Государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»

Полное наименование издания:
«Журнал Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе»

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-86389 от 27 ноября 2023 г.

ISSN: 2712 — 9632

Периодичность издания: 4 раза в год

Издательство: ГБУ «Санкт-Петербургский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе»
Адрес редакции и издательства:
192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, литер А
Тел. / Tel.: +7 (812) 774-86-75
+7 (812) 384-46-64
E-mail: nh@emergency.spb.ru
info@emergency.spb.ru
http://emerg-surgery.ru/

Входит в перечень ВАК периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора или кандидата наук (распоряжение Минобрнауки России от 09 апреля 2024 г. № 132-р., список от 15.04.2024 г.) по специальностям: 3.1.10. — Нейрохирургия (медицинские науки); 3.1.25. — Лучевая диагностика (медицинские науки); 3.1.8. — Травматология и ортопедия (медицинские науки); 3.1.9 — Хирургия (медицинские науки)

Электронная версия журнала доступна на сайте института (https://emergency.spb.ru/manh/manh-journal/), сайте журнала http://emerg-surgery.ru/ и в Научной электронной библиотеке (https://www. elibrary.ru/title_about_new. asp?id=75970)

Журнал
НЕОТЛОЖНАЯ ХИРУРГИЯ
им. И.И. Джанелидзе
2025 № 3 (20)
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Saint-Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine

Full name of the publication: The journal of “Emergency Surgery named after I.I.Dzanelidze”

The publication is registered with the Federal Service for Supervision of Compliance with Legislation in the Field of Mass Communications. Certificate of registration of PI No. FS77-86389 dated November 27, 2023

ISSN: 2712 — 9632

Frequency of publication: 4 times a year

Editor-in-Chief:
Dr.Sci. (Medicine) professor Parfyonov Valeriy Evgenievich

Deputy chief editors:
Dr.Sci. (Medicine) professor
Manukovsky Vadim Anatolyevich
Dr.Sci. (Medicine) professor
Samokhvalov Igor Markellovich
Dr.Sci. (Medicine) professor Demko Andrey Evgenievich

Secretary:
Dr.Sci. (Medicine) associate professor
Naser Nadezhda Ramezovna

Publishing house: GBU “St. Petersburg Institute of Emergency Medicine named after I.I. Dzhanelidze”
Address of the editorial office and publishing house:
192242, Saint-Petersburg, Budapestskaya st., 3, letter A
Tel.: +7 (812) 774-86-75
+7 (812) 384-46-64
E-mail: nh@emergency.spb.ru
info@emergency.spb.ru
http://emerg-surgery.ru/

Electronic version is available on the institute’s website (https://emergency.spb.ru/manh/manh-journal/), on the journal’s website http://emerg-surgery.ru/ and in the Russian Science Citation Index (https://www.elibrary.ru/title_ about_new.asp?id=75970

The Journal of
EMERGENCY SURGERY
named after I.I. Dzhanelidze
2025 № 3 (20)
FUNDAMENTAL AND PRACTICAL JOURNAL

Уважаемые коллеги!

Мануковский В.А.

Парфенов В.Е.

Позвольте поздравить всех нас с выходом на новый научный уровень! Несмотря на относительно юный возраст, наше издание уже заслужило весьма высокую репутацию, и его можно по праву отнести к разряду высокопрофессиональных не только по составу авторов, читательской аудитории и оформлению, но и по выбору тематики номеров, над подготовкой которых работают настоящие мастера своего дела. В жизни журнала «Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе» произошло очень значимое событие, открывающее перед изданием новые перспективы — журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», утверждаемый Высшей аттестационной комиссией Министерства высшего образования и науки Российской Федерации по специальностям (распоряжение Минобрнауки России от 09 апреля 2024 г. № 132-р.): 3.1.10. — Нейрохирургия (медицинские науки), 3.1.25. — Лучевая диагностика (медицинские науки), 3.1.8. — Травматология и ортопедия (медицинские науки), 3.1.9. — Хирургия (медицинские науки). В этот Перечень входят высококачественные издания, которые получили признание в нашем научном сообществе, включены в систему научной аттестации и играют определяющую роль в оценке научной деятельности российских вузов, НИИ, научных работников и соискателей научных степеней и званий. Выход первого номера в новом статусе — свидетельство наступления поры возмужания нашего журнала. Признание и уважение коллег — главное наше сегодняшнее достижение — результат ежедневной кропотливой работы каждого из тех, кто трудится над выпуском журнала. Объективное и оперативное освещение событий, на которые так богат мир медицины, попытки найти ответы на самые злободневные вопросы, которые изо дня в день ставит перед нами жизнь, вот что привлекает в нашем журнале.

Журнал представляет больший интерес для специалистов с различных точек зрения:

- как инструмент информационной поддержки их профессиональной деятельности, знакомящий с новыми нормативными документами, установками, взглядами и подходами, с развитием отрасли в целом;
- как инициатор научных проектов и организатор профессионального сообщества, способствующий проведению отраслевых региональных, общенациональных и международных мероприятий;
- как трибуна для публичного обмена мнениями, знанием и опытом.

Пользуясь случаем, хочется поздравить весь коллектив журнала «Неотложная хирургия» с выходом на новый научный уровень, а все медицинское профессиональное сообщество пригласить к сотрудничеству на благо нашего здравоохранения.

Вадим Анатольевич Мануковский
Директор ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе», профессор, Заслуженный врач РФ

Парфенов Валерий Евгеньевич
Главный редактор журнала «Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе», научный руководитель ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе», профессор, Заслуженный врач РФ

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

ОБЗОРЫ, КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И СОЦИОЛОГИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕДИКО-СОЦИАЛЬНАЯ ЭКСПЕРТИЗА. СЕСТРИНСКОЕ ДЕЛО

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

CLINICAL CASES AND REVIEW ARTICLES

УДК 616-001.17 : 615.849.19
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_08

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ АДГЕЗИИ И ФИКСАЦИИ АУТОДЕРМОТРАНСПЛАНТАТОВ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМОЙ

© Е.В. ЗИНОВЬЕВ[1,2,3], В.А. ИЛЬИНА[1], В.В. СОЛОШЕНКО[1], Д.В. КОСТЯКОВ[1,4], Д.О. ВАГНЕР[1,5], О.С. ПАНКРАТЬЕВА[1], С.Н. ПЯТАКОВА[1]
[1] ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
[3] ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия
[4] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия
[5] ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. В процессе изучения воздействия низкотемпературной аргоновой плазмы на ткани аутодермотрансплантата с целью фиксации на ране возник ряд вопросов, касающихся определения безопасных параметров методики обработки низкотемпературной аргоновой плазмой ожоговой раны и аутодермотрансплантата.

ЦЕЛЬ: изучить морфологические изменения в расщепленном кожном трансплантате и ожоговой ране при обработке низкотемпературной аргоновой плазмой аутодермотрансплантатов на раневой поверхности для улучшения их адгезии и фиксации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В основу работы положены клинические и морфологические данные о результатах лечения 41 пациента с глубокими ожогами, потребовавшими выполнения аутодермотрансплантации расщепленными кожными трансплантатами. Воздействие на рану низкотемпературной плазмой осуществлялось при помощи плазменно-дуговой хирургической установки «Плазморан» (Россия, Москва).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Во всех исследуемых биоптатах ожоговой раны с участком фиксированного аутодермотрансплантата обнаружена жизнеспособная ткань без признаков термического поражения и вторичного некроза. Наиболее важные характеристики работы аппарата: расстояние от сопла плазмотрона до аутодермотрансплантата составляло 8 см, экспозиция на трансплантат потока плазмы — 2 секунды. По результатам морфологических исследований было доказано, что выбранный режим обработки ожоговой низкотемпературной плазмой не повреждает клеточные структуры. Кратное увеличение экспозиции обработки повреждает аутодермотрансплантат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Выбранный режим обработки низкотемпературной аргоновой плазмой обеспечивает создание температуры в интервале 55–66 °C, результатом чего является надежная фиксация трансплантата к раневой поверхности при отсутствии повреждающего действия на ткани аутодермотрансплантата.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ожог кожи, аутодермотрансплантат, фиксация, низкотемпературная аргоновая плазма, обработка раны.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Зиновьев Е.В., Ильина В.А., Солошенко В.В., Костяков Д.В., Вагнер Д.О., Панкратьева О.С., Пятакова С.Н. Возможности повышения адгезии и фиксации аутодермотрансплантатов после обработки низкотемпературной аргоновой плазмой // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 8–14.

POSSIBILITIES OF INCREASING ADHESION AND FIXATION OF AUTODERM GRAFT AFTER TREATMENT WITH LOW-TEMPERATURE ARGON PLASMA

© E.V. ZINOVIEV[1,2,3], V.A. ILYINA[1], V.V. SOLOSHCHENKO[1], D.V. KOSTYAKOV[1,4], D.O. WAGNER[1,5], O.S. PANKRATYEVA[1], S.N. PYATAKOVA[1]
[1] St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Pediatric Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia
[3] Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
[4] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University", St. Petersburg, Russia
[5] North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE. In the process of studying the effect of low-temperature argon plasma on skin graft for the purpose of fixation on the wound, a number of questions arose regarding the definition of safe parameters for the method of treating a burn wound and skin graft with low-temperature argon plasma.

OBJECTIVE: to study morphological changes in a split skin graft and burn wound during the treatment of skin graft on the wound surface with low-temperature argon plasma to improve their adhesion and fixation.

MATERIALS AND METHODS. The work is based on clinical and morphological data of the results of treating 41 patients with deep burns that required skin grafting with split skin grafts. The effect on the wound with low-temperature plasma was carried out using the plasma-arc surgical unit "Plasmoran" (Russia, Moscow).

RESULTS. All the examined burn wound biopsies with a fixed skin graft area revealed viable tissue without signs of thermal damage or secondary necrosis. The most important characteristics of the device: the distance from the plasmatron nozzle to the skin graft was 8 cm, the exposure of the plasma flow to the graft was 2 seconds. According to the results of morphological studies, it was proven that the selected low-temperature burn plasma treatment mode does not damage cellular structures. A multiple increase in the treatment exposure damages the skin graft.

CONCLUSION. The selected low-temperature argon plasma treatment mode ensures the creation of a temperature in the range from 55 to 66 °C, resulting in reliable fixation of the graft to the wound surface in the absence of a damaging effect on the skin graft tissue.

KEYWORDS: skin burn, skin graft, fixation, low-temperature argon plasma, wound treatment.

TO CITE THIS ARTICLE. Zinoviev E.V., Ilyina V.A., Soloshchenko V.V., Kostyakov D.V., Wagner D.O., Pankratyeva O.S., Pyatakova S.N. Possibilities of Increasing Adhesion and Fixation of Autoderm Graft after Treatment with Low Temperature Argon Plasma. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):8–14.

Обоснование. Уже более двух десятилетий во многих клиниках изучаются эффекты воздействия холодной плазмы на живые ткани [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Известно, что активными частицами плазмы, воздействующими на ткани, являются: нитриты (NO_{2-}), нитраты (NO_{3-}), оксид азота ($NO\bullet$), озон (O_3) и другие. Считается, что благодаря этим химическим соединениям обеспечивается бактерицидный эффект. Также многие авторы отмечают уменьшение воспалительных явлений и усиление микроциркуляции в ране под воздействием низкотемпературной аргоновой плазмы [7], что обеспечивает улучшение трофики тканей под воздействием эндогенного NO [8, 9]. В доступной нам литературе мы не обнаружили данных об использовании холодной аргоновой плазмы для улучшения адгезии и фиксации расщепленных кожных трансплантатов. В процессе изучения воздействия низкотемпературной аргоновой плазмы на клетки аутодермотрансплантата с целью фиксации на ране возник ряд вопросов, касающихся отработки безопасных параметров методики обработки низкотемпературной аргоновой плазмой ожоговой раны и аутодермотрансплантата.

Цель исследования: изучить морфологические изменения в расщепленном кожном трансплантате и ожоговой ране при обработке низкотемпературной аргоновой плазмой аутодермотрансплантатов на раневой поверхности для улучшения их адгезии и фиксации.

Материалы и методы исследования. В основу работы положены клинические и морфологические данные о результатах лечения 41 пациента с глубокими ожогами, потребовавшими выполнения аутодермотрансплантации расщепленными кожными трансплантатами. Пострадавшие находились на лечении в отделе термических поражений ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» в период с сентября 2023 г. по февраль 2025 г. Предметом исследования были морфологические изменения в ожоговых ранах и пересаженных трансплантатах после обработки низкотемпературной аргоновой плазмой. Изучались морфологические особенности комплексов тканей (аутодермотрансплантат на соединительной ткани дна ожоговой раны), подвергнутых обработке низкотемпературной аргоновой плазмой. Изучались неперфорированные аутодермотрансплантаты, которые использовались для восстановления кожного покрова в функционально важных областях: кисти, стопы, области крупных суставов. Обработка ран низкотемпературной аргоновой плазмой проводилось на площади до 5% поверхности тела (п.т.), т.к. трансплантация неперфорированных аутодермотрансплантатов требует значительных донорских ресурсов. Пострадавшие распределились следующим образом: 16 (39,02%) — женского пола, 25 (60,98%) — мужского. Средний возраст пострадавших составил 40,76 лет. У большинства пострадавших (35 — 85,37%) были ожоги пламенем, у 4 — горячей водой (9,76%), у 2 ожоги получены в результате контакта с горячим предметом (4,88%). Общая площадь поражения у пострадавших составляла 19,51% п.т., в том числе глубокого — 4,63% п.т. Обработка аутодермотрансплантата холодной аргоновой плазмой выполнялась в среднем на 22 сутки после травмы, что потребовало при подготовке к аутодермотрансплантации иссечения дна раны. Обработку низкотемпературной плазмой производили на всей поверхности пересаженных неперфорированных аутодермотрансплантатов на верхних конечностях у 26 пострадавших (63,42%) и у 15 (в 36,58%) — на нижних конечностях.

Технология выполнения забора материала для морфологического исследования заключалась в следующем: интраоперационно, во время выполнения подготовки раневой поверхности к аутодермотрансплантации иссекались участки дна ожоговой раны. На иссеченный участок дна раны, представленный слоем соединительной ткани, размером 2×1 см, укладывали расщепленный кожный трансплантат. Фиксация аутодермотрансплантата как на ожоговой ране, так и на биоптате из той же раны проводилась одновременно в операционной с помощью обработки аппаратом низкотемпературной аргоновой плазмы, что обеспечивало атравматичность и безопасность исследования для пациента. Так как материал для исследования представленный дном ожоговой раны являлся слоем соединительной ткани, подлежащим удалению, а участок использованного свободного расщепленного аутодермотрансплантата размером 2 см^2 при заборе у пациента неперфорированного трансплантата был равен в среднем 370 см^2, то проводимые нами морфологические исследования не оказывали влияния на состояние пациента.

Воздействие на рану низкотемпературной плазмой осуществлялось при помощи плазменно-дуговой хирургической установки «Плазморан» (Россия, Москва), где в качестве рабочего газа использован Аргон по ГОСТ 10157-79. Аппарат разрешен к использованию Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения на основании «Регистрационного удостоверения на медицинское изделие» № РЗН 2016/4567 от 12.08.2016. Расстояние от сопла плазмотрона до аутодермотрансплантата составляло 8–9 см для кратковременного воздействия потока плазмы в течение 2 секунд на трансплантат и подлежащие ткани в интервале температур от 55 до 66 °C. Использовался режим В2, характеризующийся средним расходом газа и большим током дуги. Главной задачей морфологического исследования было подтвердить безопасность выбранного режима обработки трансплантата на раневой поверхности: расщепленный кожный трансплантат сохранял жизнеспособность, а подлежащая ткань вместе с раневым отделяемым образовывали адгезивный слой, обеспечивающий фиксацию аутодермотрансплантата на раневой поверхности.

Морфологические исследования выполнялись в патологоанатомическом отделении ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе».

Результаты исследования. Во всех исследуемых биоптатах ожоговой раны с участком фиксированного аутодермотрансплантата обнаружена жизнеспособная ткань без признаков термического поражения и зон вторичного некроза. По результатам морфологических исследований было доказано, что выбранный режим обработки ожоговой низкотемпературной плазмой не повреждает клеточные структуры (рис. 1).

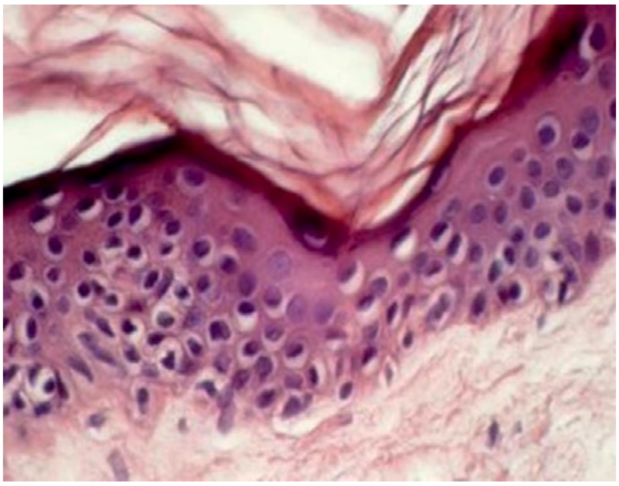


Рис. 1. Аутодермотрансплантат после обработки низкотемпературной аргоновой плазмой в режиме В2 в течение 2 секунд с расстояния 8 см — представлен фрагмент кожи, покрытый многослойным плоским ороговевающим эпителием с сохранением стратификации и очаговой вакуолизацией цитоплазмы. Ув. 400, окраска — гематоксилин-эозин

Наибольший интерес в нашем исследовании вызывало изучение зоны соприкосновения аутодермотрансплантата и дна ожоговой раны (рис. 2). Предполагалось выявить специфические изменения в данной области. Однако по данным морфологических исследований изменений не обнаружено, несмотря на плотный контакт между трансплантатом и ожоговой раной (рис. 2–3).

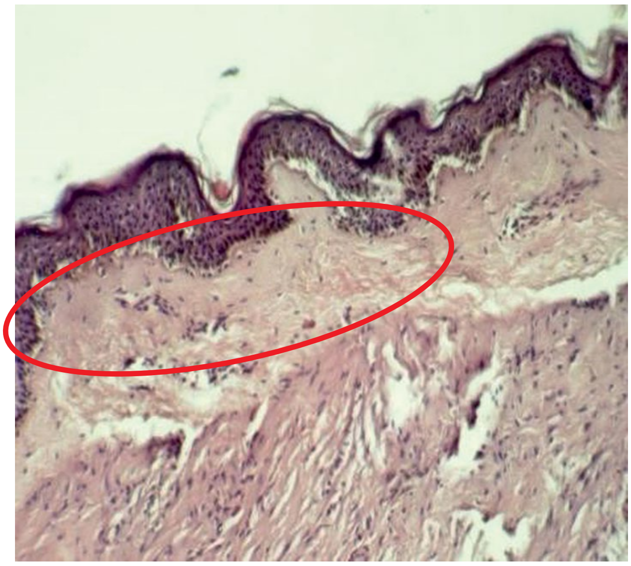


Рис. 2. Зона фиксации аутодермотрансплантата на реципиентном участке зрелой грануляционной ткани с очаговым скоплением эритроцитов после обработки низкотемпературной аргоновой плазмой в режиме В2 в течение 2 секунд с расстояния 8 см. Ув. 100. Окраска — гематоксилин-эозин

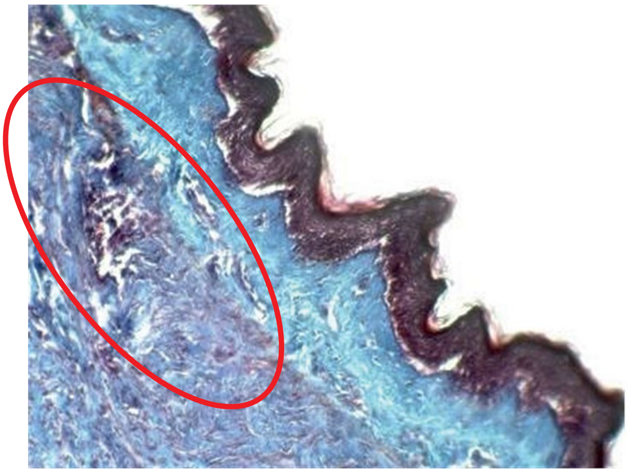


Рис. 3. Зона фиксации аутодермотрансплантата на реципиентном участке зрелой грануляционной ткани после обработки низкотемпературной аргоновой плазмой в режиме В2 в течение 2 секунд с расстояния 8 см. Ув. 100. Окраска — трихром по Массону

Отсутствие повреждения ожоговой раны вследствие обработки низкотемпературной аргоновой плазмой подтверждено во всех биоптатах: реципиентная рана представлена грануляционной тканью разной степени зрелости с большим количеством сосудов. Слабая диффузно-очаговая лимфоплазмоцитарная и массивная нейтрофильная инфильтрация. В просвете сосудов — нейтрофильные лейкоциты с экстравазацией их в периваскулярное пространство, отек стенок сосудов, пролиферация эндотелиоцитов (рис. 4–5).

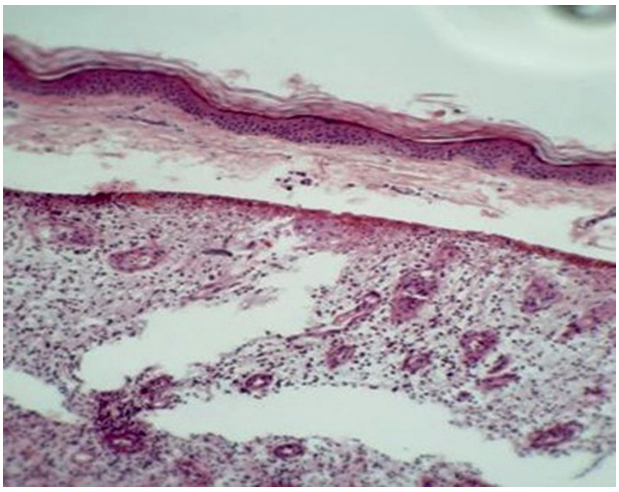


Рис. 4. Дно ожоговой раны и участок кожного трансплантата после обработки низкотемпературной аргоновой плазмой в режиме В2 в течение 2 секунд с расстояния 8 см. Ув. 100. Окраска — гематоксилин-эозин

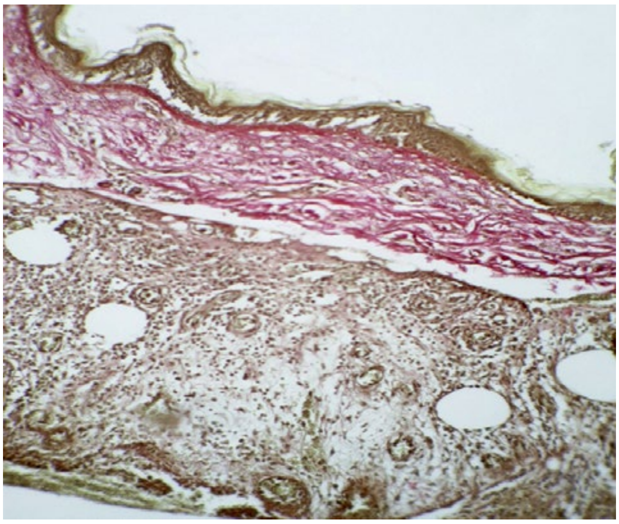


Рис. 5. Дно ожоговой раны и участок кожного трансплантата после обработки низкотемпературной аргоновой плазмой в режиме В2 в течение 2 секунд с расстояния 8 см. Ув. 100. Окраска по Ван-Гизону

Среди исследуемых морфологических препаратов плотная фиксация трансплантата ко дну раны была отмечена у 37 пациентов (90,24 %). На рисунке 6 комплекс аутодермотрансплантат – дно раны представлен фрагментом кожи с многослойным плоским ороговевающим эпителием, сохранением стратификации, уменьшением количества слоев, усилением пигментации в базальных отделах. Между эпидермальными выростами — коллагеновые и эластические волокна с мелкими сосудами (на рисунке 6 красного цвета). Четко визуализируется зона «фиксации трансплантата ко дну раны». У 4 пациентов (9,76 %) в морфологическом препарате такой плотной фиксации не было обнаружено, хотя аутодермотрансплантат и подлежащая ткань были жизнеспособны. Клинические результаты приживления трансплантатов у данных пациентов соответствовали уровню более 90 %, что позволило предположить технические погрешности при транспортировке обработанного низкотемпературной аргоновой плазмой комплекса тканей в растворе 10 % формалина.

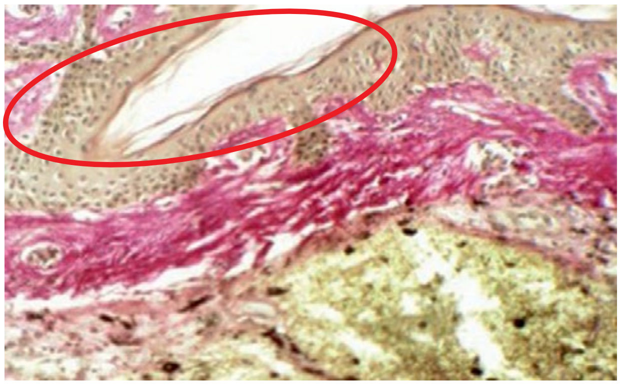


Рис. 6. Аутодермотрансплантат на ожоговой ране после обработки низкотемпературной аргоновой плазмой в режиме В2 в течение 2 секунд с расстояния 8 см. Четко визуализируется зона «фиксации трансплантата ко дну раны». Ув. 400. Окраска по Ван-Гизону

Так как исследование биоптатов проводилось in vitro, что позволило нам увеличить экспозицию обработки аутодермотрансплантата потоком низкотемпературной аргоновой плазмы до 10 секунд, более чем в 5 раз. При изучении морфологического препарата (рис. 7) были выявлены следующие признаки повреждения тканей: деформация эпидермиса в виде вытянутых и фрагментированных ядер базального слоя эпидермиса с вакуолизацией цитоплазмы клеток базального слоя. Щелевидные пустоты в роговом слое и в результате отслойки базального эпителия от собственной пластинки. Кратное увеличение экспозиции обработки повреждает аутодермотрансплантат.

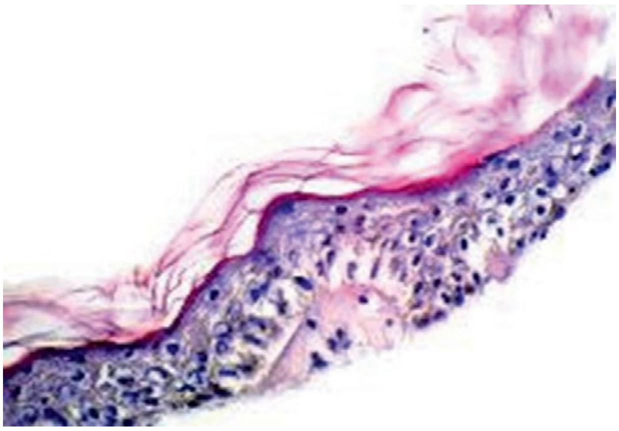


Рис. 7. Аутодермотрансплантат после воздействия потоком низкотемпературной аргоновой плазмой в течение 10 секунд и с расстояния 8 см. Ув. 400. Окраска — гематоксилин-эозин

Заключение. Выбранный нами режим обработки низкотемпературной аргоновой плазмой аутодермотрансплантата на ожоговой ране безопасен и обеспечивает эффективную фиксацию расщепленной кожи на ране.

Наиболее важные характеристики работы аппарата: расстояние от сопла плазмотрона до аутодермотрансплантата составляло 8 см, экспозиция на трансплантат потока плазмы — 2 секунды. Использовался режим работы В2, что обеспечивает создание в пространстве между трансплантатом и раневой поверхностью температуры в интервале от 55 до 66 °С, результатом чего является надежная фиксация трансплантата к раневой поверхности. Обработка низкотемпературной аргоновой плазмой использовалась для фиксации неперфорированных трансплантатов толщиной до 0,5 мм. При использовании низкотемпературной плазмы для фиксации перфорированных трансплантатов возникали технические трудности дислокации трансплантата под воздействием потока, поэтому в исследовании используются только неперфорированные трансплантаты или трансплантаты с единичными дренажными отверстиями. При нарушении технологии обработки (кратное увеличение экспозиции) потоком плазмы при неизменном расстоянии происходит повреждение аутодермотрансплантата, что подтверждено данными морфологического исследования.

Вывод. Использование низкотемпературной аргоновой плазмы позволяет безопасно и эффективно добиться фиксации аутодермотрансплантата на раневой поверхности.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зиновьев Е.В., Бородай Е.А., Солошенко В.В., Вагнер Д.О., Костяков Д.В., Панкратьева О.С., Пятакова С.Н.* Влияние низкотемпературной аргоновой плазмы и ультразвуковой кавитации на течение раневого процесса в ожоговых ранах // Инновационная медицина Кубани. 2024. № 3. С. 33–39. DOI: 10.35401/2541-9897-2024-9-3-33-39. EDN: NRXSGN.

2. Martusevich A.K., Golygina E.S., Nazarov V.V., et al. The effect of cold helium plasma on microcirculation in the periwound zone after experimental thermal injury. *Biophysics*. 2022;67:141–145. DOI: 10.1134/S0006350922010092.

3. Martusevich A.K., Fedotov A.S., Surovegina A.B., Nazarov V.V. Plasma biomedicine: modern state-of-art and perspectives in regenerative medicine. *The New Armenian Medical Journal*. 2023;17(3):58–65. DOI:1010.56936/18290825-2023.17.3-51.

4. *Османов К.Ф., Зиновьев Е.В., Османова З.Ф., Кравцов С.Н.* Перспективы использования плазменной терапии в биомедицине // Детская хирургия. 2019. Т. 23, № 1S3. С. 49. EDN: VTDXVM.

5. *Османов К.Ф., Мовчан К.Н., Зиновьев Е.В., Артюшин Б.С., Костяков Д.В., Попов А.А.* Результаты экспериментального применения низкотемпературной воздушной плазмы коронного разряда при обработке ожоговых ран // Вестник неотложной и восстановительной хирургии. 2019. Т. 4. № 2. С. 78-83. EDN: BTJUDS.

6. *Османов К.Ф., Зиновьев Е.В., Богданов С.Б.* Воздушная плазма как физический метод улучшения лечения ожоговых ран // Медицина: теория и практика. 2019. Т. 4, № 3. С. 125–129. EDN: XUZORY.

7. Bekeschus S., Woedtke T., Emmert S., Schmidta A. Medical gas plasma-stimulated wound healing: Evidence and mechanisms. *Redox Biol*. 2021;46:102116. DOI: 10.1016/j.redox.2021.102116.

8. Eggers B., Marciniak J., Deschner J., et al. Cold Atmospheric Plasma Promotes Regeneration-Associated Cell Functions of Murine Cementoblasts In Vitro. *Int J Mol Sci*. 2021;22(10):5280. DOI: 10.3390/ijms22105280.

9. Kisch T., Helmke A., Schleusser S., Song J. Improvement of cutaneous microcirculation by cold atmospheric plasma (CAP): Results of a controlled, prospective cohort study. *Microvascular Research*. 2016;104(2016):55–62. DOI:10.1016/j.mvr.2015.12.002.

REFERENCES

1. Zinoviev E.V., Borodai E.A., Soloshenko V.V., et al. Effect of low-temperature argon plasma and ultrasonic cavitation on the course of burn wound healing. *Innovative Medicine of Kuban*. 2024;(3):33–39. (In Russ.). DOI: 10.35401/2541-9897-2024-9-3-33-39 EDN: NRXSGN.

2. Martusevich A.K., Golygina E.S., Nazarov V.V., et al. The effect of cold helium plasma on microcirculation in the periwound zone after experimental thermal injury. *Biophysics*. 2022;67:141–145. DOI: 10.1134/S0006350922010092.

3. Martusevich A.K., Fedotov A.S., Surovegina A.B., Nazarov V.V. Plasma biomedicine: modern state-of-art and perspectives in regenerative medicine. *The New Armenian Medical Journal*. 2023;17(3):58–65. DOI:1010.56936/18290825-2023.17.3-51.

4. Osmanov K.F., Zinoviev E.V., Osmanova Z.F., Kravtsov S.N. Prospects for the use of plasma therapy in biomedicine. *Pediatric surgery*. 2019;23(1S3):49. (In Russ.). EDN: VTDXVM.

5. Osmanov K.F., Movchan K.N., Zinoviev E.V., et al. Rezul'taty eksperimental'nogo primeneniya nizkotemperaturnoy vozdushnoy plazmy koronnogo razryada pri obrabotke ozhogovykh ran [Results of experimental use of low-temperature air plasma of corona discharge in the treatment of burn wounds]. *Vestnik neotlozhnoy i vosstanovitel'noy khirurgii*. 2019;4(2):78–83. (In Russ.). EDN: BTJUDS.

6. Osmanov K.F., Zinoviev E.V., Bogdanov S.B. Improvement of physical factors in the local treatment of burn wounds. *Medicine: Theory and Practice*. 2019;4(3):125–129. (In Russ.). EDN: XUZORY.

7. Bekeschus S., Woedtke T., Emmert S., Schmidta A. Medical gas plasma-stimulated wound healing: Evidence and mechanisms. *Redox Biol*. 2021;46:102116. DOI: 10.1016/j.redox.2021.102116.

8. Eggers B., Marciniak J., Deschner J., et al. Cold Atmospheric Plasma Promotes Regeneration-Associated Cell Functions of Murine Cementoblasts In Vitro. *Int J Mol Sci*. 2021;22(10):5280. DOI: 10.3390/ijms22105280.

9. Kisch T., Helmke A., Schleusser S., Song J. Improvement of cutaneous microcirculation by cold atmospheric plasma (CAP): Results of a controlled, prospective cohort study. *Microvascular Research*. 2016;104(2016):55–62. DOI:10.1016/j.mvr.2015.12.002.

АВТОРЫ
Зиновьев Евгений Владимирович, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-2493-5498
Ильина Виктория Анатольевна, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-7658-0297
Солошенко Виталий Викторович, д.м.н., доц. — ORCID: 0000-0002-5800-5803
Костяков Денис Валерьевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0001-5687-7168
Вагнер Денис Олегович, к.м.н. — ORCID: 0000-0001-7241-4008
Панкратьева Ольга Станиславовна — ORCID: 0000-0003-2101-2505
Пятакова Светлана Николаевна — ORCID: 0009-0000-7808-5233

AUTHORS
Zinoviev Evgeny Vladimirovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-2493-5498
Ilyina Victoria Anatolyevna, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-7658-0297
Soloshchenko Vitaly Viktorovich, Dr.Sci. (Medicine), Assoc. Prof. — ORCID: 0000-0002-5800-5803
Kostyakov Denis Valerievich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-5687-7168
Wagner Denis Olegovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-7241-4008
Pankratyeva Olga Stanislavovna — ORCID: 0000-0003-2101-2505
Pyatakova Svetlana Nikolaevna — ORCID: 0009-0000-7808-5233

УДК 616.711 : 616-073.75 : 613.648.4
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_15

ТРАНСПЕДИКУЛЯРНАЯ ФИКСАЦИЯ ПОЗВОНОЧНИКА ПОД РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИМ НАВЕДЕНИЕМ И ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ КТ-НАВИГАЦИЕЙ: ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ

© М.В. КУБАСОВ[1], М.Н. КРАВЦОВ[1,3,4], И.С. ЖЕЛЕЗНЯК[1], С.С. САРЫЧЕВА[2], Е.Н. ШЛЕЕНКОВА[2], Д.В. СВИСТОВ[1]
[1] ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия
[2] ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева» Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия
[3] ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия
[4] ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Современная хирургия позвоночника неотделима от методов лучевого наведения, а следовательно, и от воздействия рентгеновского излучения как на операционную бригаду, так и на пациентов.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: сравнить дозы облучения пациентов и операционной бригады при выполнении транспедикулярной фиксации позвоночника с применением КТ-навигации и традиционной рентгеноскопии.

ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ: ретроспективное, клинико-экспериментальное, описание серии случаев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Выборку составили 164 пациента после транспедикулярной фиксации позвоночника, выполненной по закрытой или открытой методикам. В группе O-arm (n=109) применяли конусно-лучевую КТ, совмещенную с оптической навигацией; в группе С-arm — рентгеноскопию (n=55). Оценивали эффективную дозу и максимальную поглощенную дозу в коже. После верификации «нулевой» дозовой нагрузки на хирургов при работе с КТ-навигацией, выборку клинико-экспериментальной части исследования составили 11 случаев чрескожной транспедикулярной фиксации. Оценивали эффективную дозу операционной бригады, эквивалентные дозы облучения хрусталиков глаз и кожи рук спинальных хирургов.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Пациенты: эффективная доза в группе O-arm составила — Me 9,1 мЗв, [ИКР: 7,1–11,6]; в группе С-arm — Me 1,8 мЗв [ИКР: 1,8–5,6], p < 0,0001. Максимальная поглощенная доза в коже в группе O-arm составила — Me 49,3 мГр [ИКР: 27,0–96,9]; в группе С-arm — Me 36,1 мГр [ИКР: 16,6–111,5], p=0,424. Медицинский персонал: эффективная доза хирурга — 0,07 мЗв; эквивалентные дозы облучения хрусталика глаза — 1,2 мЗв, кожи кистей — 11,96 мЗв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Значения максимальных поглощенных доз в коже пациентов свидетельствуют о том, что применение КТ-навигации и рентгеноскопии при транспедикулярной фиксации позвоночника не сопряжено с риском развития детерминированных эффектов. Наибольшему облучению в ходе операции подвергаются хрусталик глаза и кожа кистей оператора. Расчеты показывают, что безопасный годовой предел дозы для хрусталика будет достигнут после примерно 50 чрескожных транспедикулярных фиксаций, а для кожи рук — после приблизительно 115 аналогичных вмешательств, что требует обязательного использования средств специализированной защиты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспедикулярная фиксация, рентгенография, рентгеноскопия, КТ-навигация, радиационная безопасность, эффективные дозы облучения, эквивалентные дозы облучения.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Кубасов М.В., Кравцов М.Н., Железняк И.С., Сарычева С.С., Шлеенкова Е.Н., Свистов Д.В. Транспедикулярная фиксация позвоночника под рентгенологическим наведением и интраоперационной КТ-навигацией: оценка доз облучения // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 15–24.

TRANSPEDICULAR SPINAL FIXATION UNDER X-RAY GUIDANCE AND INTRAOPERATIVE CT NAVIGATION: ASSESSMENT OF RADIATION DOSES

© M.V. KUBASOV[1], M.N. KRAVTSOV[1,3,4], I.S. ZHELEZNYAK[1], S.S. SARYCHEVA[2], E.N. SHLEENKOVA[2], D.V. SVISTOV[1]

[1] Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
[2] Federal budgetary institution of science “St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after professor P.V. Ramzaev”. Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being, St. Petersburg, Russia
[3] St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia
[4] North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

Modern spinal surgery is inseparable from radiation guidance methods, and therefore from the effects of X-rays on both the operating team and patients. The aim of the study was to compare the radiation doses of patients and the operating team during transpedicular spine fixation using CT navigation and traditional fluoroscopy.

RESEARCH DESIGN: retrospective, clinical and experimental, description of a series of cases.

MATERIALS AND METHODS. The selection comprised 164 patients after transpedicular spinal fixation performed using closed or open techniques. In the O-arm group (n = 109), cone beam CT combined with optical navigation was used; in the C-arm group, fluoroscopy (n = 55) was used. The effective dose and the maximum absorbed dose in the skin were evaluated. After verifying the “zero” dose burden on surgeons when working with CT navigation, the sample of the clinical and experimental part of the study consisted of 11 cases of percutaneous transpedicular fixation. We evaluated the effective dose of the operating team, the equivalent radiation doses of the lenses of the eyes and the skin of the hands of spinal surgeons.

RESULTS. Patients: effective dose in the O-arm group was: Me 9.1 muSv, [IQR: 7.1–11.6], in the C-arm group: Me 1.8 muSv [IQR: 1.8–5.6], $p < 0.0001$. The maximum absorbed dose in the skin in the O-arm group was: Me 49.3 mGy [IQR: 27.0–96.9], in the C-arm group: Me 36.1 mGy [IQR: 16.6–111.5], $p = 0.424$. Medical staff: surgeon’s effective dose 0.07 muSv; eye lens effective dose 1.2 muSv; hand skin 11.96 muSv.

CONCLUSION. The values of the patients’ maximum absorbed dose in the skin indicate that the use of CT navigation and fluoroscopy in spinal transpedicular fixation is not associated with the risk of developing deterministic effects. The lens of the eye and the skin of the operator’s hands are exposed to the greatest radiation during the operation. Calculations show that the safe annual dose limit for the lens will be reached after about 50 percutaneous transpedicular fixations, and for the skin of the hands — after about 115 similar interventions, which requires the mandatory use of specialized protective equipment.

KEYWORDS: transpedicular fixation, radiography, fluoroscopy, CT navigation, radiation safety, effective radiation doses, equivalent radiation doses.

TO CITE THIS ARTICLE. Kubasov M.V., Kravtsov M.N., Zheleznyak I.S., Sarycheva S.S., Shleenkova E.N., Svistov D.V. Transpedicular Spinal Fixation Under X-Ray Guidance and Intraoperative CT Navigation: Assessment of Radiation Doses. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):15–24.

Введение. Современная хирургия позвоночника неотделима от методов лучевого наведения, а следовательно, и от воздействия рентгеновского излучения как на медицинский персонал, так и на пациентов [1]. Это закономерно приводит к более высокой лучевой нагрузке [2]. Однако следует подчеркнуть, что современные технологии интраоперационной навигации по-разному влияют на соотношение доз пациента и доз операционной бригады [3].

Исследование Bindal R.K. et al. наглядно продемонстрировало, что во время перкутанной фиксации под флюороскопическим контролем хирург получает дозу облучения, эквивалентную выполнению 100–150 рентгенограмм грудной клетки за одну процедуру [4], что составляет риски как стохастических, так и детерминированных эффектов облучения [2, 5, 6, 7, 8]. Исследование Ainsbury E.A. et al. систематизирует данные, указывающие, что пороговая кумулятивная доза для помутнения хрусталика может быть значительно ниже, чем считалось ранее, особенно при хроническом профессиональном облучении [9]. Другие проявления, такие как локальные лучевые дерматиты, в современной операционной практике встречаются крайне редко [10]. К стохастическим эффектам относится повышенный риск онкологических заболеваний. Мета-анализ Yoshinaga et al. подтверждает повышенную частоту некоторых онкологических патологий у медицинского персонала, работающего с ионизирующим излучением [11].

Системы КТ-навигации (O-arm) решают эту проблему кардинально. Работа Tabaraee E. et al. подчеркивает, что на время сканирования (15–30 секунд) персонал покидает операционную, получая нулевую дозу [12]. Таким образом, при использовании навигации суммарная доза облучения для хирурга стремится к нулю, что является ключевым преимуществом с точки зрения радиационной безопасности. Однако в случае с пациентами ситуация сложнее и является предметом интенсивных дискуссий. Мета-анализ Klingler J.H. et al. подтверждает, что эффективная доза пациента при использовании КТ-навигации будет однозначно выше, чем при серии прицельных снимков на С-дуге в опытных руках [13]. Несмотря на вышесказанное, необходимо сравнивать не просто дозы, а соотношение «доза/информация». Так, одно КТ-сканирование предоставляет на порядок больше диагностически значимой информации, чем десятки двумерных изображений. Исследование Kiessling J.W. et al. показало, что точность оценки позиции винта при КТ-сканировании стремится к 100%, в то время как стандартная флюороскопия имеет значительный процент ошибок интерпретации из-за наложения тканей [14]. Основной аргумент в пользу «более высокой» дозы — сведение к нулю риска повторной операции. Работа Scarone P. et al. демонстрирует, что интраоперационное сканирование позволяет на 10% снизить частоту ревизионных вмешательств, ассоциированных с мальпозицией винтов [17]. Стоит также отметить, что производители постоянно работают над снижением дозовой нагрузки. Исследование Kuo Y.H. et al. указывает, что современные протоколы «low-dose» сканирования на системах последнего поколения позволяют снизить эффективную дозу пациента на 40–60% по сравнению со стандартными протоколами при сохранении достаточного для навигации качества изображения [18].

Как следует из вышеприведенных примеров, в мировой литературе приводятся зачастую противоположные сведения о дозах облучения пациентов и спинальных хирургов при использовании интраоперационной конусно-лучевой компьютерной томографии и традиционной рентгеноскопии [2, 4, 13, 18]. В основе данных противоречий лежит невозможность соотношения результатов между собой, поскольку огромное влияние на них оказывает индивидуальный опыт хирурга и техническое оснащение лечебного учреждения.

Цель работы: сравнить дозы облучения пациентов и операционной бригады при выполнении транспедикулярной фиксации позвоночника с применением КТ-навигации и традиционной рентгеноскопии.

Дизайн: ретроспективное, клинико-экспериментальное, описание серии случаев.

Материалы и методы. В исследование включены пациенты клиники нейрохирургии Военно-Медицинской академии им. С.М. Кирова, которым в период с апреля 2019 г. по ноябрь 2024 г. были выполнены стабилизирующие операции на поясничном отделе позвоночника с использованием винтовых транспедикулярных конструкций.

Критерии включения: наличие дегенеративной, посттравматической или ятрогенной нестабильности нижне-грудного и/или поясничного отдела позвоночника, требующей 1–3-сегментной стабилизации; возраст пациентов от 18 до 75 лет. В исследование не включались пациенты с инфекционными поражениями позвоночника, системными заболеваниями соединительной ткани, онкологическими процессами в позвоночнике, а также с выраженным остеопорозом (Т-критерий <–3.0). В части случаев транспедикулярная фиксация (ТПФ) сочеталась с декомпрессией и межтеловой стабилизацией по методу TLIF (трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез).

В соответствии с методом интраоперационного лучевого сопровождения, пациенты были разделены на 2 группы: в первой группе (O-arm) применяли конусно-лучевую КТ, совмещенную с оптической навигацией (n=109); во второй (C-arm) — рентгеноскопию (n=55).

Структура в группе O-arm была следующей: чрескожный способ транспедикулярной фиксации (ЧТПФ) позвоночника применялся в 23 случаях; открытый способ имел место в 86 стабилизирующих пособиях. В группе с применением традиционной рентгеноскопии выполнено 23 операции с ЧТПФ и 32 открытых вмешательства с ТПФ.

Исследование дозовых нагрузок спинальных хирургов проводилось на кафедре нейрохирургии Военно-Медицинской академии им. С.М. Кирова совместно с Санкт-Петербургским НИИ радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева в период с января 2024 г. по август 2025 г. В исследование включены 11 случаев чрескожных транспедикулярных фиксаций, выполненных под контролем традиционной рентгеноскопии.

Рабочая гипотеза об отсутствии лучевой нагрузки на операционную бригаду при проведении операций под контролем КТ-навигации была подтверждена при помощи контрольных дозиметров, размещенных в предоперационном зале.

Помимо лучевой нагрузки на хирургов в каждой группе проанализированы такие показатели, как время излучения, средняя сила тока и напряжение на аноде рентгеновской трубки. Рассчитано среднее время, потраченное на этап металлоостеосинтеза. Исходы лечения, оценка положения винтов в данном исследовании не оценивались.

Критерии включения: хирурги, выполняющие оперативные пособия при травмах и дегенеративно-дистрофических заболеваниях позвоночника (уровень с Th10 по S1), по методике ЧТПФ. Количество фиксируемых позвонков — не более 4 (3 сегмента / не более 8 винтов).

Критерии исключения: случаи, ассоциированные со значительным увеличением дозовой нагрузки (сочетание ЧТПФ и аугментации, переустановка транспедикулярных винтов вследствие недопустимой мальпозиции, обнаруженной при этапной рентгенографии).

Оценивали: эффективные дозы облучения (ЭД) пациентов и операционной бригады, максимально поглощенную дозу в коже (МПДК) пациентов, эквивалентные дозы облучения (ЭквД) хрусталиков глаз и кожи рук спинальных хирургов.

Исследование лучевой нагрузки на пациентов проводилось расчетным методом, путем анализа протоколов интраоперационных исследований рентген-навигационной аппаратуры [7]. При рентгеноскопии за основу брали показатель произведения дозы на площадь (ПДП), а при конусно-лучевой КТ — произведение дозы на длину сканирования (ПДД). Для определения ЭД пациента по данным о ПДП использовали Kd = 0,2 мЗв/(Гр • см^2). Для расчета ЭД при КТ, был выбран Kd = 0,015 [7].

В рамках дозиметрического контроля медицинского персонала оценивались ЭД и ЭквД хрусталиков глаз и кожи рук спинальных хирургов с использованием регламентированных индивидуальных дозиметров, расположенных в стандартных местах (рис. 1). ЭД расчитывали по формуле: E = 0,6H(10)Г,под + 0,025H(10)В,над, мЗв, где: H(10)Г,под — доза, мЗв, зарегистрированная дозиметром, расположенным на груди под защитным фартуком, а H(10)В,над — доза, мЗв, зарегистрированная дозиметром, расположенным над фартуком на воротнике халата или на шапочке [6].

Радиационная безопасность во время вмешательств обеспечивалась индивидуальными средствами рентген-защиты (фартук, воротник) с коэффициентом ослабления 0,25. Рентген-защитные перчатки и очки в ходе исследования не использовались.

Рис. 1. Места расположения дозиметров на теле хирурга и ассистента: 1 — индивидуальный дозиметр МКД (тип А), Hp(3); 2 — дозиметр DTU-01, Hp(10), расположенный над рентген-защитным фартуком; 3 — дозиметр DTU-01, Hp(10), расположенный под рентген-защитным фартуком; 4 — индивидуальный дозиметр Finger Ring Type G, Hp(0,07) на кисти

Учитывалась погрешность фонового излучения, набираемого дозиметрами в ходе многомесячного исследования. Фоновый дозиметр DTU-01, Hp(10) размещался вне зоны рентгеновского излучения на время проведения оперативных вмешательств.

Аппаратное сопровождение обеспечивалось мобильным ангиографическим комплексом Zeihm Vision RFD.

Результаты исследований заносили в электронную базу данных с помощью программы Microsoft Excel 2007. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения: Statistica for Windows 10.0 (StatSoft Inc., США) в соответствии с рекомендациями по статистическому анализу результатов медико-биологических исследований.

Результаты.

Результаты исследования доз пациентов. Эффективная доза в группах O-arm и C-arm имела статистически значимые различия (табл. 1). Медиана ЭД в группе КТ-навигации превысила аналогичные значения ЭД в группе рентгеноскопии чуть более чем в 5 раз. Несмотря на это, значимых межгрупповых различий МПДК не получено. Кроме того, нами был проведен анализ зависимости ЭД пациента от количества оперированных сегментов. В обеих группах эта зависимость не являлась статистически значимой.

Таблица 1. ЭД и МПДК пациентов при ТПФ позвоночника под контролем оптической КТ-навигации и традиционной рентгеноскопии

Параметры	Группа O-arm (n = 109)			Группа C-arm (n = 55)			*p-value
	M	Me	Q1–Q3	M	Me	Q1–Q3	
E (мЗв)	10,1	9,1	7,1–11,6	4,9	1,8	1,8–5,6	0,000
МПДК (мГр)	70,9	49,3	27,0–96,9	98,9	36,1	16,6–111,5	0,424

M — средняя арифметическая; Me — медиана; Q1–Q3 — интерквартильный размах; * — Mann-Whitney U Test

Вне зависимости от вида лучевого сопровождения внутригрупповые различия в суммарных ЭД при открытых и закрытых способах ТПФ позвоночника не являлись статистически значимыми (табл. 2). Медиана ЭД пациента при открытых вмешательствах с применением конусно-лучевой томографии с навигацией в 6,2 раза превысила аналогичные показатели группы традиционной рентгеноскопии. В подгруппе закрытой ТПФ ЭД пациента при конусно-лучевой томографии с навигацией была в 3,2 раза больше.

Таблица 2. Зависимость ЭД пациентов (мЗв) от способа ТПФ позвоночника

Группы	О-ТПФ				З-ТПФ				*p-value
	n	M	Me	Q1–Q3	n	M	Me	Q1–Q3	
O-arm	86	9,9	9,3	7,0–11,5	23	10,4	9,3	6,4–14,4	0,861
C-arm	32	4,2	1,5	0,7–3,6	23	6,0	2,9	0,7–3,6	0,109
*p-value	0,000				0,003				

* — Mann-Whitney U Test

КТ-исследование с использованием O-arm выполняли 2 или 3 раза в течение одной операции, что зависело от последовательности этапов декомпрессивно-стабилизирующего пособия (табл. 3). Двукратное сканирование было необходимо для совмещения данных КТ с навигационной станцией и контроля положения винтов в позвонках. Третье сканирование осуществляли по необходимости — с целью оценки степени декомпрессии невральных структур позвоночного канала.

Таблица 3. Зависимость ЭД пациентов (мЗв) от кратности КТ-исследований в течение одной операции

Кратность сканирования	Группа O-arm (n = 109)			
	n	M	Me	Q1–Q3
2	63	8,9	7,7	5,7–10,9
3	46	11,6	10,6	8,4–12,4
p-value	*0,000			

* — Mann-Whitney U Test

Результаты исследования доз операционной бригады. Основные характеристики выполненных оперативных вмешательств отображены в таблице 4. В целях интраоперационной рентген-навигации использовали мобильный ангиографический комплекс Zeihm Vision RFD, параметры излучения для которого устанавливались в автоматическом режиме в зависимости от антропометрических данных пациента. Средние значения напряжения и силы тока на аноде рентгеновской трубки составили 87,6 кВ и 13,1 мА.

Таблица 4. Основные характеристики оперативных вмешательств, выполненных по методике ЧТПФ

№	Уровень	Кол-во винтов (шт.)	Время излучения (секунды)	Время металлоостеосинтеза (минуты)
1	Th11-Th12, L2	6	72	65
2	Th11-L1	5	71	74
3	L5-S1	4	65	63
4	Th6-Th8	4	67	69
5	L1-L3	5	83	71
6	Th12-L2	6	69	68
7	L4-L5	4	74	64
8	L3-L5	6	60	84
9	L3-L5	6	67	77
10	L4-S1	6	65	65
11	Th11-L1	6	76	70
ВСЕГО		58	769	770

Медиана времени излучения составила 69 с [ИКР 66; 73]. Медиана времени, затраченного на установку металлоконструкции, составила 69 мин [ИКР 65; 72,5], процедура установки одного винта заняла в среднем 13,3 мин, 95% ДИ [12,58, 13,62].

Дозиметрические показатели, полученные операционной бригадой, с приведены в таблице 5.

Таблица 5. Дозиметрические показатели операционной бригады при проведении ЧТПФ (значения, накопленные за 11 операций)

Дозиметрический показатель	Хирург (мЗв)	Ассистент (мЗв)
Hp(10) под фартуком	<0,05	<0,05
Hp(10) над фартуком	1,7	0,95
(E) эффективная доза	0,07	0,05
Hp(3) хрусталик глаза	1,2	1,1
Hp(0,07) кожа кистей	11,96	1,73

В ходе расчета ЭД, за значения доз на груди под фартуком были приняты значения, равные порогу чувствительности дозиметра DTU-1 (0,05 мЗв).

Несущественные различия в полученных значениях ЭквД в хрусталиках глаз хирурга и ассистента объясняются их равноудаленностью от облучаемого участка тела пациента как источника рассеянного излучения. Разница ЭквД на коже рук (более чем в 6,5 раз) объясняется тем, что транспедикулярное введение пункционных игл в позвонки выполнял только хирург под контролем прямой и боковой проекций рентгеноскопии. Относительно высокие показатели облучения рук связаны с тем, что при прямой проекции рентгеноскопии руки хирурга эпизодически находились в прямом пучке рентгеновского излучения. Этим же объясняется бóльшая ЭД и доза над фартуком хирурга в сравнении с ассистентом. Для уменьшения облучения при выполнении боковых рентгеновских проекций хирург располагался строго напротив излучателя, так как известно, что дозовая нагрузка на персонал формируется, в большей степени, за счет излучения, рассеянного от тела пациента, и со стороны входа рентгеновского пучка его уровень гораздо выше за счет обратного рассеяния [12].

Обсуждение. В рамках нашего исследования подтверждено, что транспедикулярная фиксация в нижне-грудном и пояснично-крестцовом отделах, независимо от метода лучевого контроля, не сопряжена с риском развития детерминированных эффектов у пациентов, так как суммарная доза не достигает контрольного значения МПДК в ~2000 мГр [3, 4]. Однако при использовании рентгеноскопии пациент подвергается дополнительной лучевой нагрузке (~3–4 мЗв) от послеоперационной КТ, необходимой для контроля, что нивелирует кажущееся преимущество в дозе во время самой операции. Следует также отметить, что КТ-навигация, обеспечивая интраоперационную оценку как положения имплантов, так и декомпрессии, повышает качество хирургического пособия и снижает частоту ревизий [1, 19, 20].

Для спинального хирурга, работающего в резко неоднородном поле излучения, критически важным является корректный индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) с использованием как минимум двух дозиметров (над и под защитным фартуком) для расчета эффективной дозы [4]. Наши измерения показали, что ЭД хирурга при одной операции с рентгеноскопией крайне мала (<0,01 мЗв), что делает такие вмешательства безопасными с позиции годового предела в 20 мЗв. Тем не менее, руководствуясь принципом ALARA и рекомендациями для персонала группы Б, целесообразно стремиться к дозе не более 5 мЗв/год [6, 7, 8, 21].

Наибольшую опасность для хирурга представляют дозы облучения хрусталика глаза и кожи кистей. Зафиксированная нами эквивалентная доза на хрусталик за 11 операций ЧТПФ достигла 1,2 мЗв. С учетом ужесточенного предела МАГАТЭ в 20 мЗв/год [10] без защитных очков хирургу не следует выполнять более 200 таких операций в год. Доза на кожу кистей также значительна: 11,96 мЗв за 11 операций, что при безопасном уровне в 125 мЗв/год (¼ от 500 мЗв) ограничивает лимит примерно 460 вмешательствами без защитных перчаток. Данные других исследований подтверждают серьезность этого риска [22].

Следует учесть, что работа на пределе допустимых пороговых значений является крайне рискованной в виду индивидуальной радиочувствительности организма и вероятности развития стохастических эффектов ионизирующего излучения. В виду этого следует стремиться к показателям, не превышающим ¼ от рекомендованного предела [21]. В таком случае ежегодные дозовые пределы уже не кажутся столь недостижимыми: для хрусталика лимит будет достигнут примерно за 50 операций, а для кожи кистей рук потребуется около 115 вмешательств.

Приведенные в нашем исследовании значения эквивалентной дозы следует рассматривать с учетом потенциала средств индивидуальной защиты, применение которых способно их существенно снизить. Эффективным способом снижения дозы является правильное позиционирование хирурга относительно источника излучения. Интенсивность рассеяния со стороны детектора значительно ниже, чем со стороны трубки, поскольку тело пациента поглощает большую часть первичного пучка. Размещение хирурга со стороны детектора позволяет снизить дозу примерно в 6 раз по сравнению с позицией у излучателя. Что касается экранирования, то его роль невозможно переоценить. Помимо стандартного защитного фартука критически важными являются средства защиты наиболее радиочувствительных органов. Так, использование рентген-защитных очков, способно снизить дозу на хрусталик глаза примерно в 5 раз, минимизируя риск «затекания» рассеянного излучения. Для защиты кожи кистей помимо свинцовых перчаток (снижение дозы на 37%) высокую эффективность показывает использование инструментов, например, зажима для фиксации иглы, что позволяет уменьшить дозу на 65% по сравнению с удержанием инструмента рукой. Стационарные защитные экраны обеспечивают надежную защиту всего тела, однако их практическое использование часто ограничено планировкой операционной и необходимостью близкого подхода хирурга к зоне вмешательства [6, 7, 8, 21, 23,24, 25].

Один из значимых факторов снижения дозы — время излучения, зависящее от опыта специалиста, выполняющего операции под рентгеновским наведением. Среднее время (13,3 мин), потраченное на установку одного транспедикулярного винта в нашем исследовании, соответствует данным, приведенным в мировой литературе [14, 20].

Выводы.

1. Проведенный анализ значений МПДК пациентов подтверждает, что транспедикулярная фиксация позвоночника с использованием как КТ-навигации, так и рентгеноскопии не несет риска развития детерминированных лучевых эффектов у пациентов.

