группы сравнения и выяснили, что эти группы значимо различаются между собой ($U = 2205,00$, $p = 0,0028$). Сравнение медиан набранных баллов сбалансированных по полу выборок между девушками основной группы и девушками группы сравнения не показало наличия значимых различий ($U = 17\,879,50$, $p = 0,4459$).

Игровая зависимость, по нашему мнению, может являться компенсаторной реакцией, ответом на повседневный стресс. Поэтому, например, многие специалисты, глубоко изучавшие образ жизни студентов, считают, что данную категорию следует выделить в группу повышенного фактора риска [16]. К таким факторам они относят хроническое нервное напряжение, частое умственное переутомление, нарушение режима труда и отдыха, сна, питания, дефицит двигательной активности, курение и т. д. Было показано, что студенты, ведущие активный образ жизни, в меньшей степени подвержены влиянию вредных привычек или аддиктивных форм поведения [17]. Имеется убедительный вывод о высоком потенциале спортивных программ, как и других структурированных досуговых мероприятий, в снижении уровня преступности, употребления алкоголя и наркотиков и, с высокой долей вероятности, игровой зависимости [18].

Также стоит отметить, что по данным С. Ю. Тарасовой [19], молодые игроки характеризуются специфическим профилем: повышенные показатели по шкалам психастении и ипохондрии (соматизация тревоги), высокий уровень враждебности и аутоагрессивные тенденции, дезадаптивность, страх быть осмеянным, противоречивость ценностной системы. Кроме того, игроки склонны интерпретировать нейтральные ситуации как угрожающие, ожидать агрессии от окружающих и занимать оборонительно-нападающую позицию, что значительно увеличивает стрессовую нагрузку. В то же время, по данным С. В. Власовой и соавторов [20], в контексте психологического портрета спортсмена отмечаются такие характеристики, как экстраверсия, эмоциональная стабильность и низкий уровень тревоги, которые усиливаются с ростом квалификации.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что психологический портрет игрока — это портрет дезадаптивной личности, для которой игра становится патологической формой компенсации внутреннего неблагополучия, высокой тревожности, враждебности к миру и нарушения волевой регуляции. В противоположность этому портрет спортсмена представляет собой портрет успешной и адаптивной личности, используя

щей спортивную деятельность как социально одобряемый канал для развития саморегуляции, командного взаимодействия, личностного роста и достижения целей.

Полученные в нашем исследовании данные эмпирически подтверждают это фундаментальное различие: было показано, что с ростом квалификации склонность к игровой зависимости у спортсменов идет на спад. Данный факт свидетельствует о том, что патологическая тяга к азартным играм замещается профессиональной спортивной активностью, где соревновательный азарт и стремление к достижению цели находят конструктивное и социально приемлемое применение.

Заключение

В целом результаты исследования показывают, что обследованные юноши демонстрируют более высокие уровни склонности к игровой зависимости по сравнению с девушками. При этом различия по данному показателю между девушками основной группы и девушками группы сравнения отсутствуют. Наиболее интересным является сравнение этого показателя среди мужчин, при котором юноши группы сравнения существенно более склонны к игровой зависимости, чем юноши основной группы. Но при балансировке по полу выборок различия отсутствуют.

Эти данные позволяют предположить, что изначально выявленные различия по медианам набранных в ходе анкетирования баллов были обусловлены гендерным дисбалансом в выборках. Таким образом, риск патологической игровой зависимости в популяции в большей степени связан с полом, чем со спортивной деятельностью. Тем не менее внутри основной группы наблюдается следующая тенденция: чем выше спортивный разряд, тем ниже выраженность игрового поведения, что может свидетельствовать о компенсаторной роли систематических тренировок. Однако, как было показано ранее в других исследованиях другими авторами [17, 18, 20], активное занятие спортом в значительной степени снижает риск развития аддиктивных форм поведения, что и было подтверждено нами.

В дальнейшем целесообразно провести лонгитюдное исследование, направленное на изучение динамики симптомов игровой зависимости у студентов-спортсменов и их сверстников, не занимающихся спортом, с учетом таких факторов, как объем и интенсивность тренировочной нагрузки, вид спорта (командный/индивидуальный, контактный/неконтактный, циклический/ациклический), а также психологические характеристики участников (например, импульсивность, склонность к рискованному поведению, уровень тревожности).

Список литературы / References

1. МКБ-11 для ведения статистики смертности и заболеваемости. World Health Organization, 2025. [дата обращения: 17.09.2025]. Режим доступа: <https://icd.who.int/browse/2025-01/mms/ru#1448597234>
- ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics. World Health Organization, 2025. [date of access: 17.09.2025]. Available from: <https://icd.who.int/browse/2025-01/mms/en#1448597234> (In Russ.).
2. МКБ 10 - Международная классификация болезней 10-го пересмотра [Электронный ресурс]. World Health Organization, 2019. [дата обращения: 17.09.2025]. Режим доступа: <https://mkb-10.com/index.php?pid=4345>
- International Classification of Diseases, 10th Revision (ICD-10) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2019 [date of access: 2025 Sep 17]. Available from: <https://mkb-10.com/index.php?pid=4345> (In Russ.).
3. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5. 5th ed. Arlington (VA): American Psychiatric Publishing; 2013. DOI: <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
4. Calado F, Alexandre J, Griffiths M. Prevalence of adolescent problem gambling: a systematic review of recent research. *J Gamb Stud*. 2017;33(2):397-424. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10899-016-9627-5>
5. Ford M, Håkansson A. Problem gambling, associations with comorbid health conditions, substance use, and behavioural addictions: opportunities for pathways to treatment. *PLoS One*. 2020;15(1):e0227644. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227644>
6. Tang KTY, Kim HS, Hodgins DC, McGrath DS, Tavares H. Gambling disorder and comorbid behavioral addictions: demographic, clinical, and personality correlates. *Psychiatry Res*. 2020;284:112763. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.112763>
7. Burleigh TL, Griffiths MD, Sumich A, Stavropoulos V, Kuss DJ. A systematic review of the co-occurrence of gaming disorder and other potentially addictive behaviors. *Curr Addict Rep*. 2019;6(4):383-401. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40429-019-00279-7>
8. Estévez A, Jáuregui P, Sánchez-Marcos I, López-González H, Griffiths MD. Attachment and emotion regulation in substance addictions and behavioral addictions. *J Behav Addict*. 2017;6(4):534-544. DOI: <https://doi.org/10.1556/2006.6.2017.086>
9. Müller M, Brand M, Mies J, Lachmann B, Sariyska RY, Montag C. The 2D:4D marker and different forms of Internet use disorder. *Front Psychiatry*. 2017;8:213. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00213>
10. Mérelle SYM, Kleiboer AM, Schotanus M, Cluitmans TLM, Waardenburg CM, Kramer D, et al. Which health-related problems are associated with problematic video-gaming or social media use in adolescents? A large-scale cross-sectional study. *Clin Neuropsychiatry*. 2017;14(1):11-19.
11. Lee HJ, Tran DD, Morrell HER. Smoking, ADHD, and problematic video game use: a structural modeling approach. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2018;21(5):281-286. DOI: <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.0429>
12. Территориальный центр социального обслуживания населения Полоцкого района. Полоцк: Полоцкий ТЦСОН [дата обращения 17.09.2025]. Режим доступа: <http://polotsk-tcson.by/%d0%9b%d1%83%d0%b4%d0%be%d0%b0%d0%bd%d0%b8%d1%8f/>
- Territorial social services center for the population of Polatsk district. Polatsk: Polatsk TSSCP [date of access: 17.09.2025]. Available from: <http://polotsk-tcson.by/%d0%9b%d1%83%d0%b4%d0%be%d0%b0%d0%bd%d0%b8%d1%8f/> (In Russ.).
13. Министерство по налогам и сборам Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. Минск: МНС Республики Беларусь [дата обращения: 17.09.2025]. Режим доступа: https://www.nalog.gov.by/tax_control/gambling_for_individuals/
- Ministry of Taxes and Duties of the Republic of Belarus. List of state healthcare institutions providing specialized neurological care for individuals with pathological gambling [Electronic resource]. Minsk: Ministry of Taxes and Duties of the Republic of Belarus; [date of access: 17.09.2025]. Available from: https://www.nalog.gov.by/tax_control/gambling_for_individuals/ (In Russ.).
14. ГУ «Республиканский научно-практический центр психического здоровья». Минск: РНПЦ психического здоровья [дата обращения: 18.09.2025]. Режим доступа: <https://mentalhealth.by/test-na-opredelenie-urovnja-zavisimosti-ot-azartnyh-igr/>
- Republican Research and Practical Center for Mental Health. Canadian Problem Gambling Index (CPGI): methodology and instructions. Minsk: RRPCMH; [date of access: 18.09.2025]. Available from: <https://mentalhealth.by/test-na-opredelenie-urovnja-zavisimosti-ot-azartnyh-igr/> (In Russ.).
15. Lohr SL. Sampling: design and analysis. 3rd ed. Boca Raton (FL): CRC Press; 2022. 650 p.
16. Ковригин С.Е. Вредные привычки: медицинское руководство. Москва: Просвещение; 2012. 297 с.
- Kovrigin SE. Harmful habits: a medical guide. Moscow: Prosvshchenie; 2012. 297 p. (In Russ.).
17. Максимова ТС. Физическая культура и спорт как профилактика вредных привычек у студентов. Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая»; 2020 апреля 21–24; Кемерово, Россия. Кемерово: Кемеровский государственный университет; 2020. с. 63502.1-63502.4.
- Maksimova TS. Physical culture and sport as prevention of harmful habits among students. In: Proceedings of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists with International Participation "Rossia Molodaia"; 2020 Apr 21-24; Kemerovo, Russia. Kemerovo: Kemerovo State University; 2020. p. 63502.1-63502.4. (In Russ.).
18. United Nations Office on Drugs and Crime. Leveraging sport for substance use prevention: reviewing the evidence at the Commission on Narcotic Drugs. Vienna: UNODC; 2021 Apr 15 [date of access: 18.09.2025]. Available from: <https://www.unodc.org/dohadecaration/en/news/2021/04/leveraging-sport-for-substance-use-prevention-reviewing-the-evidence-at-the-commission-on-narcotic-drugs.html>.
19. Тарасова СЮ. Психологический портрет современного молодого игромана. *Психолог*. 2022;(4):29-55. DOI: <https://doi.org/10.25136/2409-8701.2022.4.38448>
- Tarasova SY. Psychological portrait of the modern young problem gambler. *Psikholog*. 2022;(4):29-55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25136/2409-8701.2022.4.38448>
20. Власова СВ, Александрович АП, Булышко ЕС, Степанова ЕМ. Психологические особенности спортсменов игровых видов спорта в возрастном аспекте. *Прикладная спортивная наука*. 2024;(2/10):5-13.
- Vlasova SV, Aleksandrovich AP, Bulyanko ES, Stepanova EM. Psychological characteristics of athletes in team sports across age groups. *Prikladnaya sportivnaya nauka*. 2024;(2/10):5-13. (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the authors

Снытков Евгений Владимирович, научный сотрудник лаборатории генетики человека, ГНУ «Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7961-1952>

e-mail: evsnytkov@gmail.com

Ма Мин, аспирант кафедры физиологии, УО «Белорусский государственный университет физической культуры», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6003-7766>

e-mail: 961712250@qq.com

Мельнов Сергей Борисович, д.б.н., профессор, профессор кафедры анатомии, УО «Белорусский государственный университет физической культуры», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9820-4188>

e-mail: sbmelnov@gmail.com

Eugeny V. Snytkov, Researcher at the Laboratory of Human Genetics, State Institute of Genetics and Cytology National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7961-1952>

e-mail: evsnytkov@gmail.com

Ma Ming, Postgraduate student at the Department of Physiology, Belarusian State University of Physical Culture, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6003-7766>

e-mail: 961712250@qq.com

Sergey B. Melnov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor at the Department of Anatomy, Belarusian State University of Physical Culture, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9820-4188>

e-mail: sbmelnov@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Снытков Евгений Владимирович

e-mail: evsnytkov@gmail.com

Eugeny V. Snytkov

e-mail: evsnytkov@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 23.02.2026



Нейрофиброматоз Реклингхаузена, ассоциированный с развитием злокачественной шванномы

Н. М. Вихарева, И. А. Куликова

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель. Беларусь

Резюме

В статье представлен клинический случай редкого заболевания — нейрофиброматоза (НФ). Продемонстрированы типичные клинические симптомы, диагностическая и лечебная тактика. Затронуты проблемы онкоопасности и малигнизации. Пациенты с НФ1 имеют высокий риск развития новообразований, в том числе высокий риск малигнизации, что значительно сокращает продолжительность жизни этих людей.

Ключевые слова: *нейрофиброматоз, болезнь Реклингхаузена, злокачественная шваннома*

Вклад авторов. Концепция и дизайн исследования, подготовка текста статьи, описание клинического случая, редактирование, обзор публикаций по теме статьи, обсуждение данных, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Вихарева НМ, Куликова ИА. Нейрофиброматоз Реклингхаузена, ассоциированный с развитием злокачественной шванномы. *Проблемы здоровья и экологии.* 2026;23(1):128–133. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-15>

Recklinghausen's neurofibromatosis associated with the development of malignant schwannoma

Nadezda M. Vishareva, Iryna A. Kulikova

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

The article presents a clinical case of a rare disease neurofibromatosis (NF). Typical clinical symptoms, diagnostic and therapeutic tactics are demonstrated. The problems of cancer alertness and malignancy are touched on. Patients with NF1 have a high risk of developing neoplasms, including a high risk of malignancy, which significantly reduces the life expectancy of these people.

Keywords: *neurofibromatosis, Recklinghausen's disease, Schwannoma maligna*

Author contributions. Concept and design of the study, preparation of the article text, description of a clinical case, editing, review of publications on the topic of the article, discussion of data, verification of critical content, approval of the manuscript for publication.

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

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Vishareva NM, Kulikova IA. Recklinghausen's neurofibromatosis associated with the development of malignant schwannoma. *Health and Ecology Issues.* 2026;23(1):128–133. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-15>

Введение

Среди наследственных заболеваний, predisposing к возникновению новообразований у человека, самым распространенным является НФ [1]. В литературных источниках описано всего восемь типов НФ, однако в последнее время большинство из них (помимо НФ2) считаются abortивными формами НФ1 и в качестве самостоятельных нозологических форм не выделяются [1].

Нейрофиброматоз представляет собой достаточно распространенную форму моногенной наследственной патологии и встречается в популяции с частотой от 1:2000 до 1:4000 населения [2]. Заболевание характеризуется развитием новообразований преимущественно эктодермального происхождения с поражением нервов, кожи и центральной нервной системы, наличием типичных пигментных пятен типа «кофе с моло-

ком», аномалиями развития костного скелета, а также другими клиническими проявлениями [2]. Тип наследования заболевания аутосомно-доминантный с пенетрантностью, близкой к 100 % [2]. В зависимости от распространенности и локализации новообразований заболевание подразделяется на периферическую и центральную формы: нейрофиброматоз 1-го (НФ1) и нейрофиброматоз 2-го (НФ2) типов соответственно. В основе развития НФ1 лежит мутация в гене NF1. Ген NF1 отвечает за образование белка нейрофибромина, который подавляет процессы роста и деления злокачественных клеток. При возникновении мутации белок нейрофибромин не вырабатывается, и клетки начинают быстро и бесконтрольно делиться, что приводит к образованию опухолей [1].

В настоящее время НФ1 диагностируется с использованием установленных диагностических критериев. Генетическое тестирование зарезервировано для сложных клинических проявлений и принятия репродуктивных решений [1].

Нейрофибромы — доброкачественные новообразования со смешанными типами клеток, включая клетки Шванна, периневральные клетки и фибробласты. Новообразования также содержат тучные клетки, аксональные отростки и коллагеновый внеклеточный матрикс.

Симптомы НФ1 включают:

- наличие светло-коричневых пятен («кофе с молоком») на коже;
- появление двух и более нейрофибром («шишек» размером с горошину), которые могут расти на нервной ткани, под кожей;
- проявление веснушек в подмышечных или в паховой областях;
- появление крошечных коричневых скоплений пигмента на радужной оболочке глаз (узелки Лиша);
- новообразования зрительного нерва (глиома зрительного нерва);
- сколиоз;
- деформация других костей скелета [2, 3, 4, 6].

Симптомы НФ1 различаются у каждого человека. Те, которые связаны с кожей, часто присутствуют при рождении, в младенчестве и к десятилетию ребенка. В возрасте от 10 до 15 лет нейрофибромы могут стать очевидными. Такие симптомы, как пятна цвета «кофе с молоком», веснушки и узелки Лиша, представляют минимальный или нулевой риск для здоровья человека, являясь лишь косметической проблемой. Нейрофибромы могут расти внутри тела и могут поражать системы органов. Гормональные изменения в период полового созре-

вания и/или во время беременности могут увеличить размер нейрофибром. Почти у 50 % детей с НФ1 наблюдаются проблемы с речью, трудности в обучении, судороги и гиперактивность. Менее 1 % людей, страдающих НФ1, могут иметь злокачественные новообразования [2–4].

Диагностические критерии НФ1. Клинический диагноз основывается на выявлении двух или более признаков (диагностические критерии НФ1, ВОЗ, 1992) [1, 6]:

- ≥ 6 CALM (пятна цвета «кофе с молоком»), максимальный диаметр должен быть ≥ 5 мм у пациентов препубертального возраста или ≥ 15 мм — у пациентов постпубертального возраста);
- веснушки в области кожных складок, например в подмышечной и паховой области;
- ≥ 2 нейрофибром любого типа или ≥ 1 плексиформной нейрофибромы (ПН) [1];
- глиома зрительного нерва;
- ≥ 2 узелков Лиша (гамартома радужной оболочки);
- родственник первой степени родства, у которого диагностирован НФ1 [1, 6].

Дифференциальная диагностика НФ должна проводиться с невриномами слухового нерва, синдромами ствола мозга, синдромом Легиуса (пятна цвета «кофе с молоком» и веснушки, связанные с геном SPRED1), Мак-Кьюна – Олбрайта, травмами позвоночника [4].

Лечение НФ достаточно сложное. Новообразования располагаются ниже плотных соединительного рогового слоя, отделяя эпидермис от дермы, что затрудняет проникновение в ткани местных агентов. Основным методом лечения является хирургическое удаление новообразования, и даже в этом случае существует риск рецидива при неадекватной резекции, а также в месте проникновения шва в кожу (из-за активации реагирующих на травму плюрипотентных предшественников шванновских клеток) [1].

Для лечения нейрофибром было изучено несколько направлений, включая применение местных и пероральных лекарственных средств, хирургическое удаление, а также лазерное и световое лечение [1, 11].

В исследовании 2014 г. была изучена эффективность ингибитора mTOR сиролимуса (рапамицина) при лечении полинейропатий, связанных с НФ1 [7].

Ранее было показано, что эверолимус — производное рапамицина, которое ингибирует mTOR, подавляет пролиферацию клеток с дефицитом нейрофибромина в модели клеточной культуры *in vitro* [8].

Селуметиниб — это селективный ингибитор митоген-активируемой протеинкиназы 1-го и 2-го типа (MEK1/2), действующий на путь MAPK (англ. Mitogen-Activated Protein Kinase), уменьшает размер нейрофибром по крайней мере на 20 %. В 2020 г. селуметиниб стал первым и единственным одобренным FDA (англ. Food and Drug Administration) лекарственным средством для лечения неоперабельной нейрофибромы в исследовании популяции детей с НФ1 SPRINT (англ. Systolic Blood Pressure Intervention) [9–11].

Также изучался эффект местного дифенципрона — мази на основе гаптена, которая вызывает реакцию гиперчувствительности IV типа и нацеливает Т-лимфоциты на атаку среды кожных нейрофибром [12].

Так, Бахир Х. Чамседдин и др. (2019) предложили хирургический подход, который заключается в эвакуации глубоких дермальных новообразований, где находится значительная часть кожных нейрофибром [13].

Суть метода — в сбривании внешней ножкообразной части новообразования дерматоблейдом, удалении оставшейся коллагеновой дермальной части опухоли. Затем рана закрывается первичным натяжением узловыми швами [14].

Случай из клинической практики

Пациентка П., женщина 1993 г. р., находилась на стационарном лечении в терапевтическом отделении в ноябре 2022 г. с диагнозом: «Артериальная гипертензия 2-й степени, риск 2. Гипертонический криз 2-го порядка, средней степени тяжести, неосложненный НО. НФ с преимущественным поражением кожи (диагноз выставлен в 2010 г). Нефропатия сложного генеза (токсическая?). Хроническая болезнь почек (ХБП) СЗБ».

Поступила с жалобами на повышение артериального давления (АД), головные боли, высыпания на коже.

Объективный статус: сознание ясное. На коже туловища, лица, конечностей множественные эластичные, полиповидные образования телесного цвета, размером от 3,0 до 0,5 см в диаметре, без клинических признаков злокачественности (рисунок 1).

В легких дыхание везикулярное, хрипов нет. Сердечные тоны ясные, ритмичные. Частота сердечных сокращений — 72 удара в минуту. АД — 140/80 мм рт. ст. Живот при осмотре слегка увеличен в размерах. При поверхностной пальпации живот мягкий, безболезненный. Стул ежедневный. Диурез в норме. Отеков не выявлено.



Рисунок 1. Типичные пигментные пятна типа «кофе с молоком» по всему кожному покрову

Figure 1 Typical pigment spots of the “coffee with milk” type throughout the skin

Выполнены следующие обследования:

- **Биохимический анализ крови (БАК):** мочевины — 21,1 ммоль/л, креатинин — 381 ммоль/л, С-реактивный белок (СРБ) — 22 Ед.

- **Общий анализ крови (ОАК):** эритроциты — $4,5 \times 10^{12}$ /л, гемоглобин — 119 г/л, тромбоциты — 259×10^9 /л, лейкоциты — $10,6 \times 10^9$ /л, скорость оседания эритроцитов (СОЭ) — 31 мм/ч.

- **Общий анализ мочи (ОАМ):** цвет — с/ж, мутность — слабо-мутная, реакция — кислая, относительная плотность — 1014, белок — 1,008, глюкоза — отрицательная, эритроциты — большое количество, лейкоциты — 2–3 в поле зрения (в п/з).

- **Ультразвуковое исследование органов брюшной полости (УЗИ ОБП) и почек.** Заключение: забрюшинное образование? Диффузные изменения паренхимы обеих почек, могут соответствовать нефропатии.

- **Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) органов брюшной полости с контрастным усилением.** Заключение: КТ-картина объемного образования забрюшинного пространства. КТ-картина может соответствовать НФ.

Пациентке была проведена медикаментозная терапия.

Консультация врача онколога-хирурга: НФ всего кожного покрова, брюшной полости с инфильтрацией сосудов и грудной клетки?

Рекомендовано: явка после выписки для дообследования и верификации диагноза.

Консультация нефролога. Диагноз: «Нейрофиброматоз. Артериальная гипертензия 2-й степени, риск 2. Образование забрюшинного пространства. Паранеопластическая нефропатия?».

Рекомендовано: с целью уточнения диагноза и дифференциальной диагностики паранеопластической нефропатии и диффузного заболевания почек необходимо проведение биопсии образования забрюшинного пространства. Явка к нефрологу с гистологическим заключением.

Проведено дообследование (не проведена биопсия образования), лечение и лабораторный контроль:

- *УЗИ почечных артерий.* Заключение: данных за стеноз почечных артерий на момент осмотра не выявлено. УЗ-признаки гемодинамически значимого сдавления чревного ствола забрюшинным образованием.

- *Протокол фиброгастродуоденоскопии.* Заключение: недостаточность кардии. Хронический гастрит.

- *Протокол фиброколоноскопии:* без онкопатологии.

Пациентка выписана с рекомендациями: консультация онколога для решения вопроса о проведении пункционной биопсии (при согласии пациента), повторная консультация нефролога после результатов биопсии.

Амбулаторно выполнено:

- *Магнитно-резонансная томография головного мозга (МРТ ГМ) с контрастным усилением* (март 2023 г.). Заключение: зона повышенного МР-сигнала в стволе мозга, левой гемисфере мозжечка, без очагов гиперперфузии. В глубоких отделах белого вещества многочисленные фокальные зоны повышенной интенсивности сигнала. Асимметрия внутричерепных отделов зрительных нервов. Слева МР-сигнал от этого отдела повышен, вероятнее всего глиома зрительного нерва слева на фоне НФ. Заключение абдоминального онколога ГУ «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова» (март 2023 г.): болезнь Реклингхаузена с поражением всего кожного покрова, брюшной полости, забрюшинного пространства. Объемное образование мостомозжечкового угла слева.

- *УЗИ ОБП.* Заключение: новообразования (НО) брюшной полости и забрюшинного пространства могут быть узлами НФ. Рекомендовано: морфологическая верификация по месту жительства, консультация в РНПЦ неврологии и нейрохирургии (с результатами МРТ ГМ).

Рекомендации пациенткой выполнены не были.

В сентябре 2023 г. пациентка П. вновь поступает в терапевтическое отделение с диагнозом: «Хронический гломерулонефрит? Анемия средней степени тяжести неуточненная».

Пациентке в условиях терапевтического отделения при данной госпитализации были выполнены следующие обследования:

- *ОАМ:* белок — 10,618 г/л, глюкоза — отсутствует, эритроциты — 18–22 в п/з, лейкоциты — 2–4 в п/з.

- *ОАК:* эритроциты — $4,0 \times 10^{12}$ /л, гемоглобин — 88 г/л, тромбоциты — 372×10^9 /л, лейкоциты — $8,2 \times 10^9$ /л, СОЭ — 44 мм/ч.

- *БАК:* белок — 64 г/л, альбумин — 41 г/л, мочевины — 9,2 ммоль/л, креатинин — 161 ммоль/л, ферритин — 42, железо — 3,2 ммоль/л, СРБ — 19 мг/л, мочевая кислота — 467 ммоль/л.

- *Анализ на суточную протеинурию:* выделение мочи за сутки — 1,5 л. Суточная протеинурия, г/л×сут — 1,132.

- *УЗИ органов брюшной полости.* Заключение: признаки двусторонней нефропатии. Ультразвуковая картина может соответствовать хроническому гломерулонефриту. Объемное образование брюшной полости и забрюшинного пространства.

- *МСКТ органов грудной клетки:* КТ-данных за наличие инфильтрации на момент исследования не выявлено.

- *МСКТ органов брюшной полости и малого таза с контрастным усилением.* Описание: в малом тазу определяется дополнительное овоидное образование размером 38×44×28 мм, расположенное вдоль внутренней поверхности левой подвздошной кости, уровень головки левой бедренной кости. При введении рентгеноконтрастного вещества (РКВ) убедительных данных за накопление не определяется. Определить яичники не представляется возможным, четкая связь с маткой вышеописанного образования малого таза не определяется. В малом тазу в Дугласовом пространстве определяется скопление свободной жидкости, смещающее прямую кишку влево. В забрюшинном пространстве определяется массивное кистозно-солидное образование размером 166×160×123 мм. Структура не однородная, с наличием пристеночного солидного компонента неправильной формы и септ. При сравнении с МСКТ ОБП от 08.11.22 определяется резкая отрицательная динамика за счет увеличения размеров образования. При введении РКВ отмечается накопление солидным компонентом с 29 ед. Ну в нативную фазу до 55 ед. Ну в отсроченную фазу. Помимо копирования и дислоцирования прилежащих органов брюшной полости отмечается выраженное компрессионное воздействие на ствол нижней полой вены. Значительная задержка РКВ в системе воротной вены. Заключение: объемное забрюшинное образование. Объемное образование малого таза? Асцит (рисунки 2, 3).

● УЗИ органов малого таза. Заключение: забрюшинное образование малого таза слева.



Рисунок 2 МСКТ органов брюшной полости
Figure 2 MSCT of abdominal organs



Рисунок 3. МСКТ с контрастированием
Figure 3 MSCT with contrast
Стрелкой указано объемное забрюшинное образование
The arrow indicates a retroperitoneal mass

Пациентка переведена в учреждение «Гомельский областной клинический онкологический диспансер» (У «ГОКОД») с диагнозом «Болезнь Реклингхаузена с поражением всего кожного покрова, брюшной полости, забрюшинного пространства. Объемное образование ММУ слева. Прогрессирование: рост очага в брюшной полости. Полифакторная анемия легкой степени тяжести. Нephropatia сложного генеза. ХБП СЗБ. Артериальная гипертензия 2-й степени, риск 2» для уточнения диагноза и проведения пункционной биопсии забрюшинного образования.

В У «ГОКОД» была выполнена трепан-биопсия тканевого субстрата, материал направлен на цитологическое и морфологическое исследование.

Цитологическое заключение: скопление мезотелиальных клеток с признаками атипичности, злокачественное образование неэпителиального генеза?

Гистологическое заключение: картина нейрофибропроцесса по типу злокачественной опухоли оболочек периферического нерва G3.

Проведено циторедуктивное удаление НО, сегментэктомия печени. Несмотря на проводимое лечение на контрольном КТ ОБП отмечается рост субстрата, интимно прилежащего к печени, желудку, поджелудочной железе с вовлечением чревного ствола.

Заключительный диагноз: «Злокачественная шваннома высокой степени забрюшинного пространства с врастанием в чревный ствол и его ветви, левую долю печени с распадом, вторичный правосторонний гидроторакс, асцит, анасарка, полиорганная недостаточность. T4N0M0 G3, IIIB стадия, IV клиническая группа. Состояние после циторедуктивного удаления НО. Гипопротеинемия. Болезнь Реклингхаузена с поражением всего кожного покрова, брюшной полости, забрюшинного пространства, левой гемисферы мозжечка, ствола головного мозга».

Учитывая распространенность процесса, общее состояние, полиорганную недостаточность, проведение специализированного лечения невозможно.

Пациентка направлена в отделение паллиативной медицинской помощи.

Заключение

Нейрофиброматоз является мультисистемным заболеванием, с разнообразной клинической картиной, меняющейся с возрастом, что обосновывает включение в диспансерное наблюдение не только врача-дерматовенеролога, но и других специалистов: невролога, офтальмолога, дерматолога, хирурга (по показаниям — онколога), нейрохирурга, генетика.

Для раннего клинического выявления пациентов с НФ1 и их диспансеризации, преемственности ведения и проведения адекватных мер первичной и вторичной профилактики, осложнений НФ1 важно повышение уровня профессиональной подготовки врачей первичного (амбулаторно-поликлинического) звена здравоохранения. Таким образом, ранняя диагностика и диспансеризация пациентов с НФ имеет решающее значение в прогнозе и качестве их жизни. Болезнь Реклингхаузена является одним из заболеваний, где важна преемственность в работе врачей разных специальностей.

Важно помнить, что процесс развития клинической симптоматики НФ1 является динамическим, поэтому необходимы преемственность между специалистами различного профиля и своевременное проведение комплекса дополнительных методов диагностики, включая КТ/МРТ головного и спинного мозга. При постановке ди-

агноза НФ рекомендуется использовать диагностические критерии, рекомендованные Международным комитетом экспертов по НФ.

При любых признаках роста или изменения цвета, плотности нейрофибром на коже или при

увеличении размеров ПН и/или опухолей центральной нервной системы необходима обязательная консультация онколога.

Список литературы / References

- Choi J, An S, Lim SY. Current concepts of neurofibromatosis type 1: pathophysiology and treatment. *Arch Craniofac Surg.* 2022 Feb;23(1):6-16. DOI: <https://doi.org/10.7181/acfs.2022.00633>
- Шнайдер Н.А., Горелов А.И. Нейрофиброматоз первого типа (болезнь Реклингхаузена). Сибирское медицинское обозрение. 2007;(3). [дата обращения: 25.03.2025]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/neurofibromatoz-pervogo-tipa-bolezn-reklinghauzena/viewer>
- Schneider NA, Gorelov AI. Neurofibromatosis of the first type (Recklinghausen disease). *Siberian Medical Review;* 2007;(3). [access date: 25.03.2024]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/neurofibromatoz-pervogo-tipa-bolezn-reklinghauzena/viewer>
- Tamura R. Current Understanding of Neurofibromatosis Type 1, 2, and Schwannomatosis. *Int J Mol Sci.* 2021 May 29;22(11):5850. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22115850>
- Seed S. Neurofibromatosis [access date: 25.03.2025]. Available from <https://www.webmd.com/pain-management/neurofibromatosis>
- Ghalayani P, Saberi Z, Sardari F. Neurofibromatosis type I (von Recklinghausen's disease): A family case report and literature review. *Dent Res J (Isfahan).* 2012 Jul;9(4):483-488.
- Уфимцева М.А., Бочкарев Ю.М., Гальперин А.М., Головырина И.Л., Гурковская Е.П. Кожные проявления болезни реклинггаузена. Современные проблемы науки и образования. 2016;(6). [дата обращения: 25.03.2025]. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25818>
- Ufimtseva MA, Bochkarev YuM, Galperin AM, Golovyryna IL, Gurkovskaya EP. Cutaneous manifestations of the disease reklinghauzena. *Modern problems of science and education.* 2016;(6). [access date: 25.03.2025] Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25818>
- Hua C, Zehou O, Ducassou S, Minard-Colin V, Hamel-Teilac, D, Wolkenstein P, Valeyrie-Allanore L. Sirolimus Improves Pain in NF1 Patients with Severe Plexiform Neurofibromas. *Pediatrics.* 2014 Jun;133(6):e1792-e1797. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2013-1224>
- Slovis JM, Arevalo O, Bell CS, Hebert AA, Northrup H, Riascos RF, et al. Treatment of Disfiguring Cutaneous Lesions in Neurofibromatosis-1 with Everolimus: A Phase II, Open-Label, Single-Arm Trial. *Drugs R D.* 2018 Dec;18(4):295-302. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40268-018-0248-6>
- Casey D, Demko S, Sinha A, Mishra-Kalyani PS, Shen YL, Khasar S, et al. FDA Approval Summary: Selumetinib for Plexiform Neurofibroma. *Clin Cancer Res.* 2021 Aug 1;27(15):4142-4146. DOI: <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-20-5032>
- Gross A, Wolters P, Baldwin A, Dombi E, Fisher Mj, Weiss B, et al. Widemann Bc. Nfm-07. Sprint: Phase II Study of The Mek 1/2 Inhibitor Selumetinib (Azd6244, Arry-142886) In Children with Neurofibromatosis Type 1 (Nf1) And Inoperable Plexiform Neurofibromas (Pn). *Neuro Oncol.* 2018 Jun;20(Suppl 2):143-144. DOI: <https://doi.org/10.1093/Neuonc/Noy059.515>
- Bahir H Chamseddin, Lu Q Le. Management of cutaneous neurofibroma: current therapy and future directions. *Neuro-Oncology Advances/* 2020;2(Supplement_1):i107-i116. DOI: <https://doi.org/10.1093/naojnl/vdz034>
- Wozniak B, Bove T, Zawada T, Calik J. Treatment of Cutaneous Neurofibromas in Patients with Neurofibromatosis Type 1. *Case Rep Dermatol.* 2023 Oct 20;15(1):194-201. DOI: <https://doi.org/10.1159/000534270>
- Chamseddin BH, Hernandez L, Solorzano D, Vega J, Le LQ. Robust surgical approach for cutaneous neurofibroma in neurofibromatosis type 1. *JCI Insight.* 2019 Apr 30;5(11):e128881. DOI: <https://doi.org/10.1172/jci.insight.128881>
- Poplasky D, Young JN, Tai H, Rivera-Oyola R, Gulati N, Brown RM. Dermatologic Manifestations of Neurofibromatosis Type 1 and Emerging Treatments. *Cancers (Basel).* 2023 May 16;15(10):2770. DOI: <https://doi.org/10.3390/cancers15102770>

Информация об авторах / Information about the authors

Вихарева Надежда Михайловна, старший преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3743-3697>

e-mail: nadin.vik.2710@gmail.com

Куликова Ирина Александровна, ассистент кафедры пропедевтики внутренних болезней, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2844-6077>

e-mail: Kulikovairyna@yandex.ru

Nadezda M. Vishareva, Senior Lecturer at the Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3743-3697>

e-mail: nadin.vik.2710@gmail.com

Iryna A. Kulikova, Assistant at the Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2844-6077>

e-mail: Kulikovairyna@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Куликова Ирина Александровна

e-mail: Kulikovairyna@yandex.ru

Iryna A. Kulikova

e-mail: Kulikovairyna@yandex.ru

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 23.02.2026



Врожденный цирроз печени как проявление неонатального гемохроматоза

Л. В. Кривицкая

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Неонатальный гемохроматоз (НГ) является одним из фенотипических проявлений гестационного аллоиммунного повреждения печени (ГАПП).

При этой патологии вследствие фетоматеринской изоиммунизации происходит выработка антител IgG против гепатоцитов плода. Вследствие взаимодействия антигенов печени плода и антител матери развивается повреждение гепатоцитов и их апоптоз.

Клинические симптомы ГАПП разнообразны и чаще всего проявляются в виде неонатального гемохроматоза. Отмечается клиничко-лабораторная картина острой печеночной недостаточности с явлениями геморрагического синдрома вследствие коагулопатии, гипогликемии, гипоальбуминемии с развитием отеочного синдрома. Открытие аллоиммунного характера этой патологии позволило разработать более эффективный метод лечения с использованием заменного переливания крови и внутривенного введения IgG в дозе 1 г/кг, что позволило увеличить выживаемость новорожденных до 75 %. В связи с этим важным является осведомленность врачей акушеров-гинекологов и неонатологов о механизмах развития данной патологии, клинической картине и возможных методах лечения.