2. Статистический анализ не выявил значимых различий в ЭД пациентов между открытыми и чрескожными методиками ТПФ. Данная закономерность оставалась неизменной независимо от применяемого метода интраоперационной визуализации и количества фиксируемых позвоночных сегментов.

3. Эффективная доза облучения хирурга при выполнении стабилизирующей операции под рентгеноскопическим контролем с использованием защитного фартука является минимальной (≤0,01 мЗв за процедуру). Рассчитанная годовая нагрузка при таком уровне облучения не превышает установленных нормативов для медицинского персонала.

4. Наибольшему облучению в ходе операции подвергаются хрусталик глаза и кожа кистей оператора. Расчеты показывают, что безопасный годовой предел дозы для хрусталика будет достигнут после примерно 50 чрескожных транспедикулярных фиксаций, а для кожи рук — после приблизительно 115 аналогичных вмешательств, что требует обязательного использования средств специализированной защиты.

Ограничения исследования. Ограничения исследования были связаны с его ретроспективным характером, малым числом наблюдений и отсутствием результатов оценки эффективности дополнительных средств индивидуальной защиты от радиационного излучения (очки, перчатки, ширма).

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shin B.J., James A.R., Njoku I.U., Härtl R. Pedicle screw navigation: a systematic review and meta-analysis of perforation risk for computer-navigated versus freehand insertion. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(2):113–122. DOI: 10.3171/2012.5.SPINE11399.
2. Lester J.D., Hsu S., Ahmad C.S. Occupational hazards facing orthopedic surgeons. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2012;41(3):132–139. PMID: 22530210.
3. Arif S., Brady Z., Enchev Y., et al. Minimising radiation exposure to the surgeon in minimally invasive spine surgeries: A systematic review of 15 studies. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021;107(7):102795. DOI: 10.1016/j.otsr.2020.102795.
4. Bindal R.K., Glaze S., Ognoskie M., et al. Surgeon and patient radiation exposure in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine*. 2008;9(6):570–573. DOI: 10.3171/SPI.2008.4.08182.
5. Mastrangelo G., Fedeli U., Fadda E., et al. Increased cancer risk among surgeons in an orthopaedic hospital. *Occup Med (Lond)*. 2005;55(6):498–500. DOI: 10.1093/occmed/kqi048.
6. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций: метод. указания МУ 2.6.1.3015-12 / Роспотребнадзор. М., 2012. 12 с.
7. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований: методические указания МУ 2.6.1.2944-11 / Роспотребнадзор. М., 2011.
8. Главный государственный санитарный врач РФ. Постановление от 27 марта 2025 г. №6 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил и норм СанПиН 2.6.4115-25 “Санитарно-эпидемиологические требования в области радиационной безопасности населения при обращении источников ионизирующего излучения”» [Зарегистрировано в Минюсте России 21 апреля 2025 г. №81916].
9. Ainsbury E.A., Bouffler S.D., Dörr W., et al. Radiation cataractogenesis: a review of recent studies. *Radiat Res*. 2009;172(1):1–9. DOI: 10.1667/RR1688.1.
10. Koenig A.M., Froehlich L., Viniol S., et al. Occupational orthopedic problems and its relation to personal radiation protection in interventional radiology. *Eur J Radiol*. 2024;175:111401. DOI: 10.1016/j.ejrad.2024.111401.
11. Yoshinaga S., Mabuchi K., Sigurdson A.J., et al. Cancer risks among radiologists and radiologic technologists: review of epidemiologic studies. *Radiology*. 2004;233(2):313–321. DOI: 10.1148/radiol.2332031119.
12. Tabaraee E., Gibson A.G., Karahalios D.G., et al. Intraoperative cone beam-computed tomography with navigation (O-ARM) versus conventional fluoroscopy (C-ARM): a cadaveric study comparing accuracy, efficiency, and safety for spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(22):1953–1958. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a51d1e.
13. Klingler J.H., Naseri Y., Reinacher P.C., et al. Patient radiation exposure from intraoperative computed tomography in spinal surgery. *Spine J*. 2022 Sep;22(9):1576-1578. DOI: 10.1016/j.spinee.2022.03.008.
14. Kiessling J.W., Ramnot A., Odell T., et al. Use of O-arm With Intraoperative Arteriography for Localization and Stealth Navigation of the Vertebral Arteries During Posterior Cervical Spine Surgery. *Int J Spine Surg*. 2021;14(s4):S10–S15. DOI: 10.14444/7158.
15. Kim J.H., Park K.S., Yi S., et al. Real-time CT fluoroscopy (CTF)-guided vertebroplasty in osteoporotic spine fractures. *Yonsei Med J*. 2005;46(5):635–642. DOI: 10.3349/ymj.2005.46.5.635.
16. Pavan L.J., Dalili D., Ranc C., et al. CT-Guided Percutaneous Vertebroplasty for Vertebral Non-union Following Posterior Fixation: A Preliminary Retrospective Study. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2022;45(5):687–695. DOI: 10.1007/s00270-021-03037-3. Epub 2022 Jan 22. Erratum in: *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2022;45(5):720. DOI: 10.1007/s00270-022-03112-3.
17. Scarone P., Vincenzo G., Distefano D., et al. Use of the Airo mobile intraoperative CT system versus the O-arm for transpedicular screw fixation in the thoracic and lumbar spine: a retrospective cohort study of 263 patients. *J Neurosurg Spine*. 2018;29(4):397–406. DOI: 10.3171/2018.1.SPINE17927.
18. Kuo Y.H., Kuo C.H., Tu T.H., et al. Evolution of Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: Comparison of Pre-, Partial-, and Full-Navigation in a 15-Year Cohort. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2025;50(19):1355–1362. DOI: 10.1097/BRS.0000000000005249.
19. Araiza E.T., Medda S., Plate J.F., et al. Comparing the Efficiency, Radiation Exposure, and Accuracy Using C-arm versus O-arm With 3D Navigation in Placement of Transiliac-Transsacral and Iliosacral Screws:

A Cadaveric Study Evaluating an Early Career Surgeon. *J Orthop Trauma*. 2020;34(6):302–306. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001724.

20. Silbermann J., Riese F., Allam Y., et al. Computer tomography assessment of pedicle screw placement in lumbar and sacral spine: comparison between free-hand and O-arm based navigation techniques. *Eur Spine J*. 2011;20(6):875-81. DOI: 10.1007/s00586-010-1683-4.

21. López P.O., Dauer L.T., Loose R., et al; Authors on Behalf of ICRP. ICRP Publication 139: Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures. *Ann ICRP*. 2018 Mar;47(2):1-118. DOI: 10.1177/0146645317750356. Erratum in: *Ann ICRP*. 2019 Sep;48(1):99. DOI: 10.1177/0146645318773608. Erratum in: *Ann ICRP*. 2019 Sep;48(1):98. DOI: 10.1177/0146645319860189.

22. Fujibayashi S., Murata K., Shimizu T., et al. An Observational Survey of Nail and Skin of Spine Surgeons-Possible Damage by Occupational Ionizing Radiation Exposure. *Spine Surg Relat Res*. 2021;5(6):359–364. DOI: 10.22603/ssrr.2020-0204.

23. Delgado-López P.D., Sánchez-Jiménez J., Herrero-Gutiérrez A.I., et al. Radiation protection measures: Implications on the design of neurosurgery operating rooms. *Neurocirugia (Astur : Engl Ed)*. 2018;29(4):187-200. (In English, Spanish). DOI: 10.1016/j.neucir.2018.02.007.

24. Loose R. Occupational Overexposures in Medical Field in European Commission, RP 149. *Proceedings of the EU Scientific Seminar 2003 "Medical Overexposures*. Luxembourg; 2008.

25. Ciraj-Bjelac O., Carinou E., Ferrari P., et al. Occupational Exposure of the Eye Lens in Interventional Procedures: How to Assess and Manage Radiation Dose. *J Am Coll Radiol*. 2016;13(11):1347–1353. DOI: 10.1016/j.jacr.2016.06.015.

REFERENCES

1. Shin B.J., James A.R., Njoku I.U., Härtl R. Pedicle screw navigation: a systematic review and meta-analysis of perforation risk for computer-navigated versus freehand insertion. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(2):113–122. DOI: 10.3171/2012.5.SPINE11399.

2. Lester J.D., Hsu S., Ahmad C.S. Occupational hazards facing orthopedic surgeons. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2012;41(3):132–139. PMID: 22530210.

3. Arif S., Brady Z., Enchev Y., et al. Minimising radiation exposure to the surgeon in minimally invasive spine surgeries: A systematic review of 15 studies. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021;107(7):102795. DOI: 10.1016/j.otsr.2020.102795.

4. Bindal R.K., Glaze S., Ognoskie M., et al. Surgeon and patient radiation exposure in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine*. 2008;9(6):570–573. DOI: 10.3171/SPI.2008.4.08182.

5. Mastrangelo G., Fedeli U., Fadda E., et al. Increased cancer risk among surgeons in an orthopaedic hospital. *Occup Med (Lond)*. 2005;55(6):498–500. DOI: 10.1093/occmed/kqi048.

6. Rospotrebnadzor. *Organizatsiya i provedenie individual'nogo dozimetricheskogo kontrolya. Personal meditsinskikh organizatsiy: metod. ukazaniya [Organization and implementation of individual dosimetric monitoring. Medical organization personnel: method. guidelines] MU 2.6.1.3015-12.* Moscow; 2012. (In Russ.).

7. Rospotrebnadzor. *Kontrol' effektivnykh doz oblucheniya patsientov pri provedenii meditsinskikh rentgenologicheskikh issledovaniĭ: metodicheskie ukazaniya [Control of effective radiation doses to patients during medical X-ray examinations: methodological guidelines] MU 2.6.1.2944-11.* Moscow; 2011. (In Russ.).

8. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation. *Decree No. 6, March 27, 2025. Ob utverzhdenii sanitarno-epidemiologicheskikh pravil i norm SanPiN 2.6.4115-25 "Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya v oblasti radiatsionnoy bezopasnosti naseleniya pri obrashchenii istochnikov ioniziruyushchego izlucheniya" [On the Approval of Sanitary and Epidemiological Rules and Standards SanPiN 2.6.4115-25 "Sanitary and Epidemiological Requirements in the Field of Radiation Safety of the Population when Handling Sources of Ionizing Radiation"].* Registered with the Ministry of Justice of Russia on April 21, 2025, No. 81916. (In Russ.).

9. Ainsbury E.A., Bouffler S.D., Dörr W., et al. Radiation cataractogenesis: a review of recent studies. *Radiat Res*. 2009;172(1):1–9. DOI: 10.1667/RR1688.1.

10. Koenig A.M., Froehlich L., Viniol S., et al. Occupational orthopedic problems and its relation to personal radiation protection in interventional radiology. *Eur J Radiol*. 2024;175:111401. DOI: 10.1016/j.ejrad.2024.111401.

11. Yoshinaga S., Mabuchi K., Sigurdson A.J., et al. Cancer risks among radiologists and radiologic technologists: review of epidemiologic studies. *Radiology*. 2004;233(2):313–321. DOI: 10.1148/radiol.2332031119.

12. Tabaraee E., Gibson A.G., Karahalios D.G., et al. Intraoperative cone beam-computed tomography with navigation (O-ARM) versus conventional fluoroscopy (C-ARM): a cadaveric study comparing accuracy,

efficiency, and safety for spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(22):1953–1958. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a51d1e.

13. Klingler J.H., Naseri Y., Reinacher P.C., et al. Patient radiation exposure from intraoperative computed tomography in spinal surgery. *Spine J*. 2022 Sep;22(9):1576-1578. DOI: 10.1016/j.spinee.2022.03.008.

14. Kiessling J.W., Ramnot A., Odell T., et al. Use of O-arm With Intraoperative Arteriography for Localization and Stealth Navigation of the Vertebral Arteries During Posterior Cervical Spine Surgery. *Int J Spine Surg*. 2021;14(s4):S10–S15. DOI: 10.14444/7158.

15. Kim J.H., Park K.S., Yi S., et al. Real-time CT fluoroscopy (CTF)-guided vertebroplasty in osteoporotic spine fractures. *Yonsei Med J*. 2005;46(5):635–642. DOI: 10.3349/ymj.2005.46.5.635.

16. Pavan L.J., Dalili D., Ranc C., et al. CT-Guided Percutaneous Vertebroplasty for Vertebral Non-union Following Posterior Fixation: A Preliminary Retrospective Study. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2022;45(5):687–695. DOI: 10.1007/s00270-021-03037-3. Epub 2022 Jan 22. Erratum in: *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2022;45(5):720. DOI: 10.1007/s00270-022-03112-3.

17. Scarone P., Vincenzo G., Distefano D., et al. Use of the Airo mobile intraoperative CT system versus the O-arm for transpedicular screw fixation in the thoracic and lumbar spine: a retrospective cohort study of 263 patients. *J Neurosurg Spine*. 2018;29(4):397–406. DOI: 10.3171/2018.1.SPINE17927.

18. Kuo Y.H., Kuo C.H., Tu T.H., et al. Evolution of Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion: Comparison of Pre-, Partial-, and Full-Navigation in a 15-Year Cohort. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2025;50(19):1355–1362. DOI: 10.1097/BRS.0000000000005249.

19. Araiza E.T., Medda S., Plate J.F., et al. Comparing the Efficiency, Radiation Exposure, and Accuracy Using C-arm versus O-arm With 3D Navigation in Placement of Transiliac-Transsacral and Iliosacral Screws: A Cadaveric Study Evaluating an Early Career Surgeon. *J Orthop Trauma*. 2020;34(6):302–306. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001724.

20. Silbermann J., Riese F., Allam Y., et al. Computer tomography assessment of pedicle screw placement in lumbar and sacral spine: comparison between free-hand and O-arm based navigation techniques. *Eur Spine J*. 2011;20(6):875-81. DOI: 10.1007/s00586-010-1683-4.

21. López P.O., Dauer L.T., Loose R., et al; Authors on Behalf of ICRP. ICRP Publication 139: Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures. *Ann ICRP*. 2018 Mar;47(2):1-118. DOI: 10.1177/0146645317750356. Erratum in: *Ann ICRP*. 2019 Sep;48(1):99. DOI: 10.1177/0146645318773608. Erratum in: *Ann ICRP*. 2019 Sep;48(1):98. DOI: 10.1177/0146645319860189.

22. Fujibayashi S., Murata K., Shimizu T., et al. An Observational Survey of Nail and Skin of Spine Surgeons-Possible Damage by Occupational Ionizing Radiation Exposure. *Spine Surg Relat Res*. 2021;5(6):359–364. DOI: 10.22603/ssrr.2020-0204.

23. Delgado-López P.D., Sánchez-Jiménez J., Herrero-Gutiérrez A.I., et al. Radiation protection measures: Implications on the design of neurosurgery operating rooms. *Neurocirugia (Astur : Engl Ed)*. 2018;29(4):187-200. (In English, Spanish). DOI: 10.1016/j.neucir.2018.02.007.

24. Loose R. Occupational Overexposures in Medical Field in European Commission, RP 149. *Proceedings of the EU Scientific Seminar 2003 "Medical Overexposures*. Luxembourg; 2008.

25. Ciraj-Bjelac O., Carinou E., Ferrari P., et al. Occupational Exposure of the Eye Lens in Interventional Procedures: How to Assess and Manage Radiation Dose. *J Am Coll Radiol*. 2016;13(11):1347–1353. DOI: 10.1016/j.jacr.2016.06.015.

АВТОРЫ

Кубасов Максим Валерьевич — ORCID: 0009-0002-5101-1925, SPIN: 8497-0248
Кравцов Максим Николаевич, д.м.н. — ORCID: 0000-0003-2486-6995, SPIN: 2742-6397
Железняк Игорь Сергеевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0001-7383-512X, SPIN: 1450-5053
Сарычева Светлана Сергеевна, канд. биол. наук — SPIN: 5132-1416
Шлеенкова Екатерина Николаевна — ORCID: 0009-0006-6391-1639
Свистов Дмитрий Владимирович, к.м.н., доц. — ORCID: 0000-0002-3922-9887, SPIN: 3184-5590

AUTHORS

Kubasov Maxim Valer'evich — ORCID: 0009-0002-5101-1925, SPIN: 8497-0248
Kravtsov Maksim Nikolaevich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0003-2486-6995, SPIN: 2742-6397
Zheleznyak Igor Sergeevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-7383-512X, SPIN: 1450-5053
Sarycheva Svetlana Sergeevna, Ph.D. in Biology — SPIN: 5132-1416
Shleenkova Ekaterina Nikolaevna — ORCID: 0009-0006-6391-1639
Svistov Dmitriy Vladimirovich, Ph.D., Assoc. Prof. — ORCID: 0000-0002-3922-9887, SPIN: 3184-5590

УДК 616-092.4 : 616-001.513
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_25

К ВОПРОСУ О СТАБИЛЬНОСТИ ФИКСАЦИИ ПРИ МНОГОКОЛОННОМ ОСТЕОСИНТЕЗЕ СЛОЖНОГО ПЕРЕЛОМА ПЛАТО БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ: БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ И КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

© Б.А. МАЙОРОВ[1,2,3], И.Г. БЕЛЕНЬКИЙ[1,2], Г.Д. СЕРГЕЕВ[1,2], А.В. БЕНИН[4]
[1] ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский Государственный университет», Санкт-Петербург, Россия
[3] ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова», Санкт-Петербург, Россия
[4] ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. При сложных переломах тибиального плато необходимо фиксировать латеральную, медиальную и заднюю колонны. В случае фрагментированного заднего фрагмента следует использовать несколько опорных пластин при остеосинтезе. Однако стабильность подобной конфигурации имплантатов изучена недостаточно.

ЦЕЛЬ: сравнить биомеханическую стабильность вариантов накостного остеосинтеза сложного перелома плато большеберцовой кости с учетом концепции трехколонной фиксации и без.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. На моделях правой большеберцовой кости моделировали перелом мыщелков типа 41С3. В первом варианте фиксации фрагментов модели пластины были уложены по латеральной и заднемедиальной сторонам. Во втором с учетом трехколонной концепции имплантаты располагались по латеральной, медиальной, заднемедиальной и задней поверхностям. На обе модели по латеральной поверхности укладывалась предызогнутая опорная мыщелковая L-образная пластина, а по заднемедиальной — 1/3 трубчатая пластина. На второй вариант модели дополнительно устанавливались две 1/3 трубчатые пластины: по медиальной и по задней поверхности в косом направлении. Для изучения деформаций при вертикальном нагружении образцы помещали в испытательную машину с приложением нагрузки 300 Н со скоростью 1 мм/мин сверху вниз. Для изучения деформаций при боковом нагружении образцы помещали в испытательную машину консольно в горизонтальном положении. Нагрузку 50 Н со скоростью 1 мм/мин прикладывали в четырех позициях: снаружи кнутри, изнутри кнаружи, спереди назад и сзади наперед.

РЕЗУЛЬТАТЫ. На модели двусторонней фиксации при вертикальной нагрузке зона метафизарного перелома деформировалась больше, чем на модели трехколонного остеосинтеза ($p=0,021$). Наиболее выраженная разница в величине смещения наблюдалась в области переднемедиального фрагмента (0,872 мм и 0,163 мм, соответственно). Модель двусторонней фиксации также была статистически значимо менее устойчива ($p=0,035$) к действию боковой нагрузки, чем модель трехколонного остеосинтеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Модель трехколонной фиксации сложного перелома плато большеберцовой кости продемонстрировала бóльшую устойчивость к деформации под действием вертикальной и боковой нагрузок по сравнению с моделью, фиксированной двумя пластинами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биомеханический эксперимент, перелом плато, многоколонная фиксация, опорная пластина, стабильность остеосинтеза.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Майоров Б.А., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Бенин А.В. К вопросу о стабильности фиксации при многоколонном остеосинтезе сложного перелома плато большеберцовой кости: биомеханический эксперимент и клинический случай // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 25–38.

REVISITING THE ISSUE OF FIXATION STABILITY IN MULTICOLUMN OSTEOSYNTHESIS OF COMPLEX TIBIAL PLATEAU FRACTURE: A BIOMECHANICAL EXPERIMENT AND CLINICAL CASE

© B.A. MAYOROV[1,2,3], I.G. BELEN’KIY[1,2], G.D. SERGEEV[1,2], A.V. BENIN[4]

[1] St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University”, St. Petersburg, Russia
[3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University” of the Ministry of Healthcare of Russian Federation, St. Petersburg, Russia
[4] Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND. In complex tibial plateau fractures, it is necessary to fix the lateral, medial, and posterior columns. In the case of a comminuted posterior fragment, multiple buttress plates should be used during osteosynthesis. However, the stability of such implant configurations has not been sufficiently studied.

OBJECTIVE: To compare the biomechanical stability of different variants of plate osteosynthesis for complex tibial plateau fractures, considering the three-column fixation considering both concept and without it.

MATERIALS AND METHODS. Condylar fractures (type 41C3) were simulated on the models of the right tibia. In the first fixation variant, plates were placed along the lateral and posteromedial surfaces. In the second variant, following the three-column concept, implants were positioned along the lateral, medial, posteromedial, and posterior surfaces. In both models, a pre-contoured lateral L-shaped condylar buttress plate was placed on the lateral surface, and a 1/3 tubular plate was placed on the posteromedial surface. In the second model variant, two additional 1/3 tubular plates were placed: one on the medial surface and one on the posterior surface in an oblique direction. To study deformations under vertical loading, the samples were placed in a testing machine, and a load of 300 N was applied at a rate of 1 mm/min from top to bottom. To study deformations under lateral loading, the samples were placed cantilevered in a horizontal position in the testing machine. A load of 50 N at a rate of 1 mm/min was applied to the sample in four positions: from outside to inside, from inside to outside, from front to back, and from back to front.

RESULTS. In the bilateral fixation model, under vertical loading, the metaphyseal fracture gap deformed more significantly compared to the three-column osteosynthesis model ($p=0.021$). The most pronounced difference in displacement magnitude was observed in the anteromedial fragment area (0.872 mm and 0.163 mm, respectively). The bilateral fixation model was also statistically significantly less stable ($p=0.035$) under lateral loading compared to the three-column osteosynthesis model.

CONCLUSION. The three-column fixation model for a complex tibial plateau fracture demonstrated greater resistance to deformation under both vertical and lateral loads compared to the model fixed with two plates.

KEYWORDS: biomechanical experiment, plateau fracture, multi-column fixation, buttress plate, osteosynthesis stability.

TO CITE THIS ARTICLE. Mayorov B.A., Belen’kiy I.G., Sergeev G.D., Benin A.V. Revisiting the Issue of Fixation Stability in Multicolumn Osteosynthesis of Complex Tibial Plateau Fracture: a Biomechanical Experiment and Clinical Case. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):25–38.

Введение. Сложные внутрисуставные переломы плато большеберцовой кости (ББК) являются тяжелыми повреждениями, которые требуют хирургического лечения для восстановления стабильности и функции коленного сустава. Исследования показывают, что остеосинтез с применением двух пластин позволяет добиться сращения перелома и восстановления функции. Однако эта методика не всегда обеспечивает фиксацию всех костных фрагментов, особенно в случае многооскольчатого перелома плато ББК с вовлечением его задних отделов [1, 2].

Для решения описанной проблемы были предложены и изучены варианты остеосинтеза, обеспечивающего полноценную фиксацию всех отломков [3, 4]. В соответствии с хирургической техникой, основанной на классификации C. Luo и соавторов (2010) [5], при сложных переломах тибиального плато необходимо фиксировать все три (латеральную, медиальную и заднюю) колонны. По сравнению с остеосинтезом двумя пластинами эта методика обеспечивает большую стабильность, лучшее восстановление осевых взаимоотношений в коленном суставе, а также характеризуется меньшей частотой развития вторичных вальгусных или варусных деформаций [2, 6, 7, 8].

В случае многооскольчатых внутрисуставных переломов проксимального отдела ББК задний фрагмент мыщелков может быть представлен несколькими отломками, что затрудняет стабильную фиксацию всех поврежденных колонн. Вовлечение задней колонны в перелом требует использования различных модификаций задних хирургических доступов [9, 10], так как переднелатеральный и заднемедиальный доступы не позволяют хирургу имплантировать опорные пластины на заднелатеральную часть плато ББК.

Остеосинтез каждой колонны целесообразно выполнять из отдельного доступа для оптимальной визуализации и анатомичной репозиции. При этом, с учетом сложной архитектоники переломов, подобную тактику лечения довольно сложно воплотить в жизнь из-за особенностей анатомического строения области, недостатка мягких тканей, высокого риска сопутствующих сосудистых и неврологических расстройств. Решением этой проблемы, особенно при фрагментированной задней колонне, может стать установка нескольких дополнительных опорных пластин из модифицированного заднемедиального доступа. Однако, в этом случае тяжело добиться стабильной фиксации заднелатерального фрагмента. Для оценки механической устойчивости подобной конфигурации пластин было проведено настоящее исследование.

Цель исследования: сравнить биомеханическую стабильность вариантов накостного остеосинтеза сложного перелома плато большеберцовой кости с учетом концепции трехколонной фиксации и без ее учета.

Материал и методы. Экспериментальные исследования выполнялись в Механической лаборатории Петербургского государственного университета путей сообщения императора Александра I.

На пенополиуретановых моделях правой ББК моделировали перелом мыщелков типа 41С3 (по классификации AO/ASIF) [11]. Модели отличались методикой остеосинтеза. В одном случае была смоделирована двусторонняя фиксация фрагментов: пластины уложены по латеральной и заднемедиальной сторонам. В другом случае была выполнена фиксация с учетом трехколонной концепции: металлоконструкции располагались по латеральной, медиальной, заднемедиальной и задней поверхностям костной модели.

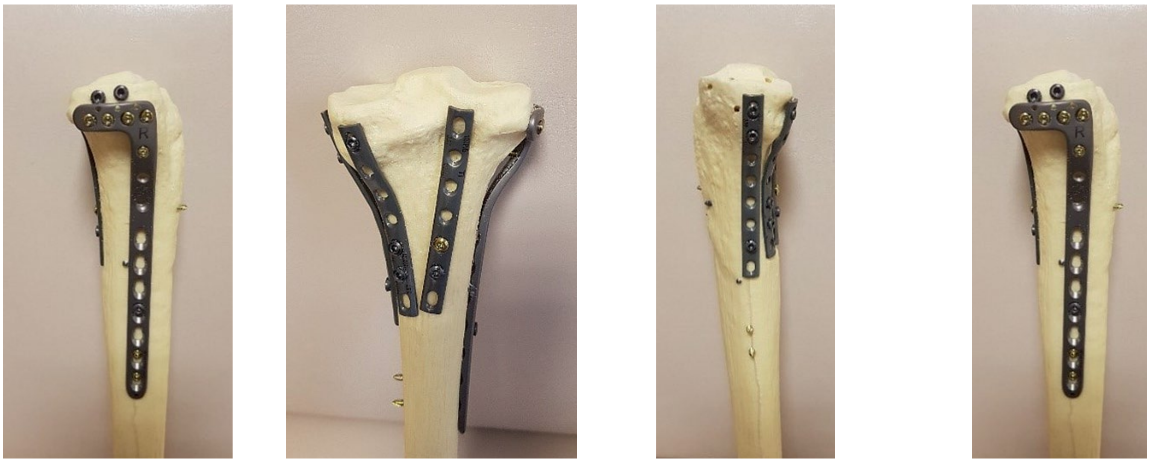
Линии предполагаемых распилов намечали следующим образом. От плоскости суставной поверхности отступали в дистальном направлении 2,5 см, где проводили 2 линии, перпендикулярные анатомической оси кости на расстоянии 0,5 см друг от друга, соответствующие метафизарному компоненту модели изучаемого перелома.

На поверхности плато ББК размечали линии распилов, соответствующих эпифизарному компоненту модели перелома. Первую линию проводили через наиболее выступающую точку бугристости ББК и через точку, соответствующую задней борозде плато ББК. Затем отмечали середину проведенной линии — центр плато. От данной точки проводили линию к переднему краю головки малоберцовой кости. В медиальном направлении проводили линию, которая являлась перпендикуляром, восстановленным из центра плато к линии, проведенной в переднезаднем направлении.

Далее в мыщелки обоих образцов с латеральной стороны во фронтальной плоскости проводили 2 спонгиозных винта 4,0 мм с неполной резьбой. Затем на обе модели ББК устанавливались пластины. По латеральной поверхности метаэпифиза укладывалась анатомически предызогнутая опорная мыщелковая L-образная пластина и фиксировалась винтами. В проксимальный фрагмент проводились 5 винтов с угловой стабильностью, в дистальный — 1 кортикальный винт и 2 винта с угловой стабильностью. Все винты имели диаметр 3,5 мм.

Далее на модель двусторонней фиксации укладывали 1/3 трубчатую пластину на 7 отверстий. Указанный имплантат предварительно моделировали по заднемедиальному гребню медиального мыщелка модели ББК. Фиксация осуществлялась тремя кортикальными винтами диаметром 3,5 мм (2 винта проводились в проксимальный фрагмент, 1 — в дистальный).

На модель трехколонной фиксации устанавливали три отмоделированные 1/3 трубчатые пластины. По медиальной поверхности имплантат на 8 отверстий фиксировался 3 кортикальными винтами диаметром 3,5 мм (2 были проведены в проксимальный фрагмент, 1 — в дистальный). Затем вдоль заднемедиального края проксимального метаэпифиза ББК укладывалась 1/3 трубчатая пластина на 7 отверстий. Фиксация данной пластины к кости также выполнялась 3 кортикальными винтами диаметром 3,5 мм (1 — в проксимальный фрагмент, 2 — в дистальный). Последней фиксировалась 1/3 трубчатая пластина на 7 отверстий на задней поверхности метаэпифиза в косом направлении: проксимальный конец пластины располагался латерально, а дистальный — медиально. Фиксация выполнялась 2 кортикальными винтами 3,5 мм. Оба винта проводились в дистальный фрагмент, таким образом пластина выполняла исключительно опорную функцию (рис. 1).



А Б В Г

Рис. 1. Расположение пластин на модели трехколонной фиксации до выполнения распилов: А — вид спереди; Б — вид сзади; В — вид с латеральной стороны; Г — вид с медиальной стороны

На следующем этапе подготовки моделей металлоконструкции демонтировались. По намеченным ранее линиям выполнялись распилы. Выпиленный метаэпифизарный сегмент модели большеберцовой кости размером 5 мм удалялся. Таким образом, формировалась модель сложного внутрисуставного перелома мыщелков ББК типа 41C3 по классификации AO/ASIF [11]. Эпифизарный компонент модели перелома плато ББК состоял из 4 фрагментов. Переднелатеральный и переднемедиальный фрагменты соответствовали латеральной и медиальной колоннам, а задняя колонная была представлена двумя фрагментами: заднелатеральным и заднемедиальным. Метаэпифизарному компоненту сложного перелома соответствовал поперечный дефект размером 5 мм. На завершающем этапе фрагменты модели кости фиксировались винтами и пластинами в описанном выше порядке.

Для обеспечения адекватной фиксации в испытательной машине было выполнено удаление дистальной части пластиковой модели ББК с фиксацией дистального опила в специальной оснастке при помощи эпоксидной смолы.

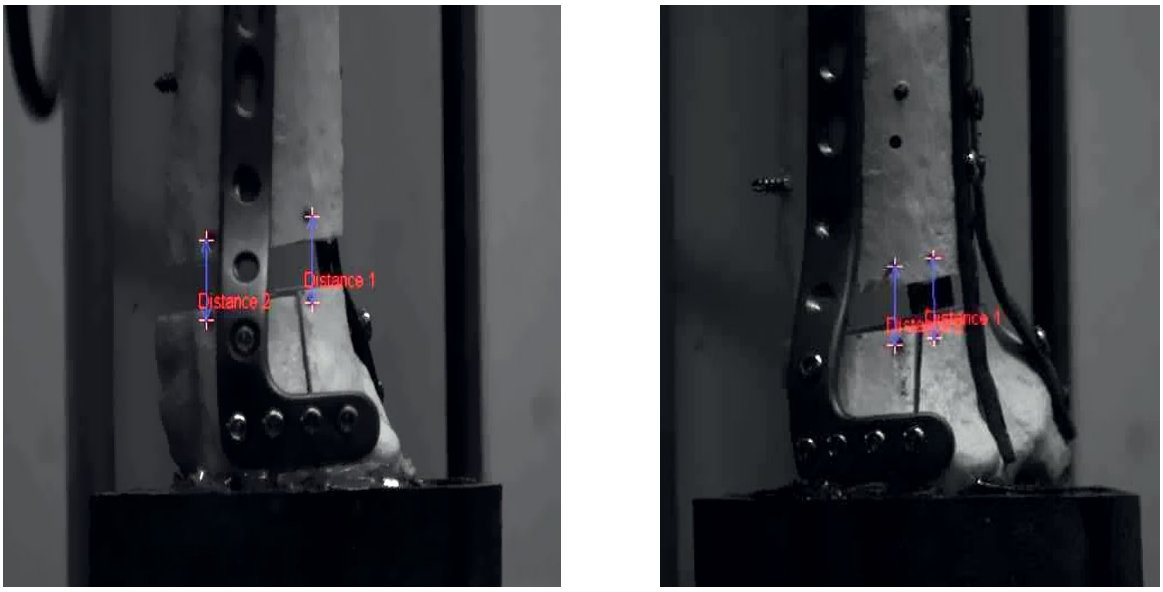
В непосредственной близости от сформированного дефекта метафизарной зоны наносили метки для определения абсолютной деформации при вертикальном и боковом нагружении. Такое расположение меток позволило уменьшить погрешность, связанную с различиями нативной кости и изучаемого образца в способности к эластической деформации. При исследовании изучали изменения расстояний между нанесенными метками при разных вариантах нагрузок.

Для изучения деформаций при вертикальном нагружении образец помещали в испытательную машину Shimadzu EZ Test 5 kN (Shimadzu, Япония) и располагали его вертикально с приложением к нему нагрузки размером 300 Н со скоростью 1 мм/мин сверху вниз. Для изучения деформаций при боковом нагружении образец помещали в испытательную машину Shimadzu AG-300 (Shimadzu, Япония) консольно в горизонтальном положении. Нагрузку размером 50 Н со скоростью 1 мм/мин прикладывали к краю образца в четырех позициях: снаружи кнутри, изнутри кнаружи, спереди назад и сзади наперед (рис. 2).

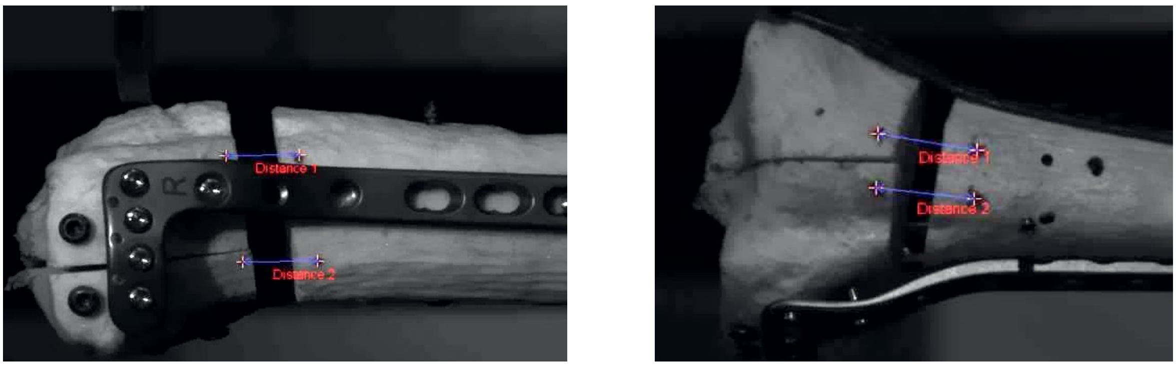
Деформации определялись с помощью системы Imetrum (Aimil Ltd, India), которая представляет собой бесконтактный видеоэкстензометр для мультиточечного измерения положения, деформации и вращения конструкций или изделий. Процесс измерения деформаций заключается в съемке видеофрагмента непосредственно во время проведения эксперимента, с последующим анализом с помощью специализированного программного обеспечения, установленного в контроллер. На рисунке 3 представлены примеры разметки точек, использовавшиеся для измерения расстояний в ходе эксперимента.

А *Б*

Рис. 2. Модель трехколонной фиксации, установленная в испытательную машину для оценки смещений: А — при вертикальной нагрузке; Б — при боковой нагрузке



А *Б*



В *Г*

Рис. 3. Примеры виртуальной разметки отслеживаемых расстояний на моделях сложного перелома плато ББК: А — на латеральной поверхности модели двусторонней фиксации при вертикальной нагрузке; Б — на латеральной поверхности модели трехколонной фиксации при вертикальной нагрузке; В — на латеральной поверхности модели двусторонней фиксации при боковой нагрузке; Г — на передней поверхности модели трехколонной фиксации при боковой нагрузке

Статистическая обработка. Полученные результаты представлены в виде разницы абсолютных показателей, полученных в результате измерения. Произведено сравнение абсолютных величин между собой с расчетом относительной разницы между моделями, выраженной в процентах. При расчете из значений, полученных в ходе эксперимента на модели двусторонней фиксации, вычитались соответствующие значения, зафиксированные при исследовании модели трехколонной фиксации. Таким образом положительное значение процентного показателя свидетельствовало о том, модель трехколонной фиксации более устойчива к нагрузке, чем двусторонней. Отрицательные значения говорили об обратном. Для оценки наличия статистически значимой разницы между показателями величины смещения фрагментов при нагрузке использовался U-критерий Манна-Уитни. Выбор непараметрического критерия обусловлен малым количеством наблюдений в выборке. При анализе использовались модули значений смещения фрагментов для получения корректных результатов статистического критерия. Сравнительный анализ величины смещения при вертикальной и боковой нагрузках проводился по отдельности. Критический уровень значимости для исследования был выбран $\alpha=0{,}05$. Для статистической обработки данных использовались программы Excel (Microsoft, США) и SPSS Statistics 27 (IBM, США).

Результаты. Результаты измерений смещения фрагментов модели перелома при нагрузке по вертикали представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний моделей при осевой нагрузке

Модель фиксации	Изучаемый фрагмент модели	Расстояние между метками при нагрузке, мм		Смещение фрагментов, мм	Относительная разница, %
		0 Н	300 Н		
Двусторонняя	ПМФ	16,064	15,192	0,872	81
Трехколонная		14,021	13,858	0,163	
Двусторонняя	ЗМФ	15,780	15,272	0,508	74
Трехколонная		14,289	14,155	0,134	
Двусторонняя	ПЛФ	12,558	12,260	0,298	50
Трехколонная		12,539	12,390	0,149	
Двусторонняя	ЗЛФ	13,448	13,172	0,276	26
Трехколонная		12,668	12,465	0,203	

Н — ньютон; ПМФ — переднемедиальный фрагмент; ЗМФ — заднемедиальный фрагмент; ПЛФ — переднелатеральный фрагмент; ЗЛФ — заднелатеральный фрагмент

В представленной таблице положительные значения смещения свидетельствуют об уменьшении расстояния между фрагментами при нагрузке. Сравнение полученных данных показало, что на модели двусторонней фиксации при вертикальной нагрузке зона метафизарного перелома деформировалась больше, чем на модели трехколонного остеосинтеза ($p=0{,}021$). Это также подтверждается показателями относительной разницы: все значения положительные.

Результаты измерений смещения фрагментов модели перелома при боковой нагрузке представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты испытаний моделей при боковой нагрузке

Образец	Направление нагрузки	Изучаемый фрагмент модели	Расстояние между метками при нагрузке, мм		Смещение фрагментов, мм	Относительная разница, %
			0 Н	50 Н		
Двусторонняя	P-A	ЗМФ	17,619	17,526	0,093	73
Трехколонная		ЗМФ	15,323	15,298	0,025	
Двусторонняя		ПМФ	17,288	17,202	0,086	63
Трехколонная		ПМФ	14,822	14,790	0,032	

Образец	Направление нагрузки	Изучаемый фрагмент модели	Расстояние между метками при нагрузке, мм		Смещение фрагментов, мм	Относительная разница, %
			0 Н	50 Н		
Двусторонняя	A-P	ПЛФ	13,245	13,322	–0,077	77
Трехколонная		ПЛФ	14,330	14,348	–0,018	
Двусторонняя		ЗЛФ	13,539	13,491	0,048	60
Трехколонная		ЗЛФ	14,859	14,840	0,019	
Двусторонняя	L-M	ЗЛФ	19,000	19,254	–0,254	79
Трехколонная		ЗЛФ	19,200	19,254	–0,054	
Двусторонняя		ЗМФ	18,513	18,775	–0,262	56
Трехколонная		ЗМФ	18,875	18,990	–0,115	
Двусторонняя	M-L	ПМФ	16,518	16,424	0,094	9
Трехколонная		ПМФ	17,879	17,793	0,086	
Двусторонняя		ПЛФ	16,574	16,522	0,052	8
Трехколонная		ПЛФ	17,531	17,483	0,048	

Н — ньютон; P-A — нагрузка сзади наперед; A-P — нагрузка спереди назад; L-M — нагрузка снаружи кнутри; M-L — нагрузка изнутри кнаружи; ПМФ — переднемедиальный фрагмент; ЗМФ — заднемедиальный фрагмент; ПЛФ — переднелатеральный фрагмент; ЗЛФ — заднелатеральный фрагмент

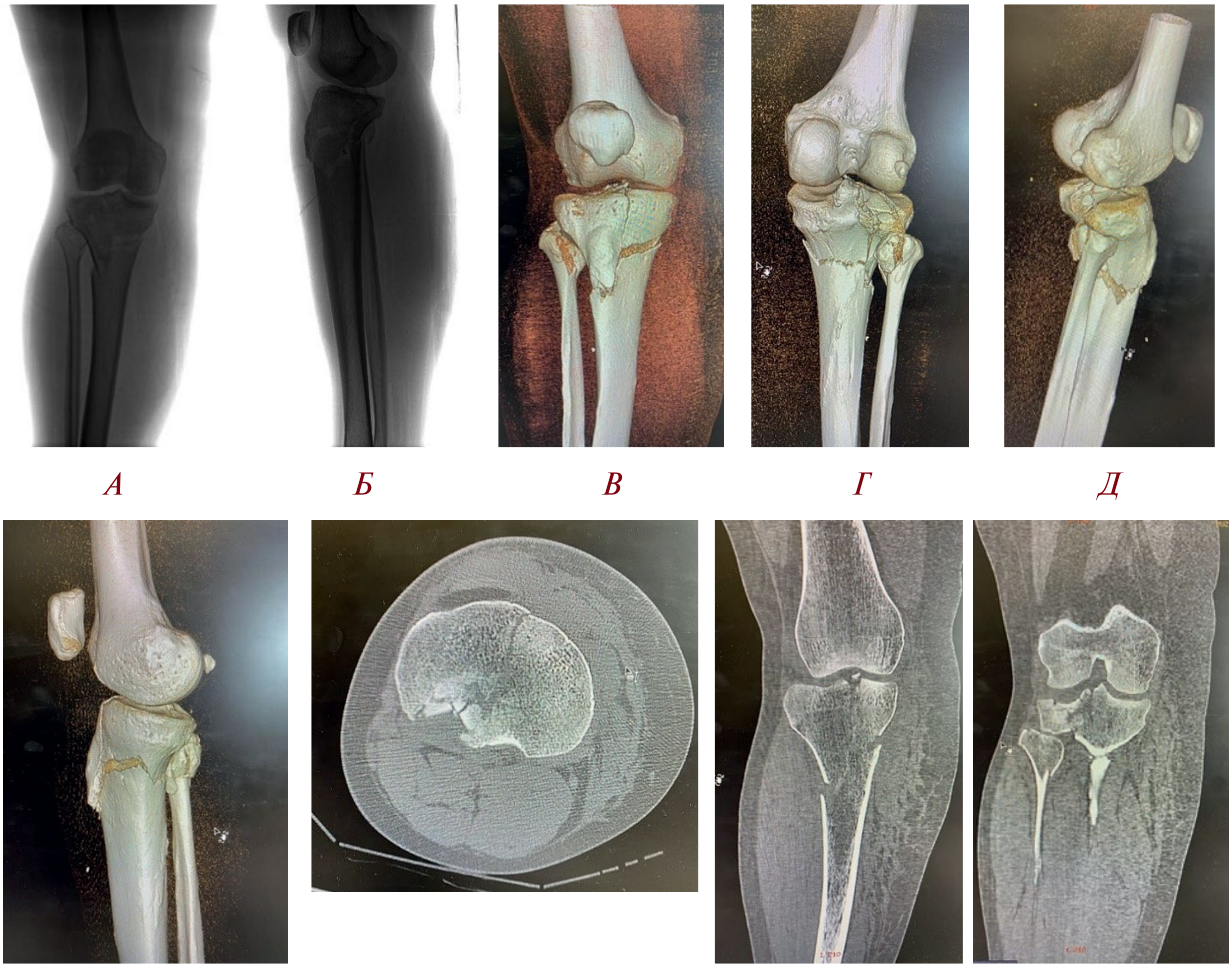
Положительные значения смещения в таблице 2 свидетельствуют об уменьшении расстояния между фрагментами модели, отрицательные — об увеличении. Увеличение расстояния между фрагментами обусловлено тем, что отслеживаемые метки располагались между источником нагрузки и осью вращения фрагментов под действием этой нагрузки. На рисунке 3 В *Distance 1* является примером такого расположения меток.

В целом, величины смещений фрагментов под действием боковой нагрузки на модели двусторонней фиксации были статистически значимо больше ($p=0,035$), чем на модели трехколонного остеосинтеза. Положительные значения процентных показателей относительной разницы смещений также свидетельствуют о большей устойчивости модели трехколонной фиксации к боковой нагрузке. Представленный далее клинический случай иллюстрирует применение методики трехколонного остеосинтеза проксимального отдела ББК.

Описание клинического случая. Пациентка К. 37 лет получила травму в результате падения с велосипеда. Выполненные рентгенограммы в двух стандартных проекциях и спиральная компьютерная томография (СКТ) выявили сложный внутрисуставной перелом плато ББК типа 41C3 (по классификации AO/ASIF) или Schatzker VI с повреждением задней колонны.

Согласно концепции трехколонной фиксации, этой пациентке было необходимо выполнить анатомичную репозицию суставной поверхности (медиальный мыщелок, импрессированный заднелатеральный фрагмент, переднелатеральный фрагмент), после чего осуществить стабильный остеосинтез всех поврежденных колонн: медиального мыщелка, заднелатерального фрагмента и всего латерального мыщелка.

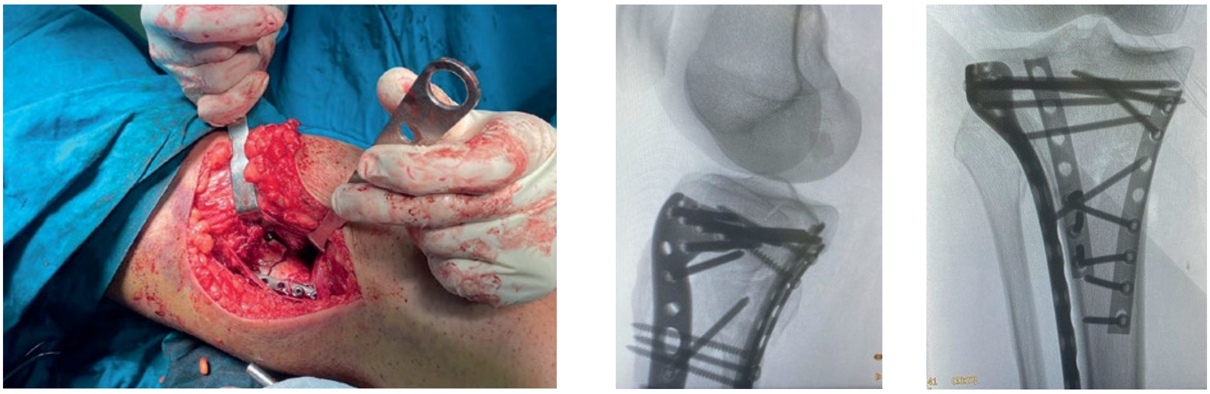
В связи с необходимостью выполнения переднелатерального хирургического доступа для фиксации большого переднелатерального фрагмента, выполнение заднелатерального доступа для устранения импрессии и фиксации задней колонны опорной пластиной было нежелательным из-за близкого расположения кожных разрезов. Одним из методов решения этой проблемы является репозиция и фиксация заднелатерального фрагмента из заднемедиального реверсивного L-образного хирургического доступа. При этом опорная пластина устанавливается в косом направлении снизу вверх от заднемедиального к заднелатеральному фрагменту. В представленном клиническом случае это и было выполнено. Установка винтов в проксимальные отверстия заднелатеральной пластины оказалась технически невозможна, однако это не скомпрометировало опорную функцию имплантата. В ходе операции было получено полное восстановление анатомии суставной поверхности плато большеберцовой кости, которое было подтверждено на контрольных рентгенограммах (рис. 5).



А Б В Г Д

Е Ж З И

Рис. 4. Многооскольчатый перелом плато большеберцовой кости у пациентки К. 37 лет: А, Б — первичные рентгенограммы в прямой и боковой проекциях; В, Г, Д, Е — данные 3D КТ-реконструкции, определяется многооскольчатый двухмыщелковый перелом плато ББК с импрессией заднелатерального фрагмента латерального мыщелка; Ж, З, И — аксиальный и фронтальные срезы, демонстрирующие локализацию импрессии суставной поверхности ББК



А Б В

Рис. 5. Остеосинтез плато ББК у пациентки К. 37 лет: А — интраоперационная фотография заднемедиального реверсивного L-образного доступа. Визуализируется задняя поверхность медиального мыщелка после репозиции и фиксации 1/3 трубчатой пластиной; Б, В — интраоперационные рентгенограммы после остеосинтеза, анатомичная репозиция суставной поверхности

С первых дней после операции проводилась реабилитация, заключавшаяся в активных движениях в коленном суставе. Осевая нагрузка на нижнюю конечность была разрешена через 3,5 месяца после операции. Пациентка осмотрена через 6 месяцев. Рентгенологически отмечается сращение перелома при отсутствии вторичного смещения отломков с хорошим функциональным результатом (рис. 6).

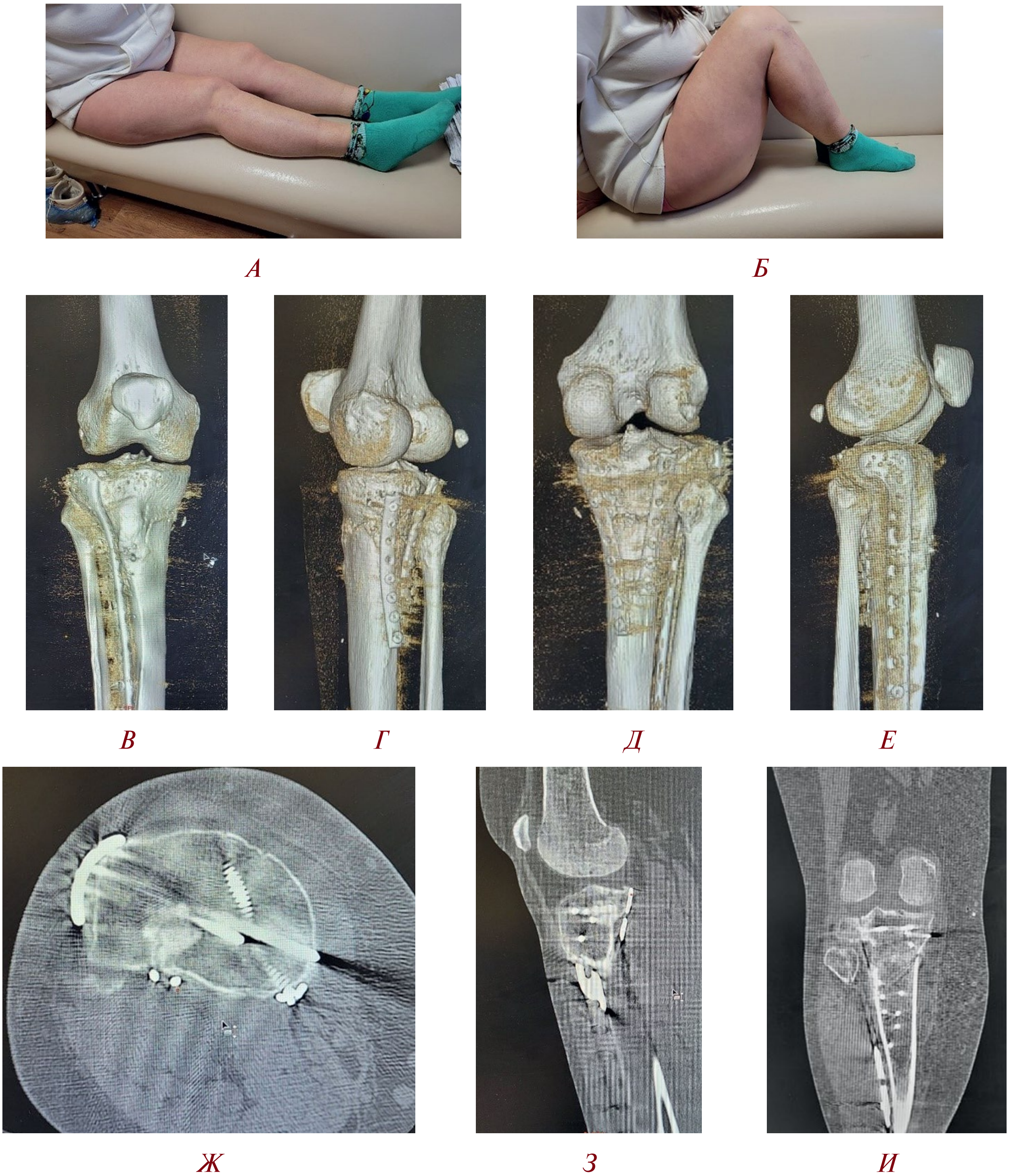


Рис. 6. Результат хирургического лечения перелома плато ББК у пациентки К. 37 лет через 6 месяцев после операции: А, Б — функциональный результат; В, Г, Д, Е — 3D КТ-реконструкция; Ж, З, И — консолидация перелома, отсутствие вторичного смещения по данным аксиального, сагиттального и фронтального срезов в области импрессионного перелома заднелатерального фрагмента латерального мыщелка

Обсуждение. Полученные в ходе проведенного биомеханического эксперимента данные можно рассматривать как показатели устойчивости модели перелома ББК типа 41С3, фиксированного двумя различными способами, к вертикальной и боковой нагрузкам. Силу в 300 Н, которая прикладывалась при имитации осевой нагрузки на модель остеосинтеза, можно представить как воздействие весом 30,6 кг. В случае боковой нагрузки 50 Н соответствуют 5,1 кг.

Наибольший клинический интерес представляют результаты измерения смещений при вертикальной нагрузке, так как именно такого рода воздействие чаще всего встречается в послеоперационном периоде пациента, прооперированного по поводу сложного перелома плато ББК. Исследование смещений при боковой нагрузке было проведено для общей оценки устойчивости двух вариантов фиксации подобного повреждения.

При вертикальной нагрузке фрагменты модели трехколонного остеосинтеза смещались меньше, чем при двусторонней фиксации. Для большинства измерений эта разница была более чем двукратной. Необходимо отметить, что в случае модели двусторонней фиксации смещение медиальных фрагментов было наиболее выраженным (максимальная разница с латеральными фрагментами — 0,6 мм). На модели трехколонного остеосинтеза значения смещений медиальных фрагментов варьировались в пределах 0,07 мм. То есть установка дополнительных металлоконструкций позволила повысить стабильность фиксации медиальных отделов плато.

При исследовании устойчивости моделей к боковой нагрузке меньшее смещение фрагментов продемонстрировала модель трехколонной фиксации. В случае действия деформирующей силы сзади наперед, спереди назад и снаружи кнутри значения смещений фрагментов модели двусторонней фиксации больше чем в два раза превышали значения, полученные в ходе эксперимента на модели трехколонного остеосинтеза.

Наименьшие показатели относительной разницы смещений (9% и 8%) были отмечены при имитации боковой нагрузки изнутри кнаружи. В этом случае оценивалось смещение переднемедиального и переднелатерального фрагментов. Обращает на себя внимание минимальная разница показателей между двумя изученными моделями. При подобном направлении нагрузки оба варианта фиксации демонстрируют высокую стабильность, что может быть обусловлено высокой жесткостью латеральной пластины на изгиб и минимальным влиянием дополнительных пластин на стабильность системы в случае трехколонной фиксации.

Полученные результаты можно учитывать при планировании остеосинтеза плато ББК и оценке стабильности фиксации в послеоперационном периоде. Установку имплантатов на заднюю колонну ББК удобнее всего выполнять из задних доступов, однако, отработанный практический алгоритм выбора хирургических доступов в зависимости от конфигурации перелома пока отсутствует [4, 8, 9, 12, 13, 14, 15]. Кроме того, не все хирургические доступы можно комбинировать друг с другом. При необходимости выполнения переднелатерального доступа использование заднелатерального крайне нежелательно, так как может привести к нарушению питания мягкотканого мостика между ними. В силу тех же обстоятельств комбинация заднемедиального и заднелатерального доступов также нежелательна. Предложенное нами решение позволяет создать опору для задней поверхности латерального мыщелка ББК из заднемедиального L-образного реверсивного доступа [8, 9, 12, 13]. В этом случае технически невозможно ввести проксимальные винты в латеральную пластину, и она выполняет только опорную функцию. Тем не менее, как показали наши экспериментальное и клиническое исследования [12, 13], стабильности, полученной в результате такой операции, достаточно для начала ранних активных движений без риска вторичного смещения фрагментов перелома.

Настоящее исследование не решает все проблемы биомеханики фиксации проксимального отдела ББК, но предоставляет дополнительные данные, которые могут быть полезны при выборе варианта остеосинтеза. Поиск путей повышения стабильности фиксации необходим во многих клинических ситуациях при лечении многооскольчатых переломов плато ББК. И одним из этих путей может стать более широкое применение методов комбинированной многоплоскостной фиксации или фиксации всех поврежденных колонн. К подобным выводам пришли и другие авторы в результате проведенных экспериментов.

В 2020 г. S. Samsami et al. проверили механическую прочность фиксации анатомичной латеральной опорной пластиной с угловой стабильностью винтов двухмыщелкового перелома типа С по классификации АО. Эксперимент показал низкую устойчивость к нагрузкам при такой фиксации особенно в модели с добавочной коронарной (фронтальной) внутрисуставной плоскостью перелома. Под действием повторяющейся осевой «физиологической» нагрузки в модели происходили вторичная ротация и изменение положения отломков с появлением межфрагментарных смещений, что в клинике может привести к несращению и прогрессированию посттравматического остеоартрита. Авторы делают вывод о недостаточной стабильности при фиксации сложных внутрисуставных переломов плато одной латеральной пластиной, а также отмечают, что добавочная медиальная фиксация увеличивает стабильность фиксации в целом и улучшает клинические результаты лечения [16].

N. Forna et al. в 2022 г. использовали метод «анализа конечных элементов» для сравнения стабильности фиксации на 3D КТ-модели плато ББК при сложном переломе типа 41C1.1, фиксированного тремя вариантами анатомичных пластин с угловой стабильностью винтов: медиальной, латеральной и двумя сразу. Авторы моделировали устойчивость модели к физиологической циклической нагрузке (в виде цикла медленной ходьбы у пациента весом 70 кг) и измеряли напряжение в области перелома при трех вариантах виртуального остеосинтеза. Исследователи отметили наибольшее значение сил напряжения в области линии перелома суставной поверхности плато. При этом фиксация двумя пластинами показала бо льшую биомеханическую устойчивость по сравнению с односторонней фиксацией [17].

Это положение косвенно доказано и в ряде клинических исследований, в которых авторы получали хорошие клинические результаты и низкий риск вторичных смещений суставных фрагментов при остеосинтезе сложных переломов плато, используя описанную выше концепцию применения комбинации имплантатов, установленных на разных колоннах поврежденного сегмента.

Q. Zhai et al. в 2014 г. опубликовали отчет о наблюдении серии из 26 случаев пациентов с тяжелыми двухмыщелковыми переломами плато ББК. Авторы выполняли остеосинтез с использованием от 3 до 5 пластин, устанавливая их из реверсивного L-образного заднемедиального и переднелатерального доступов. У всех пациентов отмечено восстановление стабильности коленного сустава. Три пациента имели остаточную варусную деформацию не более 10°. У 12 отмечена вторичная депрессия суставной поверхности менее 5 мм. Ограничение разгибания в коленном суставе (не более 10°) было отмечено у 6 пациентов. Средний объем движений составил 123,3°. Среднее значение функции по шкале Rasmussen составило 27,2 и было отличным и хорошим у всех 26 пациентов. Показатель рентгеновской оценки по Rasmussen составил 16,4, и у всех соответствовал отличному результату. Таким образом, авторы доказали эффективность выбранной ими тактики в лечении сложных многооскольчатых переломов плато большеберцовой кости [18].

О целесообразности применения концепции колонн при фиксации переломов плато ББК говорят M. Sameer et al. (2022). Авторы сообщают среднесрочные результаты хирургического лечения 10 пациентов с внутрисуставными переломами проксимального отдела ББК. Всем пациентам был выполнен остеосинтез плато из переднелатерального, заднемедиального и обратного L-образного заднего доступов, то есть была осуществлена фиксация трех колонн. Отличные и хорошие результаты по шкале KSS на конечных сроках наблюдения были отмечены у 9 из 10 пациентов. Вторичная варусная деформация развилась у одного пациента. Средний объем движений в коленном суставе составил 96° (диапазон 80–114°). Авторы делают вывод о том, что фиксация медиальной, латеральной и задней колонн плато позволила добиться отличных и хороших функциональных исходов лечения [19].

Как мы видим на примере работы Zhai et al. (2014) и других современных авторов, все большую популярность при остеосинтезе сложных переломов плато ББК набирает концепция циркулярной фиксации или фиксации 360°, согласно которой каждая поврежденная колонна должна быть фиксирована [5, 8, 18, 20]. Наши наблюдения и результаты биомеханических экспериментов других авторов совместно с данными клинических исследований позволяют говорить о высокой стабильности многоплоскостной многоколонной фиксации переломов плато ББК. Для оценки клинической эффективности необходимо проведение сравнительных исследований, однако применение описанного подхода может уменьшить частоту развития вторичных смещений отломков в послеоперационном периоде и ускорить реабилитацию пациентов.

Заключение. Модель трехколонной фиксации сложного перелома плато большеберцовой кости продемонстрировала большую устойчивость к деформации под действием вертикальной и боковой нагрузок по сравнению с моделью, фиксированной по традиционной методике двумя пластинами. Дополнительная установка двух опорных пластин для обеспечения фиксации всех трех колонн проксимального отдела ББК позволила повысить стабильность системы имплантат-кость. Продемонстрированный клинический пример подтвердил возможность технического выполнения этой методики в реальной клинической практике и ее безопасность в отношении повреждения важных анатомических образований.

Ограничения исследования. В ходе эксперимента модели подвергались нагрузкам низкой интенсивности, что затрудняет интерпретацию результатов. Также не выполнялась имитация циклической осевой нагрузки. Использование в эксперименте по одному экземпляру каждой модели снижает достоверность полученных значений смещений фрагментов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Selvaraj V., Devadoss S., Jayakumar S., et al. Column-specific fixation for complex tibial plateau fractures: midterm prospective study in South Indian population. *Injury*. 2020;51(2):497–504. DOI: 10.1016/j.injury.2019.10.069.

2. Dhakshanamoorthy R., Siddiqui Y.S., Abbas M., et al. Management of tibial plateau fractures with special reference to column classification. *MOJ Orthop Rheumatol*. 2022;14(3):58–63. DOI: 10.15406/mojor.2022.14.00579.

3. Liu C.D., Hu S.J., Chang S.M., et al. Importance of the Posterior Plate in Three-Column Tibial Plateau Fractures: A Finite Element Analysis and Clinical Validation. *Orthop Surg*. 2024;16(4):930–942. DOI: 10.1111/os.14021.

4. Cho J.W., Kim J., Cho W.T., et al. Approaches and fixation of the posterolateral fracture fragment in tibial plateau fractures: a review with an emphasis on rim plating via modified anterolateral approach. *Int Orthop*. 2017;41(9):1887–1897. DOI: 10.1007/s00264-017-3563-6.

5. Luo C.F., Sun H., Zhang B., Zeng B.F. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(11):683–692. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181d436f3.

6. Wang Y., Luo C., Zhu Y., et al. Updated three-column concept in surgical treatment for tibial plateau fractures: a prospective cohort study of 287 patients. *Injury*. 2016;47(7):1488–1496. DOI: 10.1016/j.injury.2016.04.026.

7. Thapa B., Sitoula P., Jha R., Thapa S. Functional outcome of column-specific fixation in the management of complex tibial plateau fractures. *Birat J Health Sci*. 2022;7(2):e22079. DOI: 10.3126/bjhs.v7i2.49293.

8. Tarng Y.W., Lin K.C. A combined prone and supine approaches for complex three column tibial plateau fracture with posterolateral articular injury. *Injury*. 2019 Oct;50(10):1756–1763. DOI: 10.1016/j.injury.2019.09.008.

9. Sun H., Zhai Q., Xu Y., et al. Combined approaches for fixation of Schatzker type II tibial plateau fractures involving the posterolateral column: a prospective observational cohort study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015;135:209–221. DOI: 10.1007/s00402-014-2131-4.

10. Berwin J.T., Donovan R.L., Riddick A., Kelly M.B. The “FCR” approach to the knee for the management of posterior tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2020;34(6):e221–e224. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001716.

11. Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018;32 Suppl 1:S1–S170. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001063.

12. *Майоров Б.А., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Григорян Ф.С., Олейник А.В.* Лечение пострадавшего с двусторонними переломами плато большеберцовой кости с заинтересованностью задней его колонны (клинический случай) // Медицинский альянс. 2023. Т. 11, № 1. С. 52–68. DOI: 10.36422/23076348-2023-11-1-52-68 EDN: HDCDCT.

13. *Майоров Б.А., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д.* Результат оперативного лечения пациентки с многооскольчатым внутрисуставным переломом плато большеберцовой кости // Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе. 2023. № 2(11). С. 49–55. DOI: 10.54866/27129632_2023_2_49 EDN: HSTJSF.

14. *Беленький И.Г., Кочиш А.Ю., Кислицын М.А., Майоров Б.А.* Выбор хирургического доступа для остеосинтеза при переломах латерального мыщелка большеберцовой кости // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2020. № 2. С. 10–20. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-2-10-20 EDN: BCEWKP.

15. *Беленький И.Г., Кочиш А.Ю., Кислицын М.А.* Переломы мыщелков большеберцовой кости: современные подходы к лечению и хирургические доступы (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2016. № 4. С. 114–122. DOI: 10.18019/1028-4427-2016-4-114-122 EDN: XEJKBH.

16. Samsami S., Pätzold R., Winkler M., et al. The effect of coronal splits on the structural stability of bicondylar tibial plateau fractures: a biomechanical investigation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(11):1719–1730. DOI: 10.1007/s00402-020-03412-8.

17. Forna N., Munteanu F., Butnaru Moldoveanu S.A., et al. Treatment of C1.1 (AO-41) tibial plateau fracture: A finite element analysis of single medial, lateral and dual plating. *Exp Ther Med*. 2022;23(3):198. DOI: 10.3892/etm.2022.11121.

18. Zhai Q., Hu C., Luo C. Multi-plate reconstruction for severe bicondylar tibial plateau fractures of young adults. *Int Orthop*. 2014;38(5):1031–1035. DOI: 10.1007/s00264-013-2211-z.

19. Sameer M.M., Bassetty K.C., Singaravadivelu V. Functional Outcome Analysis of Fixation of Tibial Plateau Fractures using the Three-column Concept. *J Orthop Case Rep*. 2022;12(5):6–10. DOI: 10.13107/jocr.2022.v12.i05.2792.

20. Lin W., Su Y., Lin C., et al. The application of a three-column internal fixation system with anatomical locking plates on comminuted fractures of the tibial plateau. *Int Orthop*. 2016;40(7):1509–1514. DOI: 10.1007/s00264-015-2934-0.

REFERENCES

1. Selvaraj V., Devadoss S., Jayakumar S., et al. Column-specific fixation for complex tibial plateau fractures: midterm prospective study in South Indian population. *Injury*. 2020;51(2):497–504. DOI: 10.1016/j.injury.2019.10.069.

2. Dhakshanamoorthy R., Siddiqui Y.S., Abbas M., et al. Management of tibial plateau fractures with special reference to column classification. *MOJ Orthop Rheumatol*. 2022;14(3):58–63. DOI: 10.15406/mojor.2022.14.00579.

3. Liu C.D., Hu S.J., Chang S.M., et al. Importance of the Posterior Plate in Three-Column Tibial Plateau Fractures: A Finite Element Analysis and Clinical Validation. *Orthop Surg*. 2024;16(4):930–942. DOI: 10.1111/os.14021.

4. Cho J.W., Kim J., Cho W.T., et al. Approaches and fixation of the posterolateral fracture fragment in tibial plateau fractures: a review with an emphasis on rim plating via modified anterolateral approach. *Int Orthop*. 2017;41(9):1887–1897. DOI: 10.1007/s00264-017-3563-6.

5. Luo C.F., Sun H., Zhang B., Zeng B.F. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(11):683–692. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181d436f3.

6. Wang Y., Luo C., Zhu Y., et al. Updated three-column concept in surgical treatment for tibial plateau fractures: a prospective cohort study of 287 patients. *Injury*. 2016;47(7):1488–1496. DOI: 10.1016/j.injury.2016.04.026.

7. Thapa B., Sitoula P., Jha R., Thapa S. Functional outcome of column-specific fixation in the management of complex tibial plateau fractures. *Birat J Health Sci*. 2022;7(2):e22079. DOI: 10.3126/bjhs.v7i2.49293.

8. Tarng Y.W., Lin K.C. A combined prone and supine approaches for complex three column tibial plateau fracture with posterolateral articular injury. *Injury*. 2019 Oct;50(10):1756–1763. DOI: 10.1016/j.injury.2019.09.008.

9. Sun H., Zhai Q., Xu Y., et al. Combined approaches for fixation of Schatzker type II tibial plateau fractures involving the posterolateral column: a prospective observational cohort study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2015;135:209–221. DOI: 10.1007/s00402-014-2131-4.

10. Berwin J.T., Donovan R.L., Riddick A., Kelly M.B. The “FCR” approach to the knee for the management of posterior tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2020;34(6):e221–e224. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001716.

11. Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018;32 Suppl 1:S1–S170. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001063.

12. Maiorov B.A., Belenkiy I.G., Sergeev G.D., Grigorian F.S., Oleynik A.V. Treatment of the patient with bilateral tibial plateau fractures with posterior column involvement (clinical case). *Medical Alliance*. 2023;11(1):52–68. (In Russ). DOI: 10.36422/23076348-2023-11-1-52-68 EDN: HDCDCT.

13. Maiorov B.A., Belen’kiy I.G., Sergeev G.D. Result of surgical treatment of a patient with a comminuted intraarticular fracture of the tibial plateau. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2023;(2):49–55. (In Russ). DOI: 10.54866/27129632_2023_2_49 EDN: HSTJSF.

14. Belenky I.G., Kochish A.Y., Kislitsyn M.A., Mayorov B.A. A choice of surgical approach for osteosynthesis in fractures of the lateral tibial condyle. *Mediko-biologicheskie i sotsial’no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2020;(2):10–20. (In Russ). DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-2-10-20 EDN: BCEWKP.

15. Belen’kii I.G., Kochish A.Y., Kislitsyn M.A. Fractures of the tibial condyles: current treatment methods and surgical approaches (literature review). *Orthopaedic Genius*. 2016;(4):114–122. (In Russ). DOI: 10.18019/1028-4427-2016-4-114-122 EDN: XEJKBH.

16. Samsami S., Pätzold R., Winkler M., et al. The effect of coronal splits on the structural stability of bicondylar tibial plateau fractures: a biomechanical investigation. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020;140(11):1719–1730. DOI: 10.1007/s00402-020-03412-8.
17. Forna N., Munteanu F., Butnaru Moldoveanu S.A., et al. Treatment of C1.1 (AO-41) tibial plateau fracture: A finite element analysis of single medial, lateral and dual plating. *Exp Ther Med*. 2022;23(3):198. DOI: 10.3892/etm.2022.11121.
18. Zhai Q., Hu C., Luo C. Multi-plate reconstruction for severe bicondylar tibial plateau fractures of young adults. *Int Orthop*. 2014;38(5):1031–1035. DOI: 10.1007/s00264-013-2211-z.
19. Sameer M.M., Bassetty K.C., Singaravadivelu V. Functional Outcome Analysis of Fixation of Tibial Plateau Fractures using the Three-column Concept. *J Orthop Case Rep*. 2022;12(5):6–10. DOI: 10.13107/jocr.2022.v12.i05.2792.
20. Lin W., Su Y., Lin C., et al. The application of a three-column internal fixation system with anatomical locking plates on comminuted fractures of the tibial plateau. *Int Orthop*. 2016;40(7):1509–1514. DOI: 10.1007/s00264-015-2934-0.

АВТОРЫ
Майоров Борис Александрович, к.м.н. — ORCID: 0000-0003-1559-1571
Беленький Игорь Григорьевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0001-9951-5183
Сергеев Геннадий Дмитриевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-8898-503X
Бенин Андрей Владимирович, канд. техн. наук — ORCID: 0000-0001-5646-0354

AUTHORS
Mayorov Boris Aleksandrovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0003-1559-1571
Belen'kiy Igor' Grigor'evich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-9951-5183
Sergeev Gennadii Dmitrievich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-8898-503X
Benin Andrey Vladimirovich, Ph.D. in Technical Sciences — ORCID: 0000-0001-5646-0354

УДК 616-001.513 : 616.718.56/.66 : 616-089.8
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_39

ВЛИЯЕТ ЛИ КАЧЕСТВО ПЕРВИЧНОЙ РЕПОЗИЦИИ В АППАРАТЕ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ ПРИ ПОЛНЫХ СУСТАВНЫХ ПЕРЕЛОМАХ ПЛАТО БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ НА ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ЛЕЧЕНИЯ?

© Б.А. МАЙОРОВ[1,2,3], И.Г. БЕЛЕНЬКИЙ[1,2], Г.Д. СЕРГЕЕВ[1,2], М.А. СЕРГЕЕВА[1,3]
[1] ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия
[3] ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский Государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Двухэтапная тактика остеосинтеза переломов плато большеберцовой кости предусматривает фиксацию перелома на первом этапе внешним фиксатором, перемыкающим поврежденный сустав. Однако, технике наложения аппарата внешней фиксации, а также качеству первичной репозиции отломков в аппарате уделяется мало внимания.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: определить влияние качества первичной репозиции в аппарате внешней фиксации на функциональные результаты лечения пациентов с полными внутрисуставными переломами плато большеберцовой кости.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. В исследование вошли 40 пациентов, прооперированных по поводу полных внутрисуставных переломов плато большеберцовой кости. В качестве метода первичной стабилизации перелома применяли аппарат внешней фиксации в режиме умеренной дистракции. Пациенты были разделены на 2 группы (23 и 17 человек) в зависимости от качества первичной репозиции в аппарате внешней фиксации по данным спиральной компьютерной томографии. После выполнения окончательного накостного остеосинтеза оценивали репозицию отломков по рентгенограммам и спиральной компьютерной томографии. При оценке репозиции учитывали следующие критерии: наличие и размер внутрисуставной ступени, расширение суставной поверхности плато по сравнению с шириной надмыщелков бедренной кости, остаточная угловая деформация в сравнении с контралатеральной конечностью, угол между анатомическими осями бедренной и большеберцовой костей. Функциональные результаты оценивали по шкалам Lysholm и KSS на сроках 6, 12, 24 месяца.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Анатомичная окончательная репозиция в группе с удовлетворительным положением отломков в аппарате внешней фиксации наблюдалась чаще: у 15 (65%) пациентов, в группе сравнения — у 5 (29%) пациентов, $p=0{,}025$. Частота осложнений была выше в группе сравнения: 9 (53%) случаев против 3 (13%), $p=0{,}009$. Статистически значимой разницы в длительности госпитализации, дооперационном койко-дне, а также функциональных результатах выявлено не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Качество первичной репозиции отломков при внешней фиксации влияло на качество репозиции в ходе окончательного остеосинтеза. Удовлетворительное положение фрагментов плато большеберцовой кости в аппарате внешней фиксации на первом этапе лечения было связано с меньшей частотой осложнений после выполнения окончательной фиксации. Достижение максимально точной репозиции следует рассматривать как приоритетную задачу хирурга на всех этапах остеосинтеза, поскольку это может повлиять на общий исход лечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: перелом плато большеберцовой кости, двухэтапный протокол, внешняя фиксация, временная фиксация, окончательный остеосинтез, репозиция внутрисуставных переломов.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Майоров Б.А., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Сергеева М.А. Влияет ли качество первичной репозиции в аппарате внешней фиксации при полных суставных переломах плато большеберцовой кости на окончательный результат лечения? // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 39–50.

DOES THE QUALITY OF PRIMARY REDUCTION IN EXTERNAL FIXATOR AFFECT THE FINAL TREATMENT OUTCOME IN COMPLETE INTRA-ARTICULAR TIBIAL PLATEAU FRACTURES?

© B.A. MAIOROV[1,2,3], I.G. BELEN’KIY[1,2], G.D. SERGEEV[1,2], M.A. SERGEEVA[1,3]

[1] St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University", St. Petersburg, Russia
[3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University" of the Ministry of Healthcare of Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

The two-stage osteosynthesis of tibial plateau fractures involves initial fracture fixation using an external fixator that spans the injured joint. However, little attention is paid to the techniques of external fixation and the quality of initial fracture reduction.

THE AIM of the study was to determine whether the functional outcomes in patients with complete intra-articular tibial plateau fractures were associated with the quality of initial reduction achieved in the external fixator.

MATERIAL AND METHODS. The study included 40 patients who underwent surgery for complete intra-articular tibial plateau fractures. External fixation with moderate distraction was used for initial fracture stabilization. Based on CT data, patients were divided into two groups (23 and 17 patients) according to the quality of initial reduction in the external fixator. After definitive internal fixation, reduction quality was assessed using X-rays and CT scans. Evaluation criteria included: the presence and size of intra-articular step, widening of the articular surface compared to the femoral condylar width, residual angular deformity relative to the contralateral limb, and the angle between the anatomical axes of the femur and tibia. Functional outcomes were assessed using the Lysholm and KSS scores at 6, 12, and 24 months.

RESULTS. Anatomical final reduction was more frequent in the group with satisfactory initial alignment in the external fixator: 15 (65 %) patients versus 5 (29 %) in the comparison group ($p=0.025$). Complications were more common in the comparison group: 9 (53 %) cases versus 3 (13 %) ($p=0.009$). No statistically significant differences were found in hospital stay duration, preoperative bed-days, or functional outcomes.

CONCLUSION. The quality of initial fracture reduction in external fixator influenced the quality of final reduction during definitive osteosynthesis. Satisfactory positioning of tibial plateau fragments at the initial stage was associated with a lower rate of complications after final fixation. Achieving the most accurate reduction should be pursued by surgeons at every stage of osteosynthesis, as it may affect overall treatment outcome.

KEYWORDS: tibial plateau fracture, two-stage protocol, temporary fixation, external fixation, definitive osteosynthesis, intra-articular fracture reduction.

TO CITE THIS ARTICLE. Maiorov B.A., Belen'kiy I.G., Sergeev G.D., Sergeeva M.A. Does the Quality of Primary Reduction in External Fixator Affect the Final Treatment Outcome in Complete Intra-Articular Tibial Plateau Fractures? *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):39–50.

Введение. Тактика двухэтапного лечения при высокоэнергетических переломах области коленного и голеностопного суставов является общепринятой. На первом этапе перелом фиксируется внешним фиксатором, перемыкающим поврежденный сустав. При этом аппарат следует накладывать в режиме умеренной дистракции, что способствует первичной репозиции отломков за счет лигаментотаксиса [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Как правило, основное внимание при лечении подобных травм уделяется второму этапу, то есть окончательному остеосинтезу, а не технике наложения аппарата внешней фиксации (АВФ) и качеству первичной репозиции отломков в аппарате.

Ранее было проведено исследование, посвященное определению влияния качества первичной репозиции в АВФ на репозицию после выполнения окончательного остеосинтеза при переломах пилона [7]. Однако данные, полученные при изучении лечения переломов пилона, нельзя автоматически применять к переломам плато большеберцовой кости (ББК), хотя у переломов этих локализаций много общего [8].

Коленный и голеностопный суставы несут большую осевую нагрузку. При этом в области этих суставов имеется небольшое количество мягких тканей, что увеличивает вероятность мягкотканых осложнений при высокоэнергетических повреждениях. Кроме того, при планировании окончательного остеосинтеза переломов этих локализаций используется теория колонн, согласно которой необходимо создать опору для всех поврежденных колонн [9, 10, 11, 12]. Важно также максимально полно восстановить анатомию суставной поверхности, что в совокупности со стабильной фиксацией всех компонентов перелома позволяет начать раннее функциональное лечение [3, 13, 14]. Эти обстоятельства заставляют хирургов использовать несколько хирургических доступов для окончательной фиксации перелома, а их выбор зависит от архитектоники каждого конкретного перелома [9, 10, 15, 16, 17].

Несмотря на сходства высокоэнергетических переломов в области коленного и голеностопного суставов, между ними имеется ряд различий. Первые касаются общих размеров голени на уровне указанных суставов, что дает хирургу больше возможностей комбинировать хирургические доступы к плато ББК [8]. Кроме того, имеется большая разница в цене потери функции коленного и голеностопного суставов. При выраженном посттравматическом остеоартрите голеностопного сустава выполнение артродеза дает хорошие функциональные результаты [18]. При подобных исходах в области коленного сустава артродезирование неприемлемо из-за больших функциональных потерь, а эндопротезирование после тяжелых переломов плато ББК является технически сложным, а его результаты — значительно хуже результатов эндопротезирования по поводу ортопедической патологии [19]. Следовательно, данные, полученные при лечении пациентов с переломами пилона, могут не соответствовать результатам лечения пациентов с переломами плато ББК.

Цель исследования: определить влияние качества первичной репозиции в аппарате внешней фиксации на функциональные результаты лечения пациентов с полными внутрисуставными переломами плато большеберцовой кости.

Материал и методы. Исследование: одноцентровое нерандомизированное проспективное сравнительное когортное.

В исследование вошли 40 пациентов, которые получали лечение по поводу полных внутрисуставных переломов плато ББК (тип С по классификации АО [20]) в ГБУЗ ЛО «Всеволожская клиническая межрайонная больница» с 2020 по 2023 гг.

Всем пациентам в качестве метода первичной стабилизации перелома применяли АВФ в стержневом или спице-стержневом циркулярном виде в простейшей компоновке. Аппарат накладывали в режиме умеренной дистракции с первичной закрытой репозицией и восстановлением оси и длины нижней конечности. Чрескостные элементы вводили выше и ниже зоны перелома в диафиз бедренной кости по переднелатеральной поверхности бедра и в большеберцовую кость по переднемедиальной поверхности голени (рис. 1.) [2, 3].

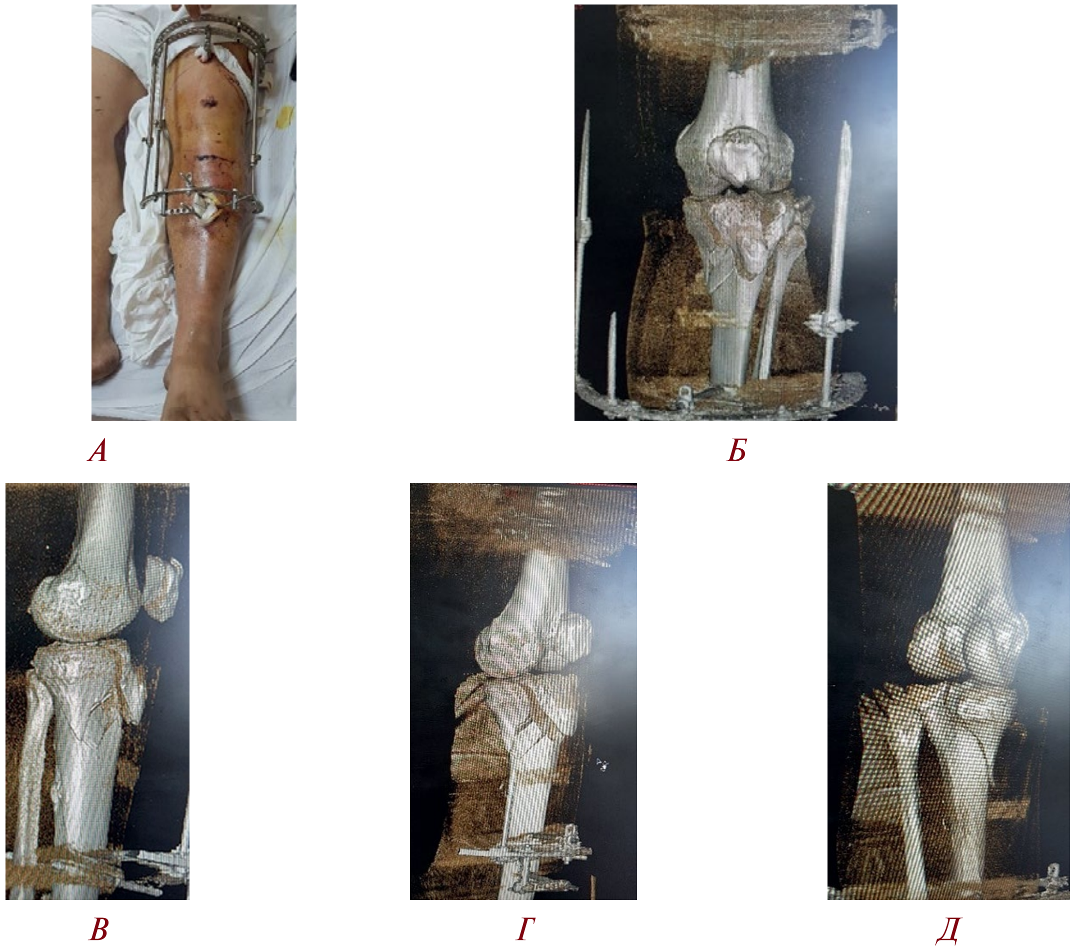
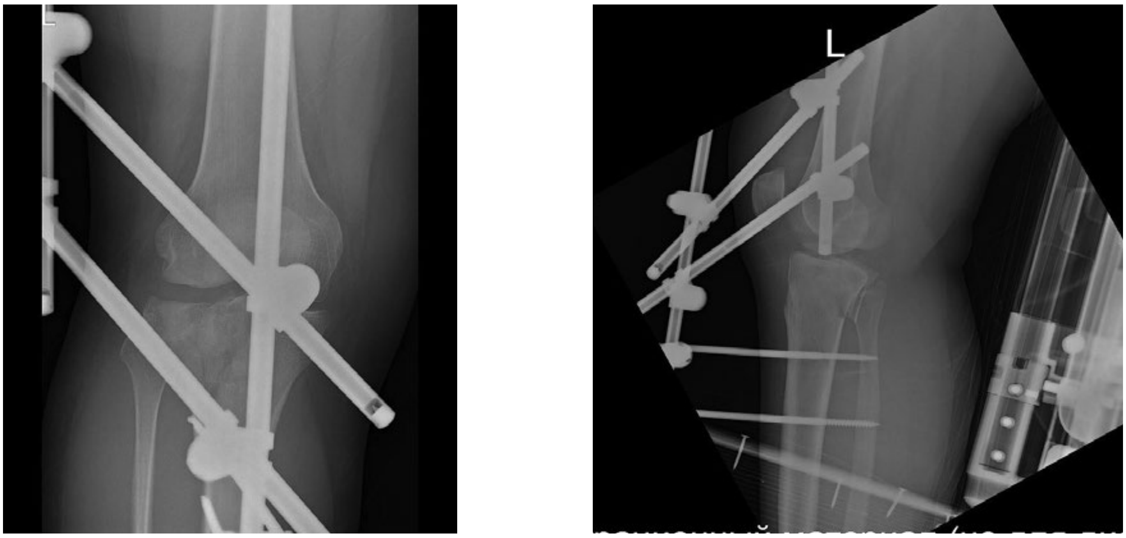


Рис. 1. Фотография и 3D-реконструкция КТ пациента Щ. 52 лет с многооскольчатым двухмыщелковым переломом плато левой ББК, контузией мягких тканей в области бугристости ББК; состояние после первичной фиксации АВФ: А — вид конечности в АВФ; Б–Д — КТ проксимального отдела голени



А *Б*

Рис. 2. Рентгенограммы коленного сустава в прямой и боковой проекциях пациента Е. 27 лет с многооскольчатым двухмыщелковым переломом плато левой ББК, фиксированным стержневым тубулярным трансартикулярным аппаратом

По данным контрольных рентгенограмм коленного сустава с захватом нижней трети диафиза бедра и верхней трети диафизов костей голени в двух стандартных проекциях определяли критерии восстановления оси и длины сегмента.

Положение отломков в АВФ считали удовлетворительным, если на контрольных рентгенограммах в прямой проекции угол между анатомическими осями бедренной и большеберцовой костей составлял 170–175° [21]. В боковой проекции оценивали угол наклона суставной поверхности ББК относительно ее анатомической оси, который в норме составляет 81° (84–77°) [22]. Удовлетворительным считали отклонение от угла наклона, не выходящее за указанные пределы.

Укорочение ББК оценивали на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях как относительное захождение отломков, включающих кортикальную стенку латерального или медиального мыщелков ББК в метафизарной зоне относительно предполагаемого места его выкола на дистальном отломке. Значимым укорочением считали захождение отломков относительно горизонтальной линии более 5 мм. Если сохранялось значимое укорочение ББК и/или угловая деформация, положение отломков после установки первичного АВФ считали неудовлетворительным.

Ротационное смещение на этом этапе нами не оценивалось, так как не имело существенного влияния на течение раннего посттравматического периода. Остаточные смещения внутрисуставных фрагментов в виде импрессии суставной поверхности, расхождения линии перелома и/или ступени между отломками на этом этапе нами также не учитывались, поскольку их коррекция в АВФ не представляется возможной.

На основании сформулированных критериев в группу удовлетворительной репозиции в АВФ были включены 23 пациента, а в группу неудовлетворительной — 17 пациентов. Распределение пациентов по полу, возрасту и типам переломов по классификации АО в группах исследования было сопоставимо и представлено в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики пациентов, включенных в исследование

Параметр	Всего, n = 40	Группа		Значение p
		Удовл. АВФ, n = 23	Неудовл. АВФ, n = 17	
Возраст, лет Me [Q1–Q3] (min; max)	53,00 [37,00–61,00] (29,00; 74,00)	49,50 [35,50–60,75] (31,00; 74,00)	55,00 [48,00–61,00] (29,00; 63,00)	0,438

Параметр		Всего, n=40	Группа		Значение p
			Удовл. АВФ, n=23	Неудовл. АВФ, n=17	
Пол, (%)	Мужской	19 (47,5)	11 (48)	8 (47)	0,962
	Женский	21 (52,5)	12 (52)	9 (53)	
Тип перелома, (%)	41C1	4 (10)	4 (18)	–	0,123
	41C2	1 (2,5)	1 (4)	–	
	41C3	35 (87,5)	18 (78)	17 (100)	
Открытый перелом G-A II, (%)		2 (5)	1 (4)	1 (6)	1,000

Удовл. АВФ — удовлетворительная репозиция в АВФ
Неудовл. АВФ — неудовлетворительная репозиция в АВФ

После первого этапа лечения (наложения АВФ) всем пациентам выполняли спиральную компьютерную томографию (СКТ) коленного сустава, уточняли тип перелома, характер повреждения суставной поверхности, наличие и локализацию зон импрессии. При планировании операции окончательного остеосинтеза анализировали фронтальные, сагиттальные и аксиальные срезы СКТ, а также 3D-изображения перелома. На основании этих данных хирург выбирал оптимальные комбинации хирургических доступов, ориентируясь на локализацию фрагментов раскола и импрессии, соблюдая принцип наиболее короткого пути к «вершине» раскола, «точкам пересечения плоскости раскола с суставной поверхностью» и зоне импрессии [23].

Для остеосинтеза медиального мыщелка применяли следующие доступы: переднемедиальный, заднемедиальный стандартный в положении пациента на спине, заднемедиальный прямой в положении пациента на животе, заднемедиальный реверсивный L-образный [3, 15, 16, 24, 25]. Для подхода к латеральному мыщелку — переднелатеральный стандартный, переднелатеральный расширенный, заднелатеральный с остеотомией головки малоберцовой кости (МБК), прямой заднелатеральный без остеотомии головки МБК, заднелатеральный расширенный по K. Frosch [3, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

Все хирургические доступы, применявшиеся при окончательном остеосинтезе, систематизированы в таблице 2. Стандартные заднемедиальный и переднелатеральный доступы выполнялись в положении пациента на спине с подложенным под коленный сустав валиком для позиционирования нижней конечности в положении умеренного сгибания (угол 30°). Заднемедиальный доступ в комбинации с различными вариантами других, преимущественно латеральных доступов выполнялся в положении пациента на животе. Соотношение пациентов в группах, у которых применялись стандартные и расширенные доступы, было сопоставимо: $\chi^2=0,251$; $p=0,617$.

Таблица 2. Хирургические доступы, применявшиеся при окончательном остеосинтезе

Хирургические доступы		Группа	
		Удовл. АВФ, n=23	Неудовл. АВФ, n=17
Стандартные заднемедиальный и переднелатеральный, (%)		9 (39)	8 (47)
Расширенный заднемедиальный +	расширенный переднелатеральный, (%)	7 (30)	4 (23)
	заднелатеральный и переднелатеральный, (%)	3 (13)	1 (6)
	по K. Frosch [31], (%)	3 (13)	1 (6)
	расширенный переднелатеральный и переднемедиальный, (%)	1 (5)	3 (18)

Окончательный внутренний остеосинтез проводили после нормализации состояния мягких тканей, уменьшения отека, заживления ран, эпителизации фликтен. Были определены среднее время ожидания оперативного вмешательства и средняя длительность госпитализации.

В качестве метода окончательной хирургической стабилизации перелома применяли накостный остеосинтез. При этом при репозиции внутрисуставных фрагментов плато ББК стремились к восстановлению анатомии суставной поверхности. В случае наличия линии раскола мыщелка (медиального или латерального) выполняли репозицию, ориентируясь на «вершину» фрагмента, сопоставляя ее с выколом на диафизарном фрагменте. Также обращали внимание на сопоставление суставной поверхности в области перехода на нее линии перелома, выполняя частичную сублимбальную артротомию для визуального контроля репозиции.

При наличии импрессии суставной поверхности выполняли ее реимпакцию или элевацию под визуальным контролем или под контролем с помощью электронно-оптического преобразователя (ЭОП). Для этого использовали стандартную технику «открытой книги» (через линию перелома или вертикальную остеотомию), технику метафизарного «окна» с пластикой костного дефекта под суставной поверхностью ауто- или аллокостью или технику «горизонтальной остеотомии». В рамках последней выполняли поперечную остеотомию под импрессированной суставной поверхностью параллельно ее плоскости на глубину, соответствующую участку импрессии, с последующей элевацией всей суставной поверхности и заполнением образовавшегося клиновидного дефекта ауто- или аллокостью. В случае аутотрансплантации костнопластический материал забирали из гребня подвздошной кости или латерального мыщелка бедренной кости по стандартной технологии. При аллопластике использовали синтетический материал в виде официнальных гранул объемом 5–10–15 мл («Lyoplast», Россия).

Для фиксации переломов применяли сочетание пластин и винтов. В группе удовлетворительной репозиции в АВФ у 1 (5%) пациента была установлена одна опорная пластина, у 8 (35%) пациентов — две опорные пластины, еще у 14 (60%) пациентов — три и более пластин. В группе неудовлетворительной репозиции у 3 (18%) пациентов была имплантирована одна опорная пластина, у 6 (35%) пациентов — две опорные пластины, еще у 8 (47%) пациентов — три и более пластин.

Репозиция в ходе окончательного остеосинтеза осуществлялась как под визуальным контролем, так и под интраоперационным рентгенологическим ЭОП-контролем. По завершении остеосинтеза стабильность коленного сустава контролировали вручную. Послеоперационные рентгенограммы, а также данные контрольной компьютерной томографии оценивали исходя из критериев восстановления анатомии плато ББК. Репозицию отломков считали анатомичной, если внутрисуставная ступень не превышала 2 мм, не было расширения суставной поверхности плато по сравнению с шириной надмыщелков бедренной кости, не отмечалась остаточная угловая деформация в сравнении с контралатеральной конечностью, а угол между анатомическими осями бедренной и большеберцовой костей укладывался в диапазон 5–10° [21].

Репозицию отломков считали удовлетворительной, если внутрисуставная ступень не превышала 5 мм, расширение суставной поверхности плато по сравнению с шириной надмыщелков бедренной кости было менее 5 мм, остаточная угловая деформация была менее 5° по сравнению с контралатеральной конечностью или укладывалась в диапазон 5–10° между анатомическими осями бедренной и большеберцовой костей [21].

Репозицию отломков считали неудовлетворительной, если внутрисуставная ступень превышала 5 мм, расширение суставной щели по сравнению с шириной надмыщелков бедренной кости было более 5 мм, остаточная угловая деформация была более 5° по сравнению с контралатеральной конечностью или не укладывалась в диапазон 5–10° между анатомическими осями бедренной и большеберцовой костей [21].

В послеоперационном периоде проводили контрольные осмотры в сроки 6, 12, 24 месяцев, на которых оценивали наличие вторичного смещения отломков, стабильность металлоконструкций по данным контрольных рентгенограмм, функциональный результат по шкалам Lysholm и KSS, а также наличие осложнений [21, 32].

Статистический анализ. Базы данных были сформированы в табличном редакторе Excel пакета программ Microsoft Office (Microsoft, USA). Статистический анализ производился в программе SPSS Statistics v.27 (IBM, USA). При оценке нормальности распределения количественных переменных использовались критерии Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Для описания переменных с нормальным распределением приводились средние значения (M) со стандартным отклонением (SD), а для переменных с распределением, отличным от нормального, — медиана (Me) с интерквартильным размахом (IQR — interquartile range), а также минимальные (min) и максимальные (max) значения. Биноминальные и порядковые переменные были представлены в виде таблиц сопряженности, для которых рассчитывались критерий ^{2} Пирсона, точный критерий Фишера, точный критерий Фишера-Фримана-Холтона, а также z-критерий для пропорций с поправкой Бонферрони. Сравнение количественных переменных выполнялось с учетом типа распределения данных с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок или критерия Манна-Уитни. Относительные величины представлены в процентах.

Результаты. Дооперационный койко-день в группе пациентов с удовлетворительной репозицией в АВФ составил 13,2±3,8 (9–18) дней, в группе с неудовлетворительной — 12,3±3,3 (9–21) дней. Различия по этому параметру не были статистически значимыми: t=0,926; p=0,366. Также не было выявлено значимых различий в длительности госпитализации: 21,4±4,4 (14–27) дней и 17,7±3,7 (14–22) дней, соответственно; t=–1,913; p=0,076.

Результаты репозиции после окончательного внутреннего остеосинтеза плато ББК, функциональные результаты на сроках наблюдения, а также доля осложнений представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты окончательного остеосинтеза

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">Показатель</th><th colspan="2">Группа</th><th rowspan="2">Значение p</th></tr>
<tr><th>Удовл. АВФ, n=23</th><th>Неудовл. АВФ, n=17</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Репозиция, (%)</td><td>Анат.</td><td>15 (65)</td><td>5 (29)</td><td rowspan="3"><0,001</td></tr>
<tr><td>Удовл.</td><td>8 (35)</td><td>3 (18)</td></tr>
<tr><td>Неудовл.</td><td>0</td><td>9 (53)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Функциональный результат, баллы Me [Q1–Q3] (min; max)</td><td rowspan="2">6 месяцев</td><td>Lysholm</td><td>69,00 [67,50–72,00] (56,00; 73,00)</td><td>69,00 [20,00–75,50] (11,00; 78,00)</td><td>0,896</td></tr>
<tr><td>KSS</td><td>69,00 [67,50–72,00] (56,00; 73,00)</td><td>65,00 [40,50–79,00] (32,00; 80,00)</td><td>0,357</td></tr>
<tr><td rowspan="2">12 месяцев</td><td>Lysholm</td><td>83,50 [79,00–85,75] (67,00; 95,00)</td><td>69,00 [41,50–90,50] (11,00; 94,00)</td><td>0,084</td></tr>
<tr><td>KSS</td><td>85,50 [81,50–87,75] (66,00; 95,00)</td><td>69,50 [47,25–93,50] (34,00; 95,00)</td><td>0,122</td></tr>
<tr><td rowspan="2">24 месяца</td><td>Lysholm</td><td>85,00 [83,00–92,00] (65,00; 95,00)</td><td>73,00 [60,00–92,00] (16,00; 94,00)</td><td>0,174</td></tr>
<tr><td>KSS</td><td>88,00 [80,00–93,00] (65,00; 95,00)</td><td>75,00 [58,00–95,00] (39,00; 95,00)</td><td>0,290</td></tr>
<tr><td colspan="2">Осложнения, (%)</td><td></td><td>3 (13%)</td><td>9 (53%)</td><td>0,006</td></tr>
</table>

Удовл. АВФ — удовлетворительная репозиция в АВФ
Неудовл. АВФ — неудовлетворительная репозиция в АВФ
Анат. — анатомичная репозиция
Удовл. — удовлетворительная репозиция
Неудовл. — неудовлетворительная репозиция
Жирным шрифтом выделены значения p < 0,05

Необходимо отметить, что анатомичная репозиция после окончательного остеосинтеза в группе с удовлетворительной репозицией в АВФ встречалась статистически значимо чаще, чем в группе с неудовлетворительной репозицией (χ^2=5,013; p=0,025).

Из всех случаев осложнений у пациентов с первичным удовлетворительным положением костных отломков в АВФ в одном случае наблюдалась глубокая инфекция, а в двух было отмечено развитие посттравматического остеоартрита без показаний к эндопротезированию в срок наблюдения.

В группе пациентов с первичным неудовлетворительным положением отломков в АВФ осложнения встречались статистически значимо чаще (p=0,006): 2 случая глубокой инфекции, потребовавшие раннего удаления имплантатов и санации очага инфекции, 3 случая потери репозиции и нарастания деформации и 4 случая посттравматического остеоартрита. Одному пациенту с остеоартритом потребовалось выполнение раннего эндопротезирования коленного сустава.

Обсуждение. По результатам исследования было отмечено, что в группе пациентов с удовлетворительной репозицией в АВФ после второго этапа остеосинтеза не наблюдалось случаев неудовлетворительной окончательной репозиции. В случае некачественного восстановления анатомии при первичной внешней фиксации неудовлетворительная репозиция после внутреннего остеосинтеза была отмечена в 53% случаев. По этому параметру между группами имелись статистически значимые различия.

С точки зрения статистики группы пациентов были сопоставимы. Тем не менее нельзя не отметить, что у всех пациентов, у которых в ходе первичной временной иммобилизации АВФ не удалось достичь удовлетворительной репозиции, был диагностирован наиболее тяжелый тип перелома плато ББК 41С3. На наш взгляд, это могло оказывать негативное влияние на итоговую репозицию при погружном остеосинтезе.

Более чем у половины пациентов (53%) с неудовлетворительной репозицией в АВФ были отмечены осложнения после окончательного остеосинтеза. Основная часть осложнений была связана с потерей репозиции, недостаточной стабильностью и посттравматическим остеоартритом. Последний наиболее вероятно обусловлен большой долей неудовлетворительной послеоперационной репозиции отломков, сохранением смещения суставных фрагментов и угловой деформацией. Все это приводило к развитию нестабильности коленного сустава, а ее закономерное прогрессирование являлось причиной низкого функционального результата.

Полученные нами данные по переломам плато ББК сопоставимы с выводами, которые были сделаны в ходе аналогичного исследования по этапному лечению при переломах пилона [7]. В указанной работе были оценены рентгенологические и функциональные результаты лечения пациентов с переломами дистального метаэпифиза ББК всех типов в зависимости от качества первичной репозиции костных отломков в АВФ. Полученные данные свидетельствовали о том, что качество первичной репозиции в АВФ влияло на качество репозиции в ходе окончательного остеосинтеза независимо от техники его выполнения. Кроме того, качественная первичная репозиция облегчала выполнение окончательного остеосинтеза. Статистически значимой разницы между частотой осложнений в группах исследования, а также между функциональными показателями получено не было [7].

В отличие от упомянутого выше исследования, при анализе данных настоящей работы мы обнаружили, что неудовлетворительное положение отломков в АВФ ассоциировано со значительно большей частотой осложнений. Возможно, на это обстоятельство также оказал влияние тот факт, что тяжелые переломы типа 41С3 у пациентов этой группы встречались чаще.

Разница между функциональными результатами на всех сроках наблюдения не была статистически значимой. Однако необходимо обратить внимание на клиническую значимость: у пациентов с удовлетворительным положением отломков в АВФ на конечных сроках наблюдения баллы по шкалам Lysholm и KSS соответствовали хорошим и отличным результатам, а в группе сравнения функциональные показатели классифицировались как удовлетворительные.

Частота осложнений среди пациентов, включенных в исследование, составила 30% (12 случаев из 40). Этот показатель превышает аналогичные показатели, приводимые зарубежными авторами. Например, в исследовании 2010 г. C.F. Luo et al. сообщают о 21% осложнений, который они получили в результате 24-месячного наблюдения за 29 пациентами, прооперированными по поводу переломов плато ББК типов V и VI по классификации Schatzker [15].

M. Sameer et al. в 2022 г. сообщили о результатах лечения 10 пациентов со сложными внутрисуставными переломами и привели данные о 2 (20%) случаях осложнений, связанных с боковой нестабильностью в коленном суставе в послеоперационном периоде. Авторы оценивали функциональный результат по шкале KSS, однако в их работе лишь указано, что 90% пациентов продемонстрировали отличные и хорошие показатели [33].

Достаточно обширное исследование было проведено в 2017 г. J. van den Berg et al. Внутренний остеосинтез был выполнен 148 пациентам с внутрисуставными переломами плато ББК. У большинства пациентов (58,1%) был диагностирован перелом типа 41В. Частота осложнений, по данным авторов, составила 27% (40 случаев). Среди осложнений встречались глубокая и поверхностная инфекция, несращение, несостоятельность фиксации, болевой синдром, неврологические нарушения, компартмент-синдром и тромбоз глубоких вен голени. Для оценки функциональных исходов авторами использовалась шкала KOOS (англ. Knee injury and Osteoarthritis Outcome Scale — Шкала оценки результатов лечения остеоартрита и повреждений коленного сустава), что затрудняет сравнение с данными, полученными в настоящем исследовании [34].

Несмотря на высокую общую долю осложнений, в группе пациентов с удовлетворительным положением отломков в АВФ она составила 13%. Этот показатель существенно ниже показателя, полученного в группе сравнения, а также значений, приведенных иностранными авторами. На наш взгляд, это может косвенно свидетельствовать о положительном влиянии первичного восстановления анатомии коленного сустава в АВФ на частоту осложнений, особенно при тяжелых переломах плато ББК.

Нельзя провести прямую взаимосвязь между неудовлетворительным восстановлением оси коленного и голеностопного суставов при первичном наложении АВФ и худшими результатами окончательного погружного остеосинтеза переломов плато или пилона ББК, обусловленными неудовлетворительным восстановлением анатомии. Это связано с тем, что влияние на исход оказывает также ряд других факторов: тяжесть перелома, качество репозиции фрагментов в ходе остеосинтеза, многоколонная фиксация (количество зафиксированных колонн), стабильность достигнутой фиксации отломков.

Тем не менее мы считаем верным утверждение о том, что качественная первичная репозиция в АВФ повышает шансы на хорошую окончательную репозицию после накостного остеосинтеза, обеспечивая более стабильную фиксацию костных фрагментов, раннюю активную реабилитацию, хороший функциональный результат и относительно низкую долю осложнений.

Заключение. Качество первичной репозиции отломков при внешней фиксации влияло на качество репозиции в ходе окончательного остеосинтеза. Удовлетворительное положение фрагментов плато большеберцовой кости в аппарате внешней фиксации на первом этапе лечения было связано с более низкой частотой осложнений после выполнения второго этапа. Достижение максимально точной репозиции следует рассматривать как приоритетную задачу хирурга на всех этапах остеосинтеза, поскольку это может повлиять на общий исход лечения.

Ограничения исследования. Малочисленность клинических групп снижала точность статистического анализа в исследовании.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Borade A., Kempegowda H., Richard R., et al. Is “early total care” a safe and effective alternative to “staged protocol” for the treatment of Schatzker IV-VI tibial plateau fractures in patients older than 50 years? *J Orthop Trauma*. 2017;31:e400–e406. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000995.

2. Court-Brown C.M., Heckman J.D., McQueen M.M., et al, eds. *Rockwood and Green’s fractures in adults*. 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2015.

3. Buckley R.E., Moran C.G., Apivatthakakul T., eds. *AO principles of fracture management*. 3rd ed. Stuttgart: Thieme; 2018.

4. Prat-Fabregat S., Camacho-Carrasco P. Treatment strategy for tibial plateau fractures: an update. *EFORT Open Rev*. 2016;1:225–232. DOI: 10.1302/2058-5241.1.000031.

5. Egol K.A., Tejwani N.C., Capla E.L., et al. Staged management of high-energy proximal tibia fractures (OTA types 41): the results of a prospective, standardized protocol. *J Orthop Trauma*. 2005;19(7):448–55; discussion 456. DOI: 10.1097/01.bot.0000171881.11205.80.

6. Tao X., Chen N., Pan F., Cheng B. External fixation combined with delayed internal fixation in treatment of tibial plateau fractures with dislocation. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(41):e8221. DOI: 10.1097/MD.0000000000008221.

7. *Майоров Б.А., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Гадоев К.К.* Влияет ли качество первичной репозиции в аппарате внешней фиксации на результат лечения переломов дистального метаэпифиза большеберцовой кости? // Неотложная хирургия им. ИИ Джанелидзе. 2024. № 3. С. 189–197. DOI: 10.54866/27129632_2024_3_189.

8. *Майоров Б.А., Беленький И.Г., Кочиш А.Ю., Сергеев Г.Д.* Сходства и особенности современных подходов к хирургическому лечению при внутрисуставных переломах проксимального и дистального метаэпифизов большеберцовой кости // Медицинский альянс. 2023. Т. 11, № 3. С. 56–68. DOI: 10.36422/23076348-2023-11-3-56-68.

9. Dai C.H., Sun J., Chen K.Q., Zhang H.B. Omnidirectional internal fixation by double approaches for treating Rüedi-Allgöwer type III pilon fractures. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(4):756–761. DOI: 10.1053/j.jfas.2017.02.012.

10. Penny P., Swords M., Heisler J., et al. Ability of modern distal tibia plates to stabilize comminuted pilon fracture fragments: Is dual plate fixation necessary? *Injury*. 2016;47(8):1761–1769. DOI: 10.1016/j.injury.2016.05.026.

11. Assal M., Ray A., Stern R. Strategies for surgical approaches in open reduction internal fixation of pilon fractures. *J Orthop Trauma*. 2015;29(2):69–79. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000218.

12. Tang X., Tang P.F., Wang M.Y., et al. Pilon fractures: a new classification and therapeutic strategies. *Chin Med J (Engl)*. 2012;125(14):2487–2492.

13. Singleton N., Sahakian V., Muir D. Outcome After Tibial Plateau Fracture: How Important Is Restoration of Articular Congruity? *J Orthop Trauma*. 2017;31(3):158–163. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000762.

14. Meulenkamp B., Martin R., Desy N.M., et al. Incidence, Risk Factors, and Location of Articular Malreductions of the Tibial Plateau. *J Orthop Trauma*. 2017;31(3):146–150. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000735.

15. Luo C.F., Sun H., Zhang B., Zeng B.F. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(11):683–692. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181d436f3.

16. Chang S.M., Hu S.J., Zhang Y.Q., et al. A Surgical Protocol for Bicondylar Four-Quadrant Tibial Plateau Fractures. *Int Orthop*. 2014;38(12):2559–2564. DOI: 10.1007/s00264-014-2487-7.

17. Samsami S., Pätzold R., Winkler M., et al. The effect of coronal splits on the structural stability of bi-condylar tibial plateau fractures: a biomechanical investigation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(11):1719–1730. DOI: 10.1007/s00402-020-03412-8.

18. *Майоров Б.А., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Сергеева М.А.* Артродез голеностопного сустава как результат высокоэнергетического открытого перелома дистального отдела большеберцовой кости: клинический случай // Неотложная хирургия им. И.И. Джанелидзе. 2023. № 3. С. 32–44. DOI: 10.54866/27129632_2023_3_32.

19. Liangjun J., Qiang Z., Zhijun P., Li H. Revision strategy for malunited tibial plateau fracture caused by failure of initial treatment. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2019;53(6):432–441. DOI: 10.1016/j.aott.2019.08.018

20. Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018;32 Suppl 1:S1–S170. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001063.

21. Insall J.N., Dorr L.D., Scott R.D., Scott W.N. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(248):13–14.

22. *Соломин Л.Н., Щепкина Е.А., Кулеш П.Н., Виленский В.А., Корчагин К.Л., Скоморошко П.В.* Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей. Пособие для врачей. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена, 2012. 48 с.

23. Kfuri M., Schatzker J. Revisiting the Schatzker Classification of Tibial Plateau Fractures. *Injury*. 2018;49(12):2252–2263. DOI: 10.1016/j.injury.2018.11.010.

24. Galla M., Lobenhoffer P. Der direkte dorsale Zugangsweg zur Versorgung posteromedialer Luxationsfrakturen des Tibiakopfes [The direct, dorsal approach to the treatment of unstable tibial posteromedial fracture-dislocations]. *Unfallchirurg*. 2003;106(3):241–247. (In German). DOI: 10.1007/s00113-002-0554-9.

25. He X., Ye P., Hu Y., et al. A posterior inverted L-shaped approach for the treatment of posterior bicondylar tibial plateau fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133(1):23–28. DOI: 10.1007/s00402-012-1632-2.

26. *Кислицын М.А., Беленький И.Г., Майоров Б.А., Кочиш А.Ю.* Результаты остеосинтеза переломов заднего отдела латерального мыщелка большеберцовой кости с использованием переднелатерального хирургического доступа // Кафедра травматологии и ортопедии. 2019. Т. 2. С. 48–56. DOI: 10.17238/issn2226-2016.2019.2.48-56.

27. *Кочиш А.Ю., Кислицын М.А., Беленький И.Г., Майоров Б.А., Старчик Д.А.* Анатомо-клиническое обоснование заднелатерального трансмалоберцового доступа для остеосинтеза переломов заднелатеральной колонны плато большеберцовой кости // Травматология и ортопедия России. 2019. Т. 25, № 3. С. 112–123. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-112-123.

28. *Беленький И.Г., Кочиш А.Ю., Кислицын М.А., Майоров Б.А.* Выбор хирургического доступа для остеосинтеза при переломах латерального мыщелка большеберцовой кости // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2020. Т. 2. С. 10–20. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-2-10-20.

29. Cho J.-W., Kim J., Cho W.-T., et al. Approaches and fixation of the posterolateral fracture fragment in tibial plateau fractures: a review with an emphasis on rim plating via modified anterolateral approach. *Int Orthop*. 2017;41(9):1887–1897. DOI: 10.1007/s00264-017-3563-6.

30. Frosch K.H., Balcarek P., Walde T., Stürmer K.M. A new posterolateral approach without fibula osteotomy for the treatment of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(8):515–520. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181e5e17d.

31. Frosch K.H., Korthaus A., Thiesen D., Frings J., Krause M. The concept of direct approach to lateral tibial plateau fractures and stepwise extension as needed. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020;46(6):1211–1219. DOI: 10.1007/s00068-020-01422-0.

32. Lysholm J., Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*. 1982;10(3):150–154. DOI: 10.1177/036354658201000306.

33. Sameer M.M., Bassetty K.C., Singaravadivelu V. Functional Outcome Analysis of Fixation of Tibial Plateau Fractures using the Three-column Concept. *J Orthop Case Rep*. 2022;12(5):6–10. DOI: 10.13107/jocr.2022.v12.i05.2792.

34. van den Berg J., Reul M., Nunes Cardozo M., et al. Functional outcome of intra-articular tibial plateau fractures: the impact of posterior column fractures. *Int Orthop*. 2017;41(9):1865-1873. DOI: 10.1007/s00264-017-3566-3.

REFERENCES

1. Borade A., Kempegowda H., Richard R., et al. Is "early total care" a safe and effective alternative to "staged protocol" for the treatment of Schatzker IV-VI tibial plateau fractures in patients older than 50 years? *J Orthop Trauma*. 2017;31:e400–e406. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000995.

2. Court-Brown C.M., Heckman J.D., McQueen M.M., et al, eds. *Rockwood and Green's fractures in adults*. 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2015.

3. Buckley R.E., Moran C.G., Apivatthakakul T., eds. *AO principles of fracture management*. 3rd ed. Stuttgart: Thieme; 2018.

4. Prat-Fabregat S., Camacho-Carrasco P. Treatment strategy for tibial plateau fractures: an update. *EFORT Open Rev*. 2016;1:225–232. DOI: 10.1302/2058-5241.1.000031.

5. Egol K.A., Tejwani N.C., Capla E.L., et al. Staged management of high-energy proximal tibia fractures (OTA types 41): the results of a prospective, standardized protocol. *J Orthop Trauma*. 2005;19(7):448–55; discussion 456. DOI: 10.1097/01.bot.0000171881.11205.80.

6. Tao X., Chen N., Pan F., Cheng B. External fixation combined with delayed internal fixation in treatment of tibial plateau fractures with dislocation. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(41):e8221. DOI: 10.1097/MD.0000000000008221.

7. Maiorov B.A., Belen'kii I.G., Sergeev G.D., Gadoev K.K. Does the quality of primary reduction in an external fixator affect the outcome in the treatment of distal tibial metaepiphyseal fractures? *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2024;(3):189–197. (In Russ.). DOI: 10.54866/27129632_2024_3_189.

8. Maiorov B.A., Belen'kii I.G., Kochish A.Yu., Sergeev G.D., Similarities and Special Features of Modern Approaches to Surgical Treatment of Intra-Articular Fractures of Tibial Proximal and Distal Metaepiphyses. *Medical alliance*. 2023;11(3):56–68 (In Russ.). DOI: 10.36422/23076348-2023-11-3-56-68.

9. Dai C.H., Sun J., Chen K.Q., Zhang H.B. Omnidirectional internal fixation by double approaches for treating Rüedi-Allgöwer type III pilon fractures. *J Foot Ankle Surg*. 2017;56(4):756–761. DOI: 10.1053/j.jfas.2017.02.012.

10. Penny P., Swords M., Heisler J., et al. Ability of modern distal tibia plates to stabilize comminuted pilon fracture fragments: Is dual plate fixation necessary? *Injury*. 2016;47(8):1761–1769. DOI: 10.1016/j.injury.2016.05.026.

11. Assal M., Ray A., Stern R. Strategies for surgical approaches in open reduction internal fixation of pilon fractures. *J Orthop Trauma*. 2015;29(2):69–79. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000218.

12. Tang X., Tang P.F., Wang M.Y., et al. Pilon fractures: a new classification and therapeutic strategies. *Chin Med J (Engl)*. 2012;125(14):2487–2492.

13. Singleton N., Sahakian V., Muir D. Outcome After Tibial Plateau Fracture: How Important Is Restoration of Articular Congruity? *J Orthop Trauma*. 2017;31(3):158–163. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000762.

14. Meulenkamp B., Martin R., Desy N.M., et al. Incidence, Risk Factors, and Location of Articular Malreductions of the Tibial Plateau. *J Orthop Trauma*. 2017;31(3):146–150. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000735.

15. Luo C.F., Sun H., Zhang B., Zeng B.F. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(11):683–692. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181d436f3.

16. Chang S.M., Hu S.J., Zhang Y.Q., et al. A Surgical Protocol for Bicondylar Four-Quadrant Tibial Plateau Fractures. *Int Orthop*. 2014;38(12):2559–2564. DOI: 10.1007/s00264-014-2487-7.