Ключевые слова: *неонатальный гемохроматоз, гестационное аллоиммунное повреждение печени, острая печеночная недостаточность, новорожденные*

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: *Кривицкая ЛВ. Врожденный цирроз печени как проявление неонатального гемохроматоза. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):134–140. DOI:6 <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-16>*

Congenital liver cirrhosis as a manifestation of neonatal hemochromatosis

Lyudmila Krivitskaya

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Neonatal hemochromatosis (NH) is one of the phenotypic manifestations of gestational alloimmune liver disease (GALD). In this pathology, due to fetomaternal isoimmunization, the production of IgG antibodies against fetal hepatocytes occurs. As a result of the interaction between fetal liver antigens and mothers antibodies, hepatocyte damage and apoptosis develop.

The clinical symptoms of GALD are diverse and most often manifest in a form of neonatal hemochromatosis. There is a clinical and laboratory picture of acute liver failure with hemorrhagic syndrome due to coagulopathy, hypoglycemia, hypoalbuminemia with the development of edema syndrome. The discovery of the alloimmune nature of this pathology has made it possible to develop a more effective treatment method using exchange blood transfusion and intravenous administration of immunoglobulin at a dose of 1g/kg, which has increased the survival rate of newborns to 75%. In this regard, it is important for obstetricians, gynecologists and neonatologists to be aware of the mechanisms of this pathology, its clinical picture, and possible treatment methods.

Keywords: *neonatal hemochromatosis, gestational alloimmune liver damage, acute liver failure, newborns.*

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Krivitskaya LV. Congenital liver cirrhosis as a manifestation of neonatal hemochromatosis. Health and Ecology Issues. 2026;23(1):134–140. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-16>*

Введение

Неонатальный гемохроматоз — это не отдельное заболевание, а определенное клиническое состояние, сопровождающееся нарушением обмена железа из-за перинатального повреждения печени [1, 2].

Впервые НГ был описан в середине XX в. как наследственное нарушение обмена железа, характеризующееся увеличением его всасывания в желудочно-кишечном тракте и отложением в клетках печени и других органах [1, 2]. Проведенные исследования не выявили локуса гена гемохроматоза у детей с НГ, в то же время была подтверждена передача этого заболевания только по материнской линии с очень высокой вероятностью (до 90 %) рождения впоследствии больного ребенка [7, 15].

Проведенные в XXI в. исследования подтвердили, что основной причиной НГ является ГАПП.

Аллоиммунизация (изоиммунизация) — это иммунный ответ на чужеродные антигены предшественников одного и того же вида [1, 2].

После 16 недель беременности обычно развивается механизм в виде пассивной передачи гуморального иммунитета путем трансплацентарной передачи материнских IgG [2, 6]. Если в организм женщины попадает антиген плода, который не распознается как «свой», возникает гестационный аллоиммунитет. Это приводит к сенсибилизации и выработке антител IgG против антигена, полученного от плода [2, 15].

В большинстве случаев гестационные аллоиммунные заболевания развиваются в результате появления Ig, направленных против элементов крови, унаследованных от отца. К ним относятся такие заболевания, как гемолитическая болезнь по резус-фактору и ABO, аллоиммунная тромбоцитопения и нейтропения. Кроме гематологических заболеваний, фетоматеринская аллоиммунизация может приводить к поражению отдельных органов. Наиболее часто описан антенатальный мембранозный гломерулонефрит [2, 8].

Все эти заболевания развиваются вследствие фетоматеринской изосенсибилизации, обусловленной выработкой IgG антител против антигенов, полученных от отца.

Неонатальный гемохроматоз представляет собой результат уникальной фетоматеринской иммунизации против гепатоцитов печени без влияния антигенов, полученных от отца. В данном случае материнские антитела направлены против фетальных гепатоцитов. К сожалению, специфические антитела печени плода, которые провоцируют сенсибилизацию матери, до сих пор не выявлены [6, 8, 15]. Специфический ре-

активный IgG передается через плаценту и связывается с антигеном гепатоцита, который, вероятно, является специфическим для гепатоцитов белком. Врожденный иммунный ответ приводит к образованию первичного иммунного комплекса с активацией комплемента. Клетки печени, не являющиеся гепатоцитами, и другая, внепеченочная ткань не подвергаются воздействию этого первичного иммунного комплекса. Таким образом, комплемент — опосредованное повреждение гепатоцитов является основным патогенетическим механизмом развития ГАПП [1, 3, 9, 11].

В процессе изучения ГАПП были выявлены механизмы избыточного накопления железа в организме плода. Установлено, что печень плода контролирует транспорт железа через плаценту так же, как в постнатальном периоде регулируется всасывание железа в кишечнике [8, 10, 15]. При недостатке железа в печени вырабатывается гепсидин (специфический белок), который регулирует доставку железа в печень. При достаточном количестве железа гепсидин подавляет активность ферропортина — трансмембранного транспортера железа, который выводит железо из клеток, что приводит к снижению поступления железа. У плодов с ГАПП вследствие массовой гибели гепатоцитов значительно снижается синтез гепсидина, вследствие этого избыточное количество железа транспортируется из плаценты в печень плода. Кроме того, снижается экспрессия гена трансферина, что приводит к снижению связывания железа. В результате этих механизмов происходит перегрузка плода железом и избыточное отложение железа в органах и тканях [1, 8, 12, 15].

По данным различных исследований, развитие НГ могут вызвать некоторые внутриутробные инфекции (парвовирус В19 или цитомегаловирус), трисомия 21-й пары хромосом, митохондриальные болезни, дефект синтеза желчных кислот, врожденные нарушения метаболизма железа, миофиброматоз, различные генетические синдромы. Однако эти заболевания составляют только около 2 % всех случаев НГ [9, 14].

Таким образом, НГ является одним из фенотипов ГАПП.

В ряде исследований предлагаются следующие варианты фенотипических проявлений ГАПП:

- НГ, протекающий с острой неонатальной печеночной недостаточностью, печеночным и внепеченочным сидерозом;
- острая печеночная недостаточность плода без перегрузки железом;
- цирроз печени, развившийся в антенатальном периоде [14, 15].

Неонатальный гемохроматоз встречается достаточно редко. В настоящее время нет досто-

верных данных о частоте распространения этого заболевания [1, 2, 15].

Предполагается, что НГ развивается на 16–30-й неделе беременности. Около 40 % новорожденных с НГ являются недоношенными, у 25 % отмечается задержка внутриутробного развития. В ряде случаев выявляется отягощенный акушерский анамнез — маловодие, водянка плода, фетальная гепатомегалия [1, 9, 13].

Клинические симптомы ГАПП могут проявиться с 18 недель беременности до 3 месяцев после рождения.

В большинстве случаев в короткие сроки после рождения развивается печеночная недостаточность и НГ является чаще всего основной причиной ее развития [1, 9]. Клиническая картина ГАПП неспецифична. В первые дни после рождения развивается желтуха, часто отмечается гипогликемия, в последующем развивается гипоальбуминемия и коагулопатия, обусловленные нарушением белково-синтетической функции печени. Клинически это проявляется развитием геморрагического синдрома (кровотечения различной локализации), появляются отеки, довольно часто — асцит. Отмечается повреждение почек с развитием олигурии [3, 9, 14].

Признаки острой печеночной недостаточности подтверждаются лабораторными показателями. Отмечается тяжелая коагулопатия, при которой международное нормализованное отношение обычно больше 4. Характерна выраженная гипербилирубинемия с последующим развитием холестаза, гипогликемия, гипоальбуминемия. Не характерны высокие уровни аминотрансфераз: они обычно не превышают 100 МЕ/л. Обычно определяются высокие цифры ферритина (> 800 нг/мл), низкие уровни трансферина и повышенное насыщение железом (95–100 %). Повышенный уровень ферритина является характерным для НГ, но не специфичен, так как встречается при многих других заболеваниях печени. Не существует такого значения содержания железа в печени, которое могло бы отличить НГ от других состояний, сопровождающихся сидерозом [5, 11].

Для уточнения диагноза ГАПП наиболее эффективной является магнитно-резонансная томография (МРТ) с T2-взвешенным сигналом, поскольку ткань печени, содержащая избыток железа, имеет иную магнитную восприимчивость. Характерным для ГАПП является обнаружение сидероза в других органах, чаще всего в поджелудочной железе. Также может быть использована биопсия слюнных желез с последующим окрашиванием биоптатов (окраска Перля) [7, 8, 15].

После открытия аллоиммунных механизмов развития НГ была разработана новая схема ле-

чения этого заболевания. Рекомендовано проведение заменного переливания крови в размере двух объемов циркулирующей крови с целью удаления циркулирующих антител с последующим введением внутривенного иммуноглобулина (IgG) в дозе 1 г/кг. Иммуноглобулины блокируют материнские антитела и препятствуют активации комплемента. Использование этого метода лечения позволило повысить уровень выживаемости новорожденных до 75 %. Если медикаментозное лечение неэффективно, в ряде случаев рекомендуется трансплантация печени в первые 3 месяца жизни, однако эффективность ее невелика (выживаемость около 35 %) [1, 2, 4, 10, 12, 15].

Подтверждение диагноза НГ требует тщательной дифференциальной диагностики с рядом инфекционных и неинфекционных заболеваний печени. При выявлении симптомов печеночной недостаточности у новорожденного и исключении инфекционной этиологии заболевания необходимо определение уровня ферритина сыворотки крови и проведения МРТ в специальном режиме. Клинико-лабораторными показателями при подозрении на наличие НГ являются неблагоприятный акушерский анамнез (выкидыши и внутриутробная гибель плода, маловодие, задержка внутриутробного развития), раннее появление клинических признаков поражения печени без явной гепатомегалии (отечный синдром, признаки кровоточивости, асцит) и лабораторных показателей (нарушение гемостаза, повышение ферритина, нарастание явлений холестаза).

Конкретные схемы лечения ГАПП еще не разработаны, однако в литературных источниках есть сведения об улучшении функции печени в течение 2–4 недель и возможности полного восстановления ее функции к 2–4 годам [5, 11, 12].

Случай из клинической практики

Ребенок К., дата рождения — 24.07.2024, переведен из областного родильного дома 31.07.2024 в отделение патологии новорожденных учреждения «Гомельская областная детская клиническая больница» (У «ГОДКБ») с диагнозом «Врожденная пневмония». На фоне лечения отмечалась отрицательная динамика в коагулограмме (фибриноген — 0,76 г/л, протромбиновый индекс — 0,44, активированное частичное тромбопластиновое время — 32,6 с, международное нормализованное отношение — 2,23).

Ребенок от первой беременности, протекавшей с угрозой выкидыша в 9 недель, острой респираторной инфекцией в 11–12 недель, вагинитом во II триместре (санация), хронической фетоплацентарной недостаточностью в

стадии компенсации и маловодием в III триместре, первых срочных оперативных родов в 39 недель методом кесарева сечения по экстренным показаниям в связи с первичной слабостью родовой деятельности. Безводный период — 5 ч 44 мин, околоплодные воды зеленые, плацента гиперплазирована, окрашена меконием. Соматический анамнез матери: первичный субклинический гипотиреоз, медицинская компенсация; варикозное расширение вен нижних конечностей. Гинекологический анамнез: эрозия шейки матки. Родился ребенок мужского пола в головном предлежании с весом 3175 г, ростом 53 см, окружностью головы 33 см, окружностью груди 32 см, оценкой по шкале Апгар 8/8 баллов. Состояние при рождении удовлетворительное. Находился на совместном пребывании с матерью, вскармливание грудное. Группа риска по реализации внутриутробной инфекции (средний риск), нарушению функции центральной нервной системы. В общем анализе крови от 24.07.2024: лейкоцитоз — до $30 \times 10^9/\text{л}$; в биохимическом анализе крови: С-реактивный белок — 13,6 мг/мл. Назначен амклав в дозе 50 мг/кг/сут внутривенно. От 29.07.2024 отрицательная динамика за счет развития респираторного синдрома, нарастания маркеров воспаления (С-реактивный белок — 19,2 мг/мл), выполнена рентгенография органов грудной клетки, выявлена двусторонняя пневмония, тимомегалия, проведена смена антибактериальной терапии на цефотаксим в дозе 100 мг/кг/сут внутривенно. Получал также флуконазол внутрь 5 мг/кг 28.07.2024 и 31.07.2024, гемостатическую терапию (внутримышечно этамзилат, конакион) и инфузионную терапию глюкозо-солевыми растворами.

При поступлении состояние ребенка оценивалось средней степени тяжести за счет респираторного синдрома, угнетения центральной нервной системы. В биохимических анализах выявлено повышение уровня билирубина за счет прямой фракции (44 %), повышение уровня трансаминаз, в коагулограмме — снижение фибриногена до 1,06 г/л. Проведен внутриотделенческий консилиум, назначено внутривенное введение криопреципитата. Установлен клинический диагноз: «Врожденная пневмония, дыхательная недостаточность I степени. врожденный порок сердца: вторичный дефект межпредсердной перегородки, недостаточность кровообращения I степени. Коагулопатия неуточненная. Энцефалопатия новорожденного токсико-гипоксическая, синдром угнетения». В дальнейшем нарастали неврологические нарушения, дисфункция желудочно-кишечного тракта. При ультразвуковом исследовании органов брюшной полости выявлены признаки асцита. В последующем отмечалась

отрицательная динамика за счет нарастания симптомов интоксикации, нарушения функции желудочно-кишечного тракта. Отмечено нарастание гидроперитонеума, диффузных изменений печени. Проведен очередной консилиум с целью коррекции дальнейшего плана обследования и лечения.

Учитывая отрицательную динамику в течении заболевания, 08.08.2024 ребенок был переведен в отделение интенсивной терапии и реанимации, где находился по 15.08.2024. Неоднократно проводились консилиумы, исключалась инфантильная гемангиома печени, манифестация наследственных болезней обмена (болезни накопления). Проводилось дополнительное обследование, консультации узких специалистов, контрастное исследование желудочно-кишечного тракта, компьютерная томография органов грудной и брюшной полости, МРТ органов брюшной полости с контрастированием, МРТ головного мозга. В плане лечения проводилась коррекция метаболических и электролитных нарушений. В дальнейшем нарастали признаки асцита и ультразвуковые признаки цирроза печени. Биохимический анализ крови 08.08.2024: общий белок — 31 г/л, мочевины — 3,11 ммоль/л, креатинин — 24,9 мкмоль/л, билирубин общий — 104,9 мкмоль/л, билирубин связанный — 37,5 мкмоль/л, аспартатаминотрансфераза — 111,5 ед./л, аланинаминотрансфераза — 32,2 ед./л, альбумин — 29,2 г/л, прокальцитонин — 0,3 мг/мл.

Исследование методом полимеразной цепной реакции (цельная кровь) от 02.08.2024: EBV, CMV, HHV6 — ДНК не обнаружено.

В биохимическом анализе крови от 12.08.2024 общий белок составил 34 г/л, альбумин — 26 г/л, сывороточное железо — 24,2 мкмоль/л, ферритин — более 500 мкг/л, трансферин — 0,57 мкмоль/л.

На МРТ органов брюшной полости и забрюшинного пространства (внутриконтрастное усиление) от 09.08.2024: гепатоспленомегалия. Диффузные изменения печени. МРТ-картина может соответствовать циррозу печени. Гидроперитонеум.

На ультразвуковом исследовании органов брюшной полости от 10.08.2024: гепатоспленомегалия. Диффузные изменения печени по типу цирроза. Диффузные изменения поджелудочной железы. Минимальная каликоэктазия с обеих сторон. Гидроперитонеум.

В дальнейшем отмечалась отрицательная динамика в течении заболевания за счет нарастания симптомов полиорганной недостаточности. Отмечалось выраженное нарушение функции печени (гипопротеинемия, гипербилирубинемия,

отечный синдром, коагулопатия). Нарастали проявления асцита.

С 15.08.2024 по 22.08.2024 ребенок находился в отделении анестезиологии и реанимации государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр (ГУ РНПЦ) „Мать и дитя“. Проведено дренирование брюшной полости с целью декомпрессии, получено 150 мл соломенно-желтой жидкости, затем от 200 мл/сут до 350 мл/сут. С 20.08.2024 по 22.08.2024 ребенок проходил обследование в ГУ РНПЦ детской хирургии, 21.08.2024 проведена чрескожная пункционная биопсия печени. Для дальнейшего лечения переведен в У «ГОДКБ» с диагнозом: «Врожденный цирроз печени? Инфекция, специфичная для перинатального периода, неуточненная. Печеночная недостаточность. Гепатоспленомегалия. Асцит. Врожденный порок сердца: дефект межпредсердной перегородки. Неонатальная энцефалопатия. Гемофтальм. Фиброз стекловидного тела обоих глаз».

Пациент 22.08.2024 доставлен в У «ГОДКБ» в условиях транспортной реанимационной педиатрической бригады, госпитализирован в отделение интенсивной терапии и реанимации в 17:15. В дальнейшем нарастали симптомы печеночной недостаточности, асцита, анемии, тромбоцитопении на фоне цирроза печени. С 01.09.2024 с 14:00 — состояние тяжелое с отрицательной динамикой за счет нарастания печеночной недостаточности, асцита, метаболических и неврологических нарушений. Проводилась коррекция метаболического ацидоза, электролитных нарушений, коррекция гипокоагуляции. Неоднократно проводились внутривольничные консилиумы с целью коррекции обследования и лечения.

Проведена заочная консультация (по телефону) с главным детским трансплантологом, заместителем директора по хирургической работе ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии» А. Е. Щербой, рекомендовано продолжить консервативное лечение. Трансплантация печени в настоящий момент не показана в связи с превалированным пользе риском, коморбидной патологией, развитием синдрома полиорганной недостаточности, антропометрическими данными ребенка (белково-энергетическая недостаточность). Установлен клинический диагноз: «Цирроз печени врожденный, класс С по Чайлд-Пью. Печеночная недостаточность: внутривольничная форма портальной гипертензии, спленомегалия, гиперспленизм, асцит, гидроторакс, портальная гастропатия. Синдром полиорганной недостаточности: синдром системного воспалительного ответа, острый респираторный дистресс-синдром в стадии острого повреждения легких, острая на

фоне хронической печеночная недостаточность, синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания в стадии гипокоагуляции, токсическая энцефалопатия, нарушение функции паренхиматозных органов, острое почечное повреждение пре-/ренальное (F-риск по классификации RIFLE у детей, 2004). Вторичный гиперальдостеронизм. Вторичное иммунодефицитное состояние на фоне цирроза печени. Септицемия неуточненная. Коагулопатия потребления. Анемия смешанного генеза тяжелой степени, трансфузия эритроцитарной массы, обедненной лейкоцитами 0(I) Rh(+). Задержка темпов моторного развития. Умеренная белково-энергетическая недостаточность, обусловленная алиментарными причинами».