17. Samsami S., Pätzold R., Winkler M., et al. The effect of coronal splits on the structural stability of bi-condylar tibial plateau fractures: a biomechanical investigation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(11):1719–1730. DOI: 10.1007/s00402-020-03412-8.

18. Maiorov B.A., Belen'kii I.G., Sergeev G.D., Sergeeva M.A. Ankle Arthrodesis as a Result of High-Energy Open Fracture of The Distal Tibia: A Case Report. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2023;(3):32–44. (In Russ.). DOI: 10.54866/27129632_2023_3_32.

19. Liangjun J., Qiang Z., Zhijun P., Li H. Revision strategy for malunited tibial plateau fracture caused by failure of initial treatment. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2019;53(6):432–441. DOI: 10.1016/j.aott.2019.08.018

20. Meinberg E.G., Agel J., Roberts C.S., et al. Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma*. 2018;32 Suppl 1:S1–S170. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001063.

21. Insall J.N., Dorr L.D., Scott R.D., Scott W.N. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(248):13–14.

22. Solomin L.N., Shchepkina E.A., Kulesh P.N., et al. *Opredelenie referentnykh liniy i uglov dlinnykh trubchatykh kostey. Posobie dlya vrachey [Definition of reference lines and angles of long bones]*. St. Petersburg: RNIITO im. R.R. Vredena; 2012. (In Russ.).

23. Kfuri M., Schatzker J. Revisiting the Schatzker Classification of Tibial Plateau Fractures. *Injury*. 2018;49(12):2252–2263. DOI: 10.1016/j.injury.2018.11.010.

24. Galla M., Lobenhoffer P. Der direkte dorsale Zugangsweg zur Versorgung posteromedialer Luxationsfrakturen des Tibiakopfes [The direct, dorsal approach to the treatment of unstable tibial posteromedial fracture-dislocations]. *Unfallchirurg*. 2003;106(3):241–247. (In German). DOI: 10.1007/s00113-002-0554-9.

25. He X., Ye P., Hu Y., et al. A posterior inverted L-shaped approach for the treatment of posterior bicondylar tibial plateau fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133(1):23–28. DOI: 10.1007/s00402-012-1632-2.

26. Kislitsyn M.A., Belen'kii I.G., Maiorov B. A., Kochish A.Yu. The results of posterior fragments of lateral tibial condyle osteosynthesis using anterolateral surgical approach. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2019;2:48–56. (In Russ.). DOI: 10.17238/ issn2226-2016.2019.2.48-56.

27. Kochish A.Yu., Kislitsyn M.A., Belen'kii I.G., et al. Anatomical and clinical rationale for posterolateral transfibular approach for internal fixation of the posterolateral column of the tibial plateau. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2019;25(3):112–123. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-112-123.

28. Belen'kii I.G., Kochish A.Yu., Kislitsyn M.A., Maiorov B.A. A choice of surgical approach for osteosynthesis in fractures of the lateral tibial condyle. *Medico-biological and socio-psychological problems of safety in emergency situations*. 2020;2:10–20. (In Russ.). DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-2-10-20.

29. Cho J.-W., Kim J., Cho W.-T., et al. Approaches and fixation of the posterolateral fracture fragment in tibial plateau fractures: a review with an emphasis on rim plating via modified anterolateral approach. *Int Orthop*. 2017;41(9):1887–1897. DOI: 10.1007/s00264-017-3563-6.

30. Frosch K.H., Balcarek P., Walde T., Stürmer K.M. A new posterolateral approach without fibula osteotomy for the treatment of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(8):515–520. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3181e5e17d.

31. Frosch K.H., Korthaus A., Thiesen D., Frings J., Krause M. The concept of direct approach to lateral tibial plateau fractures and stepwise extension as needed. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020;46(6):1211–1219. DOI: 10.1007/s00068-020-01422-0.

32. Lysholm J., Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*. 1982;10(3):150–154. DOI: 10.1177/036354658201000306.

33. Sameer M.M., Bassetty K.C., Singaravadivelu V. Functional Outcome Analysis of Fixation of Tibial Plateau Fractures using the Three-column Concept. *J Orthop Case Rep*. 2022;12(5):6–10. DOI: 10.13107/jocr.2022.v12.i05.2792.

34. van den Berg J., Reul M., Nunes Cardozo M., et al. Functional outcome of intra-articular tibial plateau fractures: the impact of posterior column fractures. *Int Orthop*. 2017;41(9):1865-1873. DOI: 10.1007/s00264-017-3566-3.

АВТОРЫ

Майоров Борис Александрович, к.м.н. — ORCID: 0000-0003-1559-1571
Беленький Игорь Григорьевич, д.м.н. — ORCID: 0000-0001-9951-5183
Сергеев Геннадий Дмитриевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-8898-503X
Сергеева Мария Александровна — ORCID: 0009-0003-3255-1771

AUTHORS

Maiorov Boris Aleksandrovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0003-1559-1571
Belen'kiy Igor' Grigor'evich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0001-9951-5183
Sergeev Gennadii Dmitrievich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-8898-503X
Sergeeva Mariya Aleksandrovna — ORCID: 0009-0003-3255-1771

УДК 617.583 : 617.581
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_51

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНИМАЛЬНО ТРАВМАТИЧНОГО ДОСТУПА ПРИ ТОТАЛЬНОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

© Е.Е. МАЛЫШЕВ, С.Е. СОКОЛОВСКИЙ, О.В. ВОРОБЬЕВА, А.М. ТРИФОНОВ, М.Х. ЕЛКАСЕЕР
ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭП КС) — ортопедическая операция, используемая для лечения пациентов с терминальной стадией гонартроза. Минимально травматичные доступы являются прекрасной альтернативой традиционной технике, имеющей множество недостатков. Высокая эффективность минимально травматичных доступов послужила причиной проведения данного исследования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: оценить эффективность использования разработанного минимально травматичного доступа epivastus при ТЭП КС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проспективное одноцентровое сравнительное рандомизированное исследование включало 2 группы пациентов, которым был проведен сравнительный анализ по результатам анкетирования и оценки биомеханики походки в 2D-режиме до и после ТЭП КС с применением срединного медиального парапателлярного доступа (n=62) и минимально травматичного доступа epivastus (n=65).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Данные 2D-анализа через 2 месяца показали лучшую скорость походки и движение в КС во время ходьбы в группе epivastus ($p < 0,05$). Через 6 месяцев после операции скорость походки и движения в КС оставались лучше в группе epivastus ($p < 0,05$). Через 12 месяцев в группе epivastus наблюдались улучшения в скорости походки, фазе переноса, периоде двойного шага, в движениях в коленном и голеностопных суставах ($p < 0,05$). Также после операции по всем показателям шкалы KOOS была существенная разница, лучший результат был в группе epivastus в сравнении со срединным медиальным парапателлярным доступом (0,0001). Угол сгибания в коленном суставе составил 115,86° (±13,5°) в группе epivastus и 106° (±9,42°) в группе срединного медиального парапателлярного доступа.

ВЫВОД. Наши результаты показали преимущества минимально травматичной техники без причинения ущерба в отношении конечного результата лечения. Применение минимально травматичного доступа epivastus при ТЭП КС демонстрирует преимущества в послеоперационном периоде, ускоряя реабилитацию и улучшая функциональный исход.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тотальное эндопротезирование коленного сустава, минимально травматичный доступ, epivastus, срединный медиапателлярный доступ, 2D-анализ походки (2D gait analysis), KOOS.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Малышев Е.Е., Соколовский С.Е., Воробьева О.В., Трифонов А.М., Елкасеер М.Х. Оценка эффективности применения минимально травматичного доступа при тотальном эндопротезировании коленного сустава // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 51–58.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF MINIMALLY INVASIVE APPROACH IN TOTAL KNEE REPLACEMENT

© E.E. MALYSHEV, S.E. SOKOLOVSKII, O.V. VOROBIEVA, A.M. TRIFONOV, M.H. ELKASEER
Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

ABSTRACT

RATIONALE. Total knee arthroplasty (TKA) is an orthopaedic surgery used to treat patients with end-stage gonarthrosis. Minimally invasive approaches are an excellent alternative to traditional techniques, which have many disadvantages. The high effectiveness of minimally invasive approaches was the reason for conducting this study.

THE AIM OF THE STUDY was to evaluate the effectiveness of the developed minimally invasive epivastus approach in TKA.

MATERIALS AND METHODS. A prospective, single-centre, comparative, randomised study included two groups of patients who underwent a comparative analysis based on the results of a questionnaire and an assessment of gait biomechanics in 2D mode before and after TKA using medial parapatellar approach (n = 62) and minimally invasive approach epivastus (n = 65).

RESULTS. Data from 2D gait analysis after 2 months showed better gait speed and movement in the knee joint during walking in the epivastus group ($p < 0.05$). Six months after surgery, gait speed and movement in the knee joint remained better in the epivastus group ($p < 0.05$). Twelve months after surgery, the epivastus group showed improvements in gait speed, swing phase, double-step period, and movement in the knee and ankle joints ($p < 0.05$). Similarly, after surgery, there was a significant difference in all KOOS scale indicators, with the best result in the epivastus group compared to the medial parapatellar approach group (0.0001). The knee flexion angle was 115.86 (±13.5) in the epivastus group and 106 (±9.42) in the medial parapatellar approach group.

CONCLUSION. Our results showed the advantages of a minimally traumatic technique without compromising the final treatment outcome. The use of the epivastus minimally invasive approach in TKA demonstrates advantages in the postoperative period, accelerating rehabilitation and improving functional outcome.

KEYWORDS: total knee arthroplasty, minimally invasive approach, epivastus, medial mediapatellar approach, 2D gait analysis, KOOS.

TO CITE THIS ARTICLE. Malyshev E.E., Sokolovskii S.E., Vorobieva O.V., Trifonov A.M., Elkaseer M.H. Evaluation of the effectiveness of minimally invasive approach in total knee arthroplasty. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):51–58.

Введение. Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭП КС) — это широко распространённая, отработанная и эффективная ортопедическая операция, которая используется для лечения пациентов с терминальными стадиями дегенеративно — дистрофических заболеваний коленного сустава, способствует коррекции деформации коленного сустава, устранению болевого синдрома и восстановлению его функции [1, 2, 3].

Использование минимально травматичных доступов (МТД) при ТЭП КС незаслуженно мало и составляет не более 5 % от общего количества выполненных операций при большом количестве преимуществ в сравнении со стандартной техникой [7, 8].

Несмотря на известную эффективность традиционной хирургической техники, она связана с обширным тканевым повреждением, что снижает реабилитационный потенциал, усиливает болевой синдром и влияет на биомеханику сустава [8]. Минимально травматичные доступы являются прекрасной альтернативой срединному медиальному парапателлярному доступу (СМПД), так как направлены на минимизацию интраоперационного повреждения мягкотканых структур, ответственных за стабильность и проприоцепцию коленного сустава. Многие исследования показали преимущества МТД: более быстрое функциональное восстановление четырехглавой мышцы бедра, снижение боли в переднем отделе коленного сустава, меньшую кровопотерю [9, 10], меньшую гиповаскуляризацию надколенника [11] и более высокую клиническую оценку состояния коленного сустава в послеоперационном периоде [12].

При этом, нарушение статодинамической функции коленного сустава может повышать риск раннего расшатывания компонентов эндопротеза из-за неравномерности нагрузки на контактные зоны компонентов эндопротеза.

Таким образом, отсутствие четкого представления и множества разногласий относительно эффективности применения минимально-травматичных доступов послужило причиной проведения данного исследования, направленного на комплексную оценку функциональных результатов с акцентом на анализ походки.

Цель исследования: оценить эффективность использования разработанного минимально травматичного доступа epivastus при тотальном эндопротезировании коленного сустава.

Материалы и методы.

Дизайн исследования. Проспективное одноцентровое сравнительное рандомизированное исследование включало 2 группы пациентов, которым был проведен сравнительный анализ по результатам анкетирования и оценки биомеханики походки в 2D-режиме (2D gait analysis) до и после ТЭП коленного сустава с применением СМПД (n = 62) и минимально травматичного доступа epivastus (n = 65), патент № 2802423 «Способ выполнения доступа при первичном тотальном эндопротезировании коленного сустава» в сроки 2, 6 и 12 месяцев.

Критерии включения в исследование:

1. Артроз коленного сустава III ст.;
2. Возраст от 44 до 75 лет;
3. Угол сгибания в коленном суставе более 25°;
4. Пациенты, доступные для наблюдения и контроля;

5. Пациенты, подписавшие добровольное информированное согласие на участие в программе исследования.

Критерии не включения в исследование:

1. ИМТ более 45;
2. Угол сгибания в коленном суставе менее 25°;
3. Предшествующие открытые оперативные вмешательства на коленном суставе;
4. Фиксированная вальгусная деформация коленного сустава;
5. Некомплаентные пациенты;
6. Выявление сопутствующей патологии, являющейся противопоказанием к проведению оперативного вмешательства.

Критерии исключения из исследования:

1. Инфекционные осложнения, повлиявшие на возможность полного прохождения программы исследования;
2. Выявление противопоказаний к выполнению предлагаемых методов обследования и лечения или отказ от их проведения.

Подавляющее большинство пациентов составили женщины (83,46%), доля мужчин — 16,54%. Большинство пациентов имели избыточную массу тела (92%), подтверждая немаловажный факт, что в патогенезе гонартроза особое место отводится ожирению: с одной стороны, ожирение является фактором механической перегрузки, а с другой — жировая ткань как самостоятельный секреторный орган выделяет множество биологически активных веществ, обладающих различными негативными эффектами (рис. 1).

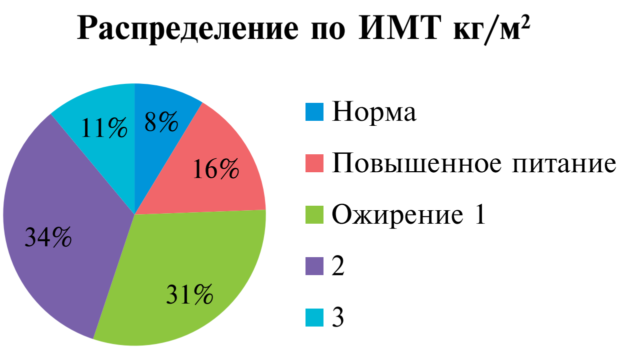


Рис. 1. Распределение пациентов по ИМТ кг/м²

После проведенной операции пациенты переводились в отделение реанимации и интенсивной терапии под наблюдение дежурной реанимационной бригады до стабилизации гемодинамики и регрессирования спинального блока.

Всем пациентам в послеоперационном периоде проводилась профилактика тромбоэмболических осложнений путем использования антикоагулянтной терапии, ношения компрессионного трикотажа, ранней активизации, также выполнялась профилактика инфекционных осложнений путем введения антибактериальных препаратов в профилактических дозах.

С первого дня инструкторы проводили с пациентами занятия лечебной физкультурой и обучали пользоваться костылями, также назначались физиотерапевтические процедуры.

Средний срок стационарного пребывания пациентов составил 4–5 дней. Далее пациенты с рекомендациями выписывались на амбулаторное лечение по месту жительства.

Контрольный осмотр проводился через 2, 6 и 12 месяцев после а) проведенного оперативного лечения с выполнением рентгенологического исследования коленного сустава в двух стандартных проекциях (прямая и боковая), б) клинического осмотра (определялся объем активных и пассивных движений), в) пространственно-временных характеристики походки (2D gait analysis) при помощи системы видеозахвата движений Simi Motion Systems в 2D-режиме.

Все лечебно-диагностические мероприятия выполнялись в соответствии с утвержденными стандартами оказания специализированной помощи.

Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией (2013) и одобрено Этическим комитетом Приволжского исследовательского медицинского университета. От каждого пациента получено Информированное согласие.

Статистический анализ. Статистический анализ проводился при помощи программы статистического анализа Statistica 10.0 и Microsoft Office Excel. Нормальность распределения проверена критерием Колмогорова-Смирнова. Результаты исследований представляли в формате Me (Q1; Q3) для количественных показателей и в процентах для качественных. В отдельных случаях для большей наглядности количественные показатели представлялись в формате $M \pm SD$, где M — среднее значение признака, SD — стандартное отклонение, для отдельных данных продемонстрированы минимальные и максимальные значения. Для оценки полученных результатов использовался парный t-критерий для зависимых и независимых групп, а также U-критерий Манна-Уитни. Качественные данные представлены в виде $P \pm \sigma p$ (где P — процентная доля, σp — стандартное отклонение процентной доли). При частотном анализе таблиц сопряженности использовали критерии Йетса и Фишера. Статистически значимыми считались различия при $p < 0{,}05$.

Результаты. Анализ ранних и среднесрочных результатов оперативного лечения проводился в сроки 2, 6 и 12 месяцев.

Обе исследуемые группы были сопоставимы в предоперационном периоде по своим биомеханическим и функциональным параметрам.

Инструментом оценки функции коленного сустава являлась международная модифицированная шкала KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score).

Для изучения пространственно-временных характеристик походки (2D gait analysis), кинематических показателей (движения в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах) в различные фазы ходьбы (фазы опоры, переноса и в период двойного шага), регистрации усилий пациента и определения оптимальных скоростных характеристик с отклонением относительно целевых значений использована система видеозахвата движений Simi Motion Systems (SIMI, Германия) в 2D-режиме. Также проводилось определение объема движений в коленном суставе нейтрально нулевым методом в аналогичные сроки.

Через 2, 6 и 12 месяцев после оперативного вмешательства пациенты 1 группы значительно отличались по многим исследуемым параметрам от пациентов 2 группы.

Оценка результатов. 2D gait analysis через 2 месяца показал лучшую скорость походки в 5,00 км/ч [4,41; 5,78] и амплитуду движений в коленном суставе в 52,43° [47,91; 58,15] во время ходьбы в группе epivastus, чем в группе пациентов, которым было выполнено ТЭП КС с помощью СМПД — 4,37 км/ч [3,6; 4,7] и 45,28° [42,12; 50,57] соответственно. Сходные результаты пациенты показали и через 6 месяцев после операции. Остались лучше: скорость походки — 4,87 км/ч [4,70; 5,69] — и амплитуда движений в коленном суставе — 52,72° [46,77; 53,89], чем в контрольной группе: 4,40 км\ч [4,16; 4,70] и 45,48° [46,77; 51,72] соответственно.

Исследование же пациентов через 12 месяцев показало большее количество значимых различий в показателях биомеханики походки. В группе epivastus были лучшие показатели: скорость походки — 4,87 км/ч [4,70; 5,69], фаза переноса — 36,22 % [34,01; 37,04], период двойного шага — 1,69 с [1,41; 1,73], амплитуда движений в коленном суставе — 51,72° [46,77; 53,89] и амплитуда движений в голеностопном суставе — 29,20° [25,27; 31,23] в сравнении с группой СМПД: скорость походки — 4,40 км/ч [4,16; 4,70], фаза переноса —31,08 % [33,57; 36,22], период двойного шага — 1,48 с [1,44; 1,58], амплитуда движений в коленном суставе — 45,48° [46,77; 51,72] и голеностопном суставе — 24,17° [26,14; 30,14].

В дополнение, нами представлена графическая оценка функциональных результатов посредством 2D gait analysis через 2, 6 и 12 месяцев (рис. 2–5).

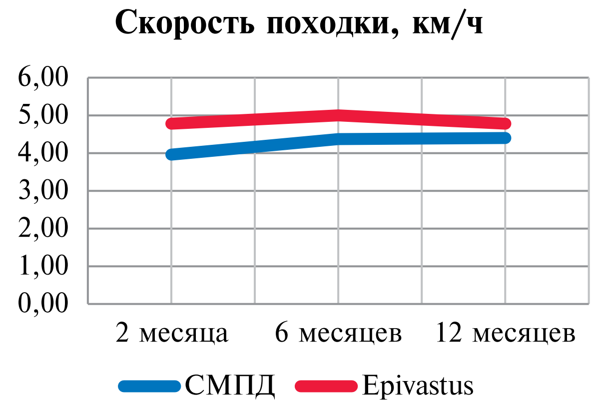


Рис. 2. Сравнительная графическая оценка функциональных результатов (скорость походки км/ч) в исследуемых группах посредством 2D gait analysis через 2, 6 и 12 месяцев, Me [Q_1; Q_3]

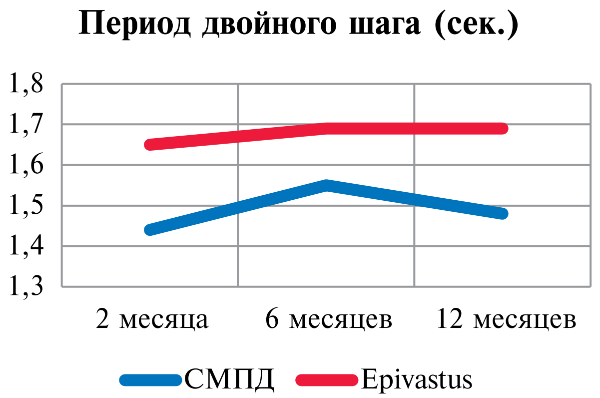


Рис. 3. Сравнительная графическая оценка функциональных результатов (период двойного шага (сек)) в исследуемых группах посредством 2D gait analysis через 2, 6 и 12 месяцев месяцев, Me [Q_1; Q_3]

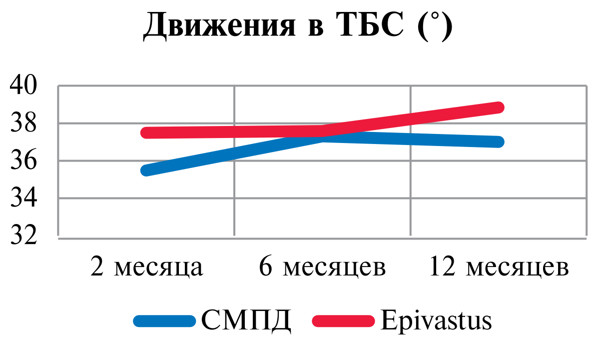


Рис. 4. Сравнительная графическая оценка функциональных результатов (движения в ТБС (°)) в исследуемых группах посредством 2D gait analysis через 2, 6 и 12 месяцев, Me [Q_1; Q_3]

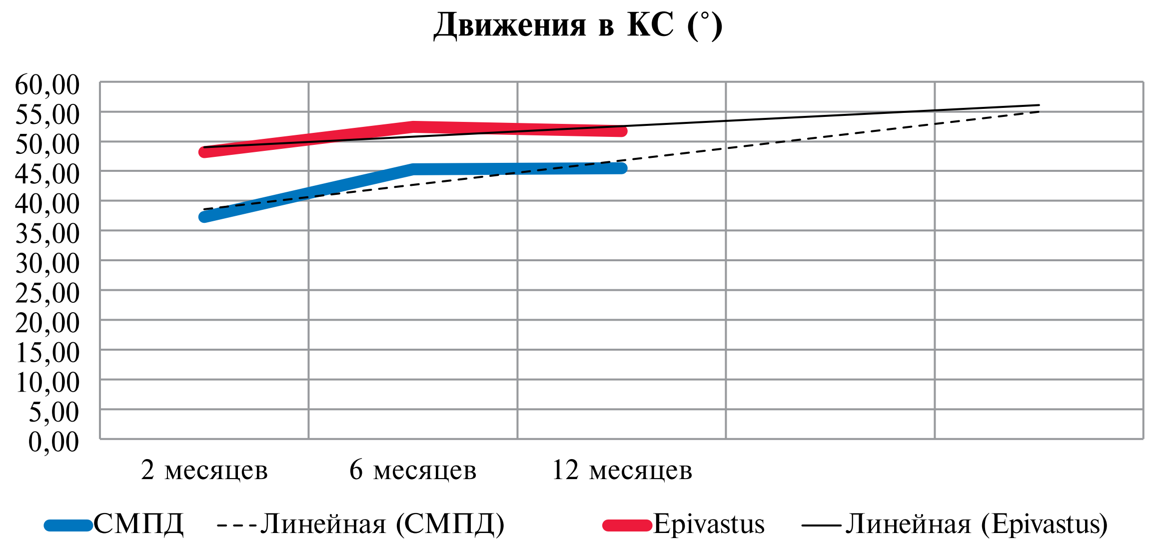


Рис. 5. Сравнительная графическая оценка функциональных результатов (движения в КС (°)) в исследуемых группах посредством 2D gait analysis через 2, 6 и 12 месяцев с линейным прогнозом, Me [Q_1; Q_3]

В аналогичные сроки (2, 6, 12 месяцев) проводилась оценка функциональных результатов при помощи шкалы KOOS. До операции не было существенной разницы в показателях между двумя группами (p = 0,20). Через 2 месяца после оперативного вмешательства по всем показателям была существенная разница, оценка результатов показала лучший результат в группе epivastus в сравнении с СМПД (0,0001). Угол сгибания в коленном суставе составил 115,86° (±13,5) в группе epivastus и 106° (±9,42) в группе СМПД (табл. 1).

Спустя 6 месяцев (табл. 2) только несколько показателей значимо были лучше в группе epivastus: симптомы, итоговый балл и угол сгибания в коленном суставе (p > 0,05).

Таблица 1. Шкала KOOS через 2 месяца, Me [Q_1; Q_3]

Показатели	Значения		p-value
	Epivastus	СМПД	
Боль	75,00 [72,22;91,66]	50,20 [34,00; 59,00]	0,0001
Симптомы	78,57 [67,85; 85,71]	55,00 [45,00; 71,00]	0,0001
Повседневная физическая активность	73,52 [51,47; 92,64]	55,88 [46,00; 58,00]	0,000001
Качество жизни	62,50 [50,00; 89,00]	35,00 [18,00; 61,32]	0,00001
Итоговый балл	64,26 [53,57; 87,25]	47,90 [37,40; 58,39]	0,0001
Угол сгибания в коленном суставе	106 (9,42)	115,86 (13,5)	0,0001

Таблица 2. Шкала KOOS через 6 месяцев, Me [Q1; Q3]

Показатели	Значения		p-value
	Epivastus	СМПД	
Боль	44,50 [31,42; 55,55]	44,00 [33,33; 56,00,]	0,93
Симптомы	53,28 [45,00; 61,00]	52,00 [35,71; 57,14]	0,007

Показатели	Значения		p-value
	Epivastus	СМПД	
Повседневная физическая активность	51,00 [21,00; 61,25]	48,00 [13,00; 53,16]	0,81
Качество жизни	20,00 [36,52; 50,61]	25,00 [28,38; 50,61]	0,87
Итоговый балл	44,00 [35,29; 69,11]	43,80 [36,00; 65,00]	0,01
Угол сгибания в коленном суставе	112 (8,33)	118 (10,4)	0,0001

Обсуждение. Целью данного исследования была оценка эффективности минимально-травматичного доступа epivastus и его влияние на функциональные и биомеханические изменения после ТЭП коленного сустава.

Важную роль в оценке эффективности применения минимально травматичных доступов играет анализ биомеханики походки. Современная литература свидетельствует, что минимизация повреждения разгибательного аппарата при ТЭП коленного сустава благоприятно влияет на исход восстановления. В подтверждение эффективности минимально травматичных доступов выступают Bejek Z et al. (2011). В своей статье они отмечают, что минимально травматичная техника в сочетании с компьютерной навигацией ускоряет реабилитацию пациентов [4].

Также, Shah NA et al. (2016), проанализировав исход после 112 ТЭП КС, заключили, что применение минимально травматичного доступа обеспечивает адекватный обзор и раннее восстановление при ТЭП КС без увеличения частоты осложнений [5].

В свою очередь, ряд исследований показывает, что использование МТД не влияет на скорость реабилитации в сравнении со стандартной техникой. Liebensteiner MC et al. не выявили улучшения походки у пациентов через 2 месяца после ТЭП КС с применением мид-вастус доступа [6].

Полученные нами данные согласуются с исследованиями, показывающими эффективность минимально травматичных доступов. Применение доступа epivastus коррелирует с увеличением скорости походки, уменьшением фазы переноса (36,22% [34,01; 37,04]), меньшим временем на преодоление периода двойного шага (1,69 с [1,41; 1,73]), увеличенным объемом движений в коленном (51,72° [46,77; 53,89]) и голеностопном суставах (29,20° [25,27; 31,23]) в сравнении с группой СМПД ($p < 0,05$).

Однако, средний срок нашего наблюдения составил 12 месяцев, что недостаточно для оценки отдаленных исходов, таких как асептическая нестабильность компонентов эндопротеза, что в свою очередь отражает перспективность дальнейших исследований, изучение долгосрочной выживаемости эндопротезов при использовании МТД, а также анализ влияния опыта хирурга на частоту интраоперационных осложнений.

Заключение. Есть множество противников, считающих, что минимально инвазивная хирургия при ТЭП КС — не более чем косметическая модификация стандартной техники, которая приводит к большему количеству осложнений и меньшей удовлетворенности пациентов.

Однако, проведенный нами анализ биомеханики походки определил, что скорость походки, период двойного шага, движения в тазобедренном, голеностопном и, что является основным показателем преимущества, движения в коленном суставе во время ходьбы были значимо лучше ($p < 0,05$).

Наши результаты показали преимущества минимально травматичной техники без причинения ущерба в отношении конечного результата лечения.

В заключение, применение минимально травматичного доступа epivastus при ТЭП коленного сустава демонстрирует значительные преимущества в раннем послеоперационном периоде, включая ускоренную реабилитацию и улучшение функциональных исходов. Однако его использование требует тщательной предоперационной оценки анатомии пациента, высокой квалификации хирургической команды и дальнейшего совершенствования техники вмешательства для минимизации рисков.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Работа выполнена за счет средств ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России.
SOURCE OF FUNDING. Privolzhsky Research Medical University funded the work.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wan X.F., Yang Y., Wang D., et al. Comparison of Outcomes After Total Knee Arthroplasty Involving Postoperative Neutral or Residual Mild Varus Alignment: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop Surg*. 2022;14(2):177–189. DOI: 10.1111/os.13155.
2. Sezer H.B., Bohu Y., Hardy A., Lefevre N. Knee Prosthesis in the Computer Era. *Orthop Surg*. 2021;13(2):395–401. DOI: 10.1111/os.12762.
3. Geng L., Fu J., Xu C., et al. The Comparison between Mini-Subvastus Approach and Medial Parapatellar Approach in TKA: A Prospective Double-Blinded Randomized Controlled Trial. *Orthop Surg*. 2022;14(11):2878–2887. DOI: 10.1111/os.13494.
4. Bejek Z., Paróczai R., Szendröi M., Kiss R.M. Gait analysis following TKA: comparison of conventional technique, computer-assisted navigation and minimally invasive technique combined with computer-assisted navigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19(2):285–291. DOI: 10.1007/s00167-010-1219-9.
5. Shah N.A., Jain N.P. Total knee arthroplasty in valgus knees using minimally invasive medial-subvastus approach. *Indian J Orthop*. 2016;50(1):25–33. DOI: 10.4103/0019-5413.173517.
6. Liebensteiner M.C., Thaler M., Giesinger J.M., et al. Mini-midvastus total knee arthroplasty does not result in superior gait pattern. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(6):1699–1705. DOI: 10.1007/s00167-014-3154-7.
7. Kärrholm J., Mohaddes M., Odin D., Vinblad J., Rogmark C., Rolfson O. *Annual Report 2017*. Swedish Hip Arthroplasty *Register*; 2017.
8. Boerger T.O., Aglietti P., Mondanelli N., Sensi L. Mini-subvastus versus medial parapatellar approach in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2005;440:82–87. DOI: 10.1097/01.
9. Li Z., Cheng W., Sun L., Yao Y., et al. Mini-subvastus versus medial parapatellar approach for total knee arthroplasty: a prospective randomized controlled study. *Int Orthop*. 2018;42(3):543–549. DOI: 10.1007/s00264-017-3703-z.
10. Subramanyam P., Sundaram P.S., Rao N. Scintigraphic assessment of patellar vascularity in total knee replacement surgeries following lateral release. *Avicenna J Med*. 2012;2(3):54–59. DOI: 10.4103/2231-0770.102277.
11. Bridgman S.A., Walley G., MacKenzie G., et al. Sub-vastus approach is more effective than a medial parapatellar approach in primary total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Knee*. 2009;16(3):216–222. DOI: 10.1016/j.knee.2008.11.012.

REFERENCES

1. Wan X.F., Yang Y., Wang D., et al. Comparison of Outcomes After Total Knee Arthroplasty Involving Postoperative Neutral or Residual Mild Varus Alignment: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop Surg*. 2022;14(2):177–189. DOI: 10.1111/os.13155.
2. Sezer H.B., Bohu Y., Hardy A., Lefevre N. Knee Prosthesis in the Computer Era. *Orthop Surg*. 2021;13(2):395–401. DOI: 10.1111/os.12762.
3. Geng L., Fu J., Xu C., et al. The Comparison between Mini-Subvastus Approach and Medial Parapatellar Approach in TKA: A Prospective Double-Blinded Randomized Controlled Trial. *Orthop Surg*. 2022;14(11):2878–2887. DOI: 10.1111/os.13494.
4. Bejek Z., Paróczai R., Szendröi M., Kiss R.M. Gait analysis following TKA: comparison of conventional technique, computer-assisted navigation and minimally invasive technique combined with computer-assisted navigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19(2):285–291. DOI: 10.1007/s00167-010-1219-9.
5. Shah N.A., Jain N.P. Total knee arthroplasty in valgus knees using minimally invasive medial-subvastus approach. *Indian J Orthop*. 2016;50(1):25–33. DOI: 10.4103/0019-5413.173517.
6. Liebensteiner M.C., Thaler M., Giesinger J.M., et al. Mini-midvastus total knee arthroplasty does not result in superior gait pattern. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(6):1699–1705. DOI: 10.1007/s00167-014-3154-7.
7. Kärrholm J., Mohaddes M., Odin D., Vinblad J., Rogmark C., Rolfson O. *Annual Report 2017*. Swedish Hip Arthroplasty *Register*; 2017.
8. Boerger T.O., Aglietti P., Mondanelli N., Sensi L. Mini-subvastus versus medial parapatellar approach in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2005;440:82–87. DOI: 10.1097/01.
9. Li Z., Cheng W., Sun L., Yao Y., et al. Mini-subvastus versus medial parapatellar approach for total knee arthroplasty: a prospective randomized controlled study. *Int Orthop*. 2018;42(3):543–549. DOI: 10.1007/s00264-017-3703-z.

10. Subramanyam P., Sundaram P.S., Rao N. Scintigraphic assessment of patellar vascularity in total knee replacement surgeries following lateral release. *Avicenna J Med*. 2012;2(3):54–59. DOI: 10.4103/2231-0770.102277.
11. Bridgman S.A., Walley G., MacKenzie G., et al. Sub-vastus approach is more effective than a medial parapatellar approach in primary total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Knee*. 2009;16(3):216–222. DOI: 10.1016/j.knee.2008.11.012.

АВТОРЫ
Малышев Евгений Евгеньевич, д.м.н. — ORCID: 0000-0001-7227-6979
Соколовский Сергей Евгеньевич — ORCID: 0009-0006-1521-9955
Воробьева Ольга Валерьевна — ORCID: 0000-0001-7225-8842
Трифонов Алексей Михайлович — ORCID 0000-0002-1126-8331
Елкасеер Мохаммад Хамид — ORCID: 0009-0006-0946-1024

AUTHORS
Malyshev Evgeniy Evgen'evich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0001-7227-6979
Sokolovskii Sergey Evgen'evich — ORCID: 0009-0006-1521-9955
Vorobieva Ol'ga Valer'evna — ORCID: 0000-0001-7225-8842
Trifonov Aleksey Mikhaylovich — ORCID 0000-0002-1126-8331
Elkaseer Mohammad Hamid — ORCID: 0009-0006-0946-1024

УДК 616.8-089
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_59

РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ОБШИРНЫХ ДЕФЕКТОВ НЕРВОВ СИНТЕТИЧЕСКИМИ КОНДУИТАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

© В.П. ОРЛОВ[1], А.Ю. НИШТ[1], И.Ю. САПУРИНА[2], Б.Л. ГАВРИЛЮК[1], П.Г. ТОЛКАЧ[1], М.Е. СТРЕЛЬЦОВ[1]
[1] ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБУН «Институт высокомолекулярных соединений» РАН, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ исследования обусловлена все возрастающей потребностью в совершенствовании подходов хирургического восстановления поврежденных нервов в связи с увеличением числа высокоэнергетических травм крупных нервов конечностей.

ЦЕЛЬ: оценить эффективность восстановления утраченной при травмах иннервации тканей после замещения обширных дефектов нервов синтетическими кондуитами на основе полилактида в эксперименте на лабораторных животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В условиях эксперимента на 10 лабораторных животных (крысах) выполнено моделирование обширного дефекта седалищного нерва с последующим его замещением с помощью синтетического кондуита на основе полилактида. В послеоперационном периоде характер изменений функционального состояния восстановленных с помощью экспериментальных имплантов нервов оценивали экспериментально-клиническими, электрофизиологическими и морфологическими методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ. По результатам стимуляционной электронейромиографии у животных опытной группы отмечалась стойкая утрата проводимости нервов весь период наблюдения, что проявлялось чувствительными, двигательными и трофическими расстройствами. Морфологически отмечались признаками формирования концевой невромы проксимального сегмента нерва, расположенной внутри кондуита. Миелинизированных нервных волокон в составе дистального сегмента не определялось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Соединение концов поврежденного в эксперименте нерва с помощью кондуита из полилактида позволило предотвратить ретракцию проксимального и дистального концов вшитого в кондуит нерва, а также препятствовало их вовлечению в послеоперационный рубец. Регенерирующие нервные волокна из проксимального конца вшитого в кондуит нерва заполнили внутренний просвет имплантата и сформировали неврому. Таким образом, соединение концов поврежденного нерва с помощью кондуита из полилактида способствует сохранению относительно благоприятных условий для последующих реконструктивных операций на нервах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нервы конечностей, травма нерва, обширный дефект нерва, реконструктивные операции, синтетические кондуиты.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Орлов В.П., Ништ А.Ю., Сапурина И.Ю., Гаврилюк Б.Л., Толкач П.Г., Стрельцов М.Е. Результаты замещения обширных дефектов нервов синтетическими кондуитами на основе полилактида в эксперименте // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 59–65.

RESULTS OF REPLACING EXTENSIVE NERVE DEFECTS WITH SYNTHETIC CONDUITS BASED ON POLYLACTIDE IN AN EXPERIMENT

© V.P. ORLOV[1], A.YU. NISHT[1], I.YU. SAPURINA[2], B.L. GAVRILYUK[1], P.G. TOLKACH[1], M.E. STRELTSOV[1]
[1] Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
[2] Institute of Macromolecular Compounds of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND. The relevance of the study is caused by the ever-increasing need to improve approaches to surgical restoration of damaged nerves in connection with the increase in the number of high-energy injuries to large nerves of the extremities.

THE OBJECTIVE is to evaluate the effectiveness of restoring tissue innervation lost due to trauma after replacing extensive nerve defects with synthetic conduits based on polylactide in an experiment on laboratory animals.

MATERIALS AND METHODS. In the experimental conditions on 10 laboratory animals (rats) the modeling of the extensive defect of the sciatic nerve was performed with its subsequent replacement using a synthetic conduit based on polylactide. In the postoperative period the nature of changes in the functional state of nerves restored using experimental implants was assessed by experimental-clinical, electro-physiological and morphological methods.

RESULTS. According to the results of stimulation electroneuromyography, the animals of the experimental group showed a persistent loss of nerve conductivity throughout the observation period, which was manifested by sensory, motor and trophic disorders. Morphologically, signs of the formation of the proximal segment terminal neuroma of the nerve located inside the conduit were noted. Myelinated nerve fibers were not determined in the distal segment.

CONCLUSION. Connection of the nerve ends damaged in the experiment with a polylactide conduit prevented retraction of the proximal and distal ends of the nerve sutured into the conduit and also prevented their involvement in the postoperative scar. Regenerating nerve fibers from the proximal end of the nerve sutured into the conduit filled the internal lumen of the implant and formed a neuroma. Thus, connection of the ends of the damaged nerve with a polylactide conduit helps to maintain relatively favorable conditions for subsequent reconstructive operations on the nerves.

KEYWORDS: limb nerves, nerve injury, extensive nerve defect, reconstructive surgery, synthetic nerve conduits.

TO CITE THIS ARTICLE. Orlov V.P., Nisht A.Yu., Sapurina I.Yu., Gavrilyuk B.L., Tolkach P.G., Streltsov M.E. Results of Replacing Extensive Nerve Defects with Synthetic Conduits Based on Polylactide in an Experiment. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):59–65.

Введение. Возрастающее число современных высокоэнергетических огнестрельных и минно-взрывных ранений конечностей среди участников боевых действий, а также травм среди пострадавших мирного времени приводит к увеличению количества повреждений крупных нервов конечностей, часто с формированием больших дефектов. Как правило, лечение раненых с сочетанными ранениями и травмами является мультидисциплинарной проблемой, в решении которой принимают участие не только нейрохирурги, но и травматологи, сосудистые хирурги и реконструктивно-пластические хирурги. Социальное значение проблемы огнестрельных ранений и травм нервов подчеркивается еще и тем, что такие повреждения наиболее часто возникают среди молодого и трудоспособного населения [1, 2, 3, 4].

Наиболее тяжелую в диагностическом, лечебном и прогностическом плане группу среди таких пострадавших составляют пациенты с обширными дефектами нервов. Даже своевременно выполненные реконструктивно-пластические вмешательства с замещением дефектов крупных нервных стволов не гарантируют полного восстановления функций, утраченных при травме нерва. Однако, качественно выполненная аутонейропластика позволяет добиваться стабильных положительных клинических результатов. В связи с этим создание условий для регенерации поврежденных нервов и исследование путей регуляторного воздействия на восстановительные способности нервов является актуальной задачей хирургии [5, 6, 7].

Среди существующих в настоящее время способов замещения обширных дефектов нервов одним из наиболее дискутабельных методов является замещение дефекта нервов за счет соединения проксимального и дистального концов поврежденного нервного ствола с помощью различных видов искусственных синтетических биодеградируемых кондуитов.

Сама идея замещения дефектов нервов трубчатыми имплантатами не является новой. Первоначально такие попытки осуществлялись с помощью биологических материалов, таких как декальцинированные сегменты сосудов. В более позднее время появилась возможность изготовления синтетических трубчатых имплантатов. Результаты экспериментальных и клинических исследований эффективности реиннервации тканей после соединения поврежденных нервов с помощью кондуитов неоднозначны, но и не безнадежны. Очевидной является необходимость применения дополнительных приемов стимуляции регенеративных способностей поврежденных нервных волокон, таких как применение клеточных конструкций, использование электропроводимых материалов при разработке кондуитов, а также воздействие различных факторов роста нервной ткани [8].

В данной экспериментальной работе были использованы биодеградирующие трубки из полилактида (ПЛ) для тканевой инженерии с внутренним диаметром 1,5 мм. Эти кондуиты разработаны в институте высокомолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург. Они получены на основе биосовместимого полимера ПЛ. Основой матрицы являются пористые, проницаемые пленки или трубки из ПЛ, полученные методом электроформования.

Цель исследования: оценить эффективность восстановления утраченной при травмах иннервации тканей после замещения обширных дефектов нервов синтетическими кондуитами на основе ПЛ в эксперименте на лабораторных животных.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в 4 этапа. На первом этапе выполнено прикладное топографо-анатомическое исследование нервов тазовых конечностей лабораторных животных для постановки технического задания на изготовление синтетических кондуитов, соответствующих требованиям эксперимента.

На втором этапе выполняли моделирование травмы крупного нервного ствола лабораторных животных с последующим замещением обширного дефекта синтетическим кондуитом на основе полилактида. Всего выполнено 10 экспериментальных оперативных вмешательств на лабораторных животных (крысы линии Wistar, самцы массой 250–300 г). Оперативные вмешательства проводили в условиях экспериментальной операционной с соблюдением требований асептики и антисептики. Перед проведением хирургических манипуляций крысам выполняли неингаляционную анестезию 20% раствором Золетила («Virbac S.A.», Франция). Для введения в анестезию внутрибрюшинно вводили раствор Золетила в дозе 20 мг/кг, при этом состояние седации развивалось через 6–7 мин. Для поддержания анестезии Золетил вводили однократно подкожно в дозе 10 мг/кг. В ходе экспериментального оперативного вмешательства выполняли местную инфильтрационную анестезию 0,5% раствором новокаина. К седалищному нерву выполняли заднелатеральный доступ послойным разрезом на уровне средней трети бедра. Микрохирургический этап оперативного вмешательства проводили под оптическим увеличением с использованием операционного микроскопа Leica с бинокулярным отводом для ассистента. После мобилизации седалищного нерва для моделирования обширного дефекта нерва выполняли иссечение его ствола на протяжении 0,5–1,0 см его длины. Далее выполняли соединение проксимального и дистального концов поврежденного нерва с помощью синтетического кондуита. С каждой стороны накладывали по

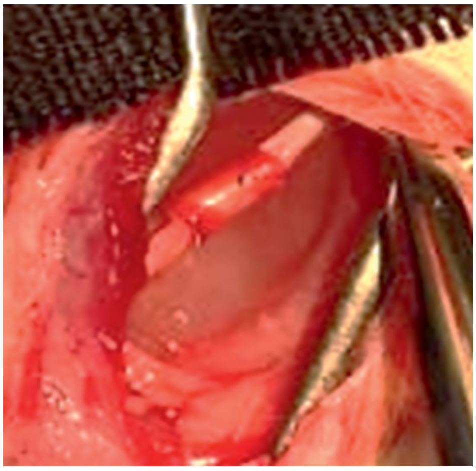


Рис. 1. Внешний вид имплантированного кондуита

2 узловых П-образных шва (Prolen 8/0). В качестве кондуитов применялись биодеградирующие матрицы для тканевой инженерии в виде трубок с внутренним диаметром 1,5 мм из ПЛ, полученные методом электроформования. (рис. 1).

В ходе третьего этапа работ для контроля функционального состояния седалищного нерва в послеоперационном периоде проводили электронейромиографию с помощью двухканального компьютерного цифрового электронейромиографа «Нейро-МВП Микро» (Россия) с прилагаемым программным обеспечением. В послеоперационном периоде стимуляционную электронейромиографию проводили по модифицированной методике с использованием игольчатых электродов. Стимулирующие электроды размещали в проекции седалищного нерва выше уровня выполненных вмешательств, а воспринимающие электроды располагали в толще мышц заднего костно-фасциального футляра голени. Для исследования спонтанной активности мышечных волокон и потенциалов двигательных единиц проводили игольчатую электронейромиографию по стандартной методике.

Четвертый (морфологический) этап исследования проводили после выведения животных из опыта. Для изготовления микропрепаратов иссекали седалищный нерв на всем протяжении бедра (рис. 2).

Фиксацию и проводку препаратов проводили по стандартным методикам. Окрашивание микропрепаратов выполняли гематоксилином и эозином. Морфологические исследования структуры тканей проводили на изображениях, полученных при сканировании микропрепаратов в автоматическом сканере 3DHISTECH Pannoramic MIDI (Венгрия).

Все этапы экспериментального исследования выполнялись с соблюдением Международных ре-

Рис. 2. Внешний вид имплантата и окружающих вокруг него тканей во время забора кондуита

комендаций по проведению медико-биологических исследований с использованием животных (Женева, 1985 и 2000 гг.).

Результаты и их обсуждение. По результатам выполненного прикладного топографо-анатомического исследования нервов тазовых конечностей экспериментальных животных было выяснено, что у крыс седалищный нерв отдает двигательные ветви к мышцам бедра сразу по выходу из подгрушевидного отверстия. На уровне бедра в составе ствола седалищного нерва в ходе препаровки визуализировались три крупных пучка, которые представляли большеберцовый нерв, общий малоберцовый нерв и задний кожный нерв голени. Таким образом, при планировании экспериментальной травмы с формированием дефекта седалищного нерва и его последующим устранением с помощью кондуита, наиболее приемлемым уровнем оперативных вмешательств является средняя треть бедра. Такой подход при отсутствии повреждений двигательных ветвей к мышцам заднего костно-фасциального футляра бедра позволяет сохранять двигательную активность проксимального сегмента тазовой конечности.

Оптимальным доступом к седалищному нерву по условиям эксперимента являлся заднелатеральный доступ. Данный вид доступа позволял без особых трудностей визуализировать в операционной ране седалищный нерв и выполнять все этапы моделирования травмы нерва, а также замещение посттравматического дефекта с помощью синтетического кондуита. Вместе с тем, расположение послеоперационного рубца на заднелатеральной поверхности бедра в послеоперационном периоде существенно снижало вероятность преждевременного самостоятельного снятия послеоперационных швов.

В послеоперационном периоде на ранних сроках наблюдения нарушение двигательных функций мышц голени и стопы отмечалось у всех лабораторных животных на стороне выполненных экспериментальных вмешательств. Эти нарушения проявлялись в отставании тазовой конечности при свободном перемещении животных в пределах вольера. При исследовании сложного непроизвольного рефлекса подготовки к приземлению (лифтный рефлекс) на стороне оперативных вмешательств отсутствовало движение разведения пальцев по сравнению с контралатеральной конечностью. Проведение нервных импульсов по интактным ветвям седалищного нерва вызывало сокращение мышц голени, включая наружный разгибатель пальцев стопы, сокращение которого обуславливает разгибание и отведение кнаружи двух латеральных пальцев.

На сроках наблюдения, превышающих 30 суток от момента оперативных вмешательств, на стороне операции отмечалось вынужденное положение пальцев стопы в состоянии сгибания, а также дефекты кожного покрова пальцев и стопы.

Эти раны животные наносили себе самостоятельно в отсутствии внешних видимых причин или стимулов. По всей видимости, причиной данных дефектов стали парестезии на фоне сдавления чувствительных волокон в области экспериментального шва. Вместе с тем, ни вынужденное положение пальцев стопы, ни наличие дефектов покровов в области стопы и пальцев не оказывали выраженного влияния на ограничение свободных перемещений животных.

При выполнении электронейромиографии на ранних сроках наблюдения в послеоперационном периоде отмечались признаки денервации мышц-мишеней пересеченных и восстановленных с помощью кондуитов нервов. В режиме мониторинга мышечной активности визуализировались потенциалы фибрилляции денервированных мышц и множество положительных острых волн (рис. 3).

По результатам стимуляционной электронейромиографии даже на поздних сроках наблюдения (100 и 140 суток после операции) отчетливого моторного ответа мышц-мишеней восстановленных нервов зафиксировать не удалось. Таким образом, результаты электронейромиографии свидетельствовали о полной денервации мышц голени и стопы после соединения проксимального и дистального концов поврежденного в эксперименте седалищного нерва с помощью синтетического кондуита, несмотря на его электропроводимость.

При макроскопическом исследовании области экспериментальных вмешательств отмечалось

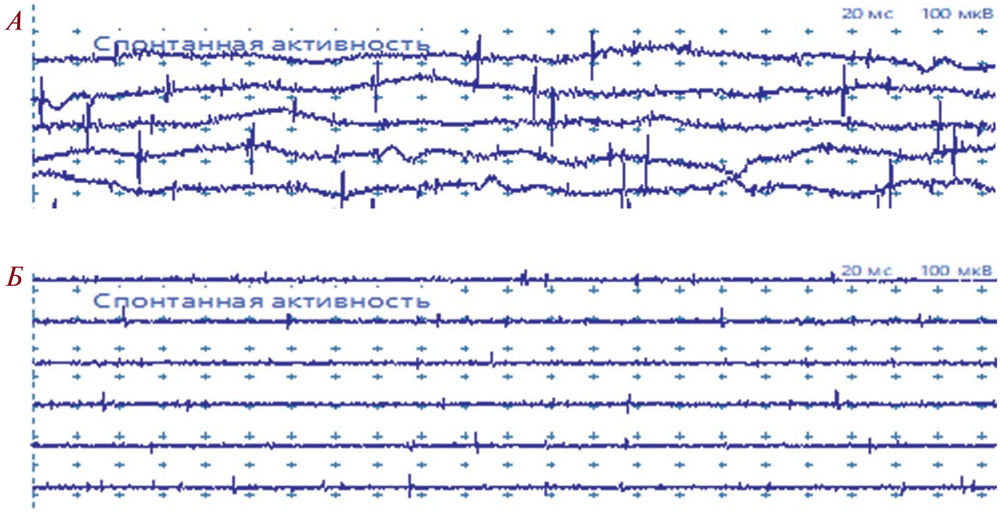
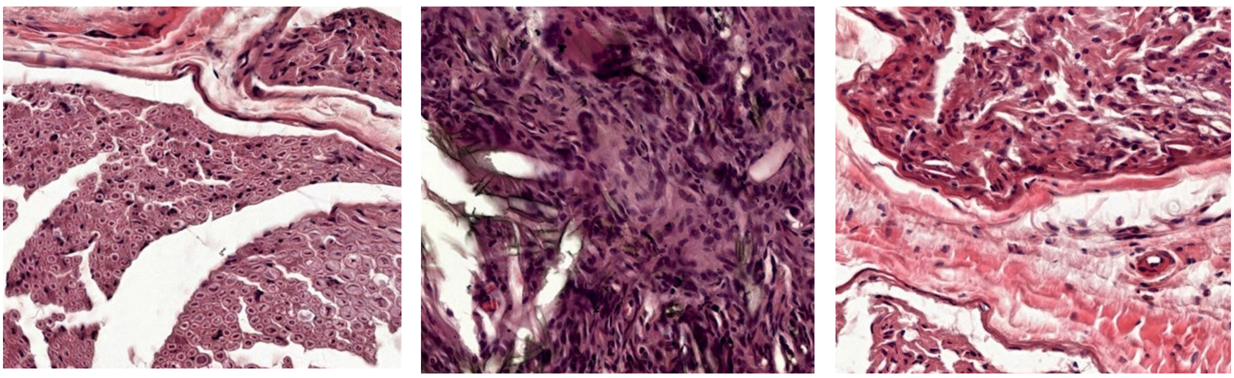


Рис. 3. Электрическая активность денервированной в эксперименте икроножной мышцы на 10 (А) и 30 (Б) сутки после экспериментального оперативного вмешательства

разрастание соединительной ткани с вовлечением в послеоперационный рубец седалищного нерва. Внутри фиброзных тяжей визуализировались проксимальный и дистальный сегменты соединенного кондуитом нерва. Сам трубчатый имплантат представлял собой эластическое образование цилиндрической формы темного цвета, плотно спаянное с окружающими тканями. Проксимальный сегмент пересеченного и подшитого к кондуиту седалищного нерва внешне не отличался от интактного нерва на контралатеральной конечности. Дистальный сегмент седалищного нерва, подшитого к кондуиту, визуально имел меньший по сравнению с проксимальным концом диаметр и выглядел практически обесцвеченным.

В ходе морфологического исследования на микропрепаратах продольных и поперечных срезах седалищных нервов в области экспериментальных оперативных вмешательств визуализировался частично резорбированный трубчатый имплант с фиксированными к нему проксимальным и дистальным концами пересеченного нерва. Выше области оперативного вмешательства структура седалищного нерва не имела каких-либо отличий от контралатеральной интактной конечности (рис. 4). Внутри периневральных футляров визуализировались миелинизированные нервные волокна без признаков дегенеративных изменений. Со стороны проксимального конца подшитого к кондуиту нерва отмечалось истончение соединительнотканных оболочек в зоне наложения микрохирургических швов. Нервные волокна характеризовались разнонаправленным расположением, причем на препаратах одновременно визуализировались как продольно, так и поперечно расположенные волокна по отношению к плоскости среза.



А Б В

Рис. 4. Структура тканей седалищного нерва на стороне операции: А — проксимальный сегмент выше зоны оперативного вмешательства, Б — на уровне середины трубчатого импланта, В — дистальный сегмент седалищного нерва, подшитого к кондуиту (поперечные срезы, окраска гематоксилином и эозином, ув. ×40)

Внутри трубчатого имплантата нервные волокна визуализировались только вблизи проксимального конца. Расположение визуализированных нервных волокон также не являлось линейным. В просвете среднего и дистального отделов кондуита отмечалось только наличие синтетических волокон, формировавших стенки кондуита, окруженных соединительнотканными и клеточными элементами.

Дистальный сегмент нервного ствола, подшитого к кондуиту, характеризовался признаками полной дегенерации нервных волокон. Внутри периневральных футляров миелинизированных нервных волокон отмечено не было. Внутри пучков седалищного нерва располагались шванновские клетки, разделенные большим количеством соединительной ткани.

Заключение. Соединение концов поврежденного в эксперименте нерва позволило предотвратить ретракцию проксимального и дистального концов вшитого в кондуит нерва, а также препятствовало их вовлечению в послеоперационный рубец. Регенерирующие нервные волокна из проксимального сегмента, вшитого в кондуит нерва, заполнили внутренний просвет имплантата и сформировали неврому. Таким образом, соединение концов поврежденного нерва с помощью кондуита из ПЛ способствует сохранению относительно благоприятных условий для последующих реконструктивных операций на нервах. Использование кондуита из ПЛ для соединения концов поврежденных нервов в качестве самостоятельного оперативного приема требует разработки способов стимулирования направленного роста регенерирующих нервных волокон из проксимального сегмента для реиннервации дистального сегмента восстанавливаемого нерва.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Millesi H. Peripheral nerve repair: terminology, questions, and facts. *J Reconstr Microsurg*. 1985;2(1):21–31. DOI: 10.1055/s-2007-1007042.
2. Wojtkiewicz D.M., Saunders J., Domeshek L., et al. Social impact of peripheral nerve injuries. *Hand (NY)*. 2015;10(2):161–167. DOI: 10.1007/s11552-014-9692-0.
3. *Гайворонский А.И., Губочкин Н.Г., Чуриков Л.И., и др.* Вклад сотрудников военно-медицинской академии в развитие хирургии периферических нервов // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2020. № 1 (69). С. 238–241. DOI: 10.17816/brmma26000 EDN: NHTKFQ.
4. *Сатторов Х.И., Ходжамурадов Г.М., Шаймонов А.Х., Хасанов М.А.* Современное состояние вопроса хирургического лечения проксимальных повреждений нервов верхних конечностей // Евразийский научно-медицинский журнал «Сино». 2021. № 1–2 (2). С. 37–43. DOI: 10.54538/27075265_2021_12_37 EDN: ZUHCWJ.
5. Millesi H. Bridging defects: autologous nerve grafts. *Acta Neurochir Suppl*. 2007;100:37–38. DOI: 10.1007/978-3-211-72958-8_8.
6. *Литвиненко И.В., Одинак М.М., Живолупов С.А., и др.* Клинико-инструментальные характеристики травматических поражений периферических нервов конечностей // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2018. № 3 (63). С. 50–56. EDN: KPDXNM.
7. *Масгутов Р.Ф., Ризванов А.А., Богов А.А., и др.* Современные тенденции лечения повреждений периферических нервов // Практическая медицина. 2013. Т. 2, № 1–2. С. 99–103. EDN: RLESGX.
8. Mackinnon S.E., Dellon A.L. Clinical nerve reconstruction with a bioabsorbable polyglycolic acid tube. *Plast Reconstr Surg*. 1990;85(3):419–424. DOI: 10.1097/00006534-199003000-00015.

REFERENCES

1. Millesi H. Peripheral nerve repair: terminology, questions, and facts. *J Reconstr Microsurg*. 1985;2(1):21–31. DOI: 10.1055/s-2007-1007042.
2. Wojtkiewicz D.M., Saunders J., Domeshek L., et al. Social impact of peripheral nerve injuries. *Hand (NY)*. 2015;10(2):161–167. DOI: 10.1007/s11552-014-9692-0.
3. Gaivoronsky A.I., Gubochkin N.G., Churikov L.I., et al. Contribution of the Staff of the Military Medical Academy to the Development of Peripheral Nerve Surgery. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2020;(1):238–241. (In Russ.). DOI: 10.17816/brmma26000 EDN: NHTKFQ.

4. Sattorov Kh.I., Khodzhamuradov G.M., Shaimonov A.Kh., Khasanov M.A. The Current State of the Surgical Treatment of Proximal Nerve Damage Upper Extremities. *Eurasian Scientific and Medical Journal «Sino»*. 2021;(1–2):37–43. (In Russ.). DOI: 10.54538/27075265_2021_12_37 EDN: ZUHCWJ.
5. Millesi H. Bridging defects: autologous nerve grafts. *Acta Neurochir Suppl*. 2007;100:37–38. DOI: 10.1007/978-3-211-72958-8_8.
6. Litvinenko I.V., Odinak M.M., Zhivolupov S.A., et al. Clinical and Instrumental Characteristics of Traumatic Lesions of Peripheral Nerves of Limbs. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2018;(3):50–56. (In Russ.). EDN: KPDXNM.
7. Masgutov R.F., Rizvanov A.A., Bogov A.A., et al. Current Trends for Treatment of Peripheral Nerve Injuries. *Prakticheskaya Meditsina*. 2013;2(1-2):99–103. (In Russ.). EDN: RLESGX.
8. Mackinnon S.E., Dellon A.L. Clinical nerve reconstruction with a bioabsorbable polyglycolic acid tube. *Plast Reconstr Surg*. 1990;85(3):419–424. DOI: 10.1097/00006534-199003000-00015.

АВТОРЫ
Орлов Владимир Петрович, д.м.н., проф. — ORCID:0000-0002-5009-7117
Ништ Алексей Юрьевич, д.м.н., доц. — ORCID: 0000-0002-6696-1897
Сапурина Ирина Юрьевна, д-р хим. наук — ORCID: 0000-0001-7579-7577
Гаврилюк Борис Леонтьевич — AuthorID: 635920
Толкач Павел Геннадьевич, д.м.н. — ORCID: 0000-0001-5013-2923
Стрельцов Максим Евгеньевич — ORCID: 0009-0007-1540-5624

AUTHORS
Orlov Vladimir Petrovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID:0000-0002-5009-7117
Nisht Aleksey Yur'evich, Dr.Sci. (Medicine), Assoc. Prof. — ORCID: 0000-0002-6696-1897
Sapurina Irina Yur'evna, Dr.Sci. (Chemistry) — ORCID: 0000-0001-7579-7577
Gavrilyuk Boris Leont'evich — AuthorID: 635920
Tolkach Pavel Gennad'evich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0001-5013-2923
Streltsov Maksim Evgen'evich — ORCID: 0009-0007-1540-5624

УДК 617-089.5.15/.16
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_66

СТРЕСС–ПРОТЕКТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ ОБЩЕЙ КОМБИНИРОВАННОЙ АНЕСТЕЗИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ АНЕСТЕТИКОВ ПРИ ВЫСОКОТРАВМАТИЧНЫХ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ

© И.А. СОКОРНОВ, Л.П. ПИВОВАРОВА, В.Н. ЛАПШИН, М.Е. МАЛЫШЕВ, И.В. ОСИПОВА, О.Б. АРИСКИНА, Н.К. РАЗУМОВА
ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются результаты исследования маркеров стресса у пациентов, которым проводилась комбинированная общая анестезия с применением галогенсодержащих газообразных анестетиков и искусственной вентиляции легких во время операций высокой травматичности.

Цель: изучить влияние комбинированной анестезии с использованием севофлурана и фентанила на содержание гормонов стресса и иммунологических маркеров в периоперационном периоде у пациентов с высокой степенью операционно-анестезиологического риска.

В ходе исследования был проведен сравнительный анализ уровня содержания CD3-, CD4-лимфоцитов, адренокортикотропного гормона, тиреотропного гормона, тироксина и кортизола в течение периоперационного периода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оперативные вмешательства высокого риска, анестезиологическое пособие, маркеры стресса, периоперационный период.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Сокорнов И.А., Пивоварова Л.П., Лапшин В.Н., Малышев М.Е., Осипова И.В., Арискина О.Б., Разумова Н.К. Стресс-протективное действие общей комбинированной анестезии с применением галогенсодержащих анестетиков при высокотравматичных оперативных вмешательствах // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 66–71.

GENERAL COMBINED ANESTHESIA STRESS-PROTECTIVE EFFECT WITH THE USE OF HALOGEN-CONTAINING ANESTHETICS FOR HIGHLY TRAUMATIC SURGICAL INTERVENTIONS

© I.A. SOKORNOV, L.P. PIVOVAROVA, V.N. LAPSHIN, M.E. MALYSHEV, I.V. OSIPOVA, O.B. ARISKINA, N.K. RAZUMOVA
St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

The article presents the results of a study of stress markers during high-grade trauma operations in patients who underwent combined general anesthesia using artificial lung ventilation.

The aim of the study was to assess the adequacy of combined general anesthesia in patients with high surgical and anesthetic risk by examining the content of stress–implementing hormones and T-lymphocytes in venous blood before, during and after surgery.

A comparative analysis of the levels of CD3, CD4 lymphocytes, ACTH, TSH, thyroxine, and cortisol during the perioperative period was carried out.

KEYWORDS: high-risk surgical interventions, anesthesiological care, stress markers, perioperative period.

TO CITE THIS ARTICLE. Sokornov I.A., Pivovarova L.P., Lapshin V.N., Malyshev M.E., Osipova I.V., Ariskina O.B., Razumova N.K. General Combined Anesthesia Stress-Protective Effect with the Use of Halogen-Containing Anesthetics for Highly Traumatic Surgical Interventions. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):66–71.

Актуальность. Адекватное обезболивание является обязательным и важным условием, препятствующим развитию и проявлениям стресс-реакции во время оперативного вмешательства, которое считается индуктором гормонально-гуморального ответа и вызывает выраженные изменения со стороны вегетативной нервной системы. И, таким образом, опосредованно оказывает отрицательное воздействие на большинство функций различных систем и органов [10]. По этой причине анестезиологическое пособие является необходимым компонентом при лечении многих хирургических заболеваний и защитой организма больного во время оперативного вмешательства. Эффективное обезболивание не только защищает от хирургического стресса, но и способствует нормализации функционального состояния организма пациента, что позитивно отражается на результатах лечения [5, 9].

В клинической практике используются различные виды анестезиологического пособия и средства для их реализации, выбор которых зависит от характера и тяжести заболевания, продолжительности и технической сложности предстоящей операции, коморбидного фона и текущего функционального состояния больного, его компенсаторных возможностей и медикаментозно-аппаратного обеспечения [2, 6, 10].

Выбор способа анестезии неоднозначен, как и оценка ее эффективности. Значительные трудности возникают при анестезиологическом обеспечении полостных высокотравматичных продолжительных оперативных вмешательствах у лиц преклонного возраста. В большинстве случаев рекомендуемых для мониторинга параметров гомеостаза достаточно для оценки общего состояния пациента и качества анестезиологического пособия. Однако выбор основного анестетика при продолжительных оперативных вмешательствах по-прежнему является актуальной проблемой. Исследование содержания гормонов стресса и иммунологических маркеров крови больных на различных этапах периоперационного периода позволит расширить наши представления об эффективности выбранного способа обезболивания [1, 3, 7, 8].

Одним из наиболее распространенных методов анестезии является общая комбинированная анестезия с использованием искусственной вентиляции легких (ИВЛ), галогенсодержащих газообразных анестетиков и анальгетика фентанила. Этот метод анестезии широко применяется в многопрофильных стационарах при оперативных вмешательствах высокого операционно-анестезиологического риска.

Цель исследования: изучить влияние комбинированной анестезии с использованием севофлурана и фентанила на содержание гормонов стресса и иммунологических маркеров в периоперационном периоде у пациентов с высокой степенью операционно-анестезиологического риска.

Материал и методы. В исследование были включены 22 пациента (возраст 50,2±9,9 лет, 90% мужчин). Все участники исследования имели риск анестезии II–III классу по ASA. Пациентам были проведены операции на органах брюшной полости, относившиеся к 3 и 4 классам травматичности. Характер и количество оперативных вмешательств представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характер оперативных вмешательств и их количество

Характер операции	Количество
Лапаротомия. Гастрэктомия.	6
Восстановление проходимости толстой кишки	3
Гибридная операция на сосудах нижних конечностей (эндартерэктомия из БПС, баллонная ангиопластика)	1
Эндартерэктомия из аорто-бедренного и подвздошно-бедренного сегментов	1
Резекция илеоцекального угла с наложением илеотрасверзоанастомоза	1
Резекция сигмовидной кишки с первичным анастомозом	6
Транспедикулярная фиксация	4
Всего	**22**

Подготовка к хирургическому вмешательству включала применение М-холиноблокаторов (атропина сульфата в дозе 0,01 мг/кг), а также антигистаминных препаратов (Димедрола в дозе 0,1–0,5 мг/кг или Супрастина в дозе 0,3–0,5 мг/кг). Всем пациентам была проведена общая анестезия с принудительной вентиляцией легких в режиме CMV (Control Mechanical Ventilation). Дыхательный объем составлял 7–9 мл/кг массы тела, минутный объем вентиляции — 5–7 л/мин. Средняя продолжительность операций составила 3,15±1,8 часа. Для анестезиологического обеспечения использовались препараты с коротким периодом полувыведения (пропофол, севофлуран, фентанил). В качестве средства для индукции применялся пропофол в дозировке 1,5–2,5 мг/кг у пациентов моложе 55 лет и 1 мг/кг у пациентов старше 55 лет. Поддержание анестезии осуществлялось с помощью севофлурана в концентрации 3,6–4,2 % об. и микроструйного введения фентанила в дозе 2,5–4,0 мкг/кг/ч. Средний расход фентанила составил 776±392 мкг.

Миорелаксация достигалась путем применения миорелаксантов короткого времени действия на момент интубации трахеи (Листенон 1,0–1,5 мг/кг), поддержание миорелаксации обеспечивалось путем введения рокурония в дозе 1,0 мкг/кг при интубации и поддерживающей дозы 0,075–0,1 мг/кг/час.

Для оценки глубины и качества анестезии у пациентов применяли методику, разработанную Гарвардским университетом: контролировали электрокардиограмму, артериальное давление, капнографию, пульсоксиметрию, газовый состав и кислотно-основное состояние артериальной крови, а также уровень глюкозы в крови. Для сбора данных использовали монитор Mindray iPM-9800 (Китай) и картриджный анализатор i-STAT 300 (США). Уровень сна оценивали по изменению энтропии, измеряемой с помощью монитора Carescape B 650 (Финляндия). Среднее значение этого показателя во время анестезии составляло 48±6. Одновременно с этим проводили иммуноферментный анализ крови для определения концентрации гормонов щитовидной железы: свободного тироксина (Т4св), тиреотропного гормона (ТТГ), адренокортикотропного гормона (АКТГ) и кортизола. Эти гормоны играют важную роль в поддержании гомеостаза в критических состояниях. Для определения концентрации кортизола, ТТГ и Т4св в сыворотке крови использовали тест-системы ООО «АлкорБио», для пролактина — ООО «ХЕМА» (Россия), для АКТГ — «DRG» (Германия).

В ходе исследования определялось количество лимфоцитов CD3+ и CD4+ в крови с помощью иммуноцитохимического метода с применением наборов Novocastra (Великобритания). Исследования проводились в четырех временных точках: непосредственно перед операцией, сразу после ее окончания, через 24 часа после операции и через 3 дня. Все пациенты успешно перенесли хирургические вмешательства и ранний послеоперационный период без каких-либо осложнений, угрожающих жизни.

Для статистической обработки полученных данных применялись методы вариационной статистики, включая расчет средних значений и стандартных отклонений. Также были проведены парные сравнения и корреляционный анализ. Для оценки статистической значимости различий использовался Т-критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. В ходе операции осуществлялся мониторинг и оценка частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического, диастолического и среднего артериального давления (АДс, АДд, АДср), сердечного ритма, электрокардиографических изменений. Также контролировались частота дыхания (ЧД) дыхательный объем (ДО), минутная вентиляция (МОД), максимальное давление в дыхательных путях (Pmax), показатели капнографии (C_ICO_2, C_ECO_2). На разных этапах операции проводился анализ газов в артериальной и смешанной венозной крови, а также кислотно-основного состояния (КОС). Средние значения основных показателей, которые отслеживались в ходе операции, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Данные периоперационного мониторинга (M±m)

	Этапы периоперационного наблюдения	Начало операции	Середина операции	Конец операции	Через 3 ч после операции
Параметры	ЧСС, уд. в мин.	82,1±11,4	68,3±8,1	83,2±9,1	85,1±7,8
	Систолическое АД, мм. рт. ст.	130,9±10,1	118,6±7,9	127,1±9,7	135,2±5,9
	Диастолическое АД, мм. рт. ст.	80,0±9,7	68,6±7,9	68,6±7,9	87,7±7,3
	Среднее АД, мм рт. ст.	97,0±9,3	86,0±8,1	94,5±6,0	101,5±4,5
	ЧДД, в мин.	20,2±1,7	16,4±1,6	18,5±1,9	21,0±1,0
	ДО, мл	516,1±101,6	502,1±94,7	519,5±101,3	526±101,6
	МОД, л/мин	10,3±2,3	8,2±1,8	9,5±2,1	11,0±2,3
	Pmax, см вод. ст.	17,8±1,2	15,2±1,6	15,8±1,4	17,9±1,0
	PiCO2, мм рт. ст.	0,246±0,022	0,253±0,03	0,249±0,026	0,25±0,034
	PeCO2, мм рт. ст.	42,1±3,2	38,8±3,1	40,5±3,1	38,0±2,9
	PaO2, мм рт. ст.	105,8±8,7	100,0±7,5	102,7±7,8	104,4±8,3
	PaCO2, мм рт. ст.	40,9±3,6	39,7±3,1	41,2±2,4	41,1±3,4
	SaO2, %	97,9±1,4	98,5±1,5	97,8±1,2	98,1±1,5
	PvO2, мм рт. ст.	38,1±0,4	38,2±0,4	37,9±0,5	37,9±0,4
	PvCO2, мм рт. ст.	43,2±4,5	42,7±5,6	39,3±4,0	40,0±5,0
	pH	7,4±0,03	7,4±0,04	7,4±0,03	7,39±0,02
	BE	–0,4±0,5	0,0±0,4	–0,2±0,6	0,3±0,7

Анализируя данные представленные в таблице можно сделать следующее заключение. Показатели гемодинамики, газового состава крови и кислотно-щелочного баланса в периоперационном периоде не претерпели существенных изменений и оставались в пределах референтных значений.

Уровень сна во время анестезии контролировался при динамической оценке параметров энтропии (RE). В начале и конце операции он соответствовал значениям, характерным для бодрствования и поверхностной анестезии: 94±5,3 и 90±3,6 соответственно. В середине операции уровень энтропии соответствовал значениям, характерным для глубокой анестезии (52±6,1). Через три часа после операции уровень сна указывал на полное пробуждение пациента [11].

Период, в течение которого мышечный тонус начинал восстанавливаться, составил 0,34±0,14 часа, реакция на голос появлялась через 0,61±0,29 часа, экстубация осуществлялась в среднем через 0,97±0,49 часа, а полное пробуждение наступало через 1,25±0,69 часа после начала операции. Эти данные представлены на графике (рис. 1).

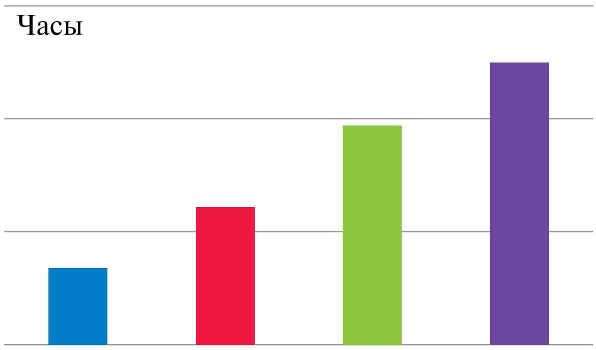


Рис. 1. Этапы выхода из анестезии

В ходе исследования были проанализированы образцы смешанной венозной крови, взятые до операции, сразу после операции и на первые и третьи сутки после хирургического вмешательства. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. Значение маркеров стресса в периоперационном периоде (M ± m)

Показатель / Время	CD3+, •109/л	CD4+, •109/л	АКТГ, пг/мл	Кортизол, нмоль/л	ТТГ мЕд/л	Т4 пмоль/л
До операции	0,87±0,17	0,52±0,09	145,8±84,8	1371±258	2,87±0,6	12±0,9
После операции	0,7±0,12	0,42±0,06	227,9±97,0	1826±305	4,38±1,4	14,5±0,9*
1 сутки	0,81±0,18	0,47±0,1	204,4±143,8	1830±173	1,9±0,9*	13,9±0,6
3–5 сутки	0,76±0,1	0,5±0,07	49,0±20,81	1350±154*	2,11±0,5	14,1±0,7

* — достоверные различия по сравнению с предыдущим этапом исследования $p < 0,05$

Анализируя данные, представленные в таблице, можно заключить, что у всех пациентов не наблюдались достоверные изменения уровня $CD3^{+}$ и $CD4^{+}$ Т-лимфоцитов на всех этапах оперативного вмешательства. На 3 сутки после операции наблюдали формирование адаптивной реакции на стресс и нормализацию содержания в крови АКТГ (49,0±20,81 пг/мл), однако уровень кортизола (1350±154 нмоль/л) оставался повышенным даже на 3–5 сутки после операции. Обращает на себя внимание снижение уровня ТТГ с 4,38±1,4 мЕд/л после операции до 1,9±0,9 мЕд/л через сутки после оперативного вмешательства.

Выводы:

1. Значимое повышение уровня кортизола в первые сутки после операции (с 1371 до 1830 нмоль/л, $p < 0,05$) не сопровождалось достоверным повышением АКТГ (со 145 до 227 пг/мл, $p > 0,05$). Вероятно, это связано с автономной секрецией кортизола надпочечниками, не зависящей от гипофизарной регуляции.
2. Резкое снижение АКТГ к третьим суткам (49 пг/л) при сохраняющемся высоком уровне кортизола (1350 нмоль/л) может свидетельствовать о потере чувствительности гипофиза к отрицательной обратной связи или наличия внегипофизарных стимулов для секреции кортизола.
3. Снижение уровня ТТГ (с 4,3 до 1,9 мЕд/л) на фоне роста уровня Т4 (с 12,4 до 14,5 пмоль/л) является диссоциацией между ТТГ и периферическими тиреоидными гормонами в условиях системного стресса и подтверждает эутиреоидный синдром, характерный для критических состояний.
4. Незначимые изменения АКТГ при выраженном росте кортизола позволяют предположить, что выбранный вид анестезии не блокировал прямую активацию надпочечников (например, за счет симпатоадреналовой системы или цитокинового каскада) и требует дополнения регионарными техниками (эпидуральная анестезия, методики послеоперационного обезболивания с помощью проводниковых методов).
5. Результаты работы демонстрируют сложный паттерн стресс-ответа, где активация

кортизола происходит преимущественно за счет механизмов, независимых от АКТГ, что свидетельствует о преобладании альтернативных путей активации надпочечников и требует дальнейшего изучения роли цитокинового и симпатоадреналового компонентов стресс-реакции.

6. Преимуществом данного способа обезболивания является его адекватная «управляемость», которая способствует благоприятному течению анестезии, что особенно важно для пациентов с тяжелым коморбидным фоном и ограниченным функциональным резервом.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобров Ю.Ф., Гамаюнова В.Б., Позняков В.В., Дильман В.М.* Изменение секреции гормонов в процессе хирургического вмешательства и наркоза у опухолевых больных // Актуальные вопросы обезболивания в онкологии. Ленинград, 1984. С. 107–123.
2. *Гологорский В.А., Гриненко Т.Ф., Макарова Л.Д.* О проблеме адекватности общей анестезии // Анестезиология и реаниматология. 1988. № 2. С. 3–5.
3. *Китиашвили И.З., Власов А.С., Пушкарев А.С.* Периоперационные факторы и их влияние на иммунную систему // Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т. 11, № 4. С. 54–57.
4. *Осипова Н.А.* Пропофол (диприван) в современной поликомпонентной общей анестезии // Вестник интенсивной терапии. 1999. № 1. С. 7–10.
5. Полушин Ю.С*., Яворовский А.Г.* Анестезиология: национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. 808 с.
6. *Щеголев А.В.* Общая и частная анестезиология. СПб., МедЛит, 2018. 319 с.
7. Cain D.W., Cidlowski J.A. Immune regulation by glucocorticoids. *Nat Rev Immunol*. 2017;17(4):233–247. DOI: 10.1038/nri.2017.1.
8. Gimsa U., Tuchscherer M., Kanitz E. Psychosocial Stress and Immunity-What Can We Learn From Pig Studies? *Front Behav Neurosci*. 2018;12:64. DOI: 10.3389/fnbeh.2018.00064.
9. Kehlet H. Surgical stress: the role of pain and analgesia. *Br J Anaesth*. 1989;63(2):189-95. DOI: 10.1093/bja/63.2.189.
10. Kehlet H, Dahl JB. Postoperative pain. World J Surg. 1993 Mar-Apr;17(2):215-9. DOI: 10.1007/BF01658929.
11. Elgebaly A.S., El Mourad M.B., Fathy S.M. The role of entropy monitoring in reducing propofol requirements during open heart surgeries. A prospective randomized study. *Ann Card Anaesth*. 2020;23(3):272–276. DOI: 10.4103/aca.ACA_184_18.

REFERENCES

1. Bobrov Yu.F., Gamayunova V.B., Poznyakov V.V., Dil'man V.M. Izmenenie sekretsii gormonov v protsesse khirurgicheskogo vmeshatel'stva i narkoza u opukholevykh bol'nykh [Changes in hormone secretion during surgery and anesthesia in cancer patients]. *Aktual'nye voprosy obezbolivaniya v onkologii*. Leningrad; 1984:107–123. (In Russ.).
2. Gologorskiy V.A., Grinenko T.F., Makarova L.D. O probleme adekvatnosti obshchey anestezii [On the problem of the adequacy of general anesthesia]. *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 1988;(2):3–5. (In Russ.).
3. Kitiashvili I.Z., Vlasov A.S., Pushkarev A.S. Perioperatsionnye faktory i ikh vliyanie na immunnuyu sistemu [Perioperative factors and their impact on the immune system]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2007;11(4):54–57. (In Russ.).
4. Osipova N.A. Propofol (diprivan) v sovremennoy polikomponentnoy obshchey anestezii [Propofol (Diprivan) in modern multicomponent general anesthesia]. *Vestnik intensivnoy terapii*. 1999;(1):7–10. (In Russ.).
5. Polushin Yu.S., Yavorovskiy A.G. *Anesteziologiya: natsional'noe rukovodstvo [Anesthesiology: National Guidelines]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2023. (In Russ.).
6. Shchegolev A.V. *Obshchaya i chastnaya anesteziologiya [General and Special Anesthesiology]*. St. Petersburg: MedLit; 2018. (In Russ.).

7. Cain D.W., Cidlowski J.A. Immune regulation by glucocorticoids. *Nat Rev Immunol*. 2017;17(4):233–247. DOI: 10.1038/nri.2017.1.
8. Gimsa U., Tuchscherer M., Kanitz E. Psychosocial Stress and Immunity-What Can We Learn From Pig Studies? *Front Behav Neurosci*. 2018;12:64. DOI: 10.3389/fnbeh.2018.00064.
9. Kehlet H. Surgical stress: the role of pain and analgesia. *Br J Anaesth*. 1989;63(2):189-95. DOI: 10.1093/bja/63.2.189.
10. Kehlet H, Dahl JB. Postoperative pain. World J Surg. 1993 Mar-Apr;17(2):215-9. DOI: 10.1007/BF01658929.
11. Elgebaly A.S., El Mourad M.B., Fathy S.M. The role of entropy monitoring in reducing propofol requirements during open heart surgeries. A prospective randomized study. *Ann Card Anaesth*. 2020;23(3):272–276. DOI: 10.4103/aca.ACA_184_18.

АВТОРЫ
Сокорнов Иван Александрович — ORCID: 0009-0004-9750-1529
Пивоварова Людмила Павловна, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-9492-4516
Лапшин Владимир Николаевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0009-0000- 7283-2875
Малышев Михаил Евгеньевич, д-р биол. наук — ORCID: 0000-0001-7549-682X
Осипова Ирина Викторовна, канд. биол. наук — ORCID: 0000-0002-1831-9111
Арискина Ольга Борисовна, канд. биол. наук — ORCID: 0000-0001-6311-1259
Разумова Нина Константиновна, канд. биол. наук — ORCID: 0009-0006-2954-857X

AUTHORS
Sokornov Ivan Alexandrovich — ORCID: 0009-0004-9750-1529
Pivovarova Lyudmila Pavlovna, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-9492-4516
Lapshin Vladimir Nikolaevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0009-0000- 7283-2875
Malyshev Mikhail Evgenievich, Dr.Sci. (Biology) — ORCID: 0000-0001-7549-682X
Osipova Irina Viktorovna, Ph.D. in Biology — ORCID: 0000-0002-1831-9111
Ariskina Olga Borisovna, Ph.D. in Biology — ORCID: 0000-0001-6311-1259
Razumova Nina Konstantinovna, Ph.D. in Biology — ORCID: 0009-0006-2954-857X

УДК 617-089 : 519.711.2
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_72

НОВЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКА РАЗВИТИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ В ХИРУРГИИ

© А.А. СОЛОМАХА[1,2], Д.В. УЛЫБИНА[2]
[1] ГБУЗ «Пензенская областная клиническая больница им. Н.Н. Бурденко», Пенза, Россия
[2] Медицинский институт ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия

РЕЗЮМЕ

Высокая распространенность послеоперационных осложнений в хирургии ставит перед медицинским сообществом задачу разработки точных и надежных методов их предсказания. Существующие подходы часто обладают недостаточной прогностической способностью, особенно в сложных клинических случаях.

ЦЕЛЬ: выполнить теоретическое обоснование и практическую реализацию метода прогнозирования осложнений в хирургии на основе комбинированного подхода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Предложен комбинированный метод прогнозирования послеоперационных осложнений в хирургии, сочетающий метод группового учета аргументов и нейросетевые алгоритмы. Использован подход многорядной самоорганизации дискриминантных функций, включающий кросс-валидацию, итерационную оптимизацию и отбор моделей по критерию минимальной ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ. На основе анализа 13 клинических случаев с 19 показателями, включая лабораторные и клинические данные, выявлены ключевые трехфакторные комбинации показателей, обеспечивающие точность прогноза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Разработанный метод показал высокую эффективность в прогнозировании гнойно-септических осложнений и может быть внедрен в клиническую практику для снижения рисков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прогнозирование, послеоперационные осложнения, метод группового учета аргументов, нейросетевые алгоритмы, клиническая аналитика.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Соломаха А.А., Улыбина Д.В. Новый метод прогнозирования риска развития осложнений в хирургии // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 72–79.

A NEW METHOD FOR PREDICTING THE RISK OF COMPLICATIONS IN SURGERY

© A.A. SOLOMAKHA[1,2], D.V. ULYBINA[2]
[1] Penza Regional Clinical Hospital named after N.N. Burdenko, Penza, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Medical Institute of Penza State University”, Penza, Russia

ABSTRACT

The high prevalence of postoperative complications in surgery poses the challenge for the medical community to develop accurate and reliable methods for their prediction. Existing approaches often have insufficient predictive ability, especially in complex clinical cases.

AIM: to carry out the theoretical substantiation and practical implementation of the method of predicting complications in surgery based on a combined approach.

MATERIAL AND METHODS. A combined method for predicting postoperative complications in surgery is proposed, combining the method of group consideration of arguments and neural network algorithms. The multi-row self-organization approach of discriminant functions is used, including cross-validation, iterative optimization, and model selection based on the minimum error criterion.

RESULTS. Based on the analysis of 13 clinical cases with 19 indicators, including laboratory and clinical data, key three-factor combinations of indicators were identified to ensure the accuracy of the forecast.

CONCLUSION. The developed method has shown high efficiency in predicting purulent-septic complications and can be implemented in clinical practice to reduce risks.

KEYWORDS: forecasting, postoperative complications, method of group consideration of arguments, neural network algorithms, clinical analytics.

TO CITE THIS ARTICLE. Solomakha A.A., Ulybina D.V. A New Method for Predicting the Risk of Complications in Surgery. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):72–79.

Современная хирургия сталкивается с серьезной проблемой послеоперационных осложнений, которые не только ухудшают результаты лечения, но и значительно увеличивают нагрузку на систему здравоохранения. Согласно исследованиям, послеоперационные осложнения возникают у 15–25% пациентов после обширных хирургических вмешательств, а в случае таких операций, как кардиохирургия или обширные резекции в онкологии, этот показатель может достигать 30–40% [1, 2]. При этом на долю послеоперационных осложнений приходится до 30% всех госпитальных расходов, что создает значительную финансовую нагрузку на медицинские учреждения [3].

Традиционные методы прогнозирования, основанные на клиническом опыте и статистических моделях, часто оказываются недостаточно точными, особенно в сложных клинических случаях.

Развитие методов раннего выявления рисков способствует минимизации осложнений и улучшению клинических исходов. Метод группового учета аргументов (МГАУ), предложенный А.Г. Ивахненко в 1968 г., хотя и обладает значительным потенциалом, не получил широкого распространения в данной области [4, 5]. В последние же годы наблюдается возрождение интереса к идеям Ивахненко в контексте развития искусственного интеллекта. Его подход к построению моделей через групповую обработку признаков и многоуровневую самоорганизацию оказался удивительно «созвучен» современным нейросетевым архитектурам. При этом метод МГАУ сохраняет важное преимущество — прозрачность и интерпретируемость получаемых моделей, что особенно ценно в медицине, где «черный ящик» нейросетей зачастую затрудняет их внедрение в клиническую практику. Исследования показывают, что гибридные модели, сочетающие МГАУ с машинным обучением, могут повысить точность прогнозирования осложнений [6].

Таким образом, комбинированный подход, интегрирующий метод МГАУ с нейросетевыми алгоритмами, открывает новые возможности для повышения точности прогностических моделей [7, 8]. Внедрение таких систем в хирургическую практику может снизить частоту послеоперационных осложнений, что приведет не только к улучшению качества жизни пациентов, но и к значительной экономии ресурсов здравоохранения [9].

Цель работы: выполнить теоретическое обоснование и практическую реализацию метода прогнозирования осложнений в хирургии на основе комбинированного подхода.

Материал и методы. В основе предполагаемого метода лежит подход многорядной самоорганизации дискриминантных функций, который позволяет синтезировать оптимальные модели прогнозирования на основе обучающейся выборки. Обучающая последовательность *XY*, составленная из n наблюдений каждой из m независимых переменных x_{ij}, $i = 1, ..., n$, $j = 1, ..., m$ и элементов y_i вектора $\breve{Y}$ внешних указаний, принадлежащих множеству действительных чисел [10]:

$$X = \begin{vmatrix} {}_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ {}_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{vmatrix},\ Y' = \begin{vmatrix} Y_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y'_m \end{vmatrix}.$$

Наблюдения x_{ij} содержат аддитивную неопределенную составляющую v_i, относительно которой известно, что $|V_i| \le C_v$, $i = 1, ..., n$, где $C_v > 0$ — вещественное число. Переменными $x_1, x_2, ..., x_m$ могут быть результаты клинических и лабораторных исследований. В первом случае показатель x_i принимает значение 0 или 1, т.е. отсутствует или присутствует. Во втором — имеет количественные значения.

Для заданного класса Φ функций вводятся частные дискриминантные функции $f_{i1}, f_{i2}, ...$и опорная функция g от p аргументов, такая что $g(f_{i1}, ..., f_{ip}) \in \Phi$. С помощью функции g образуется суперпозиция (наложение) из дискриминантных функций $f_{i1}, ..., f_{ip}$ из чего следует, что любая частная дискриминантная функция $f_i \in \Phi$ может быть представлена конечным числом таких суперпозиций.

Введем структуру Q_i частной дискриминантной функции $f_i(x, Q_i)$, которая отображает k-ю точку последовательности X. Оптимальная структура Q_i^* определяется как обеспечивающая минимальное отклонение выходных значений Y от эталонного вектора $\breve{Y}$ для всех $x \in X$. В этом случае f_i^* можно назвать «наилучшей» дискриминантной функцией. Стоит отметить, что функция должная демонстрировать устойчивость не только на обучающейся выборке, но и на всей генеральной совокупности данных.

Практическая реализация метода включает несколько этапов. На первом этапе исходные данные разделяются на две непересекающиеся подвыборки *A* и *B*, что позволяет реализовать механизм кросс-валидации [11]. Затем запускается итерационный процесс оптимизации, где на каждом шаге вычисляется внешний критерий качества, равный разнице векторов $Y(I/J)$ и $Y'(I)$: $CR(f_i^*(x, Q_i), \breve{Y}) = |Y(I/J) - Y'(I)|$, который подлежит минимизации.

Наилучшей функцией $f_i^*(x, Q_i^*)$ будет: $f_i^*(x, Q_i^*) = argmin\,(CR(f_i(x, Q), Y))$, $i \in \Omega$, где Ω — множество всех направленных чисел, при помощи которых перечисляются все дискриминантные функции $f_i \in \Phi$.

Для определения дискриминантной функции f_i^* используется направленный перебор элементов множества Φ или многорядная самоорганизация, в которой внешний критерий CR применяется в сочетании с критериями других видов.

Процедура самоорганизации начинается с инициализации исходной матрицы данных $Z^{(0)} = X$. На каждом последующем уровне строится новая матрица $Z^{(r+1)}$ через применение опорной функции g: $Z_i^{(r+1)} = g(Z^{(r)}_{j1}, ..., Z^{(r)}_{jp})$. Из полученных вариантов отбираются F лучших по критерию CR, после чего проверяется условие остановки: $\min CR(Z^{(r-1)}_L) \leq \min CR(Z^{(r)}_L) + \delta$, где δ — заданный порог чувствительности.

Для повышения надежности модели введен дополнительный частный критерий $v_i < v_j$, который исключает дублирование дискриминантных функций, обеспечивает разнообразие моделей на каждом уровне, автоматически определяет момент прекращения итераций. Процесс автоматически останавливается при достижении оптимальной сложности.

Логические, или булевы, дискриминантные функции синтезируются при наличии бинарных признаков $x_i \in \{0, 1\}$, отражающих первичные свойства объекта распознавания, при помощи которых можно отличить один объект от другого.

Для объектов $X_j = |\,x_{1j}, x_{2j}, ..., x_{mj}\,|$ с бинарными признаками и классами $\breve{y}_i \in \{0, 1\}$, вводится дискриминантная функция $f_i \in F$, где $y_j = f_L(Z_j)$ — предсказание класса, а $v_i = n_1/n$, где n_1 _ количество ошибок.

Оптимальный набор функций отбирается по критерию $v_i \leq v^* + \delta$, $\delta \geq 0$, где $v^* = \min v_i$. При $L > 1$ — невырожденный случай и дополнительно учитывается минимизация числа признаков в функции, баланс между простотой и обобщающей способностью и устойчивость на малых выборках.

Классический метод Бонгарда М.М. основан на последовательном переборе конъюнкций признаков с последующим объединением их через дизъюнкции [12]. Этот подход обеспечивает высокую интерпретируемость, но становится вычислительно неэффективным при количестве признаков более 10. Основной критерий отбора — частота ошибок $v = n_1/n$, где n_1 — количество ошибочных классификаций на обучающей выборке.

Более совершенный алгоритм «КОРА» использует концепцию «достаточных признаков» φ_i, которые должны принимать значение 0 для большинства объектов своего класса, давать 1 для ограниченного числа объектов других классов и иметь максимальную разделяющую способность h_i [13–15].

Процедура отбора включает устранение избыточных (подчиненных) признаков и выбор оптимального подмножества, обеспечивающего равномерное покрытие классов. Однако метод требует тщательной настройки пороговых параметров.

Альтернативный подход через «разрешение споров» анализирует способность признаков различать объекты разных классов. На основе парных сравнений строится карта споров, где 1 означает успешное различение объектов, 0 указывает на неразрешенный спор. Ключевой показатель $g_{\min}$ определяет минимальную разрешающую способность признакового пространства. Основное ограничение — требование $g_{\min} > 0$, что делает метод неприменимым для плохо разделимых классов.

Наиболее перспективным представляется метод многорядной селекции, сочетающий итеративное усложнение функций через базовые логические операции, автоматический отбор по критерию $v_i < \min(v_j, v_k)$, адаптивное определение сложности модели и естественную интерпретируемость результатов.

Многорядная селекция инвариантного коллектива дискриминантных функций, принадлежащих классу логических функций, может быть осуществлена на основе предложенного метода самоорганизации. В соответствии с этим методом для каждого первичного признака x_i и частной дискриминантной функции f_i определяется количество, частота v_i ошибок распознавания на всех n изображениях обучающей выборки. Генерация частных дискриминантных функций r-го ряда, образующих множество F_r, осуществляется с помощью опорных функций $g_i(v, x_k)$, принадлежащих классу G логических функций двух аргументов $v = f_j \in F_{r-1}$ r-1-го ряда, $r = 1, 2, ...$ и первичных признаков x_k, $k = 1, ..., m$, содержащего $2^{22}x_2 = 16$ вариантов.

Для элемента множества G вырожденные функции генераторов 0 и 1 могут быть исключены, поэтому число L_0 основных функций g_i равно 14 (табл. 1).

Таблица 1. Логические функции gi двух аргументов v1 и v2

v_1	v_2	g_i													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

Функции $g_i\,(v,\, x_k)$ из множества G повышают сложность дискриминантных функций f_L в r-м ряду путем комбинации функций $f_j \in F_{r-1}$ и первичных признаков x_k с ошибками v_j и v_k соответственно. Эффективными считаются те функции f_L, у которых ошибка v_L меньше, чем у исходных компонентов $v_{L\,<}\,\min\,(v_j,\, v_k)$. Множество S_r включает все эффективные функции r-го ряда.

Для $r = 1$ аргументы $g_i\,(v,\, x_k)$ — первичные признаки x_j и x_k (при $j \neq k$). Число возможных парных комбинаций — $C_m^{\,2}$. Для каждой пары вычисляется v_L, и если $v_{L\,<}\,\min\,(v_j,\, v_k)$, функция включается в S_r. Количество элементов (мощность) L_r этого множества заранее неизвестна и зависит от числа успешных комбинаций

Хотя алгоритм требует значительных вычислений из-за перебора комбинаций и селекции, предложенный критерий обеспечивает эффективную самоорганизацию нейронной сети.

Для классификации исхода операций в абдоминальной онкологии была подготовлена обучающая выборка, состоящая из случаев, которые должны быть представлены результатами клинических и лабораторных исследований, осуществляемых в соответствии с принятой технологией. Данные, включаемые в выборку, не должны содержать пропущенных значений, однако в исключительных случаях, когда статистика мала, пропуски допускаются, хотя достоверность таких прогнозов моделей будет снижаться.

Нейросетевые методы способны распознавать прогнозные факторы при 5 классифицированных случаях для каждого из двух исходов: без осложнений и с осложнениями; чем больше количество случаев, тем выше достоверность прогнозной модели.

7 случаев в выборке без осложнений кодируются «1», и 6 случаев гнойно-септических осложнений — «0». Эти случаи представлены данными клинико-лабораторных исследований, проведенных в течение 10 дней до операций, структура которых включает показатели, представленные в таблице 2.

Таблица 2. Структура показателей в абдоминальной хирургии

№	Наименование показателя	Порог	Функция	ЧО
1	Возраст	43,9	1	5
2	Сопутствующая патология	–	–	–
3	Длительность операции	4,3	0	4
4	Распространенность онкопроцесса II–IV стадии	–	–	–
5	Травматизм операции (комбинированные операции)	–	–	5
6	Гемоглобин	90,9	1	4
7	Эритроциты	3,3	1	4
8	Лейкоциты	3,1	1	5
9	СОЭ	18	0	4
10	Остаточный азот	21,4	0	3
11	Сахар	4,6	0	4
12	Общий билирубин	15,4	0	2
13	Мочевина	6,5	0	4
14	Общий белок	63,7	1	4
15	Фибриноген	1,3	1	4
16	Протромбиновый индекс (ПТИ)	70,6	1	3
17	Белок в моче	–	–	5
18	Изменения ЭКГ	–	–	–
19	Изменения спирограммы	–	–	–

где ЧО — частота ошибок показателя на обучающей выборке

Пропущенные значения в некоторых из показателей заполняются 0. При появлении таких переменных обучающая выборка дополняется логическим признаком, в котором присутствие пропуска отмечается «1», а отсутствие — «0».

Нейросетевой метод построения моделей прогнозирования исхода операций включает несколько этапов. На первом из них определяются пороговые величины и тип пороговой функции, при помощи которых количественные показатели преобразуются в логические переменные; тип пороговой функции обозначим «1», если значение переменной будет превышать порог или равно ему, и «0» — в ином случае. Приведенные в таблице 2 пороговые величины находятся из условия минимума частоты ошибок, допускаемых на обучающей выборке однофакторной моделью, включающей одну логическую переменную.

Из таблицы 2 следует удалить показатели, для которых частота ошибок равна числу случаев одного из двух исходов. Такие клинические и лабораторные исследования, как возраст и лейкоциты, травматизм и наличие белка в моче, не обладают разделительной силой, так как их значения одинаковы для всех случаев выборки.

После этого необходимо убедиться, что в обучающей выборке нет одинаковых случаев, принадлежащих разным исходам. Наличие таких случаев указывает на то, что состав показателей, включенных в обучающую выборку, неполон, и его следует расширить за счет новых переменных, которые, по мнению эксперта, могут повлиять на исход операции. Если перечень таких показателей исчерпан, а противоречие не устранено, то для повышения достоверности модели следует удалить один из таких случаев.

Из оставшихся переменных наибольшей разделительной силой обладает показатель общего билирубина, который обеспечивает 2 ошибки классификации.

Для увеличения достоверности прогнозных моделей необходимо усложнить найденные модели, включив в них дополнительные переменные. Из существующих двукратных вариантов можно выделить 7 частных моделей, число ошибок которых уже равно 1.

Результаты. На основе обучающей выборки были синтезированы трехфакторные модели прогнозирования, обеспечивающие нулевую ошибку классификации. Комбинации найденных факторов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Комбинации факторов моделей прогнозирования

№	Клинические и лабораторные исследования									
	2	18	9	10	11	12	14	15	16	ЧМ
1	–	–	–	–	+	+	–	–	–	2
2	–	–	–	+	–	+	–	–	+	4
3	–	–	–	+	–	–	+	–	+	10
4	–	–	–	+	–	+	–	+	–	6
5	+	–	–	–	+	+	–	–	–	2
6	–	+	+	–	–	+	–	–	–	1
7	–	+	–	–	+	+	–	–	–	1

где ЧМ — число моделей для данной комбинации факторов

В прогнозные модели не вошли такие лабораторные и клинические исследования как: длительность операции, гемоглобин, эритроциты, мочевина и изменения спирограммы. Наиболее информативной оказывается тройка факторов 10–14–16 (остаточный азот, общий белок, ПТИ), обеспечивающая наибольшее число вариантов моделей. Заметим, что при большом количестве вариантов достигается более высокая достоверность прогноза. Однако такое большое число моделей, равное 10, могло произойти из-за пропущенных значений, оказавшихся в показателе остаточного азота при составлении обучающей выборки. Поэтому для тех случаев, в которых будут присутствовать пропуски этого параметра, следует воспользоваться одной из 16 оставшихся моделей.

Рассмотрим два варианта моделей, один из которых обеспечивается комбинацией переменных 10–14–16, а другой — комбинацией 2–11–12. Как уже отмечалось, предпочтительными оказываются комбинации с наибольшим числом вариантов моделей. Тогда возникает проблема оценки согласованности решения и выбора критериального уровня, после превышения которого оно принимается.

Для оценки согласованности решения вводится коэффициент согласованности (КС), равный отношению числа моделей, проголосовавших за принятое решение, к общему их числу: величина

КС изменяется от 0,5 — в случае определенности, до 1 — при полной согласованности.

В таблице 4 приводятся 4 модели по схеме 10–14–16, в которой символ «+» означает, что значение переменной превышает или равно соответствующему порогу, а символ «–» — иное состояние; для всех моделей этой таблицы величина КС — 1.

Таблица 4. Интерпретация трехфакторных моделей

а) схема 10–14–16					б) схема 2–11–12				
№	Факторы				№	Факторы			
	10	14	16	ПР		2	11	12	ПР
1	+	+	+	0	1	–	+	–	0
2	–	–	+	0	2	–	–	+	0
3	–	+	–	0	3	–	–	–	1
4	–	+	+	1	4	+	+	+	0
					5	+	+	–	1
					6	+	–	+	0
					7	+	–	–	1

где ПР — принимаемое решение, величина КС которого равна 1.

Заметим, что первые три комбинации факторов из таблицы 4(а) указывают на исход «0» — гнойно-септическое осложнение, и только четвертый вариант дает значение «1» — исход без осложнений.

Оставшиеся комбинации факторов не включены в эту таблицу, так как их КС меньше заданного порога, который мы выбрали равным 0,9. Если комбинации факторов 10–14–16 отсутствуют в таблице 4(а) или значения одного из показателей этой комбинации пропущены, следует использовать схему 2–11–12, содержащую 7 вариантов факторов, для которых величина КС также равна 1 (табл. 4(б)). Отметим, что в схеме 2–11–12, обеспечивающей всего 2 модели, существует только один несопоставимый вариант.

Прогностические таблицы, две из которых приведены в таблице 4, удобно реализовать на компьютере, однако их можно использовать и без него. Для повышения достоверности прогнозов эти таблицы можно модифицировать, если появятся новые дополнительные данные о классифицированных случаях.

Таким образом, нейросетевой метод позволяет извлекать трехфакторные модели для прогнозирования гнойно-септических осложнений в абдоминальной хирургии на обучающей выборке из 13 случаев, составленной экспертами на основе данных 19 клинико-лабораторных исследований. Эти модели обеспечивают адекватную классификацию на обучающей выборке и, следовательно, могут быть использованы для прогнозирования исходов операций в клинических случаях.

Обсуждение. Представленное исследование демонстрирует значительный потенциал комбинированного подхода, объединяющего МГАУ с нейросетевыми алгоритмами, для прогнозирования риска послеоперационных осложнений в хирургии. Важным достижением работы является разработка трехфакторных моделей, которые показали высокую точность классификации на обучающей выборке. Однако стоит отметить, что успешность таких моделей во многом зависит от качества и репрезентативности исходных данных, а также от корректного выбора пороговых значений для бинарного преобразования количественных показателей.

Особого внимания заслуживает подход к обработке пропущенных данных. Предлагается заполнять пропуски нулевыми значениями и дополнять выборку бинарными признаками, что может быть полезным в условиях неполных данных. Тем не менее, такой метод требует дальнейшей валидации, поскольку искусственное заполнение пропусков может вносить искажения в прогностические модели. Кроме того, небольшой объем обучающей выборки (13 случаев) ограничивает обобщающую способность моделей, что подчеркивает необходимость ее расширения в будущих исследованиях.

Использование КС для оценки надежности прогнозов позволяет количественно оценить согласованность решений, принимаемых различными моделями, что повышает доверие к результатам. Однако выбор порогового значения КС (0,9) может быть субъективным, и его обоснование требует дополнительного анализа, особенно при работе с более разнородными данными.

Метод многорядной селекции обеспечивает высокую интерпретируемость моделей, что является значительным преимуществом для клинического применения. Тем не менее, вычислительная сложность этого метода, особенно при большом количестве признаков, может стать ограничением для его широкого использования. Оптимизация алгоритмов и применение современных вычислительных ресурсов могли бы решить эту проблему.

Наконец, исследование открывает перспективы для дальнейшего развития, включая адаптацию метода для других областей хирургии и интеграцию в системы поддержки принятия врачебных решений. Однако для успешного внедрения в клиническую практику необходимо провести дополнительные исследования на более крупных и разнообразных выборках, а также оценить эффективность метода в реальных условиях. Это позволит убедиться в его устойчивости и практической применимости.

Заключение. Предложенный метод прогнозирования риска развития осложнений в хирургии, основанный на синтезе логических дискриминантных функций и нейросетевых технологий, показал высокую эффективность в прогнозировании гнойно-септических осложнений в абдоминальной хирургии. Использование трехфакторных моделей позволило достичь нулевой ошибки классификации на обучающей выборке. Наиболее информативными оказались комбинации факторов, включающие остаточный азот, общий белок и протромбиновый индекс.

Данный метод может быть успешно применен в клинической практике для прогнозирования исходов операций, что позволит минимизировать риски развития осложнений и улучшить результаты лечения пациентов. В дальнейшем планируется расширение обучающей выборки и адаптация метода для других областей хирургии, таких как кардиохирургия и нейрохирургия. Также предполагается интеграция метода в системы поддержки принятия врачебных решений для автоматизации процесса прогнозирования.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ. Выражаем благодарность научному консультанту кафедры информационно-вычислительных систем Пензенского государственного университета кандидату технических наук Щетинину В.Г. за помощь в компьютерных вычислениях.

ACKNOWLEDGEMENTS. We would like to express our gratitude to V.G. Shchetinin, Ph.D. in Technical Sciences and scientific consultant at the Department of Information and Computing Systems at Penza State University, for his assistance with computer calculations.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ghaferi A.A., Birkmeyer J.D., Dimick J.B. Variation in hospital mortality associated with inpatient surgery. *N Engl J Med*. 2009;361(14):1368–1375. DOI: 10.1056/NEJMsa0903048.
2. Pearse R.M., Moreno R.P., Bauer P., et al. Mortality after surgery in Europe: a 7 day cohort study. *Lancet*. 2012;380(9847):1059–1065. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)61148-9.
3. Eappen S., Lane B.H., Rosenberg B., et al. Relationship between occurrence of surgical complications and hospital finances. *JAMA*. 2013;309(15):1599–1606. DOI: 10.1001/jama.2013.2773.
4. *Ивахненко А.Г.* Метод группового учета аргументов в задачах прогнозирования. Киев, 1977. 24 с.
5. *Ивахненко А.Г.* Системы эвристической самоорганизации в технической кибернетике. Киев: Техника, 1971. 372 с.
6. Lytvynenko V.I., Wojcik W., Fefelov A., et al. Hybrid Methods of GMDH-Neural Networks Synthesis and Training for Solving Problems of Time Series Forecasting. *Intellectual Systems of Decision Making and Problems of Computational Intelligence*. 2019:513–531. DOI: 10.1007/978-3-030-26474-1_36.
7. Farlow S.J. The GMDH Algorithm of Ivakhnenko. *The American Statistician*. 1981:35(4):210–215. DOI: 10.2307/2683292.
8. Moroz O.G. The Problem of Constructing the GMDH Neural Networks with Active Neurons. *Control systems and computers*. 2022;(2):33–42.
9. Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(1):44–56. DOI: 10.1038/s41591-018-0300-7
10. *Сеидова А.С., Берестнева Е.В.* Построение СППР на основе деревьев решений в медицинских исследованиях // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Меж-

дународной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2016. Т. 2. С. 288–289.
11. Steyerberg E.W. *Clinical Prediction Models: A Practical Approach to Development, Validation, and Updating*. 2009. DOI: 10.1007/978-0-387-77244-8.
12. Bongard M.M. *Pattern recognition*. New York: Spartan books; 1970.
13. *Лбов Г.С., Неделько В.М., Неделько С.В.* Метод адаптивного поиска логи ческой решающей функции // Сибирский журнал индустриальной математики. 2009. Т. 12, № 3. С. 66–74.
14. *Гольтяпин В.В., Шовин В.А.* Алгоритмы кора и фордиасимпт как методы распознавания двух образов в пространстве двоичных признаков // МСиМ. 2015. Т. 4, № 36. С. 74–92.
15. *Вайнцвайг М.Н.* Алгоритм обучения распознаванию образов «КОРА». М.: Сов. радио, 1973. С. 110–116.

REFERENCES

1. Ghaferi A.A., Birkmeyer J.D., Dimick J.B. Variation in hospital mortality associated with inpatient surgery. *N Engl J Med*. 2009;361(14):1368–1375. DOI: 10.1056/NEJMsa0903048.
2. Pearse R.M., Moreno R.P., Bauer P., et al. Mortality after surgery in Europe: a 7 day cohort study. *Lancet*. 2012;380(9847):1059–1065. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)61148-9.
3. Eappen S., Lane B.H., Rosenberg B., et al. Relationship between occurrence of surgical complications and hospital finances. *JAMA*. 2013;309(15):1599–1606. DOI: 10.1001/jama.2013.2773.
4. Ivakhnenko A.G. *Metod gruppovogo ucheta argumentov v zadachakh prognozirovaniya [Method of group consideration of arguments in forecasting problems]*. Kiev; 1977. (In Russ.).
5. Ivakhnenko A.G. *Sistemy evristicheskoy samoorganizatsii v tekhnicheskoy kibernetike [Systems of heuristic self-organization in technical cybernetics]*. Kiev: Tekhnika; 1971. (In Russ.).
6. Lytvynenko V.I., Wojcik W., Fefelov A., et al. Hybrid Methods of GMDH-Neural Networks Synthesis and Training for Solving Problems of Time Series Forecasting. *Intellectual Systems of Decision Making and Problems of Computational Intelligence*. 2019:513–531. DOI: 10.1007/978-3-030-26474-1_36.
7. Farlow S.J. The GMDH Algorithm of Ivakhnenko. *The American Statistician*. 1981:35(4):210–215. DOI: 10.2307/2683292.
8. Moroz O.G. The Problem of Constructing the GMDH Neural Networks with Active Neurons. *Control systems and computers*. 2022;(2):33–42.
9. Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(1):44–56. DOI: 10.1038/s41591-018-0300-7
10. Seidova A.S., Berestneva E.V. Postroenie SPPR na osnove derev'ev resheniy v meditsinskikh issledovaniyakh [The construction of SPD based on decision trees in medical research]. *Molodezh' i sovremennye informatsionnye tekhnologii: sbornik trudov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh*. 2016;2:288–289. (In Russ.).
11. Steyerberg E.W. *Clinical Prediction Models: A Practical Approach to Development, Validation, and Updating*. 2009. DOI: 10.1007/978-0-387-77244-8.
12. Bongard M.M. *Pattern recognition*. New York: Spartan books; 1970.
13. Lbov G.S., Nedelko V.M., Nedelko S.V. An Adaptive Search Method for a Logical Solving Function. *Siberian Journal of Industrial Mathematics*. 2009;12(3):66–74. (In Russ.).
14. Goltyapin V.V., Shovin V.A. Algorithms of bark and fordiasympt as methods of recognition of two images in the space of binary features. *MSiM*. 2015;4(36):74–92. (In Russ.).
15. Weinzweig M.N. *Algoritm obucheniya raspoznavaniyu obrazov "KORA" [The KORA pattern recognition learning algorithm]*. Moscow: Sovetskoe Radio; 1973. (In Russ.).

АВТОРЫ

Соломаха Анатолий Анатольевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-1070-6029
Улыбина Дарина Владимировна — ORCID: 0009-0000-6181-6191

AUTHORS

Solomakha Anatoly Anatol'evich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-1070-6029
Ulybina Darina Vladimirovna — ORCID: 0009-0000-6181-6191

УДК 616.361-003
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_80

ДЕСТРУКТИВНЫЕ ФОРМЫ ХОЛЕЦИСТИТА КАК ОСЛОЖНЕНИЕ ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ТРАНСПАПИЛЛЯРНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

© Д.Б. ТУЛЯГАНОВ, Ш.К. АТАДЖАНОВ, Б.А. АЛИЕВ, Ш.А. МАГДИЕВ
Республиканский научный центр экстренной медицинской помощи, Ташкент, Республика Узбекистан

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Несмотря на миниинвазивность, эндоскопические транспапиллярные вмешательства являются хирургическими вмешательствами с возможными осложнениями. Остается спорным механизм развития деструктивных форм холецистита после проведенных транспапиллярных вмешательств. Часть авторов связывают это с инфицированием билиарного тракта, другие считают, что оно развивается вследствие ускорения пассажа желчи и перемещения конкрементов в желчном пузыре с окклюзией шейки. Есть мнения о неблагоприятном химическом воздействии контраста. Данное исследование направлено на выявление особенностей патогенеза данного осложнения.

ЦЕЛЬ: изучить факторы, способствующие развитию деструктивных форм холецистита после проведения эндоскопических транспапиллярных вмешательств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Исследование основано на анализе результатов лечения 328 больных с осложненными формами желчнокаменной болезни. Анализу были подвергнуты частота осложненных форм желчнокаменной болезни, структура осложнений, клинико-лабораторные показатели, результаты инструментальных исследований. В зависимости от времени, прошедшего после эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографии до холецистэктомии, пациенты разделены на 2 группы. 1 группу составили 217 (66,2%) пациентов, которым холецистэктомия произведена в срок свыше 24 часов до нескольких суток после эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографии. 2 группу составили 111 (33,8%) больных, которым холецистэктомия была выполнена в течение 24 часов после эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографии.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Более частое развитие острого билиарного панкреатита при холецистэктомии в отсроченном порядке связано с недостаточной декомпрессией билиарного тракта после эндоскопических транспапиллярных вмешательств, на что указывает неполная эвакуация желчи и контраста препарата у 22,8% пациентов. Изменения биохимических показателей крови, результаты микробиологических исследований указывают на необходимость выполнения холецистэктомии в ранние сроки после эндоскопических транспапиллярных вмешательств, не исключая необходимость дифференцированного подхода к каждому пациенту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Интенсивность изменения биохимических показателей крови отражает степень нарушений в билиарном тракте. Результаты микробиологических исследований свидетельствуют о значении инфекции в патогенезе развития осложнений желчнокаменной болезни. Застойная желчь с ее измененными свойствами, вязкость контраста являются факторами, провоцирующими обострение воспалительного процесса в желчном пузыре. Поэтому холецистэктомия должна быть выполнена в возможно короткие сроки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эндоскопические транспапиллярные вмешательства, деструктивные формы холецистита, осложнения, механическая желтуха, холангит, холецистэктомия.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Туляганов Д.Б., Атаджанов Ш.К., Алиев Б.А., Магдиев Ш.А. Деструктивные формы холецистита как осложнение эндоскопических транспапиллярных вмешательств // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 80–88.

DESTRUCTIVE FORMS OF CHOLECYSTITIS AS A COMPLICATION OF ENDOSCOPIC TRANSPAPILLARY INTERVENTIONS

© D.B. TULYAGANOV, SH.K. ATADJANOV, B.A. ALIEV, SH.A. MAGDIEV
Republican Research Centre of Emergency Medicine, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

BACKGROUND. Despite their minimally invasive nature, endoscopic transpapillary interventions are surgical procedures that may be accompanied by complications. The pathogenesis of destructive forms of cholecystitis following such interventions remains a subject of debate. Some authors attribute their development to infection of the biliary tract, while others suggest that accelerated bile passage and displacement of gallstones into the gallbladder neck with subsequent occlusion play a key role. There are also opinions regarding the adverse chemical effects of contrast agents. This study aims to elucidate the specific pathogenetic mechanisms of this complication.

OBJECTIVE is to identify factors contributing to the development of destructive forms of cholecystitis after endoscopic transpapillary interventions.

MATERIALS AND METHODS. The study is based on an analysis of treatment outcomes in 328 patients with complicated gallstone disease. The analysis included the incidence of complicated forms of cholelithiasis, the structure of complications, clinical and laboratory parameters, and instrumental examination findings. According to the interval between endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) and cholecystectomy, patients were divided into two groups. Group 1 comprised 217 patients (66.2 %) who underwent cholecystectomy more than 24 hours to several days after ERCP. Group 2 included 111 patients (33.8 %) who underwent cholecystectomy within 24 hours after ERCP.

RESULTS. The more frequent occurrence of acute biliary pancreatitis in cases of delayed cholecystectomy was associated with insufficient decompression of the biliary tract after endoscopic transpapillary interventions, as evidenced by incomplete evacuation of bile and contrast material in 22.8 % of patients. Changes in blood biochemical parameters and the results of microbiological studies indicate the need for early cholecystectomy following endoscopic transpapillary procedures, while emphasizing the necessity of an individualized approach to each patient.

CONCLUSION. The degree of alteration in blood biochemical parameters reflects the severity of disturbances within the biliary tract. Microbiological findings underscore the role of infection in the pathogenesis of gallstone disease complications. Stagnant bile with altered properties and the viscosity of contrast agents are factors that provoke exacerbation of inflammatory processes in the gallbladder. Therefore, cholecystectomy should be performed as early as possible.

KEYWORDS: endoscopic transpapillary interventions, destructive forms of cholecystitis, complications, obstructive jaundice, cholangitis, cholecystectomy.

TO CITE THIS ARTICLE. Tulyaganov D.B., Atadjanov Sh.K., Aliev B.A., Magdiev Sh.A. Destructive Forms of Cholecystitis as a Complication of Endoscopic Transpapillary Interventions. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):80–88.

Обоснование. Транспапиллярные вмешательства, выполняемые с одновременной визуализацией с помощью эндоскопического и рентгенологического методов, в настоящее время считаются золотым стандартом в комплексном лечении больных с различными доброкачественными и злокачественными заболеваниями органов билиопанкреатодуоденальной зоны [1–4].