Анализ крови от 22.08.2024: эритроциты — $2,66 \times 10^{12}/л$, гемоглобин — 85 г/л, лейкоциты — $2,07 \times 10^9/л$; нейтрофилы палочкоядерные — 1 %, сегментоядерные — 18 %, эозинофилы — 3 %, моноциты — 16 %, лимфоциты — 62 %, скорость оседания эритроцитов — 2 мм/ч. В биохимическом анализе крови сохранялась гипопропротеинемия до 32,3 г/л, нарастал уровень билирубина до 256 мкмоль/л, билирубин связанный — 162,7 мкмоль/л; повысился уровень трансаминаз: аспартатаминотрансфераза — 1166,0 Ед/л, аланинаминотрансфераза — 385,5 Ед/л, прокальцитонин — 4,34 нг/мл.

С 15.09.2024 отмечена отрицательная динамика в течении заболевания за счет нарушений в системе гемостаза, анемического синдрома, тромбоцитопении, гепербилирубинемии. Проведены трансфузии Октаплаза, эритроцитарной массы, альбумина, криопреципитата. В коагулограмме от 15.09.2024 невозможно определить показатели, фибриноген — 0,78 г/л. В 14:35 16.09.2024 состояние агональное за счет прогрессирования синдрома полиорганной недостаточности, отмечена десатурация, брадикардия, артериальная гипотензия. Проведен полный комплекс сердечно-легочной реанимации. Несмотря на проводимые реанимационные мероприятия в полном объеме в течение 30 мин, эффекта достичь не удалось. 16.09.2024 в 15:05 констатирована биологическая смерть.

Диагноз заключительный клинический

Основной (код по МКБ-10: R39.9):

1. Внутритрунная инфекция неуточненная с поражением печени (фетальный гепатит), легких (пневмония), кишечника (некротический энтероколит 1А степени).

2. Наследственное нарушение обмена веществ неуточненное.

Осложнения основного: цирроз печени, класс С по Чайлд-Пью. Печеночная недоста-

точность: внутрипеченочная форма портальной гипертензии, спленомегалия, гиперспленизм, асцит, гидроторакс, портальная гастропатия. Синдром полиорганной недостаточности: синдром системного воспалительного ответа, острый респираторный дистресс синдром в стадии острого повреждения легких, дыхательная недостаточность III степени, диссеминированное внутрисосудистое свертывание в стадии гипокоагуляции, нарушение функции паренхиматозных органов, острое почечное повреждение пре-/ренальное (F-риск по классификации RIFLE у детей, 2004). Вторичный гиперальдостеронизм. Вторичное иммунодефицитное состояние на фоне цирроза печени.

Анемия смешанного генеза тяжелой степени, трансфузия эритроцитарной массы 0(I) Rh (+).

Сопутствующие заболевания: врожденный порок сердца — дефект межпредсердной перегородки. Энцефалопатия новорожденного токсико-гипоксическая, синдром угнетения. Гемоптальм, фиброз стекловидного тела обоих глаз. Умеренная белково-энергетическая недостаточность, обусловленная нарушением белково-энергетической функции.

Диагноз патологоанатомический (дата установления — 10.10.2024)

Основное комбинированное заболевание: неонатальный гемохроматоз (неонатальная болезнь накопления железа). Код в соответствии с МКБ-10: E83.1.

Осложнения основного заболевания: венозное полнокровие вещества головного мозга и внутренних органов. Макронодулярный цирроз печени. Асцит. Спленомегалия. Острый респираторный дистресс-синдром: полные и частичные ателектазы легких, гиалиновые мембраны в просвете альвеол. Синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания: распространенные внутриальвеолярные и интерстициальные кровоизлияния в легких; интерстициальные кровоизлияния в сердце. Паренхиматозная дистрофия внутренних органов и межлунный отек миокарда. Внутриальвеолярный отек легких. Острый диффузный отек головного мозга.

Гистологическое исследование плаценты от 06.08.2024. Заключение: диссоциация ворсин, избыток фибриноида, хроническая плацентарная недостаточность, лимфоидная инфильтрация оболочек, пуповина не изменена.

Клинико-патологоанатомический эпикриз: на основании данных анамнеза, истории болезни, результатов вскрытия и дополнительных методов исследования установлено, что у ребенка

К., родившегося 24.07.2024, переведенного из ГУ РНПЦ детской хирургии г. Минска в отделение интенсивной терапии и реанимации У «ГОДКБ» детской клинической больницы, имел место НГ, осложненный развитием цирроза печени.

Непосредственная причина смерти — полиорганная недостаточность с развитием диффузного отека головного мозга.

При сопоставлении заключительного клинического и патологоанатомического диагнозов отмечается их совпадение.

Смерть ребенка К., родившегося 24.07.2024, наступила вследствие полиорганной недостаточности, обусловленной редким врожденным заболеванием — неонатальным гемохроматозом. Учитывая неуточненную этиологию и патогенез этого заболевания, проводилась симптоматическая интенсивная терапия имеющихся патологических синдромов в соответствии с нормативными документами Министерства здравоохранения Республики Беларусь, определяющими объем необходимого обследования и лечения данной патологии.

Заключение

Данный случай свидетельствует о чрезвычайной сложности диагностики НГ в связи с редкостью патологии и отсутствием специфических клинических и лабораторных данных, необходимых для подтверждения этого диагноза. Поражение печени в данной ситуации развилось в антенатальном периоде и проявилась в первые дни после рождения в виде выраженной печеночной недостаточности, обусловленной врожденным циррозом печени.

Таким образом, гестационное аллоиммунное повреждение печени может проявляться в различных вариантах: от врожденного цирроза печени, если аллоиммунизация началась в ранние сроки беременности — с 16–18 недель, до острой печеночной недостаточности, если этот процесс дебютировал накануне родов. В связи с этим важным является наличие специальных знаний об этой патологии у врачей-специалистов и возможность своевременно заподозрить ее в случаях мертворождения или ранней реализации острой печеночной недостаточности и использовать эффективное лечение (заменное переливание крови и внутривенные иммуноглобулины) для достижения успешного результата. Необходим дальнейший поиск лечебных и диагностических методик для своевременного выявления данной патологии, эффективного лечения и предупреждения инвалидизации детей с НГ.

Список литературы / References

- Whittington PF. Neonatal hemochromatosis: a congenital alloimmune hepatitis. *Semin Liver Dis.* 2007;27(3):243-250. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-2007-985069>
- Whittington PF. Gestational alloimmune liver disease and neonatal hemochromatosis. *Semin Liver Dis.* 2012;32(4):325-332. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0032-1329901>
- Smyk D, Grammatikopoulos T, Daponte A, Rigopoulou EI, Bogdanos DP. Fetomaternal alloimmunity as a cause of liver disease. *Auto Immun Highlights.* 2011;23(1):21-28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13317-011-0019-7>
- García Victori E, Manas R, Castilla Fernandez Y, Félix Castillo Salinas. Hemochromatosis neonatal. Diez años en un cambio de paradigma [Neonatal haemochromatosis: 10 years into a paradigm shift]. *An Pediatr (Engl Ed).* 2019;91(2):124-126. Spanish. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2018.06.016>
- Bonilla S, Prozialeck JD, Malladi P, Pan X, Yu S, et al. Neonatal iron overload and tissue siderosis due to gestational alloimmune liver disease. *Hepatology.* 2012;56(6):1351-1355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2012.01.010>
- Feldman AG., Whittington PF. Neonatal hemochromatosis. *J Clin Exp Hepatol.* 2013;3(4):313-320. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jceh.2013.10.004>
- Lopriore E, Mearin ML, Oepkes D, Devlieger R, Whittington PF. Neonatal hemochromatosis: management, outcome, and prevention. *Prenat Diagn.* 2013;33(13):1221-1225. DOI: <https://doi.org/10.1002/pd.4232>
- Ciocca M, Álvarez F. Neonatal acute liver failure: a diagnosis challenge. *Arch Argent Pediatr.* 2017 Apr 1;115(2):175-180. English, Spanish. DOI: <https://doi.org/10.5546/aap.2017.eng.175>
- Debray FG, de Halleux V, Guidi O, Detrembleur N, Gailliez S, et al. Neonatal liver cirrhosis without iron overload caused by gestational alloimmune liver disease. *Pediatrics.* 2012 Apr;129(4):e1076-e1079. doi: <https://doi.org/10.1542/peds.2011-0568>
- Whittington PF. Gestational alloimmune liver disease and neonatal hemochromatosis. *Semin Liver Dis.* 2012;32(4):325-332. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0032-1329901>
- Taylor SA, Whittington PF. Neonatal acute liver failure. *Liver Transp* 2016;22(5):677-685. DOI: <https://doi.org/10.1002/lt.24433>
- Rand EB, Karpen SJ, Kelly S, Mack CL, Malatack JJ, et al. Treatment of neonatal hemochromatosis with exchange transfusion and intravenous immunoglobulin. *J Pediatr.* 2009 Oct;155(4):566-571. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.04.012>
- Mulzer LM, Reutter H, Jüngert J, Knisely AS, Schmid M, et al. Premature birth associated with a favorable course in gestational alloimmune liver disease (GALD): A case report. *Front Pediatr.* 2023 Mar 16;11:1104530. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1104530>
- Whittington PF. Fetal and infantile hemochromatosis. *Hepatology.* 2006 Apr;43(4):654-660. DOI: <https://doi.org/10.1002/hep.21129>
- Бем Е.В., Чумакова Г.Н., Панченко А.С., Мызникова И.В., Третьякова К.Д. и др. Неонатальный гемохроматоз как одно из проявлений гестационного аллоиммунного поражения печени при фетоматеринской изоиммунизации. *РМЖ. Мать и дитя.* 2025;8(2):149-155. DOI: <https://doi.org/10.32364/2618-8430-2025-8-2-9>
- Bem EV, Chumakova GN, Panchenko AS, Myznikova IV, Tretyakova KD, et al. Neonatal Hemochromatosis as One of the Manifestations of Gestational Alloimmune liver disease in fetomaternal Isoimmunization. *RMJ. Mother and Child.* 2025;8(2):149-155. DOI: <https://doi.org/10.32364/2618-8430-2025-8-2-9>

Информация об авторе / Information about the author

Кривицкая Людмила Васильевна, к.м.н., доцент, доцент кафедры педиатрии с курсом ФПКП, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

QRСID: <https://orcid.org/0000-0003-2500-4297>

e-mail: pediatrics@gsmu.by

Lyudmila V. Krivitskaya, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pediatrics with a course of Advanced Training and Retraining, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

QRСID: <https://orcid.org/0000-0003-2500-4297>

e-mail: pediatrics@gsmu.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Кривицкая Людмила Васильевна
e-mail: pediatrics@gsmu.by

Lyudmila V. Krivitskaya
e-mail: pediatrics@gsmu.by

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 24.02.2026



Эластофиброма спины: возможности комплексной клиничко-лучевой диагностики (КТ и МРТ) в постановке диагноза (клиническое наблюдение)

А. С. Нечипоренко¹, И. З. Стопа², А. Г. Илькевич³

¹Гродненский государственный медицинский университет, г. Гродно, Беларусь

²Городская клиническая больница № 4 г. Гродно, г. Гродно, Беларусь

³Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Резюме

Цель исследования. На основании анализа данных литературы и клинического случая систематизировать современные представления об этиологии, диагностике и тактике ведения пациентов с эластофибромой спины, а также проиллюстрировать особенности диагностического процесса.

Материалы и методы. Проведен анализ научной литературы, посвященной эластофиброме. Также представлено подробное клиническое наблюдение за пациенткой 65 лет с двусторонним бессимптомным образованием в подлопаточной области. В диагностике использовались клинический осмотр, магнитно-резонансная томография (МРТ), компьютерная томография (КТ) и гистологическое исследование после биопсии.

Результаты. Клинический случай продемонстрировал трудности лучевой диагностики: по данным МРТ был заподозрен злокачественный процесс (фибросаркома), тогда как КТ-картина с учетом типичной локализации и структуры образования позволила предположить эластофиброму. Окончательный диагноз был установлен только после гистологического исследования, выявившего фрагментированные эластические волокна («глобулы») и фиброзную ткань без признаков атипии. Учитывая отсутствие симптомов, пациентке была рекомендована выжидательная тактика с динамическим наблюдением. Анализ литературы подтвердил, что современные методы визуализации (ультразвуковое исследование (УЗИ), КТ, МРТ) играют ключевую роль в диагностике, выявляя патогномичные признаки, а хирургическое лечение показано только при наличии симптомов.

Заключение. Эластофиброма является редким доброкачественным образованием, часто требующим дифференциальной диагностики со злокачественными опухолями мягких тканей. Наиболее информативными методами диагностики являются КТ и МРТ, но в сложных случаях необходима морфологическая верификация. При бессимптомном течении методом выбора является динамическое наблюдение, так как заболевание не обладает потенциалом к злокачественной трансформации. Представленное клиническое наблюдение подчеркивает важность комплексного подхода, объединяющего данные анамнеза, лучевых методов и морфологического исследования.

Ключевые слова: эластофиброма, доброкачественная опухоль, диагностика, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, дифференциальная диагностика, клинический случай

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Нечипоренко АС, Стопа ИЗ, Илькевич АГ. Эластофиброма спины: возможности комплексной клиничко-лучевой диагностики (КТ и МРТ) в постановке диагноза (клиническое наблюдение). Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):141–147. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-17>

Elastofibroma dorsi: prospects of complex clinical and radiological diagnostics (CT and MRI) in diagnosis (a case study)

Anna S. Nechiporenko¹, Ihar Z. Stopa², Andrey G. Ilkevich³

¹Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

²Grodno City Clinical Hospital No. 4, Grodno, Belarus

³N.N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract

Objective. To systematize modern concepts of the etiology, diagnosis, and management of patients with elastofibroma of the back, and to illustrate the features of the diagnostic process based on the analysis of literature data and a clinical case.

Materials and methods. An analysis of scientific literature dedicated to elastofibroma was conducted. A detailed clinical observation of a 65-year-old female patient with bilateral asymptomatic masses in the subscapular region was also presented. Diagnosis involved clinical examination, magnetic resonance imaging (MRI), computed tomography (CT), and histological examination after biopsy.

Results. The clinical case demonstrated the difficulties of radiological diagnostics: according to MRI data, a malignant process (fibrosarcoma) was suspected, whereas the CT picture, considering the typical location and structure, suggested elastofibroma. The final diagnosis was established only after histological examination, which revealed fragmented elastic fibers ("globules") and fibrous tissue without signs of atyp. Taking into account absence of symptoms, the patient was recommended a wait-and-see approach with dynamic observation. The literature analysis confirmed that modern radiological methods (ultrasound, CT, MRI) play a key role in diagnostics, revealing pathognomonic signs, and surgical treatment is indicated only in the presence of symptoms.

Conclusion. Elastofibroma is a rare benign formation, often requiring differential diagnostics with malignant soft tissue tumors. The most informative diagnostics methods are CT and MRI, but verification is only possible histologically in complex cases. In asymptomatic cases, dynamic observation is the method of choice, as the disease lacks potential for malignant transformation. The presented case study emphasizes the importance of an integrated approach combining anamnestic data, radiological methods, and morphological examination.

Keywords: *elastofibroma, benign tumor, diagnostics, magnetic resonance imaging (MRI), computed tomography (CT), differential diagnostics, clinical case*

Author contributions. All authors made significant contributions to the research and analysis, preparation of the article, and read and approved the final version for publication.

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

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: *Nechiporenko AS, Stopa IZ, Ilkevich AG. Elastofibroma dorsii: prospects of complex clinical and radiological diagnostics (CT and MRI) in diagnosis (a case study). Health and Ecology Issues. 2026;23(1):141–147 DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-17>*

Введение

Эластофиброма представляет собой редкое доброкачественное новообразование мягких тканей, отличающееся медленным ростом и мезенхимальным происхождением. Ее характерными признаками являются типичная локализация в подлопаточной области (чаще односторонняя) и гистологическое строение из пролиферирующих волокнистых и жировых тканей. При обнаружении опухоли в данной анатомической зоне требуется тщательная дифференциальная диагностика, что является определяющим фактором в выборе между хирургическим лечением и динамическим наблюдением [1, 2].

Данная патология наиболее часто выявляется у женщин в возрастной группе 65–70 лет [1]. Эластофиброма относится к редким заболеваниям, составляя лишь 1–2 % от всех первичных опухолей грудной стенки [3–8]; к 2013 г. в литературных источниках было описано лишь около 400 случаев [9]. Наблюдаемый в последнее время рост частоты ее выявления, вероятно, связан как с совершенствованием и повышенной чувствительностью диагностических методов, так и с гипердиагностикой.

Эластофиброма обычно встречается у пожилых женщин (старше 50 лет) и работников физического труда в виде одностороннего образования на спине [10].

Первое научное описание эластофибромы было представлено О. Jarvi и А. Е. Saxen в 1961 г.,

хотя первоначально эти данные были озвучены двумя годами ранее — в 1959 г. на XII конгрессе Скандинавских патологов. Несмотря на то, что Всемирная организация здравоохранения в своей классификации опухолей мягких тканей (2002) относит эластофиброму к доброкачественным опухолям, происходящим из фибробластов и миофибробластов, в научной среде преобладает иная точка зрения. Большинство исследователей не считают ее истинной опухолью, а расценивают как процесс гиперплазии и трансформации эластических волокон, индуцированный хронической механической травмой [11, 12].

Гистологически опухоль характеризуется переплетением эозинофильных эластических и коллагеновых волокон, между которыми расположены адипоциты различного размера и единичные мононуклеарные клетки [13, 14]. Ключевым диагностическим признаком является отсутствие клеточной атипии и патологических митозов в фиброцитах и фибробластах [15]. Также для эластофибромы не характерны признаки некроза, кровоизлияний или включений в виде кальцинатов, что подтверждается как гистологическим, так и лучевыми методами исследования. Макроскопически образование представляет собой плотный, неинкапсулированный узел сероватого цвета, на разрезе которого видны жировые включения [16, 17].

Симптомное течение заболевания наблюдается примерно у половины пациентов. Харак-

терными клиническими проявлениями в таких случаях служат дискомфорт, ощущение хруста в подлопаточной области и боль, возникающая при движении [15, 18, 19].

На момент постановки диагноза размеры опухоли обычно бывают больше 5 см [20].

Диагностика эластофибромы базируется преимущественно на лучевых методах визуализации, которые позволяют выявить характерные, часто патогномичные признаки. Ключевую роль играют КТ и МРТ, в то время как УЗИ служит доступным методом первичной оценки. В литературных источниках также описаны данные позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с КТ (ПЭТ-КТ), обычно выполняемые при обследовании по другому поводу [21].