Несмотря на свою минимальную инвазивность, эндоскопические транспапиллярные вмешательства (ЭТПВ) по своей сущности являются хирургическими операциями с возможными послеоперационными осложнениями и летальностью [5–7]. Частота развития осложнений и летальность после ЭТПВ остается хоть и не очень высокой, но стабильной: частота осложнений достигает 0,8–20 %, а летальность 1,5–2 % [8–10].

В этом контексте авторы подчеркивают, что после ЭТПВ среди таких осложнений, как острый панкреатит, кровотечение из зоны папиллотомии, перфорация задней стенки двенадцатиперстной кишки, ведущее место занимает острый деструктивный холецистит [6, 11]. Острый деструктивный холецистит как вариант осложнения после ЭТПВ наблюдается от 1,8 до 33,0 % случаев, причем у 38 % таких больных возникает необходимость в экстренной операции [7, 12].

Часть авторов связывает острый деструктивный холецистит после ЭТПВ с происходящим при транспапиллярных вмешательствах бактериальным инфицированием билиарной системы, в частности желчного пузыря [13, 14]. Другая часть исследователей считает, что острый деструктивный холецистит после ЭТПВ развивается вследствие ускорения пассажа желчи и перемещения конкрементов в желчном пузыре с окклюзией его шейки [1, 2, 10]. Немногочисленная группа авторов придерживается мнения, что в формировании данного осложнения основная причина кроется в неблагоприятном химическом воздействии контраста на слизистую желчного пузыря [6, 11].

Подобное разнообразие мнений о причинах развития острого деструктивного холецистита после ЭТПВ побуждает к проведению научных исследований по выявлению бактериологических, морфологических и клинических особенностей патогенеза данного осложнения.

Цель исследования: изучить факторы, способствующие развитию деструктивных форм холецистита после проведения эндоскопических транспапиллярных вмешательств.

Материал и методы исследования. Основу клинического исследования составляют результаты лечения 328 больных, находившихся на стационарном лечении с осложненными формами желчнокаменной болезни (ЖКБ) различной тяжести в отделениях экстренной хирургии Республиканского научного центра экстренной медицинской помощи за период 2021–2023 гг. Ретроспективному анализу были подвергнуты частота осложненных форм ЖКБ, структура осложнений по различным критериям, а также динамика клинико-лабораторных показателей, результаты клинико-инструментальных исследований. Кроме того, проведено изучение результатов хирургического лечения.

У большей части пострадавших (72–82,9%) была диагностирована механическая желтуха (МЖ) вследствие обструктивного холедохолитиаза. Остальные 56 (17,1%) пациентов составили группу больных, у которых ЖКБ проявлялась без характерных клинико-лабораторных изменений, свойственных механической желтухе. 312 (95,1%) больным была выполнена эндоскопическая ретроградная панкреатохолангиография (ЭРПХГ). В 280 (85,4%) случаях была произведена папиллосфинктеротомия. В зависимости от времени, прошедшего после ЭРПХГ до выполненной холецистэктомии, пациенты были разделены на 2 группы. 1 группу составили 217 (66,2%) пациентов, которым холецистэктомия была произведена в срок свыше 24 часов до нескольких суток после ЭРПХГ. Во 2 группу вошли 111 (33,8%) больных, которым холецистэктомия была произведена в течение 24 часов после ЭРПХГ.

Желчнокаменная болезнь чаще диагностировалась у женщин (70,1%) по сравнению с мужчинами (29,9%). Значительная часть пациентов состояла из лиц молодого (n=117, 35,7%) и среднего (n=88, 26,8%), трудоспособного возраста. Остальную часть обследованных больных составили пациенты пожилого (n=88, 26,8%) и старческого (n=35, 10,7%) возрастов. Традиционное консервативное лечение желчнокаменной болезни включало проведение инфузионной, антибактериальной и симптоматической терапии, а также прием гепатопротекторов, прямых антикоагулянтов. Объем проводимых лечебных мероприятий определялся в зависимости от тяжести течения заболевания, наличия осложнений, соматического статуса пациента.

Полученные результаты обрабатывались с помощью стандартных методов вариационной статистики. Расчет статистических показателей проводился с помощью программного пакета Microsoft Access и Microsoft Excel 2010, включая встроенные функции статистической обработки. Использовались методы традиционной вариационной параметрической и непараметрической статистики. Достоверность отличий между группами и изученными критериями определялась по коэффициенту Стьюдента.

Результаты исследования. Анализ полученных результатов показал, что при раннем произведении холецистэктомии чаще диагностировались холангит и абсцессы относительно показателей больных с традиционным хирургическим подходом (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная структура осложнений в зависимости от тяжести состояния у обследованных больных (%)

Вид осложнения	Традиционная тактика		Активная тактика	
	без МЖ (n=37)	с МЖ (n=180)	без МЖ (n=19)	с МЖ (n=92)
Холангит	5,4	6,1	5,3	27,2
Парапузырный абсцесс	–	0,6	5,3	2,2
Холангиогенный абсцесс	–	–	–	1,1
Острый билиарный панкреатит	16,2	8,9	5,3	4,3
Ущемленный камень БДС	2,7	1,1	–	–
Стенозирующий папиллит	–	0,6	–	–
Перитонит	8,1	5,0	10,5	9,8
Печеночная недостаточность	–	0,6	–	1,1
Синдром Мириззи	–	–	–	1,1

Также частота перитонита, обусловленного деструктивными осложнениями ЖКБ, была выше в группе больных с ранней холецистэктомией. В то же время, острый панкреатит билиарной этиологии значительно чаще (в 2,7 раза) диагностирован в группе пациентов, у которых холецистэктомия произведена в отсроченном порядке.

В сравнительном анализе показателей клинического анализа крови после проведенного лечения не выявлено клинически значимых изменений и отклонений от референсных показателей. Исключением явился уровень гемоглобина, который оказался несколько ниже показателей нормы (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительные показатели клинического (общего) анализа крови после проведенного лечения

Параметры	Референсные значения	без МЖ (n=56)	с МЖ (n=272)
Гемоглобин (г/л)	120–145	105,9 ± 1,7* 101,5 ± 3,2*	108,7 ± 1,5* 100,5 ± 1,6*
Эритроциты (10*9/л)	3,5–5,4	3,5 ± 0,1 3,5 ± 0,1	3,6 ± 0,04 3,4 ± 0,05*
Лейкоциты (10*9/л)	4,0–9,0	7,5 ± 0,4 9,5 ± 0,7	8,5 ± 0,3 8,7 ± 0,3
Нейтрофилы п/я (%)	1–6	5,0 ± 0,6 4,3 ± 0,5	5,3 ± 0,5 7,1 ± 1,5
Нейтрофилы с/я (%)	47–72	70,3 ± 1,8 72,1 ± 1,4	73,5 ± 0,9 73,8 ± 1,03
Эозинофилы (%)	0,5–5	2,7 ± 0,4 2,9 ± 0,4	2,8 ± 0,2 2,9 ± 0,4
Лимфоциты (%)	19–37	19,0 ± 1,9 17,7 ± 2,0	18,3 ± 1,4 17,5 ± 1,2
Моноциты (%)	3–11	5,4 ± 0,5 5,2 ± 0,7	4,5 ± 0,2 4,4 ± 0,3

Прим.: а) в числителе приведены показатели при традиционной тактике, в знаменателе — при активной; б) * — различия между показателями референсных значений и больных достоверны ($p < 0,05$)

Показатели биохимического исследования крови являются самыми информативными в оценке тяжести текущих процессов при осложненных формах ЖКБ. Проведенный анализ показал наличие параллелей в сторону значительного повышения этих показателей у пациентов с механической желтухой. После проведенного лечения имелась тенденция к нормализации этих показателей с различной выраженностью при различных подходах к хирургической тактике лечения.

Так, если уровень билирубина у больных без МЖ после лечения практически нормализовался, то при развитии МЖ в подгруппе с традиционной тактикой и ранней холецистэктомией оставался повышенной в 1,8 и 2,5 раза соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительные показатели биохимических анализов крови и мочи после проведенного лечения

Параметры	Референсные значения	без МЖ (n=56)	с МЖ (n=272)
Билирубин (мкмоль/л)	8,55–20,5	16,7 ± 1,8 24,4 ± 4,4	35,9 ± 3,6* 51,9 ± 5,8*
АЛТ (u/л)	0–42	97,5 ± 18,7* 64,4 ± 10,4*	116,3 ± 8,5* 112,9 ± 9,2*
АСТ (u/л)	0–37	68,1 ± 12,5* 61,5 ± 10,5*	87,6 ± 8,7* 95,5 ± 7,9*
Диастаза крови (ед./л)	40–100	62,2 ± 5,3* 84,5 ± 26,4*	100,7 ± 14,7* 72,4 ± 8,5*
Диастаза мочи (ед./л)	до 450	446,8 ± 76,4* 288,4 ± 67,5*	942,3 ± 141,2* 305,9 ± 30,8*

Прим.: а) в числителе приведены показатели при традиционной тактике, в знаменателе — при активной; б) * — различия между показателями референсных значений и больных достоверны ($p < 0,05$)

Уровень АЛТ у больных без МЖ быстрее нормализовался при выполнении ранней холецистэктомии, оставаясь повышенным в 1,5 раза от референсного значения. У пациентов без МЖ с отсроченным выполнением холецистэктомии это повышение составило 2,3 раза. При развитии МЖ после проведенного лечения у пациентов с традиционной и активной тактикой хирургического лечения показатель АЛТ менялся в сторону нормализации практически с одинаковой интенсивностью, оставаясь выше от верхней границы нормы в 2,8 и 2,7 раза соответственно.

Динамика изменения уровня АСТ носит примерно такой же характер. После проведенного лечения во всех подгруппах пациентов показатель АСТ оставался повышенным в значениях от 1,7 раза до 2,6 раза.

Уровень диастазы крови у больных без МЖ после проведенного лечения оставался повышенной более двух раз и более в обеих группах обследованных. Тенденция к нормализации уровня диастазы крови в группе пациентов с МЖ была больше выражена при ранней холецистэктомии, составляя 72,4 ± 8,5 мг/мл/ч (выше уровня референса в 2,3 раза), тогда как при выжидательной тактике этот показатель оставался повышенным в 3,1 раза. Подобная тенденция выявлена при анализе динамики изменений уровня диастазы мочи — снижение резко повышенных значений было значительно более выраженным при раннем выполнении холецистэктомии.

Микробная обсемененность билиарного тракта обуславливает восходящий гнойный холангит и развитие деструктивных форм холецистита. Как было указано выше, у части обследованных, при наличии характерных визуальных изменений, свойственных для инфицирования желчи, производили взятие содержимого желчного пузыря для микробиологического исследования (табл. 4).

Таблица 4. Сравнительная результаты микробиологического исследования содержимого желчного пузыря у обследованных больных (%)

Вид микроорганизма	Традиционная тактика		Активная тактика	
	без МЖ (n = 37)	с МЖ (n = 180)	без МЖ (n = 19)	с МЖ (n = 92)
E.Coli	8,1	5,6	15,8	10,9
Kl.Pneumonea	8,1	6,1	5,3	5,4
Kl.Oxytocae	2,7	4,4	–	5,4
St.Haemolithycus	2,7	1,1	–	–
Pr.Vulgaris	2,7	1,1	–	–
Ps.Aeruginosae	–	2,2	–	5,4
Ent.Aerogenes	–	1,1	–	1,1
Citrobacter freundi	–	0,6	–	
Ent.Cloaki	–	0,6	–	1,1
Enterobacter Spp.	–	0,6	–	–

Анализ данных показал, что при проведении холецистэктомии в ранние сроки больше высевались E.Coli и Ps.Aeruginosae. В целом, при примерно равных показателях процентного выражения положительных посевов, более разнообразная микрофлора высевалась в группе пациентов с выполнением холецистэктомии в отсроченные сроки после ЭТПВ. Самая разнообразная микрофлора высевалась у больных с МЖ, у которых хирургическая тактика была выжидательной.

В возникновении осложнений после эндоскопической папиллосфинктеротомии (ЭПСТ) имеют значение выполнение вмешательства в полном объеме, степень устранения блока оттоку желчи, характер самой желчи и вязкость контрастного препарата, то есть факторами риска развития холангита и деструктивного холецистита после ЭПСТ являются неудачное или неполное дренирование желчных путей. Изучение клинического материала показало, что только у 26 больных обеих групп (8,3% от числа больных, которым проведен ЭРПХГ) желчный пузырь был контрастирован (табл. 5).

Таблица 5. Сравнительная структура ЭТПВ и характеристики изменений желчевыводящих путей (%)

Показатель	Традиционная тактика		Активная тактика	
	без МЖ (n = 37)	с МЖ (n = 180)	без МЖ (n = 19)	с МЖ (n = 92)
ЭПСТ	78,4	93,3	63,2	77,2
ЖП контрастирован	–	8,3	–	12,0
Желчь мутная	–	8,3	–	9,8
Желчь застойная	16,2	20,6	21,1	16,3
Желчь с хлопьями	10,8	12,2	5,3	9,8
Желчь с микролитами	–	0,6	–	1,1
Адекватная эвакуация желчи и контраста	75,7	88,9	73,7	42,4

Примерно с одинаковой частотой во всех группах обследованных пациентов регистрировались изменения характера блокированной желчи, которые, несомненно, имеют значение для эффективности ЭПСТ (мутная и застойная желчь, желчь с хлопьями и микролитами).

Из общего числа пациентов, которым выполнена ЭРПХГ (312 больных), у 241 (77,2%) эвакуация желчи и контрастного препарата оценена как адекватная. У остальных 71 (22,8%) эвакуация была неполной, имело место неполное дренирование желчных путей.

Также в подгруппе больных с выжидательной тактикой и развитием МЖ эвакуация желчи и контраста оценивалась адекватной у 88,9% больных от общего числа обследованных, тогда как в подгруппе с активной тактикой хирургического лечения и развитием МЖ число этих пациентов равнялось 42,4% от общего числа обследованных. Это, на наш взгляд, явилось причиной выжидательной тактики у одних и ранней холецистэктомии у других подгрупп пациентов.

Причиной развития холангита является механическое растяжение холедоха вследствие гипертензии, изменение химического состава желчи и транслокация микроорганизмов из двенадцатиперстной кишки. Также холангит также может развиться после ЭРПХГ, вероятность которого высока в ранние сроки после вмешательства. Частота данного осложнения в подгруппах с МЖ у больных с традиционной и активной тактикой хирургического лечения была примерно одинаковой (20,0% и 23,9% соответственно), встречаясь примерно у 1/5 части обследованных (табл. 6).

Таблица 6. Сравнительная структура изменений желчных путей и большого дуоденального сосочка (%)

Показатель	Традиционная тактика		Активная тактика	
	без МЖ (n = 37)	с МЖ (n = 180)	без МЖ (n = 19)	с МЖ (n = 92)
Холангит	–	20,0	–	23,9
Папиллит	37,8	42,8	26,3	17,4
Дивертикул	10,8	14,4	5,3	12,0

Воспалительные изменения БДС, развивающиеся вследствие травматизации мелкими желчными камнями и измененной микрофлоры, сами по себе могут нарушать отток желчи. Папиллит также может быть причиной недостаточной эффективности ЭТПВ. Данное осложнение было диагностировано в группе традиционного лечения у 91 (41,9%) пациента, тогда как в группе с ранней холецистэктомией его частота составила 18,9% (21 больной). Причем в группе с выжидательной тактикой папиллит больше выявлялся у пациентов с МЖ. А в группе с активной хирургической тактикой больше в подгруппе без МЖ. Парафатеральный дивертикул самостоятельно или путем нарушения функции БДС, провоцируя воспаление с последующей стриктурой, способствует застою желчи в билиарном тракте. Дивертикулы были диагностированы больше у пациентов с традиционной тактикой хирургического лечения — 13,8% больных. Этот показатель в группе с ранними холецистэктомиями составил 10,8%.

Анализ частоты осложнений, возникающих после ЭПСТ, показал, что кровотечение является самым частым осложнением в структуре всех осложнений после транспапиллярных вмешательств, составляя 15,7% (44 больных). Кровотечение может развиться при рассечении самого БДС, терминального отдела холедоха, вследствие травматизации тканей при литоэкстракции. Это осложнение чаще возникало в группе пациентов с традиционной выжидательной тактикой (16,2%), меньше — в группе с активной тактикой (14,5%) (табл. 7).

Таблица 7. Сравнительная структура осложнений ЭПСТ (%)

Показатель	Традиционная тактика		Активная тактика	
	без МЖ (n = 29)	с МЖ (n = 168)	без МЖ (n = 12)	с МЖ (n = 71)
Кровотечение	17,2	16,1	8,3	15,5
Панкреатит	–	2,4	–	1,41
Перфорация	–	–	–	–

Острый панкреатит после транспапиллярных вмешательств является следствием нарушения оттока панкреатического содержимого из-за отека тканей после рассечения БДС. Тяжелое течение с развитием панкреонекроза может быть связано прямым воздействием контрастного препарата на ткань поджелудочной железы. Частота этого вида осложнения составила 1,8% (5 пациентов). В группе с традиционной тактикой выполнения холецистэктомии частота панкреатита после ЭТПВ составила 2,0% (4 больных), а в группе с ранней холецистэктомией данное осложнение диагностировано в 1,2% (1 больной) случаев.

При произведении холецистэктомии в ранние сроки после ЭРПХГ с ЭТПВ отмечена высокая частота гангренозной формы деструктивного холецистита (20 больных — 18,0%), по сравнению с группой пациентов с отсроченной холецистэктомией (17 больных — 7,8%). Проведенный анализ показал, что из 41 (13,1%) обследованных с желчнокаменным анамнезом, которым ЭРПХГ была произведена повторно в сроки от 10 суток до 6 месяцев от первого ЭРПХГ, 33 (10,6%) составили пациенты группы с ранним выполнением холецистэктомии. Этим на наш взгляд объясняется относительно высокая частота гангренозной формы холецистита при ранних холецистэктомиях (табл. 8).

Таблица 8. Сравнительная структура изменений желчного пузыря (%)

Вид	Традиционная тактика		Активная тактика	
	без МЖ (n = 37)	с МЖ (n = 180)	без МЖ (n = 19)	с МЖ (n = 92)
Катаральный	2,7	1,1	–	6,5
Флегмонозный	94,6	90,0	78,9	76,1
Гангренозный	2,7	8,9	21,1	17,4
Эмпиема	24,3	21,7	31,6	13,0

Флегмонозная форма холецистита чаще обнаруживалась при выжидательной тактике (90,8%), чем при тактике активного хирургического лечения (76,6%). Эмпиема желчного пузыря чаще развивалась у больных с отсроченной холецистэктомией (22,1%), чем при ранних холецистэктомиях (16,2%). У 3 (1,4%) больных с выжидательной тактикой и у 6 (5,4%) с выполнением холецистэктомии в ранние сроки после ЭРПХГ была диагностирована катаральная форма холецистита.

Обсуждение. Предметом спора остается выбор варианта лечения острого калькулезного холецистита — выполнение ранней холецистэктомии после установления диагноза, либо консервативные лечебные мероприятия и холецистэктомия в отсроченном порядке, в сроки от нескольких дней до нескольких недель. Практика показывает, что часть пациентов после выполнения ЭТПВ и устранения задержки желчи выписывается без выполнения холецистэктомии, несмотря на сохранение причинного фактора — желчного пузыря, как основного резервуара образования желчных камней.

Относительно высокая частота холангита и абсцессов у пациентов с ранним произведением холецистэктомии в сравнении с группой пациентов с традиционным хирургическим подходом на наш взгляд связана с разгаром гнойного воспаления. Более частое развитие острого билиарного панкреатита при выполнении холецистэктомии в отсроченном порядке связано с недостаточной эффективностью декомпрессии билиарного тракта после ЭТПВ, на что указывает неполная эвакуация желчи и контрастного препарата у 22,8% пациентов.

Динамика изменений биохимических показателей крови (билирубин, АЛТ, АСТ, диастаза крови и мочи), результаты микробиологических исследований указывают на необходимость произведения холецистэктомии в более ранние сроки после ЭТПВ, не исключая необходимость дифференцированного подхода к каждому пациенту и анестезиологический риск хирургического вмешательства. Довольно высокая частота диагностированных случаев папиллита и парафатерального дивертикула, которые могут играть роль причинного фактора недостаточно эффективной декомпрессии билиарного тракта после ЭТПВ, также свидетельствует о необходимости выполнения холецистэктомии в возможно ранние сроки.

Выводы. Интенсивность изменения биохимических показателей крови — уровня билирубина, АЛТ, АСТ, диастазы крови и мочи — отражает степень нарушений в билиарном тракте. Учет динамики этих показателей позволяет произвести объективную оценку тяжести состояния пациентов, вовлеченность в патологический процесс печени и поджелудочной железы. Результаты микробиологических исследований свидетельствуют о несомненном значении инфекции в патогенезе развития осложнений ЖКБ. Имеются параллели между развитием механической желтухи, высеваемостью микроорганизмов и микробным пейзажем желчи. ЭТПВ с литоэкстракцией при осложненных формах ЖКБ позволяют решить первичную задачу — экстренную декомпрессию билиарной системы. Это вмешательство и последующие лечебные мероприятия являются подготовительным этапом до выполнения холецистэктомии, так как желчный пузырь является слабым звеном в цепи патологических изменений. Застойная желчь с ее измененными физико-химическими свойствами, вязкость контрастного вещества являются факторами, провоцирующими обострение воспалительного процесса в желчном пузыре с развитием деструктивных форм. Поэтому холецистэктомия должна быть произведена в возможно короткие сроки.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бебуришвили А.Г., Зюбина Е.Н., Мандриков В.В., Акинчиц А.Н., Туровец М.И., и др.* Тактические вопросы лечения больных с резидуальным и рецидивным холедохолитиазом // Вестник ВолгГМУ. 2012. №4(44). С. 100–104.

2. *Сайфутдинов И.М., Славин Л.Е., Хайруллин Р.Н., Зимагулов Р.Т., Давлиев М.К.* Анализ осложнений транспапиллярных вмешательств. Клиническая и экспериментальная хирургия // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2015. №3 (9). С. 51–56. EDN: UNAGYV.

3. *Мухиддинов Н.Д., Салихов Н.Н., Рабиев Х.С., Курбонов Н.Г.* Миниинвазивные методы диагностики и хирургическое лечение желчнокаменной болезни, осложненной холедохолитиазом и механической желтухой // Вестник Академии медицинских наук Таджикистана. 2019. Т. 9, №3. С. 278–284. DOI: 10.31712/2221-7355-2019-9-3-278-284.

4. Vila J.J., Pérez-Miranda M., Vazquez-Sequeiros E., et al. Initial experience with EUS-guided cholangiopancreatography for biliary and pancreatic duct drainage: a Spanish national survey. *Gastrointest Endosc*. 2012;76(6):1133–1141. DOI: 10.1016/j.gie.2012.08.001.

5. *Куликовский В.Ф., Карпачев А.А., Ярош А.Л., Солошенко А.В.* Малоинвазивные методы лечения осложненной желчнокаменной болезни // Современные проблемы науки и образования. 2012. №2. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=5958.

6. *Фёдоров А.Г., Давыдова С.В., Климов А.Е.* Осложнения эндоскопических транспапиллярных вмешательств и способы их профилактики и лечения. Обзор литературы // Неотложная медицинская помощь. 2012. №3. С. 29–35.

7. *Бебуришвили А.Г., Зюбина Е.Н., Туровец М.И., Мандриков В.В., Веденин Ю.И.* Интегральные методы прогнозирования риска развития острого панкреатита при эндоскопических транспапиллярных вмешательствах // Вестник ВолгГМУ. 2015; №4(56). С. 44–49. EDN: SZBXGM.

8. *Ревякин В.И., Василенко К.В.* Методы устранения вклинения корзины Дормиа в желчных протоках // Эндоскопическая хирургия. 2010. Т. 16, №4. С. 30–33. EDN: PWXSWT.

9. *Леоненко С.Н., Воронов А.Н., Капитанова Л.Э., Федорец А.В., Абрамова К.И.* Профилактика осложнений эндоскопических транспапиллярных вмешательств // Таврический медико-биологический вестник. 2022. Т. 25, №3. С. 231–234. DOI: 10.29039/2070-8092-2022-25-3-231-234.

10. Kahaleh M., Freeman M. Prevention and management of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography complications. *Clin Endosc*. 2012;45(3):305–312. DOI: 10.5946/ce.2012.45.3.305.

11. Anderson M.A., Fisher L., Jain R., et al. (ASGE Standards of Practice Committee). Complications of ERCP. *Gastrointest Endosc*. 2012;75(3):467–473. DOI: 10.1016/j.gie.2011.07.010.

12. Donnellan F., Byrne M.F. Prevention of Post-ERCP Pancreatitis. *Gastroenterol Res Pract*. 2012;2012:796751. DOI: 10.1155/2012/796751.

13. *Красильников Д.М., Фаррахов А.З., Курбангалеев А.И.* Хирургическая тактика при ятрогенных повреждениях желчевыводящих протоков // Практическая медицина. 2010. №8(47). С. 20–29. EDN: MXHSBD.

14. Blero D., Devière J. Endoscopic complications-avoidance and management. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2012;9(3):162–172. DOI: 10.1038/nrgastro.2012.3.

REFERENCES

1. Beburishvili A.G., Ziubina E.N., Mandrikov V.V., et al Tactical questions of treatment of residual and recurrent choledocholithiasis. *Journal of Volgograd State Medical University*. 2012;(4):100–104. (In Russ.). EDN: PKPSGZ.

2. Sayfutdinov I.M., Slavin L.E., Khayrullin R.N. Analysis of transpapillary interventions complications. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal*. 2015;(3):51–56. (In Russ.). EDN: UNAGYV.

3. Mukhiddinov N.D., Salikhov N.N., Rabiev Kh.S., Kurbonov N.G. Mini-invasive diagnostic methods and surgical treatment of gallstone disease, complicated by choledocholithiasis and obstructive jaundice. *Bulletin of the Academy of Medical Sciences of Tajikistan*. 2019;9(3): 278–284. (In Russ.).

4. Vila J.J., Pérez-Miranda M., Vazquez-Sequeiros E., et al. Initial experience with EUS-guided cholangiopancreatography for biliary and pancreatic duct drainage: a Spanish national survey. *Gastrointest Endosc*. 2012;76(6):1133–1141. DOI: 10.1016/j.gie.2012.08.001.

5. Kulikovskiy V.F., Karpachev A.A., Yarosh A.L., Soloshenko A.V. Minimally invasive treatment of complicated cholelithiasis. *Modern problems of science and education*. 2012;(2). https://science-education.ru/ru/article/view?id=5958. (In Russ.).

6. Fedorov A.G., Davydova S.V., KlimovA.E. Complications of endoscopic transpapillary interventions, approaches to prevention and treatment. *Emergency medical care*. 2012;(3):29–35. (In Russ.).

7. Beburishvili A.G., Zyubina E.N., Turovec M.I., et al. Integral methods of prognosticating the development of acute pancreatitis in endoscopic transpapillary interventions. *Journal of Volgograd State Medical University*. 2015;(4):44–49. (In Russ.). EDN: SZBXGM.

8. Reviakin V.I., Vasilenko K.V. Methods of elimination of Dormia's basket impaction in bile ducts. *Endoscopic Surgery*. 2010;16(4):44–49. (In Russ.). EDN: PWXSWT.

9. Leonenko S.N., Voronov A.N., Kapitanova L.E., et al. Prevention of complications of endoscopic transpapillary interventions. *Taurida Medical and Biological Bulletin*. 2022;25(3):231–234. (In Russ.). DOI: 10.29039/2070-8092-2022-25-3-231-234.

10. Kahaleh M., Freeman M. Prevention and management of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography complications. *Clin Endosc*. 2012;45(3):305–312. DOI: 10.5946/ce.2012.45.3.305.

11. Anderson M.A., Fisher L., Jain R., et al. (ASGE Standards of Practice Committee). Complications of ERCP. *Gastrointest Endosc*. 2012;75(3):467–473. DOI: 10.1016/j.gie.2011.07.010.

12. Donnellan F., Byrne M.F. Prevention of Post-ERCP Pancreatitis. *Gastroenterol Res Pract*. 2012;2012:796751. DOI: 10.1155/2012/796751.

13. Krasilnikov D.M., Farrahov A.Z., Kurbangaleev A.I. Surgical tactics in iatrogenic injuries of bile ducts. *Prakticheskaya meditsina*. 2010;(8):20–29. (In Russ.). EDN: MXHSBD.

14. Blero D., Devière J. Endoscopic complications-avoidance and management. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2012;9(3):162–172. DOI: 10.1038/nrgastro.2012.3.

АВТОРЫ

Туляганов Даврон Бахтиярович, д.м.н. — ORCID: 0000-0002-9910-0989
Атаджанов Шухрат Камилович, д.м.н.
Алиев Бахтиёр Абдувалиевич
Магдиев Шухрат Алишерович — ORCID: 0000-0001-5140-154X

AUTHORS

Tulyaganov Davron Bakhtiyarovich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0002-9910-0989
Atadjanov Shukhrat Kamilovich, Dr.Sci. (Medicine)
Aliev Bakhtiyor Abduvalievich
Magdiev Shukhrat Alisherovich — ORCID: 0000-0001-5140-154X

УДК 616.25-003.219
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_89

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ХРОНИЧЕСКОГО БОЛЕВОГО СИНДРОМА У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ СПОНТАННОГО ПНЕВМОТОРАКСА

© Б.Н. ШАХ[1], Н.А. СКРИПКИН[1,2], В.А. ВОЛЧКОВ[1], В.Н. ЛАПШИН[3], О.В. НОВИКОВА[1]
[1] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия
[2] ГБУЗ ЛО «Станция скорой медицинской помощи», Всеволожск, Ленинградская область, Россия
[3] ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Спонтанный пневмоторакс часто требует хирургического лечения, однако развитие хронического болевого синдрома после вмешательства остается распространенной и недооцененной проблемой. Несмотря на существующие методы лечения и профилактики, вопросы прогнозирования и раннего выявления риска хронического болевого синдрома остаются недостаточно изученными. Поскольку спонтанный пневмоторакс распространен среди молодого трудоспособного населения, решение этой задачи имеет не только медицинское, но и социально-экономическое значение.

ЦЕЛЬ: определить ключевые факторы риска развития хронического болевого синдрома у пациентов, перенесших видеоторакоскопическую плеврэктомию по поводу спонтанного пневмоторакса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Выполнено одноцентровое когортное нерандомизированное исследование. Объектом исследования стали 136 больных. Пациенты были условно разделены на две группы: группа I — пациенты, которым в рамках лечения спонтанного пневмоторакса выполнена видеоторакоскопическая операция, атипичная резекция легкого, субтотальная плеврэктомия (n=106); группа II — пациенты, лечение спонтанного пневмоторакса у которых заключалось в дренировании плевральной полости (n=26).

РЕЗУЛЬТАТЫ. У пациентов, перенесших видеоторакоскопическое вмешательство, частота хронического болевого синдрома на момент осмотра составила 40%, тогда как в группе дренирования плевральной полости — 30,8%, при этом разница не была статистически значимой (p=0,386). Однако интенсивность и выраженность болевого синдрома по шкале painDETECT в группе видеоторакоскопической операции была выше. У 6,6% пациентов после видеоторакоскопической операции значения painDETECT были выше 12, что указывает на высокую вероятность присутствия невропатического компонента боли. В группе дренирования плевральной полости этого не наблюдалось. Также выявлены различия в ряде других параметров: длительности стояния дренажа, продолжительности госпитализации и необходимости в приеме анальгетиков после выписки. Созданная прогностическая модель помогла выявить следующие факторы риска: факт оперативного вмешательства, сохранение боли после выписки из стационара, необходимость приема анальгетиков после выписки из стационара, а также снижение физической выносливости.

ВЫВОД: полученные данные указывают на необходимость разработки индивидуальных стратегий профилактики и терапии хронического болевого синдрома, особенно у пациентов, перенесших хирургическое лечение по поводу спонтанного пневмоторакса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: спонтанный пневмоторакс, субтотальная плеврэктомия, видеоторакоскопия, хронический болевой синдром в торакальной хирургии, послеоперационный болевой синдром.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Шах Б.Н, Скрипкин Н.А, Волчков В.А., Лапшин В.Н., Новикова О.В. Анализ факторов риска развития хронического болевого синдрома у пациентов после хирургического лечения спонтанного пневмоторакса // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 89–96.

ANALYSIS OF RISK FACTORS FOR THE DEVELOPMENT OF CHRONIC PAIN SYNDROME IN PATIENTS AFTER SURGICAL TREATMENT OF SPONTANEOUS PNEUMOTHORAX

© B.N. SHAKH[1], N.A. SKRIPKIN[1,2], V.A. VOLCHKOV[1], V.N. LAPSHIN[3], O.V. NOVIKOVA[1]
[1] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University”, St. Petersburg, Russia

[2] Leningrad Emergency Medical Service Station, Vsevolozhsk, Leningrad Region, Russia
[3] St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE. Spontaneous pneumothorax often requires surgical treatment; however, the development of chronic pain syndrome after intervention remains a widespread and underestimated problem. Despite existing treatment and prevention methods, the issues of predicting and early identification of chronic pain syndrome risk remain insufficiently studied. Since spontaneous pneumothorax is common among young, working-age individuals, addressing this challenge has not only medical but also socio-economic significance.

OBJECTIVE: To determine the key risk factors for the development of chronic pain syndrome in patients who underwent VATS pleurectomy for spontaneous pneumothorax.

MATERIALS AND METHODS. The study included 136 patients. A single-center, cohort, non-randomized study consisting of two parts was conducted.

RESULTS. Among patients who underwent VATS intervention, the frequency of chronic pain syndrome at the time of examination was 40%, whereas in the pleural cavity drainage group it was 30.8%; however, the difference was not statistically significant ($p=0.386$). However, the intensity and severity of pain syndrome measured by the painDETECT scale were higher in the VATS surgery group. In 6.6% of patients after VATS surgery, painDETECT scores were above 12, indicating a high likelihood of a neuropathic pain component. This was not observed in the pleural drainage group. Differences were also identified in several other parameters: duration of drainage, length of hospitalization, and the need for analgesics after discharge. The developed prognostic model helped identify the following risk factors: the fact of surgical intervention, persistence of pain after discharge, need for analgesics after discharge, and reduced physical endurance.

CONCLUSION. The obtained data point to the need for developing individualized prevention and treatment strategies for chronic pain syndrome, especially in patients who underwent surgical treatment for spontaneous pneumothorax.

KEYWORDS: spontaneous pneumothorax, subtotal pleurectomy, video-assisted thoracoscopy, chronic pain syndrome in thoracic surgery, postoperative pain syndrome.

TO CITE THIS ARTICLE. Shakh B.N., Skripkin N.A., Volchkov.V.A., Lapshin V.N., Novikova O.V. Analysis of Risk Factors for the Development of Chronic Pain Syndrome in Patients After Surgical Treatment of Spontaneous Pneumothorax. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):89–96.

Введение. Спонтанный пневмоторакс (СП) — синдром, характеризующийся скоплением воздуха в плевральной полости, не связанный с травмой легкого и врачебными манипуляциями [1]. Первичный пневмоторакс наиболее часто встречается у молодых людей трудоспособного возраста и характеризуется высоким риском рецидивов, что связано с прогрессированием у них буллезной эмфиземы легких [2, 3]. Дренирование плевральной полости и видеоторакоскопическая операция (ВТС) с костальной плеврэктомией считаются основными, наиболее часто выполняемыми в стационарах методами лечения [4]. Рецидивы при дренировании плевральной полости — не редкость. Частота их развития составляет, по данным разных авторов, от 16 до 52% [5]. Значительно более эффективна ВТС с костальной плеврэктомией. Операция позволяет добиться надежной облитерации плевральной полости и снизить вероятность рецидивов [6].

Послеоперационный период нередко сопровождается выраженным болевым синдромом, что требует подбора адекватной анальгетической терапии. Следует учитывать, что нестероидные противовоспалительные средства (НПВС), применяемые в послеоперационном периоде, способны угнетать системный воспалительный ответ, что, в свою очередь, снижает также и эффективность плевродеза, надежность которого лежит в основе качества оперативного лечения [7]. Это существенно снижает возможности общепринятых схем послеоперационного обезболивания. Выраженность побочных реакций, связанных с применением наркотических анальгетиков, развитие опиоид-зависимой гиперальгезии вынуждают ограничивать их рутинное использование, а монотерапия парацетамолом может быть недостаточно эффективна. Все эти проблемы, нерешенные до настоящего времени, приводят к развитию хронического болевого синдрома (ХБС) у значительного числа пациентов (до 25%) [8].

Хронический болевой синдром — одно из наиболее частых осложнений после хирургических вмешательств, существенно влияющее на качество жизни пациентов. Его патогенез включает в себя ноцицептивные, нейропатические и психические факторы [9]. Хроническая боль может стать причиной снижения работоспособности, способствовать ухудшению психологического состояния пациентов, увеличить затраты на последующее лечение, поэтому ХБС является проблемой не только медицинского, но и социально-экономического характера [10]. Несмотря на имеющиеся исследования в данной области, вопросы прогностических факторов развития ХБС после ВТС-плеврэктомии остаются недостаточно изученными. Учитывая растущий интерес к качеству жизни пациентов после хирургических вмешательств, становится актуальной задача раннего выявления и прогнозирования риска ХБС с целью предупреждения его развития.

Цель исследования: определить ключевые факторы риска развития хронического болевого синдрома у пациентов, перенесших ВТС плеврэктомию по поводу спонтанного пневмоторакса.

Материалы и методы. Выполнено одноцентровое когортное нерандомизированное исследование, которое состояло из двух частей. Первым этапом был выполнен ретроспективный анализ течения периоперационного периода у пациентов, проходивших стационарное лечение по поводу первичного спонтанного пневмоторакса с 2018 по 2023 гг. Вторым этапом выполнена проспективная часть исследования — контрольный осмотр пациентов для определения наличия хронического болевого синдрома. Всего обследовано 136 больных. Пациенты были условно разделены на две группы: Группа I — пациенты, которым в рамках лечения СП выполнена ВТС, атипичная резекция легкого, субтотальная плеврэктомия (n = 106); Группа II — пациенты, лечение СП у которых заключалось в дренировании плевральной полости (n = 26).

Критерии включения в исследование:

1) возраст старше 18 лет;
2) лечение по поводу первичного спонтанного пневмоторакса (операция или дренирование);
3) методика плевродеза — плеврэктомия;
4) заполненная анкета painDETECT;
5) отсутствие перенесенных операций на органах грудной полости.

Критерии исключения из исследования:

1) конверсия в торакотомию в ходе операции;
2) рецидив спонтанного пневмоторакса после проведенного лечения;
3) любой другой метод плевродеза;
4) наличие ХБС любой локализации.

Таким образом, из 136 обследованных пациентов в критерии исключения попали два случая: один пациент с индукцией химического плевродеза йодом и один пациент с индукцией плевродеза методом скарификации плевры.

Характеристика пациентов I и II группы, включенных в исследование, представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика обследованных пациентов I и II группы

Характеристика пациентов / Группы включения		Группа 1 операция n = 106	Группа 2 дренирование n = 26	p-value
Период контрольного осмотра после операции, месяцев		11,2 ± 2,2	10,5 ± 2,0	0,456
Возраст, лет		31,5 23,0;37,8	35,5 27,0;45,3	0,136
Мужчины/женщины		87/19	19/7	0,301
Рост, см		177,4 ± 8,4	176,8 ± 9,4	0,759
Вес, кг		66,0 59,0;75,0	68,0 60,0;80,0	0,622
ИМТ, кг/м2		20,8 19,0;23,5	20,5 19,5;24,7	0,633
Локализация пневмоторакса	правосторонний	60,4% 64/106	69,2% 18/26	0,650
	левосторонний	38,7% 41/106	30,8% 8/26	
	двусторонний	0,9% 1/106	0	

У пациентов I группы выполнена ВТС плеврэктомия. Операция проводилась в положении на здоровом боку под общей анестезией и однолегочной вентиляцией через мини-доступ 4–5 см в 4 межреберье по средней подмышечной линии. Субтотальная костальная плеврэктомия не включала паравертебральную зону и диафрагму. Дренаж устанавливался через торакопорт, мини-доступ ушивался герметично, накладывалась асептическая повязка.

Пациентам II группы выполнялась пункция и дренирование плевральной полости по Бюлау:

в 4-м межреберье по средней подмышечной линии, в асептических условиях, выполнялась местная инфильтрационная анестезия (Sol. Lidocaini 1% 20 мл) с последующей пункцией плевральной полости. После получения газа дренаж вводился стилетным методом, фиксировался к коже узловой лигатурой, подключался к системе Бюлау и закрывался асептической повязкой.

Для оценки болевого синдрома в послеоперационном периоде использовались:

1) цифровая аналоговая шкала боли (ЦАШ) — для количественной оценки интенсивности боли;
2) анкета painDETECT — для выявления невропатического компонента боли.

На контрольном осмотре пациентам, кроме анкеты painDETECT, было предложено ответить на вопросы, указанные в таблице 2, характеризующие особенности течения послеоперационного периода после выписки из стационара.

Таблица 2. Вопросы контрольного осмотра пациентов

Вопросы	Ответы	
Сохранялся ли у Вас болевой синдром после выписки?	Да	Нет
Принимали ли Вы обезболивающие препараты после выписки из-за послеоперационной боли? (Нурофен, Ибупрофен, Найс, Кетонал и прочие)	Да	Нет
Были ли у Вас приступы одышки после операции?	Да	Нет
Стали ли Вы тяжелее переносить физическую нагрузку после операции?	Да	Нет
Чувствовали ли Вы стресс из-за возможного рецидива пневмоторакса?	Да	Нет
Изменился ли Ваш образ жизни после операции (отказ/ограничение от спорта, путешествий и т.д.)?	Да	Нет

Статистический анализ включал описательные методы, логистическую и линейную регрессию для выявления факторов риска ХБС и проводился с использованием программ MS Excel и StatTech v. 4.1.2 (разработчик — ООО Статтех, Россия).

Результаты исследования. У пациентов, перенесших ВТС-вмешательство, частота хронического болевого синдрома на момент осмотра составила 40%, тогда как в группе дренирования плевральной полости — 30,8%, при этом разница не была статистически значимой (p=0,386). Однако интенсивность и выраженность болевого синдрома по шкале painDETECT в группе ВТС операции была выше (рис. 1).

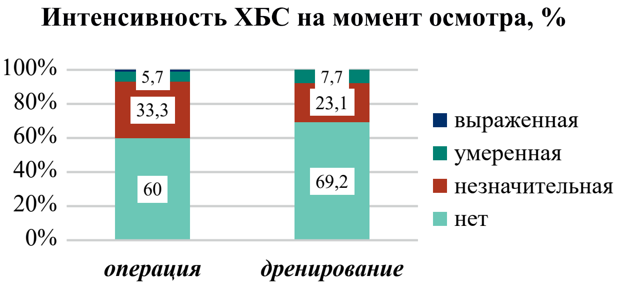


Рис. 1. Распределение показателей интенсивности хронического болевого синдрома по ЦАШ на момент осмотра в зависимости от группы (p=0,713)

Медиана показателя painDETECT составила 4,0 (1,0–8,8) у оперированных и 1,0 (0,0–7,8) у пациентов после дренирования (p=0,031) (рис. 2).

У 6,6% пациентов после ВТС операции значения painDETECT были выше 12, что указывает на высокую вероятность присутствия невропатического компонента боли. В группе дренирования плевральной полости этого не наблюдалось (рис. 3).

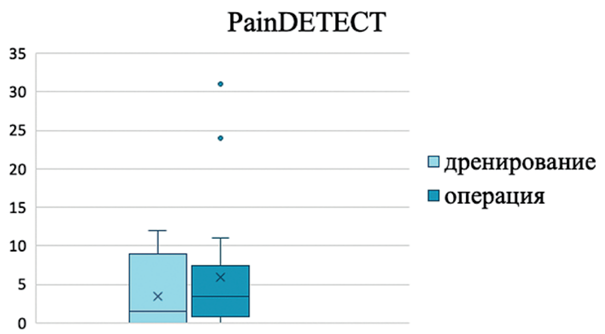


Рис. 2. Показатели painDETECT в зависимости от группы, p=0,031

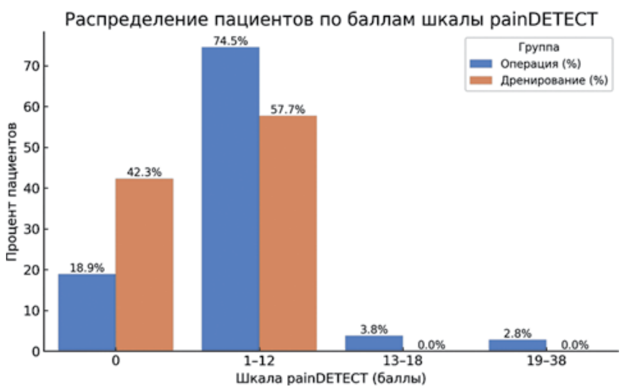


Рис. 3. Распределение пациентов по баллам painDETECT

Также выявлены различия в ряде других параметров (рис. 4):

- длительность дренирования была достоверно больше у оперированных (Me = 4 суток) по сравнению с пациентами после дренирования (Me = 3 суток; p = 0,009);
- продолжительность госпитализации составила в среднем 14 суток после ВТС операции и 6 суток после дренирования (p < 0,001);
- прием анальгетиков после выписки был необходим 25,5 % оперированных пациентов против 7,7 % в группе дренирования (p = 0,050), что указывает на более выраженный и продолжительный болевой синдром у первых.

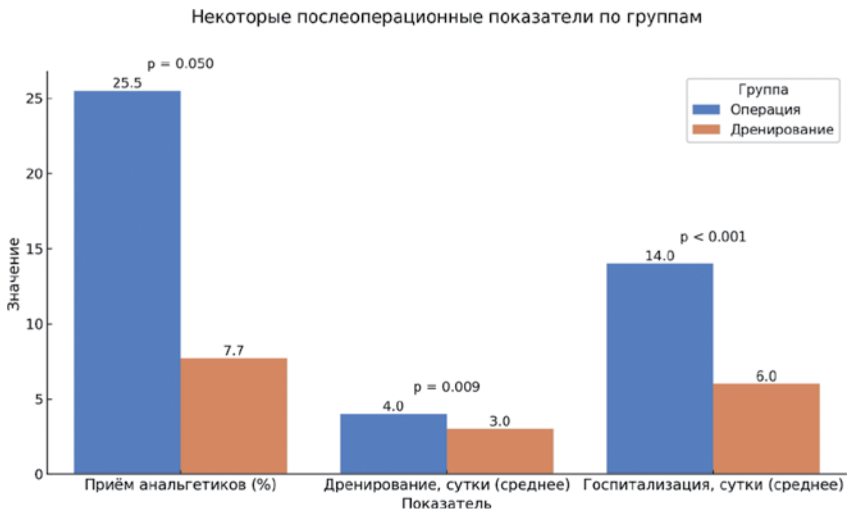


Рис. 4. Некоторые показатели по группам I и II

Прогностическая модель, созданная с помощью метода логистической регрессии, позволила выделить статистически значимые факторы риска развития ХБС на момент осмотра (рис. 5):

- факт оперативного вмешательства (AOR = 0,486; p < 0,001);
- сохранение боли после выписки из стационара (AOR = 4,325; p = 0,002);
- необходимость приема анальгетиков после выписки из стационара (AOR = 0,286; p = 0,034);
- снижение физической выносливости (AOR = 4,810; p = 0,003).

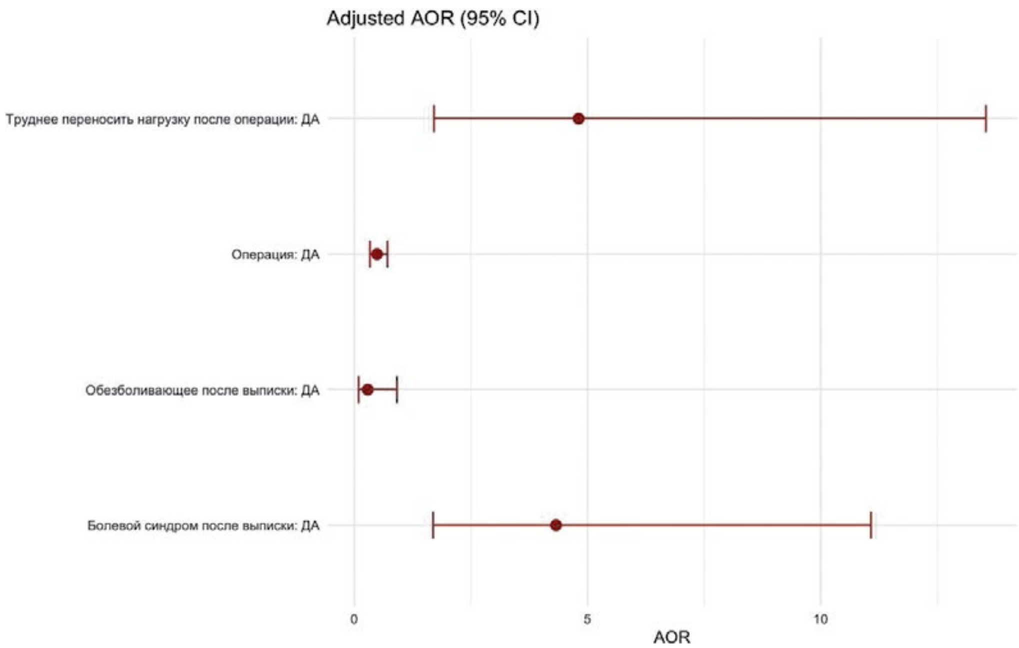


Рис. 5. Показатели AOR статистически значимых факторов риска развития ХБС

Также, с помощью метода линейной регрессии, были подтверждены данные, полученные методом логистической регрессии, а также выявлена обратная зависимость между выраженностью боли и количеством примененных наркотических анальгетиков. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Анализ painDETECT в зависимости от факторов

Вопросы / Статистические данные	B	Стд. ошибка	t	p
Операция: да	4,751	1,026	4,630	< 0,001*
Сохранялся ли у Вас болевой синдром после выписки? — Да	2,548	1,005	2,535	0,013*
Принимали ли Вы обезболивающие препараты после выписки из-за послеоперационной боли (Нурофен, Ибупрофен, Найс, Кетонал и прочие)? — Да	6,199	1,921	3,227	0,003*
Наркотические анальгетики (тримеперидин) в послеоперационном периоде, мг	–0,469	0,147	–3,187	0,004*

* — влияние предиктора статистически значимо ($p < 0,05$), используемый метод: линейная регрессия

Заключение. Полученные результаты подтверждают влияние способа лечения спонтанного пневмоторакса на риск формирования хронического болевого синдрома. Несмотря на то, что частота ХБС по шкале ЦАШ была сопоставима между группами, оперированные пациенты продемонстрировали более выраженный невропатический компонент боли, выявленный по анкете painDETECT. Это может быть связано с особенностями техники выполнения субтотальной плеврэктомии, ограничением применения НПВС в послеоперационном периоде в целях успешного плевродеза, а также большей продолжительностью дренирования и госпитализации. Эти факторы потенциально способствуют переходу острой боли в хроническую, и, следовательно, развитию хронического болевого синдрома по механизму центральной сенситизации [11].

Наличие достоверной зависимости между развитием ХБС и такими переменными, как болевой синдром после выписки, прием анальгетиков и снижение толерантности к физической активности, подчеркивает важность не только адекватности хирургического вмешательства, но и комплексного ведения пациентов в послеоперационном периоде. В частности, результаты прогностических моделей линейной и логистической регрессий свидетельствуют о существовании предикторов развития ХБС.

Особого внимания заслуживает обратная связь между выраженностью боли и количеством примененных наркотических анальгетиков, что служит подтверждением защитной роли адекватной анальгезии в профилактике нейропатического компонента хронического болевого синдрома.

Таким образом, полученные данные указывают на необходимость разработки индивидуальных стратегий профилактики и терапии хронического болевого синдрома, особенно у пациентов, перенесших хирургическое лечение по поводу спонтанного пневмоторакса.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Яблонский П.К., и др.* Спонтанный пневмоторакс: учебное пособие. СПб., 2013.
2. Bobbio A., Dechartres A., Bouam S., et al. Epidemiology of spontaneous pneumothorax: gender-related differences. *Thorax*. 2015;70(7):653–638. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2014-206577.
3. *Михеев А.В.* Этиология первичного спонтанного пневмоторакса (обзор литературы) // Земский врач. 2015. Т. 28, №4. С. 14–19.

4. Jouneau S., Ricard J.D., Seguin-Givelet A., et al. SPLF/SMFU/SRLF/SFAR/SFCTCV Guidelines for the management of patients with primary spontaneous pneumothorax. *Ann Intensive Care*. 2023;13(1):88. DOI: 10.1186/s13613-023-01181-2.

5. Muhetaer M., Paerhati K., Sun Q., et al. Effects of Different Treatment Regimens on Primary Spontaneous Pneumothorax: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2022;28(6):389–402. DOI: 10.5761/atcs.oa.22-00113.

6. Lin Z., Zhang Z., Wang Q., et al. A systematic review and meta-analysis of video-assisted thoracoscopic surgery treating spontaneous pneumothorax. *J Thorac Dis*. 2021;13(5):3093–3104. DOI: 10.21037/jtd-21-652.

7. Hung W.T., Chen H.M., Wu C.H., et al. Recurrence rate and risk factors for recurrence after thoracoscopic surgery for primary spontaneous pneumothorax: A nationwide population-based study. *J Formos Med Assoc*. 2021;120(10):1890–1896. DOI: 10.1016/j.jfma.2020.12.011.

8. Hirai K., Usuda J. Uniportal video-assisted thoracic surgery reduced the occurrence of post-thoracotomy pain syndrome after lobectomy for lung cancer. *J Thorac Dis*. 2019;11(9):3896–3902. DOI: 10.21037/jtd.2019.09.07.

9. Glare P., Aubrey K.R., Myles P.S. Transition from acute to chronic pain after surgery. *Lancet*. 2019;393(10180):1537–1546. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)30352-6.

10. Hadi M.A., McHugh G.A., Closs S.J. Impact of Chronic Pain on Patients' Quality of Life: A Comparative Mixed-Methods Study. *J Patient Exp*. 2019;6(2):133–141. DOI: 10.1177/2374373518786013.

11. *Цединова Ю.Б., Чурюканов М.В., Загорулько О.И., Медведева Л.А., Ярыгин И.В., Домбровская А.В.* О значении центральной сенситизации и психологических факторов в развитии хронической послеоперационной боли // Российский журнал боли. 2022. Т. 20, № 2. С. 45–50. DOI: 10.17116/pain20222002145 EDN: LPVHMS.

REFERENCES

1. Yablonskiy P.K., et al. *Spontannyy pnevmotoraks: uchebnoe posobie [Spontaneous pneumothorax: a teaching aid]*. St. Petersburg; 2013. c

2. Bobbio A., Dechartres A., Bouam S., et al. Epidemiology of spontaneous pneumothorax: gender-related differences. *Thorax*. 2015;70(7):653–638. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2014-206577.

3. Miheev A.V. The Etiology of Primary Spontaneous Pneumothorax (Literature Review). *Zemskiy vrach*. 2015;28(4):14–19. (In Russ.).

4. Jouneau S., Ricard J.D., Seguin-Givelet A., et al. SPLF/SMFU/SRLF/SFAR/SFCTCV Guidelines for the management of patients with primary spontaneous pneumothorax. *Ann Intensive Care*. 2023;13(1):88. DOI: 10.1186/s13613-023-01181-2.

5. Muhetaer M., Paerhati K., Sun Q., et al. Effects of Different Treatment Regimens on Primary Spontaneous Pneumothorax: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2022;28(6):389–402. DOI: 10.5761/atcs.oa.22-00113.

6. Lin Z., Zhang Z., Wang Q., et al. A systematic review and meta-analysis of video-assisted thoracoscopic surgery treating spontaneous pneumothorax. *J Thorac Dis*. 2021;13(5):3093–3104. DOI: 10.21037/jtd-21-652.

7. Hung W.T., Chen H.M., Wu C.H., et al. Recurrence rate and risk factors for recurrence after thoracoscopic surgery for primary spontaneous pneumothorax: A nationwide population-based study. *J Formos Med Assoc*. 2021;120(10):1890–1896. DOI: 10.1016/j.jfma.2020.12.011.

8. Hirai K., Usuda J. Uniportal video-assisted thoracic surgery reduced the occurrence of post-thoracotomy pain syndrome after lobectomy for lung cancer. *J Thorac Dis*. 2019;11(9):3896–3902. DOI: 10.21037/jtd.2019.09.07.

9. Glare P., Aubrey K.R., Myles P.S. Transition from acute to chronic pain after surgery. *Lancet*. 2019;393(10180):1537–1546. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)30352-6.

10. Hadi M.A., McHugh G.A., Closs S.J. Impact of Chronic Pain on Patients' Quality of Life: A Comparative Mixed-Methods Study. *J Patient Exp*. 2019;6(2):133–141. DOI: 10.1177/2374373518786013.

11. Tsedinova Yu.B., Churyukanov M.V., Zagorulko O.I. Central sensitization and psychological factors in chronic postoperative pain. *Russian Journal of Pain*. 2022;20(2):45–50. DOI: 10.17116/pain20222002145 EDN: LPVHMS.

АВТОРЫ

Шах Борис Николаевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-8389-7516
Скрипкин Никита Алексеевич — ORCID: 0009-0005-1143-1732
Волчков Владимир Анатольевич, д.м.н. — ORCID: 0000-0002-5664-7386

Лапшин Владимир Николаевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0009-0000- 7283-2875
Новикова Ольга Викторовна, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-5501-7120

AUTHORS
Shakh Boris Nikolaevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-8389-7516
Skripkin Nikita Alekseevich — ORCID: 0009-0005-1143-1732
Volchkov Vladimir Anatol'evich, Dr.Sci. (Medicine) — ORCID: 0000-0002-5664-7386
Lapshin Vladimir Nikolaevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0009-0000- 7283-2875
Novikova Ol'ga Viktorovna, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-5501-7120

УДК 616.72-002
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_97

ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТОМОСИНТЕЗА В ВЫЯВЛЕНИИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КРЕСТЦОВО-ПОДВЗДОШНЫХ СОЧЛЕНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ СО СПОНДИЛОАРТРИТАМИ

© А.С. ГАЙДУК[1], И.С. ЖЕЛЕЗНЯК[1], Д.С. АГАНОВ[1], Д.Ю. АНОХИН[1], А.А. ЕМЕЛЬЯНЦЕВ[1], А.С. КОЛОДИН[2]

[1] ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

[2] ФГКУ «1469 Военно-морской клинический госпиталь» Минобороны России, Североморск, Россия

РЕЗЮМЕ

АКТУАЛЬНОСТЬ. Спондилоартриты занимают одно из лидирующих мест среди ревматических заболеваний. Их поздняя диагностика приводит к несвоевременному назначению эффективной терапии и, как следствие, быстрому прогрессированию структурных изменений опорно-двигательного аппарата, снижению функциональной активности и социальной адаптации пациентов. Основным проявлением спондилоартритов является воспалительное поражение крестцово-подвздошных суставов — сакроилеит.

ЦЕЛЬ: в работе продемонстрированы возможности томосинтеза у пациентов со спондилоартритами, что позволило предположить о целесообразности его использования в качестве метода выбора в выявлении структурных изменений крестцово-подвздошных суставов, в том числе для более конкретной диагностики стадии анкилозирующего спондилита на этапе рентгенодиагностики.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. В представленной статье описаны клинические наблюдения пациентов с подозрением на сакроилеит, которым кроме традиционной рентгенографии выполнялся томосинтез крестцово-подвздошных суставов.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Томосинтез позволил повысить вероятность визуализации проявлений сакроилеита, таких как эрозии и изменение суставной щели (ее расширение, сужение и анкилоз), которые не определялись при традиционной рентгенографии.

ВЫВОДЫ. Описанные в данной статье клинические случаи указывают на то, что томосинтез может быть использован в качестве метода выбора в лучевой диагностике для выявления признаков поражения крестцово-подвздошных суставов при спондилоартритах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: крестцово-подвздошные суставы, томосинтез, сакроилеит, спондилоартриты, анкилозирующий спондилит, клинический случай.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Гайдук А.С., Железняк И.С, Аганов Д.С., Анохин Д.Ю., Емельянцев А.А., Колодин А.С. Опыт практического применения томосинтеза в выявлении структурных изменений крестцово-подвздошных сочленений у пациентов со спондилоартритами // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 97–108.