Хотя УЗИ является простым и доступным методом, его применение ограничено операторозависимостью и низкой разрешающей способностью при малых размерах опухоли [13]. Типичным ультразвуковым признаком является слоистая структура образования за счет чередования линейных гиперэхогенных (жировых) и гипозоногенных (фиброзных) участков, ориентированных преимущественно параллельно грудной стенке [22, 23]. При доплерографии значимого кровотока в образовании не выявляется [22].

При КТ в типичной локализации книзу от угла лопатки, между передней зубчатой мышцей и грудной стенкой определяется мягкотканное образование, чаще вытянутое в краниокаудальном направлении. Его плотность, как правило, изоденсна (сравнима) с окружающими мышцами, а внутренняя структура характеризуется наличием линейных гиподенсных (менее плотных) полос, соответствующих жировым включениям [18]. В случаях с преобладанием жирового компонента вся опухоль может иметь плотность ниже мышечной [24]. Образование не имеет капсулы, не инфильтрирует соседние ткани и не вызывает деструкции костных структур. После внутривенного контрастирования значимого усиления плотности не наблюдается.

Наиболее чувствительным методом, особенно для диагностики двусторонних поражений и дифференциации со злокачественными процессами, когда данные КТ и УЗИ недостаточно информативны, признана МРТ [18, 25]. Некоторые авторы рекомендуют обязательное проведение МРТ перед планируемым хирургическим вмешательством [16]. На МР-изображениях эластофиброма визуализируется как гетерогенное образование с четкими, но некапсулированными границами [23]. На T1-взвешенных изображениях (T1-ВИ) сигнал от опухоли схож с мышечным, на T2-ВИ — изо- или гипоинтенсивный. Внутри образования определяются тонкие линейные зоны

повышенного сигнала на T1-ВИ, соответствующие жировым прослойкам, которые подавляются при использовании FatSat-последовательностей. Контрастное усиление может быть неоднородным либо отсутствовать [10, 18]. Признаки кровоизлияний, кальцинатов или кистозных изменений не характерны.

Даже при наличии классической локализации и структуры эластофиброму необходимо дифференцировать с рядом других объемных образований:

1. *Образования с преобладанием жирового компонента:*

• **Гибернома** (впервые описана в 1906 г., термин предложен в 1914 г. по аналогии с бурым жиром животных, впадающих в спячку [26]) — часто локализуется в под- и окололопаточной области, как и эластофиброма, но несколько чаще встречается у мужчин, может встречаться и в других местах: на шее, спине, грудной стенке, конечностях, в средостении, паранефральной клетчатке. Ключевое отличие — гистологическое строение из бурого жира, что определяет ее лучевые признаки: высокий уровень васкуляризации и метаболизма (интенсивное контрастное усиление при КТ/МРТ и гиперметаболизм на ПЭТ) [26, 27]. На МРТ сигнал от бурого жира на T1-ВИ находится между сигналом от мышц и подкожной жировой ткани, а на T2-ВИ — изоинтенсивен окружающей жировой ткани. Описана также температурозависимая активация бурого жира опухоли, приводящая к повышению сигнала при ПЭТ в условиях низкой температуры окружающей среды. Для гиберномы характерен особый тип мелкой ветвящейся васкуляризации, не типичный для липосарком [28].

• **Липома, липосаркома, гемангиома** — также включаются в дифференциальный ряд из-за наличия жирового компонента. Их отличительными признаками могут быть нетипичная локализация, иные лучевые характеристики с преобладанием жирового компонента, инвазивный рост (для злокачественных форм) и характер контрастирования.

2. *Образования с преобладанием фиброзного компонента*

К этой группе относятся доброкачественные образования, такие как фиброма, десмоидная опухоль (агрессивный фиброматоз) и нейрофиброма. Их дифференциация основывается на оценке структуры, границ и характера роста образования.

Злокачественные новообразования и другие состояния:

• **Злокачественные опухоли** (например, **рабдомиосаркома** или **подкожные метастазы**) — обычно имеют признаки, нехарактерные

для эластофибромы: инфильтративный рост, деструкция прилежащих костных структур, наличие в толще опухоли некроза, кровоизлияний или кальцинатов, а также иной характер накопления контрастного препарата.

● **Посттравматические изменения**, такие как **подкожная гематома** — исключаются при сопоставлении лучевой картины с данными анамнеза (указание на травму) [15].

● **Нейрофиброматоз (болезнь Реклингхаузена)** — рассматривается отдельно ввиду своего системного характера [13].

По данным ряда исследований, оперативное вмешательство рекомендуется пациентам при выраженном болевом синдроме, ощущении дискомфорта или нарушении функции верхней конечности [15, 16, 18]. Ранее хирургическое лечение выполняли всем пациентам с характерными клиническими признаками эластофибромы или при наличии косметического дефекта в типичной зоне, часто с целью гистологического подтверждения диагноза. Однако с совершенствованием лучевой диагностики такая тактика потеряла актуальность [16]. В настоящее время при отсутствии симптомов рекомендуется динамическое наблюдение, поскольку за весь период изучения этой опухоли не зарегистрировано случаев ее злокачественного перерождения [18, 25]. Как отмечают О. Kagakught и соавт., в литературных источниках описаны случаи рецидива эластофибромы после хирургического иссечения, в том числе в ранее не пораженной области [4, 29].

В ряде источников приводятся данные об эффективности лучевой терапии и получении с ее помощью удовлетворительных результатов [30–32]

Для данной опухоли также не свойственно метастазирование, а наличие метастатических очагов ставит под сомнение диагноз эластофибромы [25].

Случай из клинической практики

Пациентка, 65 лет, с жалобами на безболезненное опухолевидное подкожное образование в области нижнего угла левой лопатки обратилась к хирургу в поликлинику по месту жительства в октябре 2025 г. Отмечала случайное обнаружение образования в декабре 2024 г. во время сеанса массажа специалистом, который проводил массаж. В течение первой половины 2025 г. пациентка проходила физиотерапевтическое лечение. Образование в размерах не уменьшалось, пациентка по-прежнему не предъявляла активных жалоб. Во время очередного приема у врача-хирурга обнаружено образование с правой стороны меньших размеров, по плотности и конфигурации подобное первому.

Объективный статус на октябрь 2025 г.: в положении стоя с вытянутыми руками вдоль туловища при визуальном осмотре и при пальпации без изменений (рисунок 1). При сведении рук кпереди в положение «обнять себя» при визуальном осмотре определяются и пальпируются два образования в мягких тканях спины: в области нижнего края правой лопатки шаровидное объемное образование размером 7x7 см (рисунок 2), подобное меньших размеров — 5x5 см слева. Консистенция обоих образований мягко-эластичная, при пальпации образования безболезненны. Образования не спаяны с кожными покровами, кожа над ними не изменена. По предоставленным данным МРТ с контрастным усилением мягких тканей спины справа: под передней зубчатой мышцей справа выявляется образование с неоднородными сигнальными характеристиками (рисунок 3), с признаками неравномерного накопления контрастного препарата, без четкого отграничения от прилежащих мышечных пучков и с оттеснением их латерально, без признаков инвазии в ткани грудной стенки. Заключение МРТ: фибросаркома мягких тканей спины справа под передней зубчатой мышцей?

По результатам нативной КТ: под правой лопаткой на уровне ее угла и ниже, под передней зубчатой мышцей (оттесняя ее, при этом мышца имеет достаточно четкий контур) имеется тканевой плотности образование с нечеткими контурами, общим сечением 25x69x62 мм, слева такой же локализации подобное образование 22x56x40 мм, оба образования не отграничены от межреберных мышц на этом уровне (рисунок 4). Заключение КТ: тканевые образования мягких тканей спины под правой и левой лопатками (справа больше, чем слева) — эластофибромы?

Заключение по данным КТ было сформировано только после личной беседы с пациенткой и тщательного сбора анамнеза. Это лишний раз свидетельствует о важности клинико-анамнестических данных в диагностическом поиске.

Пациентка направлена на консультацию в государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова». По результатам консультации врачом-онкологом, пересмотра данных КТ и МРТ принято решение о необходимости проведения морфологической верификации. Результат гистологического исследования: мелкие фрагменты фиброзированной соединительной ткани с эозинофильными фрагментированными эластическими волокнами, «глобулами», веретеновидными клетками без признаков атипии. Заключение: морфологическая картина в наибольшей степени соответствует эластофибrome.

Учитывая отсутствие у пациентки жалоб (дискомфорта и болевого синдрома), а также отсутствие по данным обследования показаний к хирургическому лечению, было принято решение о выборе выжидательной тактики. Пациентке рекомендован регулярный осмотр врачом-хирургом и ультразвуковой контроль образования в подлопаточной области с периодичностью раз в 6 месяцев для оценки динамики (увеличения, уменьшения или стабильности размеров, а также возможного появления симптомов).



Рисунок 1. Фотография спины пациентки в положении стоя с вытянутыми руками вдоль туловища: визуально — без явных изменений мягких тканей спины

Figure 1. Photography of the patient's back in a standing position with her arms extended along the body: no visually apparent changes in the soft tissues of the back



Рисунок 2. Фотография спины пациентки при сведении рук кпереди в положение «обнять себя»: визуально определяются два образования в мягких тканях спины — в области нижнего края правой лопатки и подобное меньших размеров слева

Figure 2. Photography of the patient's back with her arms crossed in front of the chest in a self-hugging position: two formations are visually identified in the soft tissues of the back — in the region of the lower border of the right scapula, and a similar but smaller one on the left.

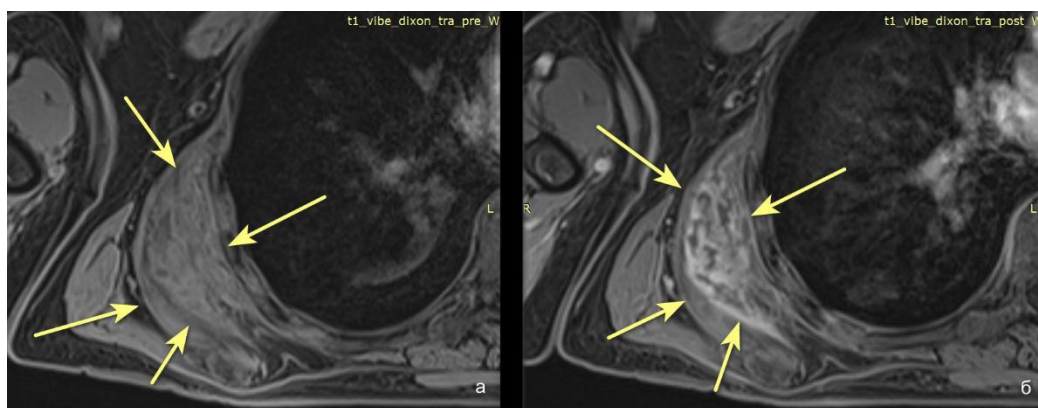


Рисунок 3. МРТ мягких тканей спины справа: а — T1-взвешенное изображение, нативное, аксиальная плоскость; б — T1-взвешенное изображение, после контрастного усиления, аксиальная плоскость
Figure 3. MRI of the soft tissues of the back on the right: a — T1-weighted image, non-contrast, axial plane; b — T1-weighted image, post-contrast enhancement, axial plane

Примечание. Под передней зубчатой мышцей справа определяется образование с неоднородными сигнальными характеристиками, с признаками неравномерного накопления контрастного препарата, без четкого отграничения от прилежащих мышечных пучков и с оттеснением их латерально, без признаков инвазии в ткани грудной стенки.

Note. Under the anterior serratus muscle on the right, a formation with heterogeneous signal characteristics is determined, with signs of uneven accumulation of the contrast agent, without clear demarcation from the adjacent muscle bundles and with their laterality, without signs of invasion into the tissues of the chest wall.

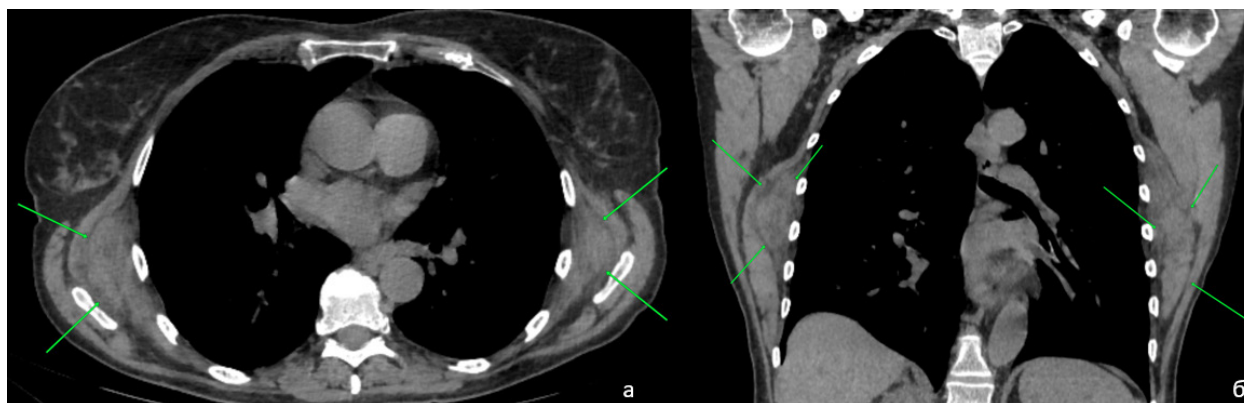


Рисунок 4. Нативная КТ грудной клетки: а — аксиальная плоскость; б — корональная реконструкция
Figure 4. Non-contrast CT of the chest: a — axial plane; b — coronal reconstruction

Примечание. Под правой лопаткой на уровне ее угла и ниже, под передней зубчатой мышцей (оттесняя ее) тканевой плотности визуализируется образование с нечеткими контурами, слева такой же локализации подобное образование, оба образования не ограничены от межреберных мышц на этом уровне.

Note: Under the right shoulder blade at the level of its angle and below, under the anterior serratus muscle (pushing it aside), a formation with unclear contours is visualized in the tissue density; on the left there is a similar formation of the same localization; both formations are not delimited from the intercostal muscles at this level.

Заключение

На основании представленного клинического случая и данных литературы можно сделать вывод: эластофиброма представляет собой редкую опухоль мягких тканей грудной стенки, часто развивающуюся бессимптомно. Ее диагностика зачастую бывает случайной или сопряжена со значительными трудностями, обусловленными широким кругом заболеваний, требующих проведения дифференциальной диагностики. Со-

временные методы визуализации позволяют с высокой долей вероятности установить диагноз, однако окончательная верификация, особенно в сложных случаях, требует гистологического исследования. Клиническое наблюдение, описанное в статье, подтверждает, что эластофиброма может протекать без болевого синдрома и субъективного дискомфорта для пациента, что является ключевым аргументом в пользу выбора тактики динамического наблюдения.

Список литературы / References

1. Болдин Б.В., Цукан В.Ю., Дизенгоф И.М., Сергеев А.А., Колесова С.И., Кобзарев Д.А. Эластофиброма: обзор литературы и клиническое наблюдение. *Амбулаторная хирургия*. 2023;20(2):202-208.
2. Boldin BV, Tsukan VYu, Dizengof IM, Sergeev AA, Kolesova SI, Kobzarev DA. Elastofibroma: a literature review and clinical case. *Ambulatornaya khirurgiya = Ambulatory Surgery*. 2023;20(2):202-208. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21518/akh2023-030>
3. Винокуров А.С., Юдин А.Л., Учеваткин А.А., Юматова Е.А. Лучевая диагностика эластофибромы. *Медицинская визуализация*. 2016(3):136-141.
4. Vinokurov AS, Yudin AL, Uchevatkin AA, Yumatova EA. Radiation diagnostics of elastofibroma. *Medical Visualization*. 2016(3):136-141.
5. Freixinet J, Rodríguez P, Hussein M, Sanromán B, Herrero J, Gil R. Elastofibroma of the thoracic wall. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2008;7:626-628. DOI: <https://doi.org/10.1510/icvts.2007.174722>
6. Brandser EA, Goree JC, El-Khoury GY. Elastofibroma dorsi: prevalence in an elderly population as revealed by CT. *Am J Roentgenol* 1998;171:977-980. DOI: <https://doi.org/10.2214/ajr.171.4.9762978>
7. Jarvi OH, Lansimies P.H. Subclinical elastofibromas in the scapular region at autopsy series. *Acta Pathol. Microbiol. Scand*. 1975;83:87-108. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1699-0463.1975.tb01361.x>
8. Nagamine N, Nohara Y, Ito E. Elastofibroma in Okinawa: a clinicopathologic study of 170 cases. *Cancer*. 1982;50:1794-1805. DOI: [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(19821101\)50:9<1794:aid-cnrcr2820500925>3.0.co;2-l](https://doi.org/10.1002/1097-0142(19821101)50:9<1794:aid-cnrcr2820500925>3.0.co;2-l)
9. Naylor MF, Nascimento AG, Sherrick AD, McLeod RA. Elastofibroma dorsi: radiologic findings in 12 patients. *Am. J. Roentgenol*. 1996;167:683-687. DOI: <https://doi.org/10.2214/ajr.167.3.8751681>
10. Blumenkrantz Y, Bruno GL, González CJ, Namías M, Osorio AR, Parma P. Characterization of Elastofibroma Dorsi with 18FDG PET/CT: a retrospective study. *Rev. Esp. Med. Nucl*. 2011;30(6):342-345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.remnn.2011.01.006>
11. Braham E, Hergli I, Boudaya MS, Ismail O, Ayadi-Kaddour A, Kilani T, El Mezni F. Elastofibroma of scapula: a case report and literature review. *Ann Transl Med*. 2013;1(3):31. DOI: <https://doi.org/10.3978/j.issn.2305-5839.2013.05.01>
12. Karrakchou B, Yaikoubi Y, Chairi MS, Jalil A. Elastofibroma dorsi: case report and review of the literature. *Pan African Medical Journal*. 2017;28:34. DOI: <https://doi.org/10.11604/pamj.2017.28.34.13675>
13. Vastamäki M. Elastofibroma scapulae. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 2001;404-408.
14. Kourda J, Ayadi-Kaddour A, Merai S, Hantous S, Miled KB, Mezni FE. Bilateral elastofibroma dorsi. a case report and review of the literature. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2009;95:383-387.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.otstr.2009.05.002>

13. Falidas E, Arvanitis D, Anyfantakis G, Pazidis A, Koukouli, Miltiadou D, Koronaoui A. Painful elastofibroma dorsi: a report of a case and a brief review of the literature. *Case Rep Orthoped*. 2013;794247.

DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/794247>

14. Di Vito A, Scali E, Ferraro G, Mignogna C, Presta I, Camastra C, Donato G, Barni T. Elastofibroma dorsi: a histochemical and immunohistochemical study. *Eur J Histochem*. 2015;59(1):2459.