EXPERIENCE OF PRACTICAL APPLICATION OF TOMOSYNTHESIS IN DETECTION OF STRUCTURAL CHANGES OF SACROILIAC JOINTS IN PATIENTS WITH SPONDYLOARTHRITIS

© A.S. GAYDUK[1], I.S. ZHELEZNYAK[1], D.S. AGANOV[1], D.YU. ANOKHIN[1], A.A. EMELYANTSEV[1], A.S. KOLODIN[2]

[1] Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
[2] 1469 Naval Clinical Hospital of the Ministry of Defense of Russia, Severomorsk, Russia

ABSTRACT

RATIONALE. Spondyloarthritis is one of the leading rheumatic diseases. Its late diagnosis leads to untimely administration of effective therapy and, as a consequence, rapid progression of structural changes in the mus-culoskeletal system, decreased functional activity and social adaptation of patients. The main manifestation of spondyloarthritis is inflammatory damage to the sacroiliac joints — sacroiliitis.

OBJECTIVE. The work demonstrated the capabilities of tomosynthesis in patients with spondyloarthritis, which allowed us to suggest the advisability of its use as a method of choice in identifying structural changes in the sacroiliac joints, including its use for more specific diagnosis of the stage of ankylosing spondylitis at the stage of X-ray diagnostics.

MATERIAL AND METHODS. The presented article describes clinical observations of patients with suspected sacroiliitis, who, in addition to traditional radiography, underwent tomosynthesis of the sacroiliac joints.

RESULTS. Tomosynthesis has increased the likelihood of visualizing manifestations of sacroiliitis such as erosions and changes in the joint space (its expansion, narrowing and ankylosis), which were not determined by traditional radiography.

CONCLUSION. The clinical cases described in this article indicate that tomosynthesis can be used as a method of choice in radiological diagnostics to identify signs of sacroiliac joint damage in spondyloarthritis.

KEYWORDS: sacroiliac joints, tomosynthesis, sacroiliitis, spondyloarthritis, ankylosing spondylitis, clinical case.

TO CITE THIS ARTICLE. Gayduk A.S., Zheleznyak I.S., Aganov D.S., Anokhin D.Yu., Emelyantsev A.A., Kolodin A.S. Experience of practical application of tomosynthesis in detection of structural changes of sacroiliac joints in patients with spondyloarthritis. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):97–108.

Актуальность. Не вызывает сомнений, что ревматические заболевания занимают одно из лидирующих мест по негативному влиянию на общество, что обусловлено неуклонным прогрессированием сопутствующих хронических состояний, снижением работоспособности и ранней инвалидизацией [1]. Особое место среди них занимают хронические воспалительные заболевания позвоночника, суставов и энтезисов, объединенных в группу спондилоартритов (СпА) [2], ведущим проявлением которых является воспалительное поражение крестцово-подвздошных суставов (КПС) — сакроилеит. Как известно, одним из представителей СпА является анкилозирующий спондилит (АС).

Запоздалая диагностика АС, вследствие отсутствия специфических клинических проявлений, иммунологических маркеров, наличия нередко нормальных показателей лабораторной активности и острофазовых показателей (СОЭ и СРБ), приводит к несвоевременной постановке диагноза, в то время как выявление сакроилеита на ранних стадиях имеет ключевое значение для верификации заболевания [3, 4]. В работе J. Braun et. al. авторы объясняют позднюю диагностику сакроилеита следующими причинами [5]:

1. Ошибочной трактовкой рентгенологических изменений при сакроилеите как проявлений естественного явления старения КПС;
2. Медленным прогрессированием рентгенологических изменений (выраженный склероз, эрозии, анкилоз), что затрудняет визуализацию минимальных изменений КПС в дебюте заболевания;
3. Особенностями анатомического строения КПС, верхняя треть которых представлена связочным аппаратом, а нижние две трети — синовиальной, что вызывает нерегулярность и расширение суставного пространства, а также затруднение интерпретации изменений субхондральной кости.

Таким образом, можно предположить, что повышение качества визуализации деструктивных изменений костной структуры позволит улучшить выявление рентгенологических признаков сакроилеита на ранних стадиях, снизить количество ложноположительных, ложноотрицательных результатов, и, как следствие, повысить качество оказания медицинской помощи пациентам со спондилоартритами.

Ряд авторов сообщают, что информативность традиционного рентгенологического исследования без значительного увеличения лучевой нагрузки может быть повышена за счет применения цифрового томосинтеза [6, 7, 8, 9, 10].

В данной статье продемонстрирована возможность использования цифрового томосинтеза как дополнительного метода, используемого для выявления структурных изменений КПС и определения стадии сакроилеита у пациентов со спондилоартритами.

Цель: в работе продемонстрированы возможности томосинтеза у пациентов с спондилоартритами, что позволило предположить о целесообразности его использования в качестве метода выбора в выявлении структурных изменений крестцово-подвздошных суставов, в том числе для более конкретной диагностики стадии анкилозирующего спондилита на этапе рентгенодиагностики.

Материалы и методы. В представленной статье описаны клинические наблюдения пациентов с подозрением на сакроилеит, которым кроме традиционной рентгенографии выполнялся томосинтез крестцово-подвздошных суставов.

Описание случаев.

Клинический случай № 1. Пациент З., 21 год, поступил на ревматологическое отделение клиники факультетской терапии Военно-медицинской академии им С.М. Кирова с жалобами на дискомфорт в ягодицах, чувство боли и скованности в нижней части спины продолжительностью до 30 мин.

Анамнез заболевания. Считает себя больным с 19 лет, когда впервые появилось чувство дискомфорта в ягодицах, в последующем отмечал присоединение болевого синдрома в нижней части спины в утренние часы. В анализах крови повышения уровня СОЭ и СРБ не регистрировалось, в связи с чем наблюдался у невролога и травматолога с диагнозом «Остеохондроз поясничного отдела позвоночника. Обострение вертеброгенной люмбалгии». Осуществлялся курсовой прием НПВП (диклофенак, нимесулид, ибупрофен), физиотерапевтические методы лечения с временным положительным эффектом. Увеличение потребности как в кратности, так и в дозе НПВП с повышением уровня СОЭ (30 мм/ч), СРБ (7,5 мг/мл) и появление утренней скованности в течение 2 лет потребовало пересмотра тактики ведения пациента. Пациент был консультирован терапевтом, рекомендовано стационарное обследование в условиях ревматологического отделения.

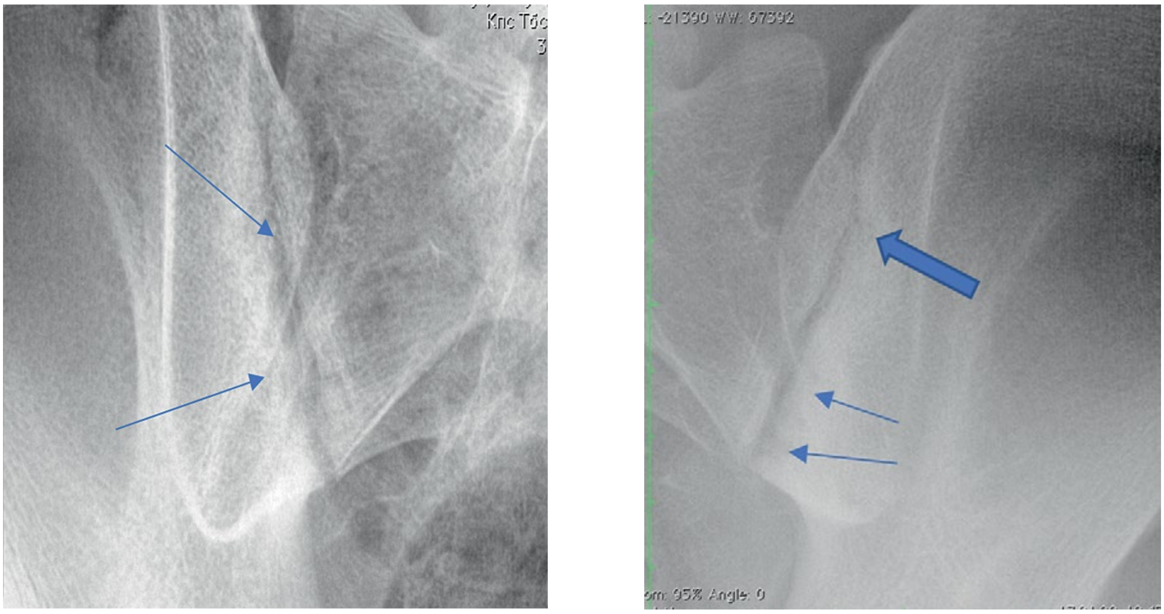
Анамнез жизни. Пациент — студент ВУЗа. Наследственность по заболеваниям опорно-двигательного аппарата не отягощена. Наличие вредных привычек отрицает.

Объективный статус. При физикальном обследовании обращала на себя внимание двухсторонняя болезненность при пальпации в проекции крестцово-подвздошных суставов (положительные симптомы Кушелевского I–III) и паравертебральных зон поясничного отдела позвоночника, каких-либо других изменений со стороны опорно-двигательной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, органов желудочного тракта и мочевыделения выявлено не было. При оценке показателей подвижности позвоночника и функции тазобедренных суставов, индекс BASMI составил 0 баллов.

Результаты лабораторного исследования. В общем анализе крови отмечалось повышение СОЭ до 29 мм/ч, остальные показатели (эритроциты, гемоглобин, лейкоциты, тромбоциты) в норме. В биохимическом анализе крови отмечалось повышение СРБ до 21,2 мг/л, фибриноген до 6,4 г/л. Анализ на ревматоидный фактор — отрицательный. Молекулярно-генетическое исследование на HLA-B27 — положительно. Очагов хронической (тонзилогенной, урогенитальной и кишечной) инфекции не выявлено. Несмотря на отсутствие явных физикальных признаков спондилоартритов у пациента наблюдалась высокая активность по количественной оценке общей активности анкилозирующего спондилита: индекс ASDAS-СРБ — 2,7 (очень высокая активность).

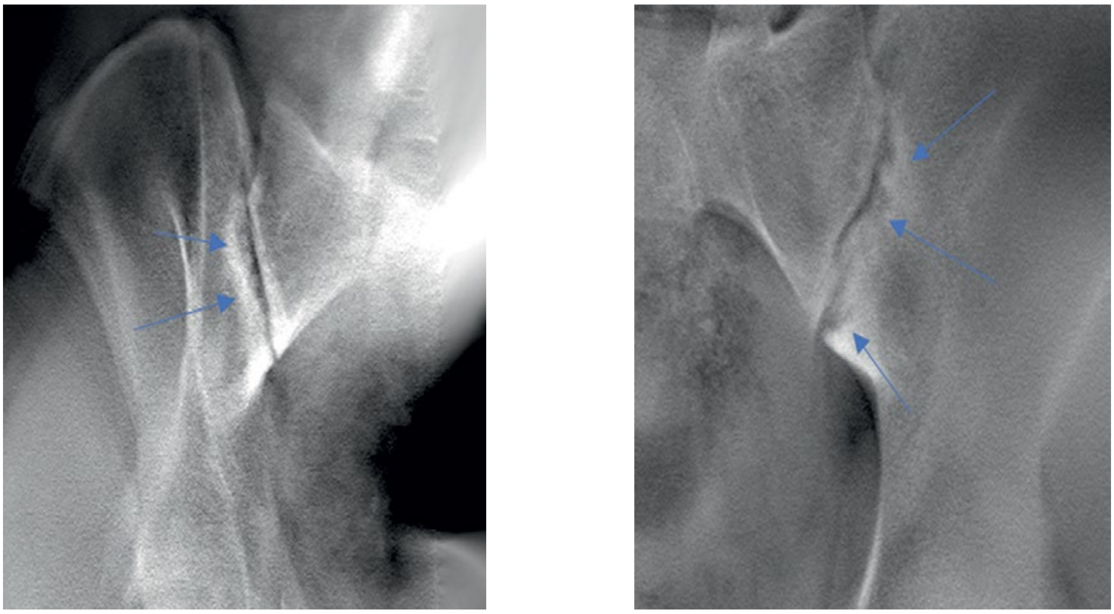
Результаты инструментального исследования. Первым этапом выполнена обзорная рентгенография таза в прямой задней проекции и косые проекции обоих КПС (рис. 1). На рентгенограммах правого (рис. 1 А) КПС отмечалось умеренное сужение рентгеновской суставной щели в средних отделах с выраженным субхондральным склерозом, контуры суставных поверхностей со стороны подвздошной кости неровные, эрозии четко не визуализировались. На снимках левого КПС (рис. 1 Б) отмечалось сужение рентгеновской суставной щели в верхнем отделе с субхондральным склерозом с обеих сторон, более выраженным со стороны подвздошной кости; контуры суставной поверхности со стороны подвздошной кости локально в верхнем отделе были размыты, нельзя было исключить эрозию. При этом эффект суммации всех слоев в единую картину не позволял детально оценить все изменения; в нижнем отделе на фоне выраженного субхондрального склероза визуализировались эрозии. Предварительно по традиционному рентгену пациенту был выставлен правосторонний сакроилеит II стадии и левосторонний сакроилеит II–III стадии.

На втором этапе был выполнен томосинтез. На реконструкциях правого КПС (рис. 2 А) на фоне выраженного склероза суставных поверхностей со стороны подвздошной кости визуализировались эрозии в средних и нижних отделах, что невозможно было оценить при традиционной рентгенографии. На реконструкциях левого КПС (рис. 2 Б) были получены все слои рентгеновской суставной щели исследуемого сустава, что дало возможность сделать заключение о том, что в данном суставе во всех отделах визуализируются множественные различные по конфигурации эрозии, которые не визуализировались при традиционной рентгенографии. За счет прослеживания на всем протяжении появилась возможность оценить ширину рентгеновской суставной щели в передних, средних и задних отделах. При оценке субхондрального склероза был выявлен локальный участок выраженного субхондрального склероза со стороны крестца, который также не был выявлен при традиционной рентгенографии. После проведения томосинтеза стадии сакроилеита были изменены на двусторонний сакроилеит III ст.



А *Б*

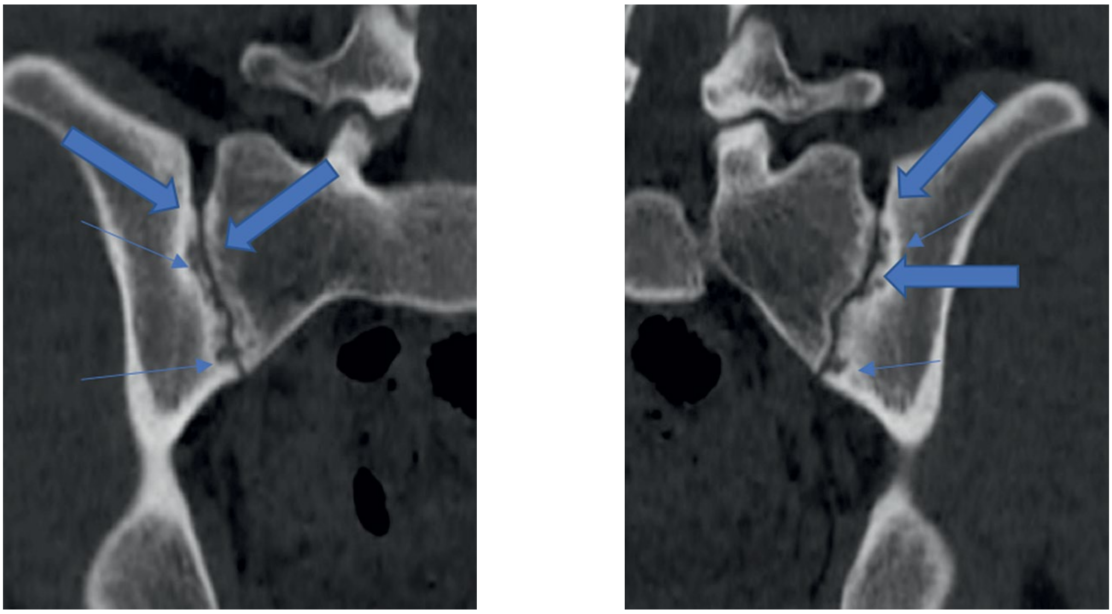
Рис. 1. Традиционная рентгенография в косых проекциях крестцово-подвздошных суставов: А — выраженный субхондральный склероз со стороны подвздошной кости (стрелка), эрозии четко не визуализируются, доза — 0,100 мЗв; Б — на фоне выраженного субхондрального склероза неровность суставной поверхности в нижнем отделе за счет эрозий (тонкие стрелки), нельзя исключить эрозию в верхнем отделе (толстая стрелка), доза — 0,088 мЗв



А *Б*

Рис. 2. Линейный томосинтез в косых проекциях крестцово-подвздошных суставов: А — эрозии (стрелки) средних и нижних отделов на фоне выраженного субхондральный склероз со стороны подвздошной; Б — на фоне выраженного субхондрального склероза множественные эрозии во всех отделах со стороны подвздошной кости (стрелки)

Третьим этапом были выполнены МРТ и КТ для подтверждения наличия патологических изменений и воспалительного процесса в суставе. На КТ были подтверждены структурные изменения, выявленные при томосинтезе (рис. 3). На МРТ визуализирован отек костного мозга (рис. 4).



А *Б*

Рис. 3. Компьютерная томография крестцово-подвздошных суставов. Выраженный субхондральный склероз суставных поверхностей с обеих сторон, множественные эрозии суставных поверхностей (тонкие стрелки), участки сужения и расширения рентгеновских суставных щелей (толстые стрелки)

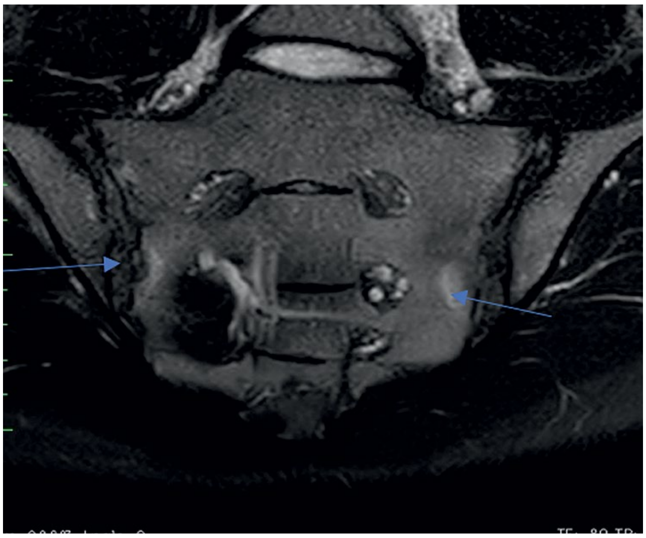


Рис. 4. Магнитно-резонансная томография крестцово-подвздошных суставов: — режим Т2-ВИ, полукоронарная проекция. Гиперинтенсивный сигнал в субхондральных отделах подвздошной кости с обеих сторон, ОКМ (стрелка)

На основании жалоб на боль в спине воспалительного характера, наличие изменений в крестцово-подвздошных суставах по данным рентгенографии и МРТ был сформулирован диагноз «Анкилозирующий спондилит HLA-B27-ассоциированный, развернутая стадия (двусторонний сакроилеит III стадии), активность высокая (ASDAS-СРБ — 2,7). ФК 2». В качестве базисной терапии назначены НПВС (эторикоксиб 90 мг) на фоне которых достигнута положительная динамика в виде снижения индекса ASDAS. Был выписан в удовлетворительном состоянии с рекомендациями под наблюдение ревматолога.

Клинический случай № 2. Пациент Ч., 35 лет, поступил на ревматологическое отделение клиники факультетской терапии Военно-медицинской академии им С.М. Кирова с жалобами на боли в левом тазобедренном суставе в покое, усиливающиеся при движениях, боли в правом плечевом суставе, общую слабость.

Анамнез заболевания. Дебют суставного синдрома в 32 года, тогда же при стационарном обследовании в терапевтическом отделении верифицирован «Реактивный артрит неуточненной этиологии, с системными проявлениями (анемия хронического заболевания), полиартрит, острое течение, высокой степени активности». На фоне противовоспалительной терапии (ГКС, НПВП, сульфасалазин) явления артрита были купированы. В течение последующих 2 лет при попытке отмены терапии пациент отмечал повышение температуры тела до фебрильных значений, похудание на 6 кг, появление артрита правого тазобедренного и левого коленного суставов. В анализах крови регистрировалось: гемоглобин — 106 г/л, СОЭ — 60 мм/ч, СРБ — 48 мг/л, выявлена урогенитальная инфекция; по данным рентгенографии — остеоартроз тазобедренных суставов справа — 2, слева — 3 степени. Принимая во внимание хронизацию процесса, отсутствие эффективности от проводимой терапии, наличие системных проявлений, формирование артрозов, пациент был госпитализирован в ревматологическое отделение.

Анамнез жизни. Пациент — военнослужащий. Перенесенные кишечные и урогенитальные инфекции отрицает. Наследственность по заболеваниям опорно-двигательного аппарата не отягощена. Вредные привычки: курит по 1 пачке сигарет в день с 18 лет, алкоголем не злоупотребляет.

Объективный статус. При физикальном обследовании болезненность и ограничение подвижности преимущественно в левом тазобедренном суставе, артрит левого коленного сустава, энтезиты ахилловых сухожилий. Температура тела 37,5 °С. По остальным органам и системам без видимой патологии. Показатель BASMI — 1 балл.

Результаты клинико-лабораторного исследования. Общий анализ крови: эритроциты $4{,}9\times10^{12}$/л, гемоглобин 107 г/л; MCH 28,4 пг, MCV 85 фл, лейкоциты $8{,}0\times10^{9}$/л, тромбоциты 410×10^{9}/л, СОЭ до 55 мм/ч. В биохимическом анализе крови СРБ до 50,5 мг/л, фибриноген до 6,4 г/л. Анализ на ревматоидный фактор — отрицательный. Молекулярно-генетическое исследование на HLA-B27 — положительно. Очагов хронической (тонзилогенной, урогенитальной и кишечной) инфекции не выявлено. Активность заболевания по количественной оценке общей активности АС: индекс ASDAS-СРБ — 3,4 (очень высокая активность).

Результаты инструментального исследования. Первым этапом выполнена обзорная рентгенография таза в прямой задней проекции и косые проекции обоих КПС (рис. 5).

На представленном изображении (рис. 5) в проекции правого КПС отмечался выраженный субхондральный склероз суставных поверхностей, эрозии не визуализировались; в проекции левого КПС отмечался умеренный субхондральный склероз; оценка суставных поверхностей средней и нижней трети была затруднена из-за суммации просветления пневматизированной толстой кишки.

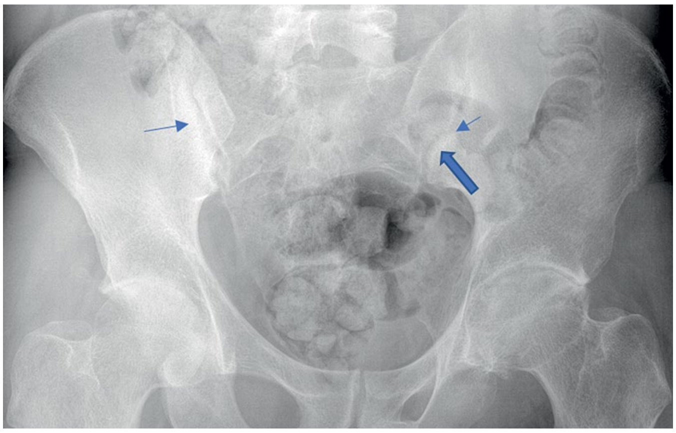
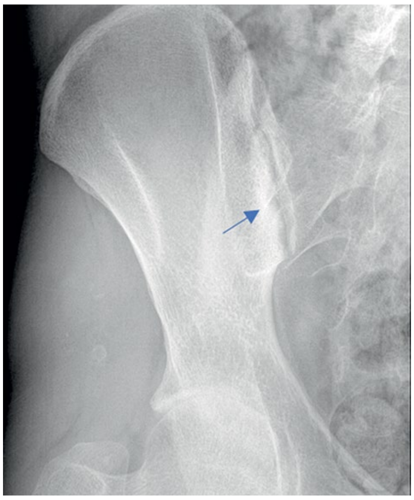
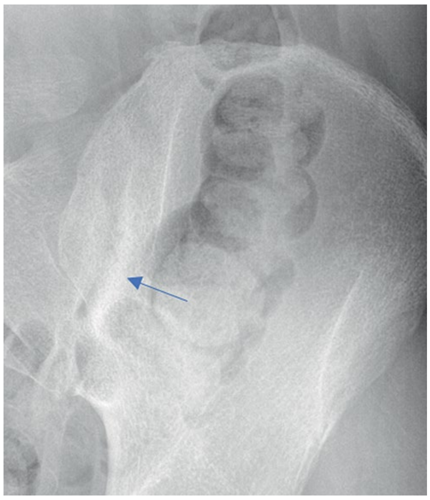


Рис. 5. Обзорный снимок таза, прямая задняя проекция. Выраженный субхондральный склероз со стороны подвздошной кости правого крестцово-подвздошного сустава (стрелка); умеренный субхондральный склероз со стороны подвздошной кости левого крестцово-подвздошного сустава (стрелка), наложение пневматизированной кишки на среднюю и нижнюю треть левого крестцово-подвздошного сустава (толстая стрелка)

На косых снимках правого КПС (рис. 6 А) рентгеновская суставная щель не изменена, с выраженным субхондральным склерозом со стороны подвздошной кости, на фоне которого в средней трети нельзя исключить эрозию. На косых снимках левого КПС (рис. 6 Б) рентгеновская суставная щель в нижней трети не дифференцируется; суставные поверхности с выраженным субхондральным склерозом со стороны подвздошной кости, на фоне которого в средней имелись признаки наличия краевой деструкции (эрозий). Предварительно по традиционному рентгену пациенту был выставлен двусторонний сакроилеит II стадии.



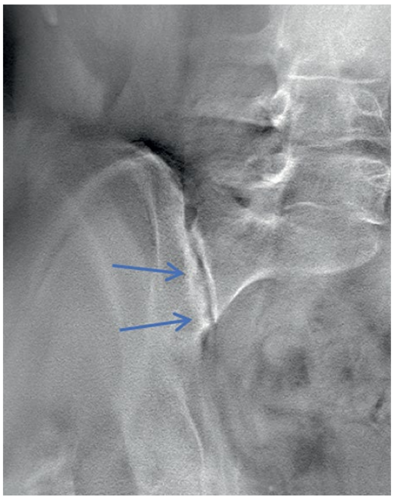
А



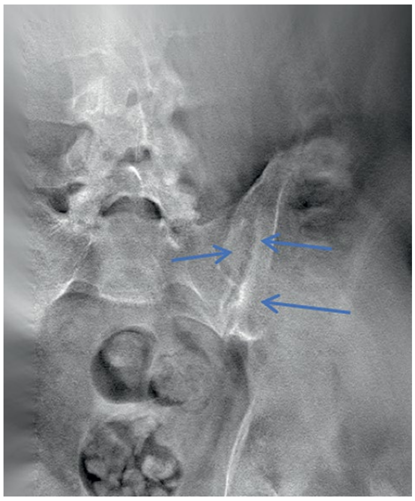
Б

Рис. 6. Традиционная рентгенография в косых проекциях крестцово-подвздошных суставов: А — на фоне выраженного субхондрального склероза в средней трети со стороны подвздошной кости нельзя исключить эрозию (стрелка), доза 0,128 мЗв; Б — на фоне выраженного субхондрального склероза в средней трети со стороны подвздошной кости нельзя исключить эрозии, доза 0,125 мЗв (стрелка)

Вторым этапом был выполнен томосинтез. На полученных реконструкциях правого КПС (рис. 7 А) на фоне выраженного субхондрального склероза со стороны подвздошной кости в средней и нижней трети визуализировались эрозии. На реконструкциях левого КПС (рис. 7 Б) в средней и нижней трети на фоне выраженного склероза четко визуализировались эрозии. Также при оценке рентгеновской суставной щели на всем ее протяжении визуализировалось формирование анкилоза в нижних отделах задних отделов левого КПС (рис. 8). После проведения томосинтеза стадии сакроилеита были изменены на двусторонний сакроилеит III ст.



А



Б

Рис. 7. Линейный томосинтез в косых проекциях крестцово-подвздошных суставов: А — на фоне выраженного субхондрального склероза в средней, нижней трети со стороны подвздошной кости эрозии (стрелки); Б — на фоне выраженного субхондрального склероза в средней, нижней третях со стороны подвздошной кости эрозии (стрелки)

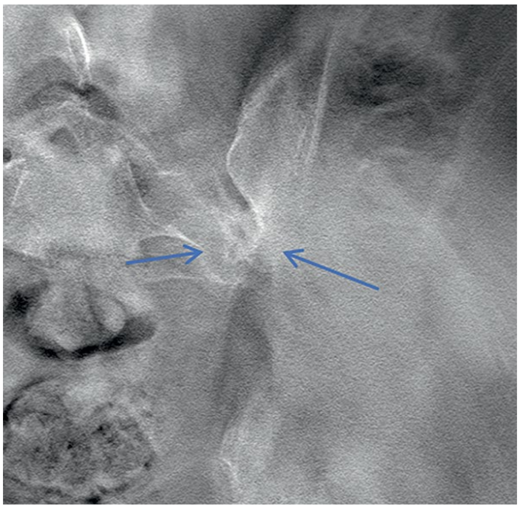


Рис. 8. Линейный томосинтез в косой проекции левого крестцово-подвздошного сустава: формирование анкилоза в нижней трети задних отделов (стрелки)

Третьим этапом пациенту было выполнено КТ для подтверждения изменений костной структуры в суставе. КТ подтвердило наличие множественных эрозий в обоих КПС (рис. 9 А, Б) с формированием частичного анкилоза в нижней трети задних отделов левого КПС (рис. 9 В).

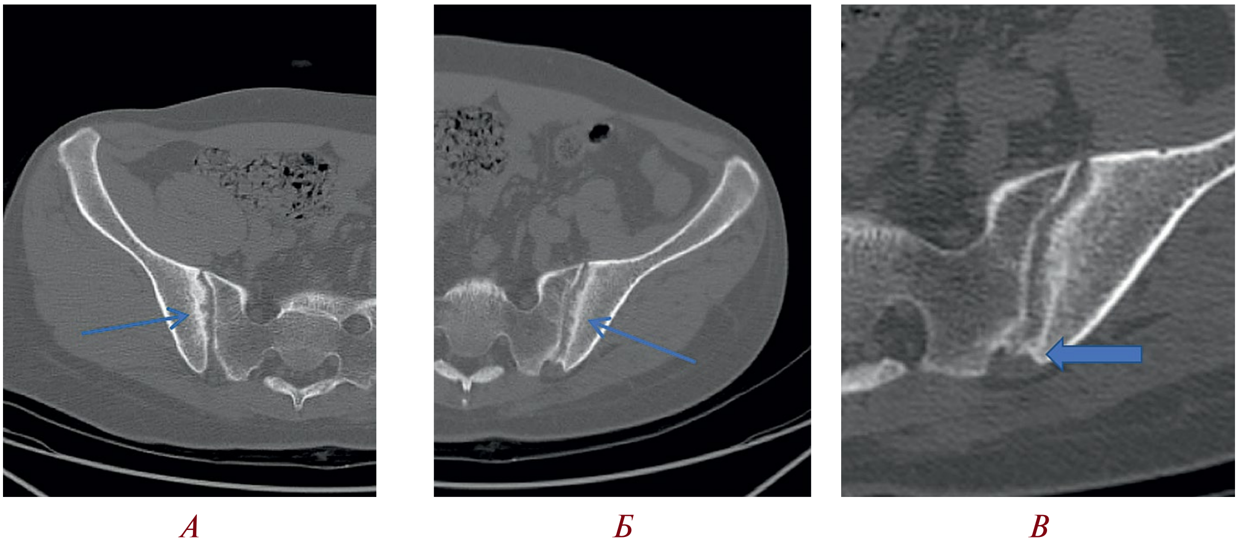


Рис. 9. Компьютерная томография крестцово-подвздошных суставов: А — на фоне выраженного субхондрального склероза в средней, нижней третях со стороны подвздошной кости множественные эрозии (тонкая стрелка); Б — на фоне выраженного субхондрального склероза в средней, нижней третях со стороны подвздошной кости множественные эрозии (тонкая стрелка); В — формирование анкилоза в нижней трети задних отделов (толстая стрелка)

По результатам проведенного обследования был верифицирован диагноз «Анкилозирующий спондилит HLA-B27-ассоциированный, развернутая стадия (двусторонний сакроилеит III стадии, двусторонний коксит) с внескелетными (анемия, снижение массы тела) и внеаксиальными (периферический артрит) проявлениями, активность высокая (ASDAS-СРБ — 3,4). ФК 2». Пациент был выписан в удовлетворительном состоянии.

Обсуждение. Данные клинические случаи приведены с целью демонстрации возможности применения томосинтеза в ранней диагностике одного из главных проявлений спондилоартритов и сакроилеита: в первом случае описан дебют заболевания у пациента в раннем возрасте без лабораторной активности, во втором — с отсутствием характерных для СпА болей воспалительного характера в нижней части спины.

Многие авторы сходятся во мнении, что поздняя диагностика сакроилеита при СпА обусловлена трудностями интерпретации рентгенограмм КПС на ранних стадиях (связанные с затруднением визуализации мельчайших изменений в КПС, а также их анатомическими особенностями строения) [3, 5]. Одним из определяющих критериев при оценке сакроилеита и его стадии является ранняя визуализация широкого субхондрального склероза и эрозий костной структуры суставных поверхностей [5, 11]. Эрозиями принято считать краевые дефекты кортикального слоя, которые должны быть не менее 1 мм без венчика склероза. Субхондральным склерозом, характерным для сакроилеита, принято считать уплотнение костной ткани в виде широкой зоны, которое появляется изначально со стороны подвздошной кости не менее 5 мм, в последующем аналогичные изменения появляются и со стороны крестца, где ширина склероза должна быть не менее 3 мм [11].

Левшакова А. с соавт. в своей работе делают акцент на диагностике множественных эрозий. Авторы объясняют это тем, что единичные неровности суставных поверхностей, которые зачастую расцениваются как эрозии, встречаются часто и у здоровых людей после 50 лет [11]. Исходя из выше сказанного, мы предположили, что томосинтез позволит добиться повышения частоты диагностики именно множественных эрозивных изменений.

Стоит отметить, что в охваченном объеме литературы не встречается отдельная классификация для оценки эрозий КПС.

Для оценки деструктивных изменений КПС согласно клиническим рекомендациям обследование пациентов с подозрением на сакроилеит должно начинаться с обзорного костей таза [4]. Однако, из-за анатомической особенности строения КПС при получении снимков таза в прямой проекции КПС имеют вид нелинейных, ромбовидных или овальных просветлений [12]. Для того, чтобы рентгеновская суставная щель визуализировалась в виде линейного просветления, принято выполнять КПС в косой задней проекции [13]. Стоит отметить, что данная проекция не дает возможность четко визуализировать костную структуру сустава в связи с суммацией всех слоев исследуемой костной ткани и, как следствие, оценки рентгеновской суставной щели на всем протяжении. Часто оценка КПС затруднена из-за прилегания мышц и пневматизированной, либо наполненной содержимым толстой кишки, структура которых не позволяют четко визуализировать контуры суставных поверхностей подвздошной кости, крестца и снижает чувствительность метода к выявлению эрозий [6].

В литературе описываются противоречивые данные о наиболее эффективном методе лучевой диагностики в выявлении патологии КПС [3, 5, 8, 14–16]. Недостатком КТ является высокая доза облучения [17], МРТ является методом, позволяющим выявить воспаление костной ткани, но не является методом выбора для оценки структурных изменений костной ткани и обладает рядом противопоказаний [3]. Более того, Левшакова А. с соавт. в своей статье указывают на то, что в последнее время отмечается гипердиагностика сакроилеита по данным МРТ, что связано с тем, что отек костного мозга зачастую может определяться при ряде других заболеваний, в том числе у здоровых людей [11]. Таким образом предлагаемая методика может быть предложена, как дополняющая и расширяющая диапазон возможностей классической рентгенодиагностики при мониторинге проводимой терапии у пациентов данной группы заболеваний.

В нашей работе при выполнении томосинтеза КПС у пациентов с подозрением на сакроилеит были отмечены следующие преимущества данной методики:

- методика позволяет добиться послойной визуализации костной структуры;
- отсутствует наложение близлежащих органов, что позволяет оценить рентгеновскую суставную щель на всем ее протяжении;
- высокая точность выявления структурных изменений кости.

Более точное выявление структурных изменений позволяет улучшить диагностику СпА и оценку стадий АС, что может повысить эффективность мониторинга проводимой терапии у пациентов с СпА. При анализе зарубежной литературы встречаются публикации, в которых авторы проводили количественную характеристику рентгенографии и томосинтеза [9, 10, 18]. Лучевая нагрузка при томосинтезе превышает лучевую нагрузку традиционной рентгенографии, но значительно ниже, чем при КТ. Shim E. et al. в своем исследовании подтверждают данные, что томосинтез КПС позволяет повысить эффективность диагностики эрозий, субхондрального склероза суставных поверхностей, а также анкилоза [9]. В аналогичном исследовании указывается, что при томосинтезе КПС отсутствует наложение мягких тканей и пневматизированных участков кишечника, что повышает точность оценки суставных поверхностей [10]. Также отмечается незначительное превышение дозы облучения разработанной методики в сравнении с традиционной рентгенографией [10, 18].

Заключение. Интерпретация структурных изменений КПС по традиционным рентгенограммам по-прежнему затруднена, в особенности на ранних стадиях заболевания. Описанные в данной статье клинические случаи указывают на то, что томосинтез может быть использован в качестве метода выбора в лучевой диагностике для выявления признаков поражения КПС при СпА. Достоинством данного метода являются высокая диагностическая точность на этапе рентген-диагностики, что позволит в дальнейшем оценивать эффективность проводимой терапии, а также низкая лучевая нагрузка в с сравнении с КТ.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Насонова Е.Л., Гордеев А.В., Галушко Е.А.* Концепции коморбидности и мультиморбидности в ревматологии. Возможна ли смена парадигм? // Медицина (Алматы). 2018. №3. С. 27–31 EDN: XMPLJZ.

2. *Мазуров В.И., Гайдукова И.З.* Спондилоартриты — основы диагностики и лечения: методические рекомендации. 2021. С. 8.

3. *Галушко Е.А., Насонов Е.Л.* Распространенность ревматических заболеваний в России // Альманах клинической медицины. 2018. Т. 46, №1. С. 32–39.

4. *Дубинина Т.В., Эрдес Ш.Ф.* Причины поздней диагностики анкилозирующего спондилита в клинической практике // Научно-практическая ревматология. 2010. Т. 48, №2. С. 43–48. EDN: MNIKKB.

5. Braun J., Sieper J., Bollow M. Imaging of sacroiliitis. *Clin Rheumatol*. 2000;19(1):51–57. DOI: 10.1007/s100670050011.

6. Tada K., Ogasawara M., Inoue H., et al. Clinical Images: Nonradiographic Axial Spondyloarthritis with Sacroiliitis Detected by Tomosynthesis. *Arthritis Rheumatol*. 2017;69(8):1706. DOI: 10.1002/art.40113.

7. Dobbins J.T. 3rd, McAdams H.P., Sabol J.M., et al. Multi-Institutional Evaluation of Digital Tomosynthesis, Dual-Energy Radiography, and Conventional Chest Radiography for the Detection and Management of Pulmonary Nodules. *Radiology*. 2017;282(1):236–250. DOI: 10.1148/radiol.2016150497.

8. Lacout A., El Hajjam M., Marcy P.Y. Tomosynthesis for early diagnosis of sacro-iliitis. *Joint Bone Spine*. 2015;82(1):63. DOI: 10.1016/j.jbspin.2014.04.011.

9. Shim E., Ha T., Kim B.H., et al. Additive values of pelvic tomosynthesis in comparison to pelvic radiography alone for the diagnosis of sacroiliitis in patients with suspected axial spondyloarthritis. *Skeletal Radiol*. 2021;50(6):1197–1207. DOI: 10.1007/s00256-020-03626-2.

10. Wantz W., Le Roy J., Lukas C., et al. Tomosynthesis performance compared to radiography and computed tomography for sacroiliac joint structural damage detection in patients with suspected axial spondyloarthritis. *Res Diagn Interv Imaging*. 2023;8:100034. DOI: 10.1016/j.redii.2023.100034.

11. *Бунчук Н.В., Левшакова А.В.* Советы по диагностике анкилозирующего спондилита/аксиального спондилоартрита // Consilium Medicum. 2023. Т. 25, №11. С. 755–765. DOI: 10.26442/20751753.2023.11.202461 EDN: XWGTZG.

12. *Ростовцев М.И., Братникова Г.И., Корнева Е.П., Богданова Л.Б.* Атлас рентгеноанатомии и укладок. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 320 с.

13. *Кишковский А.Н., Тютин Л.А., Есиновская Г.Н.* Атлас укладок при рентгенологических исследованиях. Л.: Медицина. 1987. 520 с.

14. Slobodin G., Hussein H., Rosner I., Eshed I. Sacroiliitis — early diagnosis is key. *J Inflamm Res*. 2018;11:339–344. DOI: 10.2147/JIR.S149494.

15. *Левшакова А.В., Бочкова А.Г., Бунчук Н.В.* Мультиспиральная компьютерная томография в диагностике сакроилиита у больных ранними спондилоартритами // Вестник рентгенологии и радиологии. 2009. №1–3. С. 27–30. EDN: TQQITV.

16. *Бочкова А.Г., Левшакова А.В.* Критерии достоверного диагноза сакроилиита по данным магнитнорезонансной томографии (рекомендации ASAS/OMERACT и собственные данные) // Современная ревматология. 2010. Т. 4, №1. С. 12–17. EDN: MBFNLH.

17. Biswas D., Bible J.E., Bohan M., et al. Radiation exposure from musculoskeletal computerized tomographic scans. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(8):1882–1889. DOI: 10.2106/JBJS.H.01199.

18. Rischin A., Kathpal E., Vogrin S., et al. The Reliability and diagnostic accyracy of ditital tomosynthesis compared whith convetional radiography for the investigation of sacroiliitis. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2020:79:1852.

REFERENCES

1. Nasonov E.L., Gordeev A.V., Galushko E.A. The Concept of Comorbidity and Multimorbidity in Rheumatology. Is It Possible to Change Paradigms? *Meditsina (Almaty)*. 2018;(3):27–31. (In Russ.). EDN: XMPLJZ.

2. Mazurov V.I., Gajdukova I.Z. *Spondiloartrity — osnovy diagnostiki i lecheniya: metodicheskie rekomendacii [Spondyloarthritis — basics of diagnosis and treatment: methodological recommendations]*. 2021:8. (In Russ.).

3. Galushko E.A., Nasonov E.L. Rasprostranennost' revmaticheskikh zabolevaniy v Rossii [Prevalence of rheumatic diseases in Russia]. *Almanac of Clinical Medicine*. 2018;46(1): 32–39 (In Russ.).

4. Dubinina T.V., Erdes Sh.F. Reasons for Late Diagnosis of Ankylosing Spondylitis in Clinical Practice. *Scientific and Practical Rheumatology*. 2010;48(2):43–48. (In Russ.). EDN: MNIKKB.

5. Braun J., Sieper J., Bollow M. Imaging of sacroiliitis. *Clin Rheumatol*. 2000;19(1):51–57. DOI: 10.1007/s100670050011.

6. Tada K., Ogasawara M., Inoue H., et al. Clinical Images: Nonradiographic Axial Spondyloarthritis With Sacroiliitis Detected by Tomosynthesis. *Arthritis Rheumatol*. 2017;69(8):1706. DOI: 10.1002/art.40113.

7. Dobbins J.T. 3rd, McAdams H.P., Sabol J.M., et al. Multi-Institutional Evaluation of Digital Tomosynthesis, Dual-Energy Radiography, and Conventional Chest Radiography for the Detection and Management of Pulmonary Nodules. *Radiology*. 2017;282(1):236–250. DOI: 10.1148/radiol.2016150497.

8. Lacout A., El Hajjam M., Marcy P.Y. Tomosynthesis for early diagnosis of sacro-iliitis. *Joint Bone Spine*. 2015;82(1):63. DOI: 10.1016/j.jbspin.2014.04.011.

9. Shim E., Ha T., Kim B.H., et al. Additive values of pelvic tomosynthesis in comparison to pelvic radiography alone for the diagnosis of sacroiliitis in patients with suspected axial spondyloarthritis. *Skeletal Radiol*. 2021;50(6):1197–1207. DOI: 10.1007/s00256-020-03626-2.

10. Wantz W., Le Roy J., Lukas C., et al. Tomosynthesis performance compared to radiography and computed tomography for sacroiliac joint structural damage detection in patients with suspected axial spondyloarthritis. *Res Diagn Interv Imaging*. 2023;8:100034. DOI: 10.1016/j.redii.2023.100034.

11. Bunchuk N.V., Levshakova A.V. Advices for Diagnostics of Ankylosing Spondylitis/Axial Spondyloarthritis: A Review. *Consilium Medicum*. 2023;25(11):755–765. (In Russ.). DOI: 10.26442/20751753.2023.11.202461 EDN: XWGTZG.

12. Rostovtsev M.V., Bratnikova G.I., Korneva Ye.P., et al. *Atlas rentgenoanatomii i ukladok [Atlas of X-ray anatomy and positioning]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2015. (In Russ.).

13. Kishkovskiy A.N., Tyutin L.A., Yesinovskaya G.N. *Atlas ukladok pri rentgenologicheskikh issledovaniyakh [Atlas of positioning for X-ray examinations]*. Leningrad: Meditsina; 1987. (In Russ.).

14. Slobodin G., Hussein H., Rosner I., Eshed I. Sacroiliitis — early diagnosis is key. *J Inflamm Res*. 2018;11:339–344. DOI: 10.2147/JIR.S149494.

15. Levshakova A.V., Bochkova A.G., Bunchuk N.V. Multispiral Computed Tomography in the Diagnosis of Sacroileitis in Patents with Early Spondyloarthritis. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2009;(1–3):27–30 (In Russ.). EDN: TQQITV.

16. Bochkova A.G., Levshakova A.V. Criteria for a reliable diagnosis of sacroiliitis based on magnetic resonance imaging (ASAS/OMERACT recommendations and our own data). *Modern Rheumatology Journal*. 2010;4(1):12–17 (In Russ.). EDN: MBFNLH.

17. Biswas D., Bible J.E., Bohan M., et al. Radiation exposure from musculoskeletal computerized tomographic scans. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91(8):1882–1889. DOI: 10.2106/JBJS.H.01199.

18. Rischin A., Kathpal E., Vogrin S., et al. The Reliability and diagnostic accyracy of ditital tomosynthesis compared whith convetional radiography for the investigation of sacroiliitis. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2020:79:1852.

АВТОРЫ

Гайдук Александра Сергеевна — ORCID: 0000-0003-2969-4539; SPIN: 8701-9359
Железняк Игорь Сергеевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0001-7383-512X; SPIN: 1450-5053
Аганов Дмитрий Сергеевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-5082-9322; SPIN: 1889-1327
Анохин Дмитрий Юрьевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0003-4499-066X; SPIN: 6186-5543
Емельянцев Александр Александрович, к.м.н. — ORCID: 0000-0001-5723-7058; SPIN: 6895-7818

Колодин Антон Сергеевич — ORCID: 0009-0003-5957-0921

AUTHORS

Gayduk Aleksandra Sergeevna — ORCID: 0000-0003-2969-4539; SPIN: 8701-9359
Zheleznyak Igor Sergeevich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-7383-512X; SPIN: 1450-5053
Aganov Dmitry Sergeevich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-5082-9322; SPIN: 1889-1327
Anokhin Dmitry Yur'evich, Ph.D. — ORCID: 0000-0003-4499-066X; SPIN: 6186-5543
Emelyantsev Alexander Alexandrovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-5723-7058; SPIN: 6895-7818
Kolodin Anton Sergeevich — ORCID: 0009-0003-5957-0921

УДК 616-073.756.8 : 616-001.3
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_109

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ТРАВМАТИЧЕСКОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ СЕЛЕЗЕНКИ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

© А.С. КАЗАНКИН[1], В.Е. САВЕЛЛО[1,2], А.Н. КОСТЕНИКОВ[1], Я.В. ГАВРИЩУК[1], А.В. МАРЧЕНКО[1], М.А. КИСЕЛЕВ[1]
[1] ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский Государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Травматическое повреждение селезенки остается одной из наиболее актуальных проблем неотложной хирургии, являясь ведущей причиной смертности при изолированных повреждениях органов брюшной полости. Особую опасность представляют разрывы паренхимы с формированием ложной аневризмы ветви селезеночной артерии, так как они могут привести к отсроченному кровотечению даже после стабилизации состояния пациента. В данном клиническом наблюдении представлен подробный анализ случая травматического повреждения селезенки, осложненного формированием ложной аневризмы. Основное внимание уделено комплексной оценке диагностических возможностей мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с многофазным контрастным усилением. Продемонстрированы высокие диагностические возможности метода при выявлении сосудистых осложнений травмы селезенки, а также детально описана КТ-семиотика. Уделено внимание сравнительной характеристике различных фаз контрастирования (артериальная, паренхиматозная, отсроченная) и их диагностической ценности при различных типах повреждений селезенки. Представленный случай демонстрирует эффективность современного комплексного подхода, сочетающего точную МСКТ-диагностику и малоинвазивные методы лечения, что позволяет придерживаться стратегии неоперативного лечения травматических повреждений органов брюшной полости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: травма селезенки, ложная аневризма, компьютерная томография.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Казанкин А.С., Савелло В.Е., Костеников А.Н., Гаврищук Я.В., Марченко А.В., Киселев М.А. Лучевая диагностика травматического повреждения селезенки: клинический случай // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 109–114.

RADIOLOGY DIAGNOSTICS OF TRAUMATIC DAMAGE TO THE SPLEEN: CLINICAL CASE

© A.S. KAZANKIN[1], V.E. SAVELLO[1,2], A.N. KOSTENIKOV[1], YA.V. GAVRISHCHUK[1], A.V. MARCHENKO[1], M.A. KISELYOV[1]
[1] St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University” of the Ministry of Healthcare of Russian Federation, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

Traumatic injury to the spleen remains one of the most pressing problems of emergency surgery, being the leading cause of death in isolated abdominal injuries. Ruptures of the parenchyma with the formation of a false aneurysm of the splenic artery branch are particularly dangerous, as they can lead to delayed bleeding even after the patient’s condition has stabilized. This clinical observation presents a detailed analysis of a case of traumatic injury to the spleen complicated by the formation of a false aneurysm. The main attention is paid to a comprehensive assessment of the diagnostic capabilities of multispiral computed tomography (MSCT) with multiphase contrast enhancement. The high diagnostic capabilities of the method in detecting vascular complications of spleen injury are demonstrated, and CT semiotics is described in detail. Attention is paid to the comparative characteristics of various phases of contrast (arterial, parenchymal, delayed) and their diagnostic value in different types of spleen injuries. The presented case demonstrates the effectiveness of a modern integrated approach combining accurate MSCT diagnostics and minimally invasive treatment methods, which allows us to adhere to the strategy of non-surgical treatment of traumatic injuries of the abdominal cavity.

KEYWORDS: spleen injury, false aneurysm, CT scan.

TO CITE THIS ARTICLE. Kazankin A.S., Savello V.E., Kostenikov A.N., Gavrishchuk Ya.V., Marchenko A.V., Kiselyov M.A. Radiology Diagnostics of Traumatic Damage to the Spleen: Clinical Case. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):109–114.

Введение. Травматические повреждения селезенки продолжают оставаться одной из наиболее сложных и актуальных проблем современной неотложной абдоминальной хирургии, они составляют 27–34 % всех повреждений паренхиматозных органов при закрытой травме живота и являются ведущей причиной смертности при изолированных повреждениях органов брюшной полости [2, 3, 7]. За последние два десятилетия подходы к диагностике и лечению таких повреждений претерпели кардинальные изменения, что связано прежде всего с внедрением в клиническую практику современных методов визуализации, в частности мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с многофазным контрастным усилением [2, 3, 4]. Современная классификация повреждений селезенки AAST-OIS (American Association for the Surgery of Trauma — Organ Injury Scale), пересмотренная в 2018 г., выделяет пять степеней тяжести травмы, где наличие ложной аневризмы или активного кровотечения автоматически переводит повреждение в IV степень независимо от размера повреждения [1]. Это подчеркивает важность точной диагностики сосудистых осложнений при травмах селезенки для определения оптимальной тактики лечения. Выявление ложной аневризмы требует активного вмешательства (ангиоэмболизации или хирургического лечения) [8]. При этом важно отметить, что точность выявления этих признаков напрямую зависит от технических параметров проведения МСКТ, включая фазы контрастирования, скорость введения контрастного вещества, толщину срезов и параметры реконструкции изображений [5, 6, 7]. Современные алгоритмы диагностики и лечения травм селезенки, основанные на данных МСКТ, позволяют значительно увеличить частоту успешного консервативного лечения [4]. Однако для оптимального использования этих алгоритмов необходимо глубокое понимание возможностей и ограничений МСКТ в диагностике повреждений селезенки, особенно при наличии сосудистых осложнений.

Цель: демонстрация клинического случая травматического повреждения селезенки, осложненного образованием ложной аневризмы, выявленным и детально охарактеризованным при помощи МСКТ, что позволило выбрать тактику лечения и оценить его эффективность.

Клинический случай. Пациентка С. 44 лет была доставлена в отделение экстренной медицинской помощи (ОЭМП) НИИ СП им. И.И. Джанелидзе после падения на улице на левый бок, с входящим диагнозом: закрытый перелом 7–9 ребер слева. При поступлении пациентка отмечала жалобы на боль в грудной клетке слева. Объективное состояние больной средней степени тяжести, сознание ясное. При пальпации живот мягкий, отмечается незначительная болезненность. Показатели гемодинамики в пределах нормальных значений: пульс 76 уд./мин, АД = 120/80 мм рт.ст. Пациентке был выполнен общий анализ крови, где выявлена анемия: гемоглобин 91 г/л. На рентгенограмме органов грудной клетки выявлены переломы задних отрезков 9, 10 ребер слева. При ультразвуковом исследовании органов брюшной полости и забрюшинного пространства выявлена гематома селезенки. Для уточнения характера и степени травматического повреждения селезенки пациентке была выполнена МСКТ органов брюшной полости и забрюшинного пространства с внутривенным болюсным контрастированием в артериальную, венозную и отсроченную фазы контрастирования. По данным МСКТ было подтверждено травматическое повреждение селезенки (рис. 1), уточнены характер и степень повреждения — разрыв паренхимы, протяженностью более 30 мм, ложная аневризма ветви селезеночной артерии, размерами 25×9×8 мм. На основании полученной информации уточнен диагноз: травматическое повреждение селезенки IV ст. (AAST). Также были выявлены переломы 8, 9, 10, 11, 12 ребер слева со смещением костных отломков, левосторонний краевой пневмоторакс, эмфизема грудной стенки слева.

Пациентке была выполнена ангиография селезеночной артерии, при которой подтвердилась псевдоаневризма ветвей селезеночной артерии (преимущественно a.terminalis superior и a.terminalis inferior). Выполнена эмболизация микроспиралями и клеевой композицией сосудов

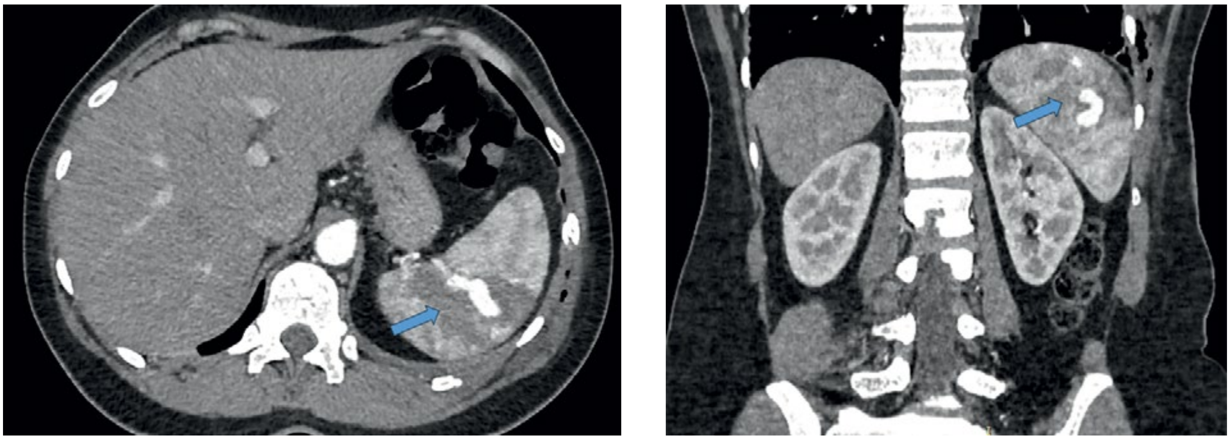


Рис. 1. Данные МСКТА живота при поступлении пациентки С. 44 лет:
— переломы 8, 9, 10, 11, 12 ребер слева;
— участки разрыва паренхимы селезенки;
— ложная аневризма ветви селезеночной артерии

до прекращения кровотока. Далее проводилось динамическое наблюдение за состоянием пациентки. При контрольных ультразвуковых исследованиях отрицательной динамики не было выявлено. Отмечалось нарастание уровня гемоглобина в крови с 91 г/л до 104 г/л к моменту выписки. Через 14 дней была выполнена контрольная МСКТ органов брюшной полости и забрюшинного пространства с внутривенным болюсным контрастированием (рис. 2), по данным которой визуализировались эмболизированные ветви селезеночной артерии, отмечалась положительная динамика в виде уменьшения размеров участков разрыва паренхимы селезенки и отсутствия контрастирования псевдоаневризмы ветви селезеночной артерии.

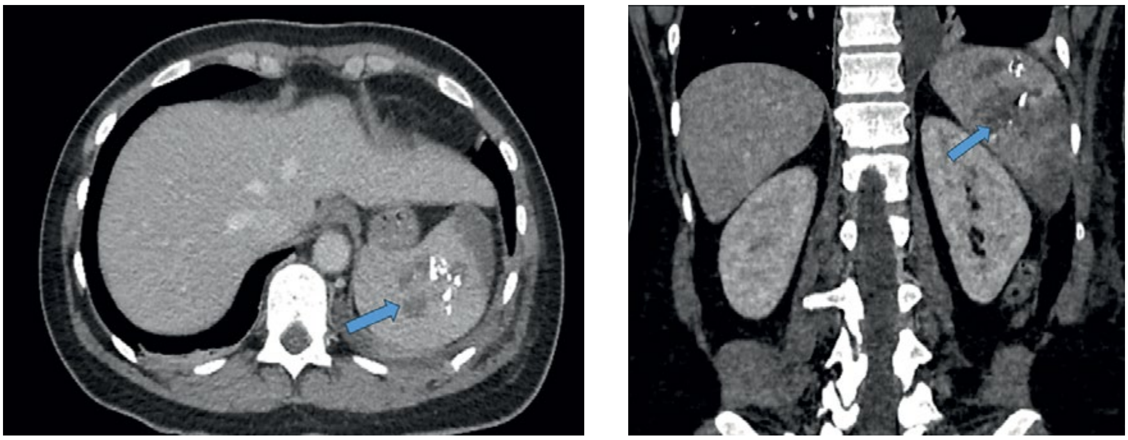


Рис. 2. Данные МСКТА живота через 14 дней после ангиоэмболизации пациентки С. 44 лет:
— уменьшение размеров участков разрыва паренхимы селезенки;
— эмболизированные ветви селезеночной артерии;
— псевдоаневризма ветви селезеночной артерии не контрастируется

При контрольном осмотре пациентки через 4 месяца жалобы отсутствуют, по данным МСКТ полное разрешение травматических повреждений селезенки (рис. 3).