DOI: <https://doi.org/10.4081/ejh.2015.2459>

15. Hammoumi ME, Qtaibi A, Arsalane A, El Oueriachi, Kabiri el H. Elastofibromadorsi: clinicopathological analysis of 76 cases. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;47:111-116.

DOI: <https://doi.org/10.5090/kjtcs.2014.47.2.111>

16. Nagano S, Yokouchi M, Setoyama T, Sasaki H, Shimada H, Kawamura I, Ishidou Y, Setoguchi T, Komiya S. Elastofibroma dorsi: surgical indications and complications of a rare soft tissue tumor. *Molecular Clin Oncol* 2014;2(3):421-424.

DOI: <https://doi.org/10.3892/mco.2014.257>

17. Tokur M, Kurul CI, Gönül II, Memiş L. Exercise-induced elastofibroma dorsi. *Eurasian J. Pulmonol*. 2014;16:47-49.

DOI: <https://doi.org/10.5152/ejp.2014.78055>

18. Oueslati S, Douira-Khomsy W, Bouaziz MC, Zaouia K. Elastofibroma dorsi: A report on 6 cases. *Acta Orthop Belg*. 2006;72(2):237-342.

19. Briccoli A, Casadei R, Di Renzo M, Favale L, Bacchini P, Bertoni F. Elastofibroma dorsi. *Surg. Today*. 2000;30:147-152.

DOI: <https://doi.org/10.1007/PL00010063>

20. Kastner M, Salai M, Fichman S, Heller S, Dudkiewicz I. Elastofibroma at the scapular region. *Isr. Med. Assoc. J*. 2009;11:170-172.

21. Goyal P, Gandhi D, Gupta S, Kumar SLiY, Olsavsky TD, Gupta N, Goyal P. Elastofibroma dorsi. *Proceedings (Baylor University Medical Center)*. 2017;30(3):340-342.

DOI: <https://doi.org/10.1080/08998280.2017.11929641>

22. Cavallasca JA, Sohn DI, Borgia AR, Maliandi Mdel R, Musuruana JL. Elastofibroma dorsi: review of 4 cases. *Reumatol. Clin*. 2012;8(6):358-360.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.reumae.2012.06.002>

23. Ochsner JE, Sewall SA, Brooks GN, Agni R. Best cases from the AFIP: Elastofibroma dorsi. *Radiographics*. 2006;26(6):1873-1876.

DOI: <https://doi.org/10.1148/rg.266055184>

24. Kransdorf MJ, Meis JM, Montgomery E. Elastofibroma: MR and CT appearance with radiologic-pathologic correlation. *AJR*. 1992;159(3):575-579.

DOI: <https://doi.org/10.2214/ajr.159.3.1503030>

25. Pilge H, Hesper T, Holzapfel BM, Prodinger PM, Straub M, Krauspe R. Elastofibroma: clinical results after resection of a rare tumor entity. *Orthop Rev (Pavia)*. 2014;6(2):5329.

DOI: <https://doi.org/10.4081/or.2014.5329>

26. Jena A, Mutheeswaraiyah Y, Chowhan AK, Rukmangadha N, Kumaraswamy MR. Hibernoma – an unusual presentation. *J. Clin. Sci. Res*. 2013;2:105-107.

DOI: <https://doi.org/10.15380/2277-5706.JCSR.12.074>

27. Grayson JW, Wallace JC. A case report and discussion of hibernomas: pathology, genetics, diagnosis, and treatment. *Am. J. Clin. Med*. 2012;9(3):151-153.

28. Santosh D, Suresh P, Venkatanarasimha N. Infrascapular abnormalities: location-specific fat-containing chest wall lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2012;198(5):W510-1.

DOI: <https://doi.org/10.2214/AJR.11.8167>

29. Karakurt O, Kaplan T, Gunal N, Gulbahar G, Kocer B, Han S, Dural K, Sakinci U. Elastofibroma dorsi management and outcomes: review of 16 cases. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2014;18(2):197-201.

DOI: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivt442>

30. Daigeler A, Vogt PM, Busch K, Pennekamp W, Weyhe D, Lehnhardt M, Steintraesser L, Steinau HU, Kuhnen C. Elastofibroma dorsi – differential diagnosis in chest wall tumours. *World J Surg Oncol*. 2007;5:15.

DOI: <https://doi.org/10.1186/1477-7819-5-15>

31. Prete PE, Henbest M, Michalski JP, Porter RW. Intraspinal elastofibroma. A case report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(7):800-802.

DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-198310000-00019>

32. Deutsch GP. Elastofibroma dorsalis treated by radiotherapy. *Br J Radiol*. 1974;47(561):621-623.

DOI: <https://doi.org/10.1259/0007-1285-47-561-621>

Информация об авторах / Information about the authors

Нечипоренко Анна Степановна, к.м.н., доцент кафедры лучевой диагностики, УО «Гродненский государственный медицинский университет», Гродно, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4073-3132>e-mail: salejanna@mail.ru

Стопа Игорь Зиновьевич, врач лучевой диагностики, заведующий кабинетом МРТ, УЗ «Городская клиническая больница № 4 г. Гродно», Гродно, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1964-4497>e-mail: herrstopa@mail.ru

Илькевич Андрей Георгиевич, врач лучевой диагностики рентгеновского отделения, ГУ «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7790-2428>e-mail: ailkevitch@tut.by

Anna S. Nechiporenko, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Radiodiagnostics, Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4073-3132>e-mail: salejanna@mail.ru

Ihar Z. Stopa, Radiologist, Head of MRI Room, Grodno City Clinical Hospital No. 4, Grodno, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1964-4497>e-mail: herrstopa@mail.ru

Andrey G. Ilkevich, Radiologist at the X-ray Department, N.N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7790-2428>e-mail: ailkevitch@tut.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Нечипоренко Анна Степановна

e-mail: salejanna@mail.ru

Anna S. Nechiporenko

e-mail: salejanna@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 24.02.2026



An approach to the application of plant secondary metabolites in agriculture to improve food quality

Leonid N. Alekseiko¹, Kirill S. Golokhvast², Alexander M. Zakharenko²,
Nadeja S. Myshkavets¹, Alexandra V. Litvinchuk¹, Galina V. Sedukova³,
Aristeidis M. Tsatsakis⁴, Denis O. Tsybmal⁵, Natalia V. Chueshova³

¹Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

²Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

³Institute of Radiobiology National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

⁴University of Crete, Heraklion, Crete, Greece

⁵D.N. Penyazkov Secondary School No. 3, Gomel, Belarus

Abstract

The article presents a new methodology for improving food safety by regulating the distribution of pollutants (radionuclides, heavy metals, pesticides) in agricultural crops using secondary plant metabolites, in particular flavonoids. The results of using an improved method of supercritical fluid extraction of metabolites and theoretical analysis of experimental data from other scientists point the way to the creation of a new agricultural technology for obtaining environmentally friendly products, where the targeted use of flavonoids stimulates the natural defense mechanisms of plants. These mechanisms include the processes of synthesis of chelating proteins and enzymes in plants for the immobilization of pollutants in certain organs. Flavonoids have been shown to regulate antioxidant protection, complex formation and redistribution of metabolite transport as signaling molecules. This is the first study to combine supercritical fluid extraction and exogenous application of flavonoids to reduce pollutant translocation in crops. The purpose of this technology is to produce agricultural products that comply with international food safety standards and to enable the safe cultivation of crops on contaminated lands.

Keywords: *agricultural technology, secondary metabolites, radionuclides, pesticides*

Author contributions. Alekseiko L.N., Golokhvast K.S., Zakharenko A.M., Tsatsakis A.: technology concept, development of technology for obtaining secondary metabolites; Myshkavets N.S., Litvinchuk A.V., Sedukova G.V., Tsybmal D.O., Chueshova N.V.: review of publications, text writing, editing.

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

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Alekseiko LN, Golokhvast KS, Zakharenko AM, Myshkavets NS, Litvinchuk AV, Sedukova GV, Tsatsakis AM, Tsybmal DO, Chueshova NV. An approach to the application of plant secondary metabolites in agriculture to improve food quality. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(1):148–156. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-18>

Подход к применению растительных вторичных метаболитов в сельском хозяйстве для улучшения качества пищевых продуктов

Л. Н. Алексейко¹, К. С. Голохваст², А. М. Захаренко²,
Н. С. Мышкова¹, А. В. Литвинчук¹, Г. В. Седукова³,
А. Тсатсакис⁴, Д. О. Цымбал⁵, Н. В. Чуешова³

¹Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

²Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук, г. Краснообск, Россия

³Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси, г. Гомель, Беларусь

⁴Критский университет, г. Ираклион, Греция

⁵Средняя школа № 3 имени Д. Н. Пенязькова, г. Гомель, Беларусь

Резюме

В статье представлена новая методология повышения безопасности пищевых продуктов путем регулирования распределения загрязняющих веществ (радионуклидов, тяжелых металлов, пестицидов) в сельскохозяйственных культурах с использованием вторичных растительных метаболитов, в частности флавоноидов. Результаты

применения усовершенствованного метода сверхкритической флюидной экстракции метаболитов и теоретический анализ экспериментальных данных других ученых указывают путь к созданию новой агротехнологии получения экологически чистой продукции, в которой целенаправленное использование флавоноидов стимулирует естественные защитные механизмы растений. К этим механизмам относятся процессы синтеза хелатирующих белков и ферментов в растениях для иммобилизации загрязняющих веществ в определенных органах. Доказано, что флавоноиды регулируют антиоксидантную защиту, комплексообразование и перераспределение транспорта метаболитов как сигнальные молекулы. Это перспективное исследование, в котором сверхкритическая флюидная экстракция и экзогенное внесение флавоноидов сочетаются для снижения транслокации загрязняющих веществ в сельскохозяйственных культурах. Целью данной технологии является производство сельскохозяйственной продукции, соответствующей международным стандартам безопасности пищевых продуктов, и обеспечение безопасного выращивания сельскохозяйственных культур на загрязненных землях.

Ключевые слова: агротехнология, вторичные метаболиты, радионуклиды, пестициды

Вклад авторов. Алексейко Л.Н., Голохваст К.С., Захаренко А.М., Тсатсакис А.: концепция технологии, разработка технологии получения вторичных метаболитов, Мышковец Н.С., Литвинчук А.В., Седукова Г.В., Цымбал Д.О., Чушова Н.В.: концепция исследования, обзор публикаций, написание текста, редактирование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Алексейко ЛН, Голохваст КС, Захаренко АМ, Мышковец НС, Литвинчук АВ, Седукова ГВ, Тсатсакис А, Цымбал ДО, Чушова НВ. Подход к применению растительных вторичных метаболитов в сельском хозяйстве для улучшения качества пищевых продуктов. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(1):148–156. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-1-18>

Introduction

One of the most critical objectives of preventive medicine worldwide is ensuring a safe and high-quality food supply [1-4]. In this context, maintaining human health and preventing disease require rigorous food safety monitoring.

Due to the rapid growth of the global population and the increasing volume and diversity of food products, controlling their quality has become increasingly challenging. The problem is exacerbated by the shortage of arable land, necessitating the use of agricultural territories that do not fully meet regulatory standards. This compels the intensified chemicalization of soils through the application of fertilizers, herbicides, pesticides, growth stimulants, and other substances to achieve required soil characteristics. Consequently, this leads to soil contamination and the accumulation of harmful substances in plant and animal products consumed by humans [5-6]. Another agricultural challenge involves territories that are otherwise suitable for farming but are contaminated with various pollutants. Examples include lands contaminated with radionuclides [6]. The Chernobyl Nuclear Power Plant accident resulted in such contaminated areas across Belarus and Russian Federation. Consuming food produced on radionuclide-contaminated agricultural lands causes severe disruptions to the human health. The aforementioned issues underscore the urgent need to develop methods for ensuring the safety of agricultural products.

The accumulation of soil pollutants in plants often occurs through molecular mechanisms that may not overlap, leading to the evolution of diverse natural defense mechanisms in plants against spe-

cific substances. This necessitates repeated treatments of crops with artificial protective substances during a single growing season, making it extremely challenging to predict and prevent all potential accumulations. The relevance of this problem is further amplified by the fact that the quality of raw materials and food products – especially regarding radionuclide content – often fails to meet import requirements set by the Eurasian Union, and other trade partners of the Republic of Belarus. This significantly hinders and complicates agricultural exports [7].

To date, research efforts have focused on developing methods to reduce the accumulation of pollutants in agricultural plant.

Therefore, the objective of this study is to develop a novel agricultural technology that regulates the distribution of pollutants within crops through the targeted use of flavonoids and other secondary metabolites, with the goal of protecting economically significant plant parts and ensuring compliance with international food safety standards.

Scientific basis

The research presented in this article proposes a relatively new agrotechnological approach that utilizes our metabolite extraction technology [8-13]. It has been shown, that the metabolism and detoxification of heavy metals present particular challenges to biological systems. In plants, these responsible mechanisms include heavy metal-binding compounds such as the metallothioneins (MTs) and phytochelatins (PCs). MTs and PCs are different classes of cysteine-rich, heavy metal-binding peptide or polypeptide molecules. PCs are enzymatically synthesized peptides, while MTs are gene-encod-

ed polypeptides [14]. It is shown that the metallothioneins are low-molecular-weight proteins which capable of covalently binding heavy metal ions due to the presence of many cysteine residues in their sequences. The predicted amino acid sequences of 19 metallothionein (7 from *Arabidopsis thaliana* and 12 from *Oryza sativa*) and their promoter sequences in silico in order to determine the potential regulatory cis-elements present in the promoters of metallothionein genes, from which it is possible to determine the putative functions of these genes. The PlantCARE and PLACE databases provided information about the putative regulatory elements in the metallothionein promoters. Metal response element sequences were found in the promoters of eleven *O. sativa* and two *Arabidopsis* metallothionein genes. Copper response elements were identified in both model plants, usually in many copies, particularly in *O. sativa*. Both the high cysteine content and the presence of metal response motifs in the promoters support the suggestion that metallothioneins play a key role in metal detoxification. The most common putative element in the analyzed promoters was CIRCADIAN, which was present in five *A. thaliana* and eight *O. sativa* sequences. The methyl jasmonate response sequence, root-specific expression element and drought response element were found only in *O. sativa* metallothioneins. Light and low temperature response elements, biotic and abiotic stress elements, an abscisic acid-responsive element and an ethylene-responsive element occur in selected metallothionein promoters of both species. A few promoters have putative organ- and cell-specific regulatory elements. The presence of many different motifs in the promoters of the *Arabidopsis* and *O. sativa* genes implies that metallothioneins are general stress response proteins with many important functions in plants, including regulation of their normal development and adaptation to changing environmental conditions [14].

The investigations into the effects of flavonoids on biochemical processes in plants provide a foundation for the successful implementation of the proposed methodology, as outlined in these works [15-18]. In particularity, the total flavonoid and anthocyanin content in different parts of *Matthiola odoratissima* plants decreased with increasing altitude [18].

The essence of our scientific approach, in contrast to previously employed approaches, is the development of new agrochemical techniques for the controlled distribution of contaminants in specific plant parts (root system, stem, leaves) that are not subsequently used in the production of human food or animal feed.

To implement this idea, we propose leveraging natural plant mechanism of plant adaptation and de-

fense. We assumed specifically, chelating proteins cysteine-rich proteins named as metallothioneins, can bind to ions such as heavy metals so as radionuclides and can induce defense mechanisms for many stresses. It is shown that the high variability of the content of phenolic components in *Pentaptyloides fruticososa* different ecological and geographical conditions and during ontogenesis, expressed in the nature of distribution, the ratio of components and the change of the predominant compounds with the stability of the total content of the phenolic complex, confirms the participation of phenolic compounds in adaptation to environmental conditions. Authors found, that *P. fruticososa* plants growing under conditions of technogenic stress of different types acquire specific features: under conditions of industrial and transport influence, the content of phenolic compounds decreases and the seasonal dynamics of their accumulation changes; under conditions of radiation exposure (^{90}Sr , ^{137}Cs), the variability of the content of phenolic components (secondary metabolites) increases. With the increase in radionuclide contamination, the content of individual phenolic components - isoquercitrin and kaempferol in the leaves of *P. fruticososa* increased, while ellagic acid, on the contrary, decreased [15, 16].

We proposed that the application of specific flavonoids could increase the adaptive effects of plants to radiation waste, and it can be evaluated by expression of metallothioneins, which are general stress response proteins with many important functions in plants, including regulation of their normal development so as adaptation to changing environmental conditions.

Additionally, they induce or activate enzymes involved in pesticide metabolism, such as cytochrome P₄₅₀ and glucosyltransferases, which catalyze pollutants modification [19].

This approach aims not to disrupt biochemical processes in plants (which often severely alters their metabolism) but rather to harness a plant's inherent natural mechanisms to stimulate the accumulation of undesirable substances in predefined locations rather than throughout the entire plant body.

Research stages of technology

The purpose of this comprehensive multi-stage study is to develop a technology for controlling the distribution of pollutants within specific parts of agricultural plants, thereby enabling the production of high-quality food products. Our proposed agricultural technology is aimed at protecting agricultural crops from radionuclides and organic pollutants (pesticides, fertilizers, etc.) in high-risk regions such as Belarus and Russia. It combines agronomic, biochemical, and ecological approaches to ensure the safety of crop production in contaminated areas of

Belarus and Russia. Key tasks include crop selection, identifying optimal stimulants, conducting field trials, and analyzing biomaterials. Therefore, we plan to devote special attention to the selection of experimental sites, including a site with normal parameters for both radiation exposure and pesticides and other organic matter. Experimental sites must have a moderate radiation load (according to contamination maps) and be located on agricultural land. A site with a high radiation load that is not located on agricultural land will also be used. We will select experimental crops suitable for cultivation in the selected areas and economically viable for Belarus and Russia. Of particular importance is identifying the key biochemical mechanisms for protecting economically significant plant parts from elevated levels of radionuclides and various organic pollutants. From here on, we will use the term «protection of economically significant parts,» meaning that the essence of our approach is not to protect the plant as a whole, but to selectively protect (based on blocking the migration of pollutants) only those plant parts that are subsequently used for food and animal feed production. Crops must be adapted to the climate and soil conditions of the selected areas (e.g., Polesie in Belarus or the Chernozem Region in Russia), economically significant, and vulnerable to the accumulation of radionuclides (Cs-137, Sr-90) or organic pollutants (pesticides, genetic modified organisms (GMO)).

Priority is given to crops with clearly defined economically significant parts (fruits, grain, roots, and foliage for forage), where toxin migration is critical. We consider yield, rotation, and stress tolerance. We suggest that a key link may be identifying the most effective substances capable of stimulating various defense mechanisms in economically significant plant parts. For example: antioxidants (phenols, vitamins C/E) stimulate glutathione peroxidase, neutralizing reactive oxygen species and reducing oxidative stress in fruits; chelators (EDTA, citric acid) bind radionuclides in roots, preventing their translation into grain; they activate phytochelatin; growth hormones (salicylic acid) enhance the expression of detoxification genes, blocking their pathway to edible parts; microelements (K, Ca, Se) compete with toxins for absorption; they strengthen cell walls in leaves and fruits. Our focus is on substances that enhance the plant antioxidant system, chelation, and barrier functions of plant tissues to minimize pollutant migration (>30% reduction in target values). The following indicators are proposed to be used as analytical markers: markers of antioxidant protection (the concentration of glutathione and associated enzymes, the amount of oxidized membrane phospholipids, the concentration of natural antioxidants for a specific plant species), the degree of transfer of

radionuclides into the economically important part of the plant, and the determination of the polymorphism of enzymes responsible for various protective mechanisms. These studies can be conducted using chromatographic and electrophoretic separation of proteins (enzymes, metallothioneins) of the corresponding plant and the formation of their qualitative and quantitative composition. There is data in the literature on the polymorphism of plant proteins as an adaptive mechanism [20-29]. Among the enzymes described are glutathione peroxidases and other enzymes of the oxidoreductase class, as well as enzymes of other classes. Low-molecular-weight organic compounds belonging to the flavonoid class can act as stimulators of their synthesis, and sometimes as coenzymes [30-44]. The expected results of this stage will be conclusions about the main mechanisms of plant defense against adverse environmental conditions, presented in the form of comparative maps of the quantitative content of chelating proteins and their polymorphism, and the identification of two or three universal stimulators adapted to soils (pH 5-7, sod-podzolic type).

The next step is to conduct a field experiment and obtain practical information on changes in the qualitative and quantitative composition of enzymes and gene expression stimulators in plant cells under the influence of various substances isolated from secondary metabolites. To achieve this goal, we plan to conduct pre-sowing seed treatment, sow and monitor treated plants in experimental plots, conduct biochemical and toxicological studies of the biological material to identify classes of substances capable of stimulating defense mechanisms at the molecular or genetic level, and establish the optimal method for stimulating the defense of economically significant plant parts. We also determine the degree of secondary metabolite polypotency relative to the studied defense mechanisms and identify optimal polypotent stimulators for areas with combined radiation and chemical pollution. In our experiment, we plan to use data on the quantity and types of secondary plant metabolites (flavonoids, terpenoids, alkaloids) to obtain the expected results. Flavonoids are the most interesting class. An effective method for their extraction is the high-tech method of supercritical fluid extraction. The proposed agricultural technology includes radiological and toxicological studies, specifically changes in the qualitative and quantitative composition of chelating proteins and enzymes responsible for protection against heavy metals and radioactive radiation. The correlation between the amount of radionuclides and the corresponding amount of chelating proteins has an adaptive basis. Confirmation of plant adaptation to increased radionuclide levels will be a change in the structure of chelating proteins. Proteomic analysis

will identify proteoforms and expressed and inactive genes to assess the potential of alternative splicing as an adaptive defense mechanism. As mentioned, flavonoids can stimulate not only the sorption of radionuclides but also directly or indirectly inactivate pesticides. Therefore, it is necessary to determine the presence and extent of this polypotency of secondary metabolites beneficial for agriculture under experimental conditions. In the future, this will allow the selection of the optimal substance for protecting economically important plant parts. As a result, we expect to obtain data on changes in enzyme polymorphism and chelating proteins under the influence of various flavonoids. Studying polymorphic oxidoreductases will also allow us to determine the ability of plants to distribute organic pollutants in specific locations. Undoubtedly, an important step in implementing the proposed agricultural technology is obtaining practical information on the degree of toxicity of the obtained biomaterial for humans. Accordingly, we plan to conduct a toxicology experiment on laboratory mice; obtain mouse feed from plants grown in different regions and treated with various secondary metabolites; and conduct toxicology studies of mouse biomaterials using the results of field experiments. To confirm the safety of agricultural products obtained in areas contaminated with various pollutants, an experiment will be conducted on laboratory mice. The mice will be divided into three groups, each of which will receive food prepared from plant components collected in the experimental areas. The first group will receive feed prepared from plants grown in a relatively clean area; the second group will receive feed prepared from plants grown in a relatively contaminated area included in the agricultural fund. The third group will receive food from plants growing in contaminated areas that are not included in the agricultural fund. The effect of incoming radionuclides on mice will be determined using Q-FISH (quantitative fluorescence in situ hybridization), a micronucleus test, and bone marrow cell count analysis [45, 46]. Cytological studies will include both morphological and biochemical comparisons with the control. To confirm increased resistance to pesticides and other organic pollutants, measurements of key antioxidant defense parameters (glutathione levels and related enzymes) and blood biochemistry will be conducted. After identifying key correlations, the leading flavonoids that provide the greatest stimulation of both the antioxidant and chelating capacities of the selected plants will be identified. As a result of laboratory studies, we expect confirmation of low levels of contamination of the economically important plant parts by any pollutants, as well as a high antioxidant status, which may be beneficial for other biological systems when consumed as food.

In the future, we plan to identify optimal stimulants, confirm their effectiveness, and refine the key stages of our proposed agricultural technology. This will require conducting control sowing of the selected plants in experimental areas with appropriate treatment with secondary metabolites (flavonoids); refining and testing recommendations for pre-sowing treatment of plant material; and evaluating and confirming the multiple functionality of the selected flavonoid. Conduct toxicological studies of mouse biomaterial. The final stage of the experiment differs from previous studies not by selecting a single optimal immune system stimulant, but by confirming its effectiveness both as an antioxidant and as a stimulant of the expression of genes responsible for the synthesis of chelating proteins. The design of our study, both in plants and mice, is described above. It will be necessary to confirm the polymorphism of oxidoreductases and chelating proteins using electrophoretic maps, as well as conduct radiological and toxicological studies of both plant components and mouse biomaterials.

All animal experiments will be conducted in compliance with institutional and national ethical guidelines and approved by the relevant animal care and use committee.

The results of the research at the fourth stage will include instructions for pre-sowing and vegetative treatment of agricultural plants, the methodology of this treatment, an assessment of improving the quality of agricultural products and, as a result, the prospect of enabling more effective implementation of a preventive medicine program to improve the quality of nutrition and public health.

Overall, the proposed multi-stage research is expected to establish a novel agro technology that enhances food safety and public health by leveraging the natural defense mechanisms of plants through targeted application of flavonoids and other secondary metabolites.

Conclusion

The approach chosen by the authors proposes a paradigm shift from traditional strategies for reducing pollutants in soil and crops by modulating secondary metabolites such as flavonoids for safer and more cost-effective food production. The new agricultural technology will allow producing environmentally friendly crops on lands currently excluded from agricultural use due to pollution of the Russian Federation and Republic of Belarus and worldwide. A joint development of institutes of both countries has the potential to promote preventive medicine and sustainable agricultural technologies.

Список литературы / References

1. Абумуслимова Е.А., Якунина М.А. Распределение основных продуктов питания и оценка приверженности населения к организации здорового питания. *Современные проблемы гигиены, радиационной и экологической медицины*. 2022;(12):138-149.
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.100>
Abumuslimova EA, Yakunina MA. Distribution of basic food products and assessment of population commitment to healthy eating. *Modern problems of hygiene, radiation and environmental medicine*. 2022;(12):138-149. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.151.100>
2. Березина В.В. Питание и здоровый образ жизни молодежи. *Базис*. 2022;2(12):9-12.
DOI: <https://doi.org/10.24412/2587.8042.2022.212.9.12>
Berezina VV. Nutrition and healthy lifestyle of young people. *Basis*. 2022;2(12):9-12. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.24412/2587.8042.2022.212.9.12>
3. Волкова С.А., Пентюк И.А. Правила и принципы здорового питания. *Студенческая наука и XXI век*. 2022;19;1-2(22):56-58.
Volkova SA, Pentjuk IA. Rules and principles of healthy nutrition. *Student science and the XXI century*. 2022;19;1-2(22):56-58. (In Russ.).
4. Гатиятулин Ш.Н., Ефремова Е.Н. Здоровое питание и его принципы. *Форум*. 2022;1(27):172-175.
Gatiyatulin ShN, Efremova EN. Healthy nutrition and its principles. *Forum*. 2022;1(27):172-175. (In Russ.).
5. Белорусский агрохимический форум Сплочение агрохимической отрасли республики. *Наше сельское хозяйство*. 2022;9(281):4-14.
Belarusian Agrochemical Forum Consolidation of the agrochemical industry of the republic. *Our agriculture*. 2022;9(281):4-14. (In Russ.).
6. Белоус Н.М., Подольяк А.Г., Смольский Е.В., Карпенко А.Ф. Радиоэкологические аспекты применения минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях. *Агрохимический вестник*. 2016;(2):10-14.
Belous NM, Podolyak AG, Smolsky EV, Karpenko AF. Radioecological aspects of the use of mineral fertilizers on radioactively contaminated forage lands. *Agrochemical bulletin*. 2016;(2):10-14. (In Russ.).
7. Карпенко А.Ф. Производство животноводческой продукции в условиях радиоактивного загрязнения Гомельской области. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2020;3(38):29-32.
Karpenko AF. Production of livestock products in conditions of radioactive contamination of the Gomel region. *Animal husbandry and veterinary medicine*. 2020;3(38):29-32. (In Russ.).
8. Разгонова М.П., Каленик Т.К., Захаренко А.С., Голохваст К.С. Использование сверхкритического углекислого газа для новейшей «зеленой технологии» экстракции термолабильных веществ. Экстракция и мембранные методы в разделении веществ: Тезисы докладов международной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика Б.А. Пурина; 2018, 03 декабря; Москва. Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева; 2018;89-92.
Razgonova MP, Kalenik TK, Zakharenko AS, Golokhvast KS. The use of supercritical carbon dioxide for the latest «green technology» of extraction of thermolabile substances. Extraction and membrane methods in the separation of substances: Abstracts of the international conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Academician B.A. Purin, 2018, December 03; Moscow. Moscow: D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology; 2018;89-92. (In Russ.).
9. Разгонова М.П., Каленик Т.К., Захаренко А.М., Голохваст К.С. Использование сверхкритической CO₂-экстракции в микробной деактивации растительных матриц / Актуальные вопросы развития производства пищевых продуктов: технологии, качество, экология, оборудование, менеджмент и маркетинг. В: Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф.; 2019, 20–21 февраля; Уссурийск. Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия; 2019;129-138.
Razgonova MP, Kalenik TK, Zakharenko AM, Golokhvast KS. The use of supercritical CO₂ extraction in microbial deactivation of plant matrices / Actual issues of food production development: technologies, quality, ecology, equipment, management and marketing. In: Proceedings of the III All-Russian scientific-practice. conf; 2019, February 20-21; Ussuriysk. Ussuriysk: Primorsky State Agricultural Academy; 2019;129-138.
10. Разгонова М.П., Сабитов А.Ш., Перминова Е.В., Михайлова Н.М., Голохваст К.С. Скрининг полифенольного состава амурского винограда *Vitis amurensis* Rupr. и его идентификация методом тандемной масс-спектрометрии. *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2021;23, 4(118):393-404.
DOI: <https://doi.org/10.35547/IM.2021.23.4.015>
Razgonova MP, Sabitov Ash, Perminova EV, Mikhailova NM, Golokhvast KS. Screening of the polyphenolic composition of Amur grapes *Vitis amurensis* Rupr. and its identification by tandem mass spectrometry. *Magarach. Viticulture and winemaking*. 2021;23:4(118):393-404. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.35547/IM.2021.23.4.015>
11. Разгонова М.П., Охлопкова Ж.М., Захаренко А.М., Голохваст К.С. Тандемная масс-спектрометрия змееголовника *Dracocephalum ruyschiana* L. и первичная идентификация его полифенольного состава. Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока. В: Материалах Седьмой Всероссийской конференции с международным участием, посвященные 90-летию КГПУ им. В.П. Астафьева и кафедры биологии, химии и экологии, 115-летию со дня рождения Л.М. Черепнина и 85-летию Гербария им. Л.М. Черепнина (KRAS); 2021; 25–26 ноября; Красноярск. Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева; 2022;202-219.
Razgonova MP, Okhlopova JM, Zakharenko AM, Golokhvast KS. Tandem mass spectrometry of the snakehead *Dracocephalum ruyschiana* L. and the primary identification of its polyphenolic composition. Flora and vegetation of Siberia and the Far East. In: Proceedings of the Seventh All-Russian Conference with international participation dedicated to the 90th anniversary of the KSPU named after V.P. Astafiev and the Department of Biology, Chemistry and Ecology, 115-anniversary of the birth of L.M. Cherepnin and the 85th anniversary of the L.M. Cherepnin Herbarium (KRAS); 2021, November 25-26; Krasnoyarsk. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev; 2022. pp. 202-219. (In Russ.).
12. Разгонова М.П., Захаренко А.М., Сергиевич А.А. [и др.] Сверхкритические флюиды: Теория, этапы становления, современное применение. Учебное пособие для магистрантов направлений подготовки «Биотехнология», «Высокотехнологичные производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения», аспирантов направлений подготовки «Промышленная экология и биотехнологии», «Химические науки», «Химическая технология»; Рекомендовано Дальневосточным региональным учебно-методическим центром (ДВ РУМЦ). Санкт-Петербург: Издательство «Лань»; 2019. 192 с.
Razgonova MP, Zakharenko AM, Sergievich AA, et al. Supercritical fluids: Theory, stages of formation, modern application: a textbook for undergraduates in the fields of «Biotechnology», «High-tech food production for functional and specialized purposes», graduate students in the fields of «Industrial Ecology and biotechnology», «Chemical Sciences», «Chemical Technology». Recommended by the Far Eastern Regional Educational and Methodological Center (Far East Research Center). Saint Petersburg: Lan Publishing House, 2019. 192 p. (Textbooks for universities. Special literature). (In Russ.).

13. Неверова Н.А., Левчук А.А., Остроухова Л., Медведева Е., Онучина Н.А., Бабкин В.А. Распределение экстрактивных веществ в древесине лиственницы сибирской (L ARIX sibirica Ledeb.). *Химия растительного сырья*. 2012;(4):91-100.
- Neverova NA, Levchuk AA, Ostroukhova LA, Medvedeva E, Onuchina NA, Babkin VA. Distribution of extractive substances in the wood of Siberian larch (LARIX sibirica Ledeb.). *Chemistry of plant raw materials*. 2012;(4):91-100. (In Russ.).
14. Dabrowska G, Mierek-Adams A, Goc A. Plant metallothioneins putative functions identified promoter analysis *in silico*. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*. 2012;54/2:109-120.
DOI: <https://doi.org/10.2478/v10182-012-0031-x>
15. Khranova, EP, Tarasov OV, Krylova EI. The influence of the radiation factor on the variability of biochemical parameters on the example of plants of *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. SCHWARZ. *Flora of Asian Russia: Bulletin of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS*. 2009;2(4):72-78. (In Russ.).
- Храмова Е.П., Тарасов О.В., Крылова Е.И. Влияние радиационного фактора на изменчивость биохимических показателей на примере растений *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. SCHWARZ. *Растительный мир Азиатской России. Вестник Центрального сибирского ботанического сада СО РАН*. 2009;2(4):72-78.
16. Khranova, EP, Genus *Pentaphylloides hill (rosaceae)* of Asian Russia (phenolic compounds, elemental composition in nature and culture, chemotaxonomy. 03.02.01 – “Botany” 03.02.08 – “Ecology” (Biological Sciences). Abstract of a dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences. Novosibirsk; 2016, 35 p.
- Храмова Е.П. Род *Pentaphylloides hill (rosaceae)* Азиатской России (фенольные соединения, элементный состав в природе и культуре, хемотаксономия) 03.02.01 – «Ботаника» 03.02.08 – «Экология» (Биологические науки). Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Новосибирск; 2016, 35 с.
17. Kuvacheva NV, Shilova IV, Pyak AI, Amelchenko VP. The content and composition of flavonoids and phenolic carboxylic acids of *Alfredia cernua* (Asteraceae). *Plant resources*. 2011;47(4):105-113. (In Russ.).
- Кувачева Н.В., Шилова И.В., Пяк А.И., Амелченко В.П. Содержание и состав флавоноидов и фенолкарбоновых кислот *Alfredia cernua* (Asteraceae). *Растительные ресурсы*. 2011;47(4):105-113.
18. Османов Р.М., Алибегова А.Н. Оценка влияния экологических факторов на изменчивость морфологических признаков и содержание фенольных соединений *Matthiola odoratissima* (левкой душистый) в предгорных условиях Дагестана. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021;2(88):85-90.
DOI: <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-85-90>
- Osmanov RM, Alibegova AN Assessment of the influence of environmental factors on the variability of morphological features and the content of phenolic compounds of *Matthiola odoratissima* (sweet-scented honey) in the foothill conditions of Dagestan. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2021;2(88):85-90 (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-85-90>
19. Brunetti C, Di Ferdinando M, Fini A, Pollastri S, Tattini M. Flavonoids as antioxidants and developmental regulators: Relative significance in plants and humans. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013;14:3540-3555.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms14023540>
20. Рогожникова Е.С., Рахманкулова З.Ф., Шуйская Е.В. Влияние дефицита воды на функции митохондрий и полиморфизм ферментов дыхания у растений. *Журнал общей биологии*. 2013;74(3):167-179.
- Rogozhnikova ES, Rakhmankulova ZF, Shuiskaya EV. The effect of water deficiency on mitochondrial functions and polymorphism of respiratory enzymes in plants. *Journal of General Biology*. 2013;74(3):167-179. (In Russ.).
21. Коновалов А.А., Шундрин И.К., Карпова Е.В. Полиморфизм ферментов лигнификации у растений: функциональное значение и прикладные аспекты. *Успехи современной биологии*. 2015;135(5):496-513.
- Konovalev AA, Shundrina IK, Karpova EV. Polymorphism of lignification enzymes in plants: functional significance and applied aspects. *Successes of modern biology*. 2015;135(5):496-513. (In Russ.).
22. Дикарев А.В., Дикарев В.Г., Гераськин С.А., Дикарева Н.С. Исследование изозимного полиморфизма у сортов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.), контрастных по устойчивости к свинцу. *Сельскохозяйственная биология*. 2016;51(1):89-99.
DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.1.89rus>
- Dikarev AV, Dikarev VG, Geras'kin SA, Dikareva NS. A study of isozyme polymorphism in spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.), contrasting in resistance to lead. *Agricultural biology*. 2016;51(1):89-99. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.1.89eng>
23. Юдина Р.С. Генетика и фенотипика малатдегидрогеназы растений. *Информационный вестник ВОГУС*. 2010;14(2):243-254.
- Yudina, RS. Genetics and phenogenetics of malate dehydrogenase in plants. *Information Bulletin of VOGIS*. 2010;14(2):243-254. (In Russ.).
24. Шуйская Е.В., Рахманкулова З.Ф., Тодерич К.Н. Семюшина Е.С., Усманов И.Ю. Полиморфизм дыхательных белков у С 4 вида *Kochia prostrata* (L.) Schrad в условиях засухи. *Вестник Башкирского университета*. 2012;17(3):1267-1271.
- Shuiskaya EV, Rakhmankulova ZF, Toderich KN, Semioshina ES, Usmanov IYu Polymorphism of respiratory proteins in C. 4 species of *Kochia prostrata* (L.) Schrad in conditions of drought. *Bulletin of the Bashkir University*. 2012;17(3):1267-1271. (In Russ.).
25. Кузнецова В.А., Блинова А.А., Иваченко Л.Е. Влияние гипо- и гипертермии на удельную активность ферментов класса оксидоредуктаз семян сои и множественность их форм. *Достижения науки и техники АПК*. 2020;34(8):39-44.
DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10806>
- Kuznetsova VA, Blinova AA, Ivachenko LE. The effect of hypo- and hyperthermia on the specific activity of enzymes of the class of oxidoreductases of soybean seeds and the multiplicity of their forms. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. 2020;34(8):39-44. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10806>
26. Рудакова А.С., Рудаков С.В., Артемьева А.М. Курина А.Б., Кочерина Н.В., Чесноков Ю.В. Полиморфизм эстеразных изоферментов в зрелых семенах редьки посевной (*Raphanus sativus* L.). *Сельскохозяйственная биология*. 2020;55(5):956-969. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.956rus>
- Rudakova AS, Rudakov SV, Artemyeva AM, Kurina AB, Kocherina NV, Chesnokov YuV. Polymorphism of esterase isoenzymes in mature seeds of radish (*Raphanus sativus* L.). *Agricultural biology*. 2020;55(5):956-969. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.956rus>
27. Нецветаев В.П., Бондаренко Л.С., Моторина И.П. Генетический контроль вариантов альфа-амилаз мягкой пшеницы и сопряженность зимотипов фермента с количественными признаками растений. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2015;9(206):80-91.
- Netsvetaev VP, Bondarenko LS, Motorina IP. Genetic control of soft wheat alpha-amylase variants and the conjugation of enzyme zymotypes with quantitative plant characteristics. *Scientific Bulletin of Belgorod State University. Series: Natural Sciences*. 2015;9(206):80-91. (In Russ.).
28. Кузнецова В.А., Блинова А.А., Тарасова О.Н., Иваченко Л.Е. Активность оксидоредуктаз семян и проростков

- сои в условиях грибковой инфекции *Septoria glycines* Hemmi. *Аграрный вестник Урала*. 2020;7(198):47-55. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-47-55>
- Kuznetsova VA, Blinova AA, Tarasova ON, Ivachenko LE. Activity of oxidoreductases of soybean seeds and seedlings in conditions of fungal infection of *Septoria glycines* Hemmi. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020;7(198):47-55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-47-55>
29. Рудакова А.С., Рудаков С.В., Давыдова Н.В. Мирская Г.В., Журавлева Е.В., Чесноков Ю.В. Изоферментный анализ эстераз в зрелых семенах гексаплоидной мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). *Сельскохозяйственная биология*. 2016;51(3):327-334. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.3.327rus>
- Rudakova AS, Rudakov SV, Davydova NV, Mirskaya GV, Zhuravleva EV, Chesnokov YuV. Isoenzyme analysis of esterases in mature seeds of hexaploid soft wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural biology*. 2016;51(3):327-334. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.3.327rus>
30. Поздняков Д.И., Адзияхметова С.Л., Червонная Н.М. Руковицина В.М., Ларский М.В. Влияние некоторых флавоноидов на изменение активности ферментов цикла трикарбоновых кислот в условиях экспериментальной ишемии головного мозга. *Крымский терапевтический журнал*. 2020;(3):84-90. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0015330321050043>
- Pozdnyakov DI, Adziakhmetova SL, Chervonnaya NM, Rukovitsina VM, Larskiy MV. The effect of certain flavonoids on changes in the activity of tricarboxylic acid cycle enzymes in conditions of experimental cerebral ischemia. *Crimean Therapeutic Journal*. 2020;(3):84-90. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0015330321050043>
31. Ильич Т.В. Ферменты цикла Кребса и респираторная активность митохондрий печени крыс в присутствии кверцетина и комплекса кверцетин-гидроксипропил-β-циклодекстрина. *Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 5. Экономика. Социология. Биология*. 2019;9(3):152-160. DOI: <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.41>
- Ilyich TV. Krebs cycle enzymes and respiratory activity of rat liver mitochondria in the presence of quercetin and the quercetin-hydroxypropyl-β-cyclodextrin complex. *Bulletin of the Yanka Kupala Grodno State University. Episode 5. Economy. Sociology. Biology*. 2019;9(3):152-160. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.41>
32. Пастушкова Е.В., Тихонов С.Л., Чугунова О.В. Использование чайных напитков антиоксидантной направленности для предупреждения развития стрессовых реакций. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2017;5(4):93-103. DOI: <https://doi.org/10.14529/food170412>
- Pastushkova EV, Tikhonov SL, Chugunova OV. The use of antioxidant tea drinks to prevent the development of stress reactions. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnology*. 2017;5(4):93-103. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14529/food170412>
33. Адзияхметова С.Л., Поздняков Д.И., Червонная Н.М., Куличенко Е.О., Оганесян Э.Т. Взаимосвязь активности митохондриальных ферментов и антиоксидантной активности вторичных метаболитов полифенольной природы листьев гемипаразита *Viscum album* L. *Фармация и фармакология*. 2022;10(4):343-353. DOI: <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2022-10-4-343-353>
- Adziakhmetova SL, Pozdnyakov DI, Chervonnaya N.M., Kulichenko E.O., Oganesyanyan E.T. The relationship between the activity of mitochondrial enzymes and the antioxidant activity of secondary metabolites of the polyphenolic nature of hemiparasite *Viscum album* L. leaves. *Pharmacy and Pharmacology*. 2022;10(4):343-353. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2022-10-4-343-353>
34. Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г. Другова Е.С., Мерзляков В.Ю., Лесникова Л.Н. Исследование содержания полифенолов и антиоксидантной активности экстракта морской зеленой водоросли *Ulva lactuca* L. *Химия растительного сырья*. 2023;(1):385-393. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230111742>
- Fomenko SE, Kushnerova NF, Sprygyn VG, Drugova ES, Merzlyakov VYu., Lesnikova LN. Study of the content of polyphenols and antioxidant activity of the extract of green marine algae *Ulva lactuca* L. *Chemistry of plant raw materials*. 2023;(1):385-393. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230111742>
35. Губич, О.И., Плевако М.В. Регуляция активности изоферментов пируваткиназы биофлавоноидами и куркумином in vitro. *Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География*. 2011;(2):27-29. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230111742>
- Gubich OI, Plevako MV. Regulation of the activity of pyruvate kinase isoenzymes by bioflavonoids and curcumin in vitro. *Bulletin of the BSU. Series 2: Chemistry. Biology. Geography*. 2011;(2):27-29. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230111742>
36. Кольтовер В. К. Антиоксидантная биомедицина: от химии свободных радикалов к системно-биологическим механизмам. *Известия Академии наук. Серия химическая*. 2010;(1):37. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0015330321050043>
- Koltover VK. Antioxidant biomedicine: from the chemistry of free radicals to systemic biological mechanisms. *Proceedings of the Academy of Sciences. The chemical series*. 2010;(1):37. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0015330321050043>
37. Гончарук Е.А., Казанцева В.В., Загоскина Н.В. Влияние гипотермии на баланс фенольных соединений в растении гречихи с различным уровнем пloidности. *Физиология растений*. 2021;68(6):654-663. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0015330321050043>
- Goncharuk EA, Kazantseva VV, Zagoskina NV. The effect of hypothermia on the balance of phenolic compounds in buckwheat plants with different levels of ploidy. *Plant Physiology*. 2021;68(6):654-663. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0015330321050043>
38. Адекенев С.М. Растительные вещества - потенциальный источник оригинальных антивирусных средств. *Химический журнал Казахстана*. 2021;3(75):83-96. DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
- Adekenov SM. Plant substances - a potential source of original antiviral agents. *Chemical Journal of Kazakhstan*. 2021;3(75):83-96. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
39. Зверев Я.Ф. Флавоноиды глазами фармаколога. Антиоксидантная и противовоспалительная активность. *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. 2017;15(4):5-13. DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
- Zverev YaF. Flavonoids through the eyes of a pharmacologist. Antioxidant and anti-inflammatory activity. *Reviews on clinical pharmacology and drug therapy*. 2017;15(4):5-13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
40. Тарун Е.И., Курченко В.П., Метелица Д.И. Флавоноиды - эффективные протекторы уреазы от ультразвуковой инактивации в растворах. *Биоорганическая химия*. 2006;32(4):391-398. DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
- Tarun EI, Kurchenko VP, Metelitsa DI. Flavonoids - effective urease protectors from ultrasonic inactivation in solutions. *Bioorganic Chemistry*. 2006;32(4):391-398. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
41. Олениченко Н.А., Загоскина Н.В., Астахова Н.В., Трунова Т.И., Кузнецов Ю.В. Первичный и вторичный метаболизм озимой пшеницы при холодном закаливании и действии антиоксидантов. *Прикладная биохимия и микробиология*. 2008;44(5):589-594. DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
- Olenichenko NA, Zagoskina NV, Astakhova NV, Trunov TI, Kuznetsov YuV. Primary and secondary metabolism of winter wheat during cold hardening and the action of antioxidants. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2008;44(5):589-594. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
42. Бронников Г.Е., Кулагина Т.П., Ариповский А.В. Добавка дигидрокверцетина в пищу старым мышам приводит к восстановлению активности митохондриальных ферментов скелетной мускулатуры. *Биологические мембраны*. 2009;26(5):387-393. DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
- Bronnikov GE, Kulagina TP, Aripovsky AV. The addition of dihydroquercetin to the diet of old mice leads to the restoration of the activity of mitochondrial enzymes of skeletal muscles. *Biological membranes*. 2009;26(5):387-393. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/RCF1545-13>
43. Фрайкин Г.Я. Сигнальные механизмы, регулирующие различные ответы растительных клеток на действие

УФВ-излучения. *Биохимия*. 2018;83(7):972-980. 44.

DOI: <https://doi.org/10.1134/S0320972518070023>

Fraikin GYa. Signaling mechanisms regulating various responses of plant cells to UVB radiation. *Biochemistry*. 2018;83(7):972-980. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.1134/S0320972518070023>

44. Тутельян, В.А., Лашнева Н.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флаваноны: пищевые источники, биодоступность, влияние на ферменты метаболизма ксенобиотиков. *Вопросы питания*. 2011;80(5):4.

Tutelyan VA, Lashneva NV. Biologically active substances of plant origin. Flavanones: food sources, bioavailability, effect on

enzymes of xenobiotic metabolism. *Nutrition issues*. 2011;80(5):4. (In Russ.).

45. Baliou S, Ioannou P, Apetroaei M.-M, Vakonaki E, Fragkiadaki P, Kirithras E, et al. The impact of the mediterranean diet on telomere biology: implications for disease management—A Narrative. Review. *Nutrients* 2024;16:2525.

DOI: <https://doi.org/10.3390/nu16152525>

46. Litvinchuk AV, Vachelová J, Michaelidesová A, Wagner R, Davidková M. Dose-dependent micronuclei formation in normal human fibroblasts exposed to proton radiation. *Radiation and environmental biophysics*. 2015;54:327-334.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00411-015-0598-1>

Information about the authors / Информация об авторах

Leonid N. Alekseiko, Doctor of Chemical Sciences, Professor at the Department of Biological Chemistry, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3962-9722>

e-mail: alexeiko.ln@mail.ru

Kirill S. Golokhvast, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Science, Corresponding Member of the Russian Academy of Education, Director, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4873-2281>

e-mail: golokhvast@sfsca.ru

Alexander M. Zakharenko, Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Biotechnology, Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9520-8271>

e-mail: zakharenko@sfsca.ru

Nadeja S. Myshkavets, Senior Lecturer at the Department of Biological Chemistry, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2713-9438>

e-mail: jasjan@mail.ru

Alexandra V. Litvinchuk, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Department of Biological Chemistry, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9586-0034>

e-mail: litvinalexa@gmail.com

Galina V. Sedukova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Agroecology and Mass Analysis, Institute of Radiobiology National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0495-5727>

e-mail: g.sedukova@gmail.com

Aristeidis M. Tsatsakis, Doctor of Biological Sciences, Professor, University of Crete, Heraklion, Crete, Greece

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3824-2462>

e-mail: tsatsaka@uoc.gr

Denis O. Tsybal, Chemistry Teacher, D.N. Penyazkov Secondary School No. 3, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6420-3884>

e-mail: gvidyan@gmail.com

Natalia V. Chueshova, Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory, Institute of Radiobiology National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4854-1717>

e-mail: natalya-chueshova@tut.by

Алексейко Леонид Николаевич, д.х.н., профессор кафедры биологической химии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3962-9722>

e-mail: alexeiko.ln@mail.ru

Голохваст Кирилл Сергеевич, д.б.н., профессор Российской академии наук, член-корреспондент Российской академии образования, директор ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий Российской академии наук», Краснообск, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4873-2281>

e-mail: golokhvast@sfsca.ru

Захаренко Александр Михайлович, к.х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий Российской академии наук», Краснообск, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9520-8271>

e-mail: zakharenko@sfsca.ru

Мышковец Надежда Сергеевна, старший преподаватель кафедры биологической химии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2713-9438>

e-mail: jasjan@mail.ru

Литвинчук Александра Васильевна, к.х.н., доцент кафедры биологической химии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9586-0034>

e-mail: litvinalexa@gmail.com

Седукова Галина Валерьевна, к.с.-х.н., доцент, заведующий лабораторией агроэкологии и массовых анализов, ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0495-5727>

e-mail: g.sedukova@gmail.com

Тсатсакис Аристидис, д.б.н., профессор, Критский университет, Ираклион, Греция

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3824-2462>

e-mail: tsatsaka@uoc.gr

Цымбал Денис Олегович, учитель, ГУО «Средняя школа № 3 имени Д. Н. Пенязькова», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6420-3884>

e-mail: gvidyan@gmail.com

Чуешова Наталья Владимировна, к.б.н., заведующий лабораторией, ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4854-1717>

e-mail: natalya-chueshova@tut.by

Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Nadeja S. Myshkavets

e-mail: jasjan@mail.ru

Мышковец Надежда Сергеевна

e-mail: jasjan@mail.ru

Поступила в редакцию / Received 09.01.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 31.01.2026

Принята к публикации / Revised 24.02.2026



АНИЧКИН ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ

Доктор медицинских наук, профессор,
профессор кафедры хирургических болезней № 3
УО «Гомельский государственный медицинский
университет»

16 марта 2026 года на 77-м году жизни перестало биться сердце выдающегося советского и белорусского хирурга, ученого, педагога, профессора Аничкина Владимира Владимировича.

Владимир Владимирович родился в 1949 году в ст. Добринка Липецкой области в семье военнослужащего. В 1968 году закончил среднюю школу № 22 г. Пскова и поступил в Витебский государственный медицинский институт.

Владимир Владимирович принадлежал к плеяде ученых, чья жизнь стала образцом беззаветного служения медицине. В 1972 году он с отличием окончил Витебский государственный медицинский институт, начав свой путь в профессии. Решением Ученого Совета был оставлен для дальнейшей учебы в клинической ординатуре при кафедре госпитальной хирургии, где продолжил начатые еще в студенческие годы научные исследования, посвященные хирургии легких.

Научная карьера Владимира Владимировича была стремительной и яркой. В 1977 году он досрочно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Резекция трахеи и бронхов в период роста организма». В 1986 году ему было присвоено ученое звание доцента. Вершиной научных изысканий В. В. Аничкина стала докторская диссертация на тему «Изолированная резекция бифуркации трахеи», блестяще защищенная в 1989 году в диссертационном совете Всесоюзного Научного Центра хирургии (г. Москва). Уже в 1990 году Владимир Владимирович стал профессором.

С открытием в 1984 году в институте факультета для подготовки иностранных граждан В. В. Аничкин был назначен проректором по лечебной работе и международным связям. При его непосредственном участии факультет расширился и приобрел большой вес в мировом медицинском образовательном процессе. В этот период проявился его значительный административный талант.

В мае 2000 года в целях укрепления руководящих кадров распоряжением Министерства здравоохранения Республики Беларусь В. В. Аничкин был переведен на должность проректора по лечебной работе и международным связям, профессором кафедры хирургических болезней № 3 Гомельского государственного медицинского института. И с 2000 по 2012 год Владимир Владимирович занимал ответственные посты проректора по международным связям и лечебной работе Гомельского государственного медицинского университета, где проявил себя как мудрый и дальновидный руководитель.

Вся его жизнь была неразрывно связана с воспитанием молодых кадров. Тысячи специалистов в различных странах и городах с благодарностью называют его своим Учителем. Он является одним из создателей отечественной научной школы торакальной и сердечно-сосудистой хирургии. Под его чутким руководством защищены 2 докторских и 18 кандидатских

диссертаций. Для учеников и коллег он был не просто научным руководителем, а старшим товарищем и наставником, учившим не только хирургическому мастерству, но и милосердию, трудолюбию и принципиальности. Его оптимизм, мудрость и готовность всегда прийти на помощь согревали всех, кто был рядом.

Научное наследие профессора В. В. Аничкина колоссально: он автор 483 печатных работ, 21 патента на изобретения, 34 монографий.

Сфера научных интересов Владимира Владимировича охватывала торакальную, абдоминальную и сердечно-сосудистую хирургию – области, в которых он считался непревзойденным авторитетом. Будучи врачом высшей квалификационной категории, он сочетал глубокие теоретические знания с виртуозной практической работой.

Владимир Владимирович являлся членом Европейской ассоциации торакальных и сердечно-сосудистых хирургов, Почетным профессором высшей медицинской школы Массачусетского технологического университета (США), академиком Международной Академии информационных технологии, Отличником здравоохранения СССР и Республики Беларусь, являлся членом редакционных советов научных журналов в своей стране и в странах ближнего зарубежья.

За многолетний плодотворный труд В. В. Аничкин неоднократно поощрялся почетными грамотами учреждений образования и здравоохранения Республики Беларусь, благодарностями и премиями.

Светлый образ профессора Аничкина Владимира Владимировича — талантливого хирурга, блестящего ученого, интеллигентнейшего человека — навсегда сохранится в наших сердцах. Светлая память о нем будет жить в делах его учеников и в истории медицины.

Он прожил достойную жизнь, оставив после себя светлый след в сердцах друзей, коллег и близких.

Мы навсегда запоем его как светлого, честного и глубоко порядочного человека.



GOMEL STATE MEDICAL
UNIVERSITY

ISSN 2220-0967



9 772220 096002

26001 >