Обсуждение. Представленный клинический случай травматического повреждения селезенки с формированием ложной аневризмы наглядно демонстрирует ключевую роль мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в современной диагностике и определении тактики лечения подобных состояний. Анализ данного наблюдения в контексте последних научных данных позволяет выделить несколько принципиально важных аспектов. Диагностические возможности МСКТ при травмах селезенки характеризуются исключительно высокой чувствительностью

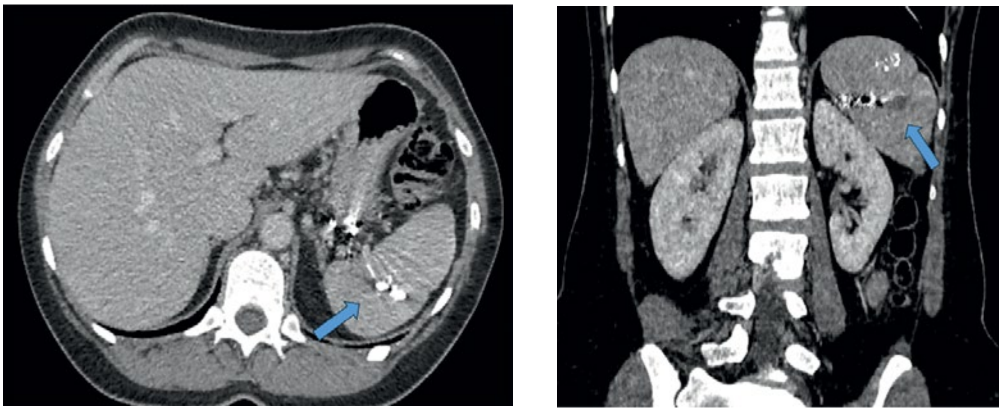


Рис. 3. Данные МСКТА живота через 4 месяца после ангиоэмболизации пациентки С. 44 лет:
— регресс участков разрыва паренхимы селезенки;
— эмболизированные ветви селезеночной артерии;
— псевдоаневризма ветви селезеночной артерии не контрастируется

(98,9 %) и специфичностью (98,7 %) в выявлении сосудистых осложнений [3]. В нашем случае МСКТ позволила не только верифицировать факт повреждения селезенки IV степени по AAST-OIS, но и точно определить характер сосудистого осложнения — формирование ложной аневризмы. Именно способность МСКТ выявлять подобные сосудистые осложнения кардинально изменила подходы к лечению травм селезенки за последнее десятилетие [2, 4].

Внимания заслуживает техника проведения МСКТ при подозрении на травму селезенки. В представленном случае использовался многофазный протокол исследования (нативная, артериальная, венозная и отсроченная фазы), что является обязательным условием для полноценной оценки повреждений селезенки [8]. Артериальная фаза (25 с) оказалась наиболее информативной для выявления ложной аневризмы, что соответствует данным исследований, которые отмечают, что 92 % сосудистых осложнений визуализируются именно в эту фазу [6]. Паренхиматозная и отсроченная фазы позволяют оценить глубину повреждения паренхимы и динамику контрастирования патологических сосудистых образований [5, 6]. Диагностика ложных аневризм селезенки представляет особую сложность. В нашем наблюдении МСКТ позволила выявить все характерные признаки этого осложнения: округлое образование с четкими контурами, интенсивно накапливающее контраст в артериальную фазу с сохранением контрастирования в венозную фазу. Эти признаки имеют специфичность 99,9 % для диагностики ложных аневризм [2, 5, 6]. Влияние МСКТ на выбор лечебной тактики в представленном случае было определяющим. На основании полученной диагностической информации было принято решение о выполнении ангиоэмболизации, а не консервативного лечения. Это решение полностью соответствует рекомендациям Всемирного общества неотложной хирургии (WSES) [8]. Применение подобных алгоритмов лечения на основе данных МСКТ позволило увеличить частоту органосохраняющих вмешательств с 15 % в начале 2000-х до 78 % в настоящее время [2]. Выполнение ангиоэмболизации по данным последних исследований обеспечивает оптимальный баланс между эффективностью окклюзии и сохранением жизнеспособности паренхимы [3, 4]. Контрольная МСКТ подтвердила успешность вмешательства — тромбирование ложной аневризмы при сохранении функционирующей паренхимы. Эти результаты сопоставимы с исследованиями, которые сообщают о 82 % успешности подобных вмешательств [4]. Показано, что МСКТ превосходит УЗИ по чувствительности (98,9 % против 78,4 %) и специфичности (98,7 % против 89,2 %) в выявлении сосудистых осложнений, а по сравнению с ангиографией обладает сопоставимой точностью, но при этом менее инвазивна и позволяет оценить состояние окружающих органов [2].

Заключение. Представленное клиническое наблюдение наглядно демонстрирует, что травматическое повреждение селезенки представляет серьезную диагностическую задачу в экстренной хирургии. МСКТ является методом выбора и позволяет с высокой точностью оценивать степень повреждения селезенки, что является необходимым для выбора тактики лечения. Использование возможностей МСКТ в сочетании с современными эндоваскулярными технологиями позволяет достичь отличных результатов лечения даже при тяжелых травмах селезенки, осложненных формированием ложных аневризм.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kozar R.A., Crandall M., Shanmuganathan K., et al. Organ injury scaling 2018 update: spleen, liver and kidney. *J Trauma Acute Care Surg*. 2018;85(6):1119–1122. DOI: 10.1097/TA.0000000000002058.
2. Shi H., Teoh W.C., Chin F.W.K., et al. CT of blunt splenic injuries: what the trauma team wants to know from the radiologist. *Clin Radiol*. 2019;74(12):903-911. DOI: 10.1016/j.crad.2019.07.017.
3. Dehli T., Bagenholm A., Trasti N.C., et al. The treatment of spleen injuries: a retrospective study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2015:23:85. DOI: 10.1186/s13049-015-0163-6.
4. Watson G.F., Hoffman M.K., Peitzman A.B. Nonoperative management of blunt splenic injury: what is new? *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2015;41(3):219–228. DOI: 10.1007/s00068-015-0520-1.
5. Anderson S.W., Varghese J.C., Lucey B.C., et al. Blunt splenic trauma: delayed phase CT for differentiation of active hemorrhage form contained vascular injury in patients. *Radiology*. 2007;243(1):88–95. DOI: 10.1148/radiol.2431060376.
6. Boscak A.R., Kathirkamanathan S., Stuart E.M., et al. Optimizing trauma multidetector CT protocol for blunt splenic injury: need for arterial and portal venous phase scans. *Radiology*. 2013;268(1):79–88. DOI: 10.1148/radiol.13121370.
7. Hassan R., Abd Aziz A., Md Ralib A.R., Saat A. Computed tomography of blunt spleen injury: a pictorial review. *Malays J Med Sci*. 2011;18(1):60–67. PMID: 22135575; PMCID: PMC3216201.
8. Coccolini F., Montori G., Catena F. Splenic trauma: WSES classification and guidelines for adult and pediatric patients. *World J Emerg Surg*. 2017:12:40. DOI: 10.1186/s13017-017-0151-4.

REFERENCES

1. Kozar R.A., Crandall M., Shanmuganathan K., et al. Organ injury scaling 2018 update: spleen, liver and kidney. *J Trauma Acute Care Surg*. 2018;85(6):1119–1122. DOI: 10.1097/TA.0000000000002058.
2. Shi H., Teoh W.C., Chin F.W.K., et al. CT of blunt splenic injuries: what the trauma team wants to know from the radiologist. *Clin Radiol*. 2019;74(12):903-911. DOI: 10.1016/j.crad.2019.07.017.
3. Dehli T., Bagenholm A., Trasti N.C., et al. The treatment of spleen injuries: a retrospective study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2015:23:85. DOI: 10.1186/s13049-015-0163-6.
4. Watson G.F., Hoffman M.K., Peitzman A.B. Nonoperative management of blunt splenic injury: what is new? *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2015;41(3):219–228. DOI: 10.1007/s00068-015-0520-1.
5. Anderson S.W., Varghese J.C., Lucey B.C., et al. Blunt splenic trauma: delayed phase CT for differentiation of active hemorrhage form contained vascular injury in patients. *Radiology*. 2007;243(1):88–95. DOI: 10.1148/radiol.2431060376.
6. Boscak A.R., Kathirkamanathan S., Stuart E.M., et al. Optimizing trauma multidetector CT protocol for blunt splenic injury: need for arterial and portal venous phase scans. *Radiology*. 2013;268(1):79–88. DOI: 10.1148/radiol.13121370.
7. Hassan R., Abd Aziz A., Md Ralib A.R., Saat A. Computed tomography of blunt spleen injury: a pictorial review. *Malays J Med Sci*. 2011;18(1):60–67. PMID: 22135575; PMCID: PMC3216201.
8. Coccolini F., Montori G., Catena F. Splenic trauma: WSES classification and guidelines for adult and pediatric patients. *World J Emerg Surg*. 2017:12:40. DOI: 10.1186/s13017-017-0151-4.

АВТОРЫ

Казанкин Андрей Сергеевич — ORCID 0000-0003-2280-1936
Савелло Виктор Евгеньевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-4519-4844
Костеников Алексей Николаевич — ORCID: 0009-0008-8345-1742
Гаврищук Ярослав Васильевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0001-7506-2992
Марченко Александра Викторовна — ORCID: 0009-0008-3107-4885
Киселев Максим Анатольевич — ORCID: 0000-0002-8412-1699

AUTHORS

Kazankin Andrey Sergeevich — ORCID: 0000-0003-2280-1936

Savello Victor Yevgenievich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-4519-4844
Kostenikov Aleksey Nikolaevich — ORCID: 0009-0008-8345-1742
Gavrishchuk Yaroslav Vasilyevich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-7506-2992
Marchenko Aleksandra Victorovna — ORCID: 0009-0008-3107-4885
Kiselyov Maxim Anatolyevich — ORCID: 0000-0002-8412-1699

УДК 616.149-089-073 : 616-07
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_115

РОЛЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ПНЕВМОПОРТАЛИЗАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

© А.Я. ЛАТЫШЕВА[1], А.Б. ВАЛЬЧИНСКАЯ[2]
[1] ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия
[2] ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ: портальный венозный газ печени (ПВГП) является признаком, указывающим на серьезные проблемы со стороны желудочно-кишечного тракта и часто ассоциируется с острой брыжеечной ишемией. Согласно литературным данным, ПВГП возникает при различных видах повреждений кишечной слизистой, при растяжении кишки вследствие механической обструкции, тупой травме живота, развитии инфекции, эмболии воротной вены, по ятрогенным причинам. Ранняя и точная диагностика этого состояния может привести к изменению тактики хирургического лечения для устранения его причин, скорректировать проводимую медикаментозную терапию и предотвратить системные последствия попадания газа в воротную вену. Ультразвуковой метод диагностики является информативным в выявлении портального газа в печени, потому необходимо представить особенности его сонографической картины.

ЦЕЛЬ: обобщение теоретических сведений о портальном газе в печени и представление на примере собственного наблюдения возможностей ультразвуковой диагностики в его выявлении.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Для написания данной работы были использованы результаты ранее проведенных оригинальных исследований, клинических случаев и метаанализов, представленных в научной электронной библиотеке Elibrary, в поисковой системе PubMed, а также в научно-информационной социальной сети ResearchGate. Также представлено личное экстренное клиническое наблюдение пациентки с наличием портального газа в печени, сопровождающего перфорацию дивертикула сигмовидной кишки.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Анализ показал, что ультразвуковое исследование является высокоинформативным в выявлении портального газа в печени и позволяет с высокой информативностью идентифицировать его и дифференцировать его от аэрохолии в условиях неотложной диагностики при ургентной хирургической патологии. Основные эхографические признаки газа в портальной венозной системе печени: визуализация в В-режиме микропузырьков газа, проявляющих себя как высокоэхогенные частицы, определяющиеся согласно направлению кровотока внутри сосудистого просвета воротной вены и ее сегментарных и субсегментарных ветвей с наличием эффекта реверберации.

ВЫВОД. Ультразвуковой метод позволяет с высокой информативностью провести неотложную первичную и дифференциальную диагностику ПВГП, что дает возможность специалистам хирургического профиля заподозрить состояния, обусловливающие его возникновение и предпринять необходимый диагностический поиск в ходе дальнейшего оказания экстренной хирургической помощи.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: портальный венозный газ печени, лучевая диагностика, ультразвуковое исследование, компьютерная томография, неотложная хирургия, воротная вена, перфорация дивертикула, перитонит

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Латышева А.Я., Вальчинская А.Б. Роль ультразвукового исследования в диагностике пневмопортализации у пациентов хирургического профиля // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 115–125.

THE ROLE OF SONOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF PNEUMOPORTALIZATION IN PATIENTS WITH A SURGICAL PROFILE

© A.YA. LATYSHEVA[1], A.B. VALCHINSKAYA[2]
[1] Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia
[2] St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE. Portal venous gas of liver (PVGL) is a sign indicating serious problems in the gastrointestinal tract and is often associated with acute mesenteric ischemia. The basis for the PVGL sign can be any type of damage to the intestinal mucosa, both with of obvious damage and intestinal hypertension without ulcerative defects. Among the etiological factors leading to the appearance of gas in the portal vein are damage to the intestinal wall, distension of the intestine due to mechanical obstruction, blunt abdominal trauma, the development of infection, portal vein embolism, and iatrogenic causes. Early and accurate diagnosis of this condition can lead to a change in surgical treatment tactics to eliminate its causes, adjust the ongoing drug therapy and prevent the systemic consequences of gas entering the portal vein. The sonography is informative in detecting portal gas in the liver, therefore it is necessary to present the peculiarities of its sonographic pattern.

OBJECTIVE. The aim of this work is to summarize theoretical information about portal gas of the liver and present the possibilities of sonograohy in its detection using the example of our own observation.

MATERIAL AND METHODS. We used the results of previously conducted original research, clinical cases, and meta-analyses presented in the Elibrary — scientific electronic library, the PubMed search engine, and the ResearchGate scientific and information social network. A personal emergency clinical observation of a patient with portal gas in the liver accompanying perforation of the sigmoid diverticulum is also presented.

RESULTS. The analysis indicates sonography to be highly informative in detecting portal gas of the liver and makes it possible to identify it with high information content and differentiate it from aerocholia within the context of urgent diagnosis of urgent surgical pathology of assessing the impact of pharmaceutical and non-pharmaceutical (including psychotherapeutic) treatment. The main echographic signs of gas in the portal venous system of the liver are the following: B-mode visualization of gas microbubbles, which manifest themselves as highly echogenic particles, rapidly moving along the segmental and subsegmental branches of the portal vein in the direction of blood flow inside the portal vein lumen with reverberation effect.

CONCLUSION. The sonography makes it possible to carry out urgent primary and differential diagnosis of PVGL with high information content, which makes it possible for surgical specialists to suspect the conditions that cause its occurrence and undertake the necessary diagnostic search during the further provision of emergency surgical care.

KEYWORDS: portal venous gas of the liver, radiation diagnostics, sonography, computed tomography, emergency surgery, portal vein, diverticular perforation, peritonitis.

TO CITE THIS ARTICLE. Latysheva A.Ya., Valchinskaya A.B. The role of sonography in the diagnosis of pneumoportalization in patients with a surgical profile. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):115–125.

Портальный венозный газ печени (ПВГП) — признак, указывающий на серьезные проблемы со стороны желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), поскольку часто ассоциируется с острой брыжеечной ишемией. ПВГП сама по себе не является хирургическим показанием, и лечение зависит главным образом от основного заболевания. Прогноз связан с самой патологией и не зависит от наличия ПВГП. Впервые данный признак был описан в 1955 г. Wolfe et al., где у четверых новорожденных с развившимся некротическим энтероколитом на традиционной рентгенограмме, выполненной до момента смерти, определялись признаки газа в сосудах печени [23]. У взрослых ПВГП описали N. Susman и H. R. Senturia в 1960 г. [19]. Liebman с соавт. сообщили о 64 случаях ПВГП со смертностью 75 %. Она может достигать 90 % у пациентов с окклюзией брыжеечной артерии, когда это состояние осложняется ПВГП [14]. ПВГП впервые обнаружен с помощью ультразвукового исследования (УЗИ) Fataar и др. в 1986 г. [6]. К 2001 г. в литературе было зарегистрировано только 182 случая. Доказательство локализации ПВГП в портальных синусоидах пришло от Wiot и Felson [22], которые зажали все печеночные сосуды во время вскрытия, ввели барий в портальную циркуляцию и продемонстрировали смесь газа и контраста.

Изначально ПВГП расценивали как проявление жизнеугрожающей ситуации при патологиях брюшной полости, и его наличие считалось фактором риска повышенной смертности, требующим неотложного хирургического лечения. Однако в настоящее время современные методы визуализации выявляют его с более высокой частотой, в том числе и при патологиях, не являющихся непосредственно опасными для жизни пациента.

Патогенетические механизмы пневмопортализации в настоящее время изучены недостаточно. Портальный венозный газ можно отличить от аэробилии, где воздух находится в центре билиарного дерева, и от пневмоперитонеума, где газ находится вне капсулы печени из-за перфорации полого органа. Левая доля печени предрасположена к развитию ПВГП, возможно, из-за особенностей анатомии печеночных вен. У мужчин и женщин вероятность развития ПВГП одинаковая.

К возникновению ПВГП могут привести самые разнообразные повреждения кишечной слизистой, включая внутрикишечную гипертензию [5]. В настоящее время считается, что газ попадает в систему воротной вены через нижнюю брыжеечную вену и формирующие ее притоки от поврежденной или некротизированной кишечной стенки либо образуется непосредственно в капиллярах за счет присутствия в них анаэробной газообразующей инфекции. Так называемый синдром системной повышенной проницаемости капилляров как предрасполагающий фактор развития ПВГП развивается за счет системной воспалительной реакции и активации противовоспалительных цитокинов.

ПВГП у взрослых по данным литературы ассоциируется с симптомокомплексом абдоминального компартмент-синдрома (АКС): стойкое повышение внутрибрюшного давления (ВБД) до уровня более 20 мм рт.ст., который связывают с развитием органной недостаточности [1]. Повышение ВБД до 15 мм рт.ст. приводит к нарушению перфузии органов живота со снижением объемного кровотока по верхней брыжеечной артерии и вследствие этого — сосудам слизистой оболочки кишечника. В результате барьерная функция кишечной стенки снижается. Корик В.Е. с соавт. (2016) указывают, что основное воздействие ВБД на органы желудочно-кишечного тракта определяется сдавлением висцеральных сосудов и нарушением кровоснабжения с развитием ишемии и ацидоза слизистой оболочки, нарушения транспорта жидкости, отека кишечной стенки и миграции бактерий из просвета кишки [2].

Среди **этиологических факторов**, приводящих к появлению газа в воротной вене, выделяют следующие.

1. Повреждение кишечной стенки, характерное для воспалительных заболеваний кишечника, сопровождающихся изъязвлением кишечной стенки (псевдомембранозный колит, неспецифический язвенный колит и болезнь Крона), перфорация стенки желудка или кишки, мезентериальный артериальный и венозный тромбоз и иные причины, приводящие к ишемизации и некрозу кишечной стенки вплоть до повреждения всех ее слоев. Большинство пациентов в исследованиях Liebman с соавт. [13] и Kinoshita с соавт. [12] продемонстрировали ишемическую кишку, нарушение слизистой оболочки или повышение внутрипросветного давления. Ишемия кишечника является первичной этиологией ПВГП. В этом случае ПВГП ассоциирована с трансмуральным некрозом и высокой смертностью.
2. Механическое растяжение кишки, приводящее к микротравматизации слизистой оболочки органа, встречающееся при обструкциях, травмах либо ятрогенно при проведении эндоскопических исследований, где выявляется как случайная находка. Предполагается, что воздух из просвета кишки поступает в капиллярные вены либо через нарушенный эпителиальный барьер, либо за счет повышения внутрипросветного давления. Считается, что миграция воздуха в портальную венозную систему печени может способствовать дилатация желудка в ходе эндоскопии. ПВГП в этих случаях носит кратковременный характер. Иногда в случаях тупой травмы живота повышенное внутрипросветное давление вызывает разрывы слизистой оболочки кишечника, что позволяет газу проникать в подслизистые вены и течь в печеночную портальную вену [21].
3. Следствие жизнедеятельности бактерий среди механизмов развития ПВГП является наиболее редким [16]. Миграция бактериальной газообразующей флоры в кишечную стенку приводит к продукции газа в ней или в системе воротной вены при внутрибрюшных инфекционных воспалениях и деструкциях, среди которых можно выделить колит, дивертикулит, воспаление жёлчного пузыря и жёлчных протоков, а также гангрену кишечной стенки. В случае интестинального пневматоза газы, которые выделяют бактерии, проникают в воспаленную стенку кишки и могут сливаться с образованием больших пузырей, проникать через брыжеечные вены до портальной венозной системы, особенно левой доли и переднего сегмента правой доли. Pneumatosis intestinalis был создан экспериментально у трупов с изъязвленной слизистой оболочкой путем применения внутрипросветного давления воздуха [8]. Септические метастазы в печени могут привести к образованию газа in situ, но это бывает редко. Септический флебит может привести к газообразным скоплениям в портальной системе, газ, образующийся в абсцессах, прилегающих к воспаленной брыжейке, может попасть в сосудистую сеть. Микробное происхождение ПВГП — независимый механизм у меньшинства пациентов с ПВГП, не связанный с тем, что наблюдается в случаях некроза кишки.

Sellner с соавт. [21] обнаружили, что осложненный дивертикулит является часто встречающейся причиной ПВГП, которая может быть обусловлена двумя механизмами: первый — септический тромбофлебит нижней брыжеечной вены, осложненный газообразующими патогенами. Второй — прямая связь между просветом кишечника и системой портомезентериальных вен.

4. Воздушная эмболия воротной вены при травмах. В этих случаях газ в воротную вену попадает через анастомозы между нижней полой и воротной венами [11]. Гастропарез является частым осложнением травмы, приводящим к эмфиземе желудка и последующей ПВГП.
5. Несколько случаев ПВГП были описаны после случайного проглатывания едких веществ, перекиси водорода и хронического вдыхания толуола [5].
6. Среди неишемических поражений кишечника наиболее распространенными причинами ПВГП являются ятрогенные, такие как клизмы, эндоскопия, эндоскопическая ретроградная холангиопанкреатография, лапароскопия, интервенционные процедуры, лигирование варикозно расширенных вен пищевода, радиочастотная абляция опухоли. Эти состояния вызывают растяжение кишечника с повреждением слизистой оболочки и бактериальной пролиферацией, приводя к пневматозу кишечника. ПВГП у пациентов с воспалительным заболеванием кишечника может быть вызван и повреждением слизистой оболочки в отдельности или в сочетании с растяжением кишечника, сепсисом, инвазией газообразующими бактериями [12] или после колоноскопии, исследования бария в верхнем отделе желудочно-кишечного тракта, клизмы барием или тупой травмы брюшной полости. ПВГП — распространенное явление в раннем послеоперационном периоде после трансплантации печени. В своем исследовании Chezmar [5] с соавт. пришли к выводу, что только ПВГП, при отсутствии некроза кишечника, внутрибрюшного абсцесса, непроходимости тонкой кишки или сепсиса, является временным явлением без клинической значимости. Kung et al. [5] описали возможность развития ПВГП на фоне химиотерапии. Доброкачественными состояниями, связанными с ПВГП, являются те, что не вызваны ишемической болезнью кишечника. Среди неишемических заболеваний кишечника, связанных с ПВГП, ятрогенные причины являются наиболее распространенными.

При ПВГП образование микропузырьков может приводить к абсцедированию печени и развитию сепсиса. В случае больших объемов газа вероятно формирование обструкции воротной вены, портальной гипертензии, портосистемного шунта или кишечной непроходимости. Дальнейшее попадание газа в системный кровоток при распространении его на малый круг кровообращения способно привести к газовой эмболии легких с последующим развитием артериальной эмболии [3]. Ранняя и точная диагностика этого состояния может привести к изменению тактики хирургического лечения для устранения его причин, скорректировать проводимую медикаментозную терапию и предотвратить системные последствия попадания газа в воротную вену.

Диагностика ПВГП. При традиционной рентгенографии на обзорной рентгенограмме органов брюшной полости на фоне паренхимы печени определяются линейные просветления, доходящие до периферических отделов печеночной капсулы, однако чувствительность данной методики в выявлении именно ПВГП и дифференциальной диагностики с аэробилией невысока. Поэтому применение более информативных методов медицинской визуализации привело к повышению частоты и точности выявления газа как в системе воротной вены, так и локализации его вне системы желчевыводящих путей. Ультразвуковой метод (УЗИ) для этих целей впервые был применен в 1986 г. [3]. Он является неинвазивным, простым в исполнении и легко доступным диагностическим инструментом. УЗИ имеет такие преимущества, как низкая стоимость, прикроватная визуализация и отсутствие облучения пациента, часто используется для диагностики ПВГП и занимает конкретное место в обнаружении ее раннего присутствия. Это связано с большей чувствительностью ультразвука для определения небольшого количества газа. Микропузырьки газа в В-режиме выглядят как высокоэхогенные светлые точки с наличием эффекта реверберации, в режиме реального времени перемещающиеся от основания ствола воротной вены в ее основные ветви по ходу кровотока в них и далее — в паренхиму печени (рис. 1). Распространяясь с током крови, пузырьки газа накапливаются в наиболее высоко расположенном фрагменте сосуда (карман левой ветви воротной вены), где может визуализироваться артефакт «хвоста кометы» [3].

Pan H.B. et al. [17] описали 3 различных паттерна печеночного портального венозного газа при ультразвуковом исследовании (рис. 2):

1. Точечный узор (равномерное распределение пузырьков газа в паренхиме печени) (рис. 2 А);

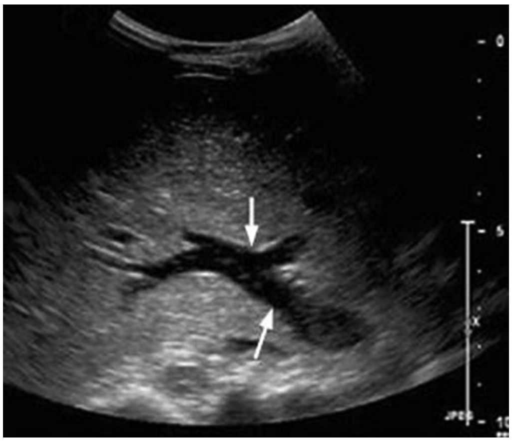
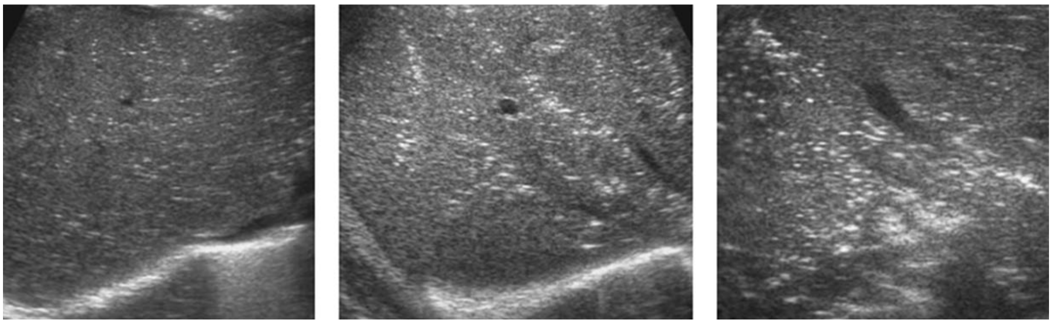


Рис. 1. В-режим. Микропузырьки газа на УЗИ проявляются как высокоэхогенные частицы, быстродвижущиеся по ходу сегментарных и субсегментарных ветвей воротной вены в направлении кровотока внутри просвета воротной вены с эффектом реверберации [25]

2. Рисунок в виде полос (по ходу ветвей воротной вены) (рис. 2 Б);

3. Распределение пузырьков газа в виде отдельных конгломератов, скопление пузырьков газа в отдельных сегментах печени (рис. 2 В).



А *Б* *В*

Рис. 2. В-режим. 3 различных паттерна печеночного портального венозного газа при ультразвуковом исследовании [17]

При исследовании в допплеровском режиме пузырьки газа визуализируются в виде очагов, дающих звуковые шумы и острые двунаправленные пики, наложенные на обычный допплеровский сигнал от кровотока в воротной вене (рис. 3).

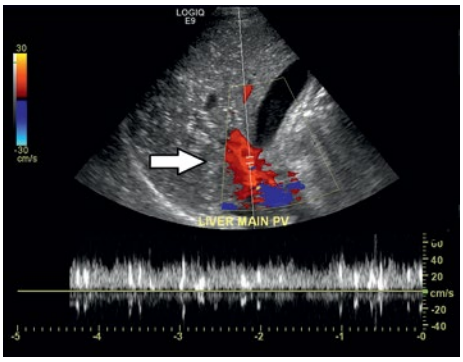


Рис. 3. В-режим, ЦДК, импульсная волновая допплерография. При малоинтенсивном потоке пузырьков на допплерограмме ствола или крупной ветви портальной вены кроме спектра потока крови визуализируются короткие вертикальные штрихи — так отражаются на допплеровской кривой пузырьки газа «пролетающие» через поисковый объем [26]

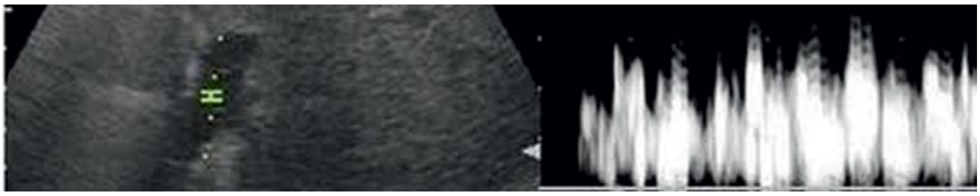


Рис. 4. В-режим, импульсная волновая допплерография. В случаях массивного феномена ПВГП вся допплеровская кривая бывает выполнена такими кратковременными штрихами

Пузырьки газа в просвете воротной вены приводят к наличию выраженной турбулентности портального кровотока, и из-за выраженного элайзинг-эффекта в режиме цветового допплеровского картирования достоверно визуализировать интраорганный сосудистый рисунок иногда невозможно.

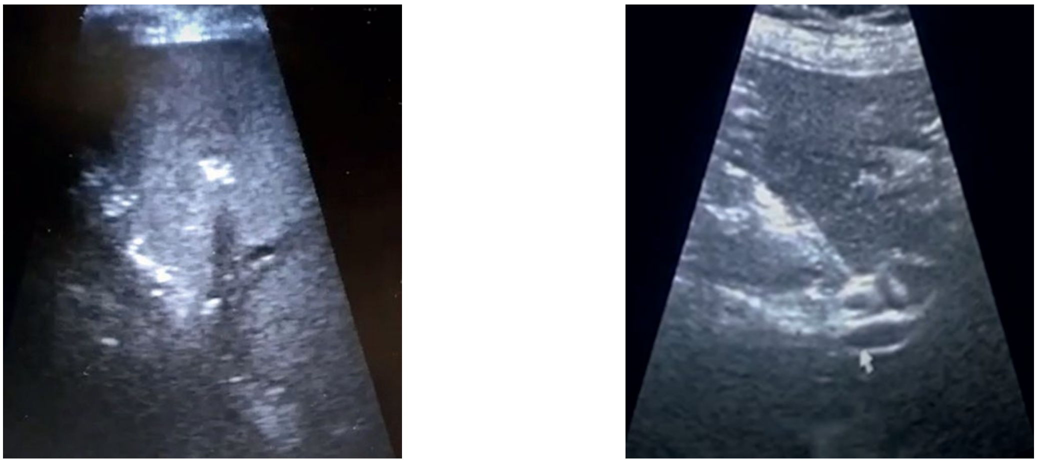
Отличить воздух в портальной вене от аэрохолии можно по локализации. При аэрохолии воздух расположен в более центральных отделах печени, ближе к воротам, и никогда не доходит до периферии печени. Наличие воздуха на периферии — это признак воздуха в ветвях портальной вены.

При компьютерной томографии (КТ) ПВГП выглядит как периферические субкапсулярные ветвящиеся гиподенсивные очаги в печени, преимущественно в левой доле из-за ее вентрального местоположения [8]. Наличие ПВГП может быть дифференцировано от пневматобилии на КТ, потому что в этом случае имеется тенденция к накапливанию газа по периферии как результат центробежного потока портальной венозной крови, в отличие от центростремительного потока желчи. Также КТ позволяет в ряде случаев определить причину возникновения ПВГП, прежде всего в случаях артериального и венозного мезентериального тромбоза за счет улучшенной визуализации сосудов.

Магнитно-резонансная томография для определения ПВГП не рекомендуется, поскольку такие ее недостатки, такие как длительность исследования (неприменимо в ургентных ситуациях), возможные затруднения сохранения неподвижности при выраженном болевом синдроме, выраженные артефакты от дыхательных движений при тяжелом состоянии пациента не позволяют в полной мере использовать диагностические возможности метода наравне с УЗИ и КТ. Однако данные литературы указывают, что признаком ПГВП при МРТ являются участки гиперинтенсивного сигнала в проекции портальной вены на Т1- и Т2-взвешенных изображениях.

Клиническое наблюдение. Пациентка Т., 82 г., поступила по экстренным показаниям в ОЭМП НИИ СП им. И.И. Джанелидзе 30.12.2019 с жалобами на боли в животе в течение 3 дней, слабость, одышку. Из анамнеза заболевания (со слов больной) 25.12.2019 выполнена влагалищная гистерэктомия с придатками по поводу выпадения матки. Подтверждающих документов не представила. При объективном осмотре состояние средней степени тяжести, сознание ясное, кожные покровы, слизистые обычной окраски, периферические л/у не увеличены. Отеков нет. PS = 90 уд./мин, АД = 140/90 мм рт.ст. Живот при пальпации резко болезненный, слегка вздут, перистальтика вялая. Перитонеальные симптомы положительные во всех отделах. Газы не отходят. Ректально: патологических образований не выявлено. Предварительный диагноз: «Состояние после экстирпации матки. Перитонит? Мезентериальный тромбоз? Острая кишечная непроходимость? О. панкреатит?»

В лабораторных показателях отмечались высокие цифры концентрации СРБ (524,02 мг/л), умеренно выраженный лейкоцитоз ($11{,}35\times10^9$/л) нейтрофильный ($10{,}49\times10^9$/л), с палочкоядерным сдвигом (10), повышение СОЭ (62 мм/ч), умеренная лимфопения ($0{,}57\times10^9$/л). Выраженные изменения со стороны биохимических показателей отсутствовали. В условиях ОЭМП на переносном аппарате Mindray DP-6600 выполнено ультразвуковое исследование брюшной полости, забрюшинного пространства и малого таза: печень увеличена, КВР 16,8 см, эхогенность снижена, КВР 16,8 см, структура диффузно неоднородная по типу «звездного неба» за счет множественных включений высокой эхогенности в паренхиме. Внутри просвета воротной высокоэхогенные частицы, движущиеся по ходу сегментарных и субсегментарных ветвей воротной вены в направлении кровотока вены с эффектом реверберации, затрудняющие оценку диаметра воротной вены. Внутрипеченочные протоки не расширены. Очаговые образования не определяются. Жёлчный пузырь не лоцируется. Холедох 0,7 см. Поджелудочная железа 1,8×1,9×2,0 см, визуализируется фрагментарно, не увеличена, контуры неровные, структура неоднородная, эхогенность повышена, Вирсунгов проток не расширен. Забрюшинные органы без особенностей. Брюшной отдел аорты не расширен, визуализируется фрагментарно, оценка висцеральных ветвей аорты затруднена из-за выраженного пневматоза тонкой кишки. Несмотря на отсутствие преобладания жидкостного компонента отмечается утолщение стенки кишки, повышение эхогенности и неоднородность эхоструктуры тканей жировой клетчатки большого и малого сальников, замедление перистальтики, свободная жидкость в брюшной полости определяется между петлями кишки толщиной до 0,6 см, в малом тазу до 1,2 см. Свободная жидкость в плевральных синусах не определяется. Заключение: «Свободная жидкость в малом тазу и брюшной полости. Газ в воротной вене. Аэробилия? Состояние после холецистэктомии. Хр. панкреатит. Гепатомегалия. Мезентериальный тромбоз?»



А *Б*

Рис. 5. В-режим: печень увеличена, эхогенность снижена, структура диффузно неоднородная по типу «звездного неба» за счет множественных включений высокой эхогенности в паренхиме. Внутри просвета воротной высокоэхогенные частицы, движущиеся по ходу сегментарных и субсегментарных ветвей воротной вены в направлении кровотока вены с эффектом реверберации, затрудняющие оценку диаметра воротной вены (собственное ургентное клиническое наблюдение)

С целью дифференциального диагноза 160-срезовым аппарате марки «Aquilion PRIME» («Toshiba», 2018) выполнена многослойная СКТ органов брюшной полости и забрюшинного пространства по стандартной программе, дополненной внутривенным контрастированием (Омнипак 300–100): печень не увеличена (КВР — 15 см), с четкими, ровными контурами, без очаговых образований; плотность паренхимы снижена +46HU, неоднородной структуры за счет скопления газа в ветвях воротной вены. Жёлчный пузырь не дифференцируется (холецистэктомия). Поджелудочная железа уменьшена в размерах, неоднородная по структуре и плотности, парапанкреатическая клетчатка не изменена; Вирсунгов проток и холедох не расширены. Округлое гиподенсное образование в хвосте поджелудочной железы диаметром 14 мм, достоверно не реагирующее на контрастное усиление (киста?). Селезенка, надпочечники обычных форм, размеров, положения и структуры. Уплотнение клетчатки вокруг надпочечников. Почки расположены обычно, очагов патологической плотности в их паренхиме не выявлено; чашечно-лоханочная система почек не расширена, рентген-контрастных конкрементов не содержит; наружные контуры почек четкие, паранефральная клетчатка уплотнена. Лимфатические узлы брюшной полости и забрюшинного пространства не увеличены. Брюшной отдел аорты не расширен, в стенке кальцинаты. Жидкостные скопления вдоль правой доли печени толщиной до 10 мм, межпетельно, большим объемом в левой боковой и подвздошной областях. Скопление газа в стенке толстой кишки (пневматоз). Свободный газ в брюшной полости? Заключение: «КТ-картина перфорации полого органа? Газ в воротной вене. Жидкостные скопления вдоль правой доли печени; межпетельно, большим объемом в левой боковой и подвздошной областях. Скопление газа в стенке толстой кишки (пневматоз). Холецистэктомия. Хронический панкреатит. Диффузные изменения печени. Округлое гиподенсное образование в хвосте поджелудочной железы (киста?)».

Больной выполнена диагностическая тотальная лапаротомия. При ревизии брюшной полости визуализировалось 3 л серозно-геморрагической жидкости с примесью кала (осушен, взят для бактериологического исследования). Выявлен некроз брюшины по левому боковому каналу. Пет-

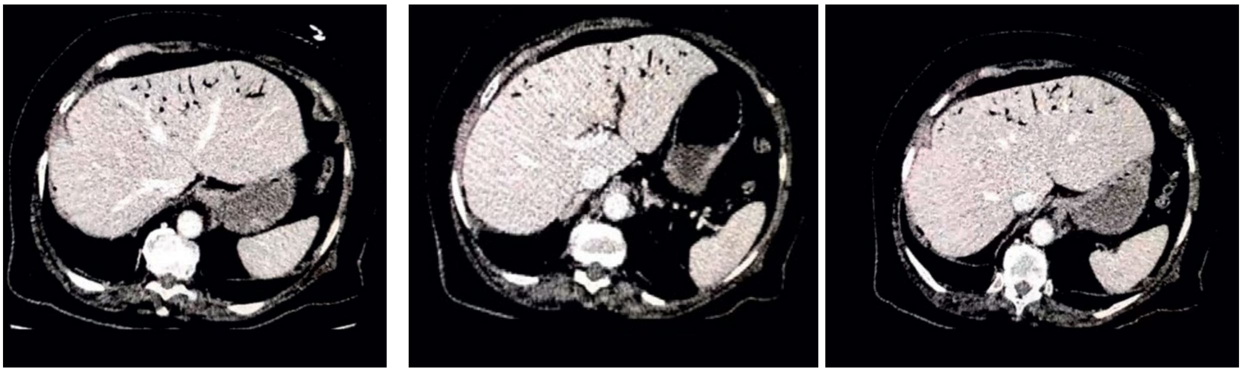


Рис. 6. МСКТ: печень не увеличена (КВР — 15 см), с четкими, ровными контурами, плотность паренхимы снижена +46HU, неоднородной структуры за счет визуализации периферических субкапсулярных ветвящихся гиподенсивных очагов, преимущественно в левой доле

ли тонкой кишки не были раздуты, но перистальтика отсутствовала, на петлях кишки отмечалось наложение фибрина и каловых масс. При ревизии толстой кишки была выявлена перфорация дивертикула сигмовидной кишки по поводу чего была выполнена обструктивная резекция участка сигмовидной кишки с выведением заднего противоестественного прохода, наложена система вакуумной терапии NPWT, проведена санация брюшной полости. Послеоперационный диагноз: «Дивертикулёз. Перфорация дивертикула сигмовидной кишки. Распространненый фибринозно-гнойный (каловый) перитонит. MPI — 42 балла. Абдоминальный сепсис».

В послеоперационном периоде отмечалось крайне тяжелое состояние пациентки (по шкале SOFA 5) с несущественной динамикой состояния, отсутствием отделяемого по дренажам, скудным кишечным отделяемым по колостоме, сниженным диурезом. Предположительный диагноз: множественные некрозы тонкого кишечника, по поводу чего на 5 сутки выполнена релапаротомия с повторной санацией брюшной полости. На операции в брюшной полости визуализировалось до 2000 мл серозно-геморрагического отделяемого с фибрином. Была произведена санация. При ревизии отмечался некроз большого сальника, и 2 участков тонкой кишки: при дальнейшей ревизии остальных органов брюшной полости некрозов не выявлено. В связи со стабильной гемодинамикой, отсутствием прогрессирования полиорганной недостаточности было принято решение о резекции некротизированных участков тонкой кишки с наложением тонко-тонкокишечного анастомоза, ушита локальная ишемия тонкой. кишки Брюшная полость санирована р\р антисептика до чистых вод. Установлены 3 дренажа в брюшную полость. Послеоперационный период протекал без особенностей. На 34 сутки после повторной релапаротомии пациентка выписана на амбулаторное лечение. Окончательный диагноз: «Третичный перитонит вследствие перфорации дивертикула сигмовидной кишки, тяжелый сепсис, некроз тонкой кишки».

Вывод. Традиционно ПВГП считался показателем плохого прогноза и ассоциировался с высоким уровнем смертности. При абдоминальной хирургической патологии своевременная диагностика ПВГП является чрезвычайно важной, поскольку это, в первую очередь, может изменить тактику хирургического лечения. С появлением высокоразвитых методов визуализации потенциально тяжелые патологии, такие как ишемия кишечника, диагностируются на более ранних стадиях, что позволяет быстро лечить и значительно снижать уровень смертности. ПВГП сама по себе не является хирургическим показанием, и лечение зависит главным образом от основного заболевания. Прогноз связан с самой патологией и не зависит от наличия ПВГП. Обнаружение ПВГП с помощью разных методов визуализации не всегда указывает на серьезную патологию. ПВГП можно увидеть в относительно благоприятных ситуациях, например, после эндоскопических процедур, требующих только консервативной терапии.

Безусловно, ПВГП является не только дополнительным радиологическим признаком какой-то патологии, но и само попадание газа в систему воротной вены может привести к ряду неблагоприятных последствий, вплоть до развития летального исхода. Таким образом, ПВГП — весьма опасное осложнение, о развитии которого всегда следует думать при внезапном и трудно объяснимом с клинических позиций внезапном ухудшении состояния пациентов, оперированных на органах брюшной полости. Ультразвуковое исследование позволяет с высокой информативностью визуализировать ПВГП, идентифицировать его и дифференцировать от аэрохолии. что дает возможность специалистам хирургического профиля заподозрить состояния, обусловливающие его возникновение и предпринять необходимый диагностический поиск в ходе дальнейшего оказания экстренной хирургической помощи. Тем не менее, качество ультрасонографии зависит от оператора и, таким образом, ультразвуковые специалисты должны быть ознакомлены с оценкой ишемии кишечника.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванова А.В., Шукевич Д.Л., Радивилко А.С., Григорьев Е.В.* Газ в портальной вене — редкий диагностический признак абдоминального компартмент-синдрома // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2018. Т. 7, № 2. С. 146–151. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-2-146-151.
2. *Корик В.Е., Клюйко Д.А., Бут-Гусаим Г.В.* Абдоминальный компартмент синдром: современные аспекты диагностики и лечения // Военная медицина. 2016. № 3 (40). С. 127–133. EDN: WNCVXD.
3. *Маныкин И.Е., Дорфман А.Г.* Газ в воротной вене: ультразвуковая диагностика // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2007. № 2. С. 112–114. EDN: JWOQYJ.
4. *Храпов К. Н., Шлык И.В., Захаренко А.А., Трушин А.А., Васильева М.А.* Случай газовой эмболии воротной вены с развитием острого нарушения мозгового кровообращения // Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2017. Т. 14, № 5. С. 91–96. DOI: 10.21292/2078-5658-2017-14-5-91-96.
5. Abboud B., El Hachem J., Yazbeck T., Doumit C. Hepatic portal venous gas: physiopathology, etiology, prognosis and treatment. *World J Gastroenterol*. 2009;15(29):3585–90. DOI: 10.3748/wjg.15.3585.
6. Hou S.K., Chern C.H., How C.K., et ak. Hepatic portal venous gas: clinical significance of computed tomography findings. *Am J Emerg Med*. 2004;22(3):214–218. DOI: 10.1016/j.ajem.2004.02.017.
7. DuBose J.J., Lissauer M., Maung A.A., et al; EAST Pneumatosis Study Group. Pneumatosis Intestinalis Predictive Evaluation Study (PIPES): a multicenter epidemiologic study of the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;75(1):15–23. DOI: 10.1097/TA.0b013e318298486e.
8. Duron V.P., Rutigliano S., Machan J.T., et al. Computed tomographic diagnosis of pneumatosis intestinalis: clinical measures predictive of the need for surgical intervention. *Arch Surg*. 2011;146(5):506–510. DOI: 10.1001/archsurg.2011.95.
9. Gorospe E.C. Benign hepatic portal venous gas in a critically ill patient. *Scientific World Journal*. 2008;8:951–952. DOI: 10.1100/tsw.2008.133.
10. Hou S.K., Chern C.H., How C.K., et al. Hepatic portal venous gas: clinical significance of computed tomography findings. *Am J Emerg Med*. 2004;22(3):214–218. DOI: 10.1016/j.ajem.2004.02.017.
11. Kalb D., Roberts S., Cumming J. Portal venous gas after blunt trauma: a case report. *J Trauma*. 2003;55(5):982–984. DOI: 10.1097/01.TA.0000023168.75603.B5.
12. Katz B.H., Schwartz S.S., Vender R.J. Portal venous gas following a barium enema in a patient with Crohn's colitis. A benign finding. *Dis Colon Rectum*. 1986;29(1):49–51. DOI: 10.1007/BF02555288.
13. McElvanna K., Campbell A., Diamond T. Hepatic portal venous gas--three non-fatal cases and review of the literature. *Ulster Med J*. 2012;81(2):74–78. PMID: 23526850; PMCID: PMC3605538.
14. Kinoshita H., Shinozaki M., Tanimura H., et al. Clinical features and management of hepatic portal venous gas: four case reports and cumulative review of the literature. *Arch Surg*. 2001;136(12):1410–1414. DOI: 10.1001/archsurg.136.12.1410.
15. Liebman P.R., Patten M.T., Manny J., et al. Hepatic-portal venous gas in adults: etiology, pathophysiology and clinical significance. *Ann Surg*. 1978;187(3):281–287. DOI: 10.1097/00000658-197803000-00012.
16. Nelson A.L., Millington T.M., Sahani D., et al. Hepatic portal venous gas: the ABCs of management. Arch Surg. 2009;144(6):575–581; discussion 581. DOI: 10.1001/archsurg.2009.88.
17. Pan H.B., Huang J.S., Yang T.L., Liang H.L. Hepatic portal venous gas in ultrasonogram--benign or noxious. *Ultrasound Med Biol*. 2007;33(8):1179–1183. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2007.01.014.
18. Sebastià C., Quiroga S., Espin E., et al. Portomesenteric vein gas: pathologic mechanisms, CT findings, and prognosis. *Radiographics*. 2000;20(5):1213–1224; discussion 1224-6. DOI: 10.1148/radiographics.20.5.g00se011213.

19. Sen I., Samarasam I., Chandran S., Mathew G. Gastric intramural and portal venous gas following blunt abdominal injury. *Arch Trauma Res*. 2013;2(2):95–96. DOI: 10.5812/atr.10866.

20. Susman N., Senturia H.R. Gas embolization of the portal venous system. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1960;83:847–850. PMID: 13835795.

21. Oktar S.O., Karaosmanoğlu D., Yücel C., et al. Portomesenteric venous gas: imaging findings with an emphasis on sonography. *J Ultrasound Med*. 2006;25(8):1051–1058. DOI: 10.7863/jum.2006.25.8.1051.

22. Sellner F., Sobhian B., Baur M., et al. Intermittent hepatic portal vein gas complicating diverticulitis--a case report and literature review. *Int J Colorectal Dis*. 2007;22(11):1395–1399. DOI: 10.1007/s00384-007-0346-3.

23. Wiot J.F., Felson B. Gas in the portal venous system. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1961;86:920–929. PMID: 14040292.

24. Wolfe J.N., Evans W.A. Gas in the portal veins of the liver in infants; a roentgenographic demonstration with postmortem anatomical correlation. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1955;74(3):486–488. PMID: 13249015.

25. Подборка интересных случаев допплерографического обследования брюшной полости. URL: https://yandexwebcache.net/yandbtm?fmode=inject&tm=1759159078&tld=ru&lang=ru&la=1753347584&text=25.+https%3A//rh.org.ru/statti/podborka-interesnykh-sluchaev-dopplerograficheskogo-obsledovaniya-bryushnoj-polosti/&url=https%3A//rh.ua/ru/statti/podborka-interesnykh-sluchaev-dopplerograficheskogo-obsledovaniya-bryushnoj-polosti/&l10n=ru&mime=html&sign=0a2703797e5283696314882f574941c1&keyno=0 (Копия страницы от 24.07.2025).

26. Keshavamurthy J. Portal venous gas on ultrasound. Case study. *Radiopaedia.org*. https://radiopaedia.org/cases/41632 DOI: 10.53347/rID-41632.

REFERENCES

1. Ivanova A.V., Shukevich D.L., Radivilko A.S., Grigor'ev E.V. Portal venous gas — rare diagnostic sign of abdominal compartment-syndrome. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2018;7(2):146–151. (In Russ.). DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-2-146-151.

2. Korik V.E., Kluyko D.A., But-Husaim G.V. Abdominal compartment syndrome: a state-of-the-art review of diagnostic and treatment. *Military Medicine*. 2016;(3):127–133 (In Russ.). EDN: WNCVXD.

3. *Manykin I.E., Dorfman A.G.* Gas in the portal vein: ultrasound diagnosis. *Ultrasound and functional diagnosis*. 2007;(2):112–114 (In Russ.). EDN: JWOQYJ.

4. Khrapov K.N., Shlyk I.V., Zakharenko A.A., et al. The clinical case of portal venous gas followed by developm ent of acute cerebral circulation disorder. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2017;14(5):91–96 (In Russ.). DOI: 10.21292/2078-5658-2017-14-5-91-96.

5. Abboud B., El Hachem J., Yazbeck T., Doumit C. Hepatic portal venous gas: physiopathology, etiology, prognosis and treatment. *World J Gastroenterol*. 2009;15(29):3585–90. DOI: 10.3748/wjg.15.3585.

6. Hou S.K., Chern C.H., How C.K., et ak. Hepatic portal venous gas: clinical significance of computed tomography findings. *Am J Emerg Med*. 2004;22(3):214–218. DOI: 10.1016/j.ajem.2004.02.017.

7. DuBose J.J., Lissauer M., Maung A.A., et al; EAST Pneumatosis Study Group. Pneumatosis Intestinalis Predictive Evaluation Study (PIPES): a multicenter epidemiologic study of the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;75(1):15–23. DOI: 10.1097/TA.0b013e318298486e.

8. Duron V.P., Rutigliano S., Machan J.T., et al. Computed tomographic diagnosis of pneumatosis intestinalis: clinical measures predictive of the need for surgical intervention. *Arch Surg*. 2011;146(5):506–510. DOI: 10.1001/archsurg.2011.95.

9. Gorospe E.C. Benign hepatic portal venous gas in a critically ill patient. *Scientific World Journal*. 2008;8:951–952. DOI: 10.1100/tsw.2008.133.

10. Hou S.K., Chern C.H., How C.K., et al. Hepatic portal venous gas: clinical significance of computed tomography findings. *Am J Emerg Med*. 2004;22(3):214–218. DOI: 10.1016/j.ajem.2004.02.017.

11. Kalb D., Roberts S., Cumming J. Portal venous gas after blunt trauma: a case report. *J Trauma*. 2003;55(5):982–984. DOI: 10.1097/01.TA.0000023168.75603.B5.

12. Katz B.H., Schwartz S.S., Vender R.J. Portal venous gas following a barium enema in a patient with Crohn's colitis. A benign finding. *Dis Colon Rectum*. 1986;29(1):49–51. DOI: 10.1007/BF02555288.

13. McElvanna K., Campbell A., Diamond T. Hepatic portal venous gas--three non-fatal cases and review of the literature. *Ulster Med J*. 2012;81(2):74–78. PMID: 23526850; PMCID: PMC3605538.

14. Kinoshita H., Shinozaki M., Tanimura H., et al. Clinical features and management of hepatic portal venous gas: four case reports and cumulative review of the literature. *Arch Surg*. 2001;136(12):1410–1414. DOI: 10.1001/archsurg.136.12.1410.

15. Liebman P.R., Patten M.T., Manny J., et al. Hepatic-portal venous gas in adults: etiology, pathophysiology and clinical significance. *Ann Surg*. 1978;187(3):281–287. DOI: 10.1097/00000658-197803000-00012.
16. Nelson A.L., Millington T.M., Sahani D., et al. Hepatic portal venous gas: the ABCs of management. *Arch Surg*. 2009;144(6):575–581; discussion 581. DOI: 10.1001/archsurg.2009.88.
17. Pan H.B., Huang J.S., Yang T.L., Liang H.L. Hepatic portal venous gas in ultrasonogram--benign or noxious. *Ultrasound Med Biol*. 2007;33(8):1179–1183. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2007.01.014.
18. Sebastià C., Quiroga S., Espin E., et al. Portomesenteric vein gas: pathologic mechanisms, CT findings, and prognosis. *Radiographics*. 2000;20(5):1213–1224; discussion 1224-6. DOI: 10.1148/radiographics.20.5.g00se011213.
19. Sen I., Samarasam I., Chandran S., Mathew G. Gastric intramural and portal venous gas following blunt abdominal injury. *Arch Trauma Res*. 2013;2(2):95–96. DOI: 10.5812/atr.10866.
20. Susman N., Senturia H.R. Gas embolization of the portal venous system. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1960;83:847–850. PMID: 13835795.
21. Oktar S.O., Karaosmanoğlu D., Yücel C., et al. Portomesenteric venous gas: imaging findings with an emphasis on sonography. *J Ultrasound Med*. 2006;25(8):1051–1058. DOI: 10.7863/jum.2006.25.8.1051.
22. Sellner F., Sobhian B., Baur M., et al. Intermittent hepatic portal vein gas complicating diverticulitis--a case report and literature review. *Int J Colorectal Dis*. 2007;22(11):1395–1399. DOI: 10.1007/s00384-007-0346-3.
23. Wiot J.F., Felson B. Gas in the portal venous system. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1961;86:920–929. PMID: 14040292.
24. Wolfe J.N., Evans W.A. Gas in the portal veins of the liver in infants; a roentgenographic demonstration with postmortem anatomical correlation. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1955;74(3):486–488. PMID: 13249015.
25. *Podborka interesnykh sluchaev dopplerograficheskogo obsledovaniya bryushnoy polosti [A selection of interesting cases of Doppler ultrasound examination of the abdominal cavity]*. https://yandexwebcache.net/yandbtm?fmode=inject&tm=1759159078&tld=ru&lang=ru&la=1753347584&text=25.+https%3A//rh.org.ru/statti/podborka-interesnykh-sluchaev-dopplerograficheskogo-obsledovaniya-bryushnoj-polosti/&url=https%3A//rh.ua/ru/statti/podborka-interesnykh-sluchaev-dopplerograficheskogo-obsledovaniya-bryushnoj-polosti/&l10n=ru&mime=html&sign=0a2703797e5283696314882f574941c1&keyno=0 (Page copy from July 24, 2025). (In Russ.).
26. Keshavamurthy J. Portal venous gas on ultrasound. Case study. *Radiopaedia.org*. https://radiopaedia.org/cases/41632 DOI: 10.53347/rID-41632.

АВТОРЫ
Латышева Анастасия Яковлевна, к.м.н. — ORCID: 0000-0003-3677-8765
Вальчинская Анна Брониславовна — ORCID: 0009-0004-8719-3411

AUTHORS
Latysheva Anastasiya Yakovlevna, Ph.D. — ORCID: 0000-0003-3677-8765
Valchinskaya Anna Bronislavovna — ORCID: 0009-0004-8719-3411

УДК 578.834.1 : 616-002.4
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_126

SARS-COV-2 И НЕКРОТИЗИРУЮЩАЯ ИНФЕКЦИЯ МЯГКИХ ТКАНЕЙ — ПРИМЕР НЕГАТИВНОГО СИНЕРГИЗМА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

© О.Б. ЧЕРНЫШЕВ[1], Т.С. КАЛИНИНА[2], М.А. ШАТИЛЬ[1], И.В. АВДОШИН[1,3], Н.А. БУБНОВА[1,3]
[1] СПБ ГБУЗ «Городская больница святого великомученика Георгия», Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский Государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
[3] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. На фоне новой коронавирусной инфекции зачастую происходит развитие вторичных инфекций, чаще всего бактериального генеза. Описанные в период пандемии COVID-19 случаи некротизирующей инфекции мягких тканей — тяжелого заболевания, характеризующегося высокой летальностью и необходимостью хирургического лечения в максимально короткие сроки, требуют подробного анализа общих звеньев патогенеза и возможности рассмотрения SARS-CoV-2 и некротизирующей инфекции мягких тканей как примера негативного синергизма и взаимного отягощения.

ЦЕЛЬ: оценить влияние новой коронавирусной инфекции на течение некротизирующей инфекции мягких тканей.

МЕТОДЫ. Авторами проведен анализ актуальных отечественных и зарубежных публикаций, сформирован обзор литературы, синтезирующий и обобщающий патогенетические особенности течения инфекции COVID-19 и некротизирующей инфекции мягких тканей.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В результате анализа 49 публикаций сделаны выводы о специфических звеньях патогенеза SARS-CoV-2, способствующих развитию вторичных осложнений. Рассмотрен организационный фактор влияния пандемии COVID-19 на пациентов с некротизирующим фасциитом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В проведенном анализе литературы авторами оценено влияние пандемии COVID-19 на течение некротизирующей инфекции мягких тканей — тяжелой патологии, характеризующейся молниеносным течением, высокой летальностью и требующей радикального лечения в самые короткие сроки. Основные звенья патогенеза инфекции COVID-19, в частности влияние на сосудистое русло и мощная индуцированная иммуносупрессия, потенциируют развитие вторичных инфекций. Организационные и социальные ограничения, обусловленные пандемией, стали причиной несвоевременного обращения за помощью и невозможности проведения радикального лечения в должные сроки, что в случае некротизирующей инфекции значительно ухудшало прогноз. Развитие некротизирующей инфекции мягких тканей на фоне SARS-CoV-2 следует рассматривать как пример негативного синергизма вирусной и бактериальной инфекций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пандемия, COVID-19, некротизирующая инфекция, иммуносупрессия, патогенез, SARS-CoV-2.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Чернышев О.Б., Калинина Т.С., Шатиль М.А., Авдошин И.В., Бубнова Н.А. SARS-CoV-2 и некротизирующая инфекция мягких тканей — пример негативного синергизма (обзор литературы) // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 126–135.

SARS-COV-2 AND NECROTIZING SOFT TISSUE INFECTION — AN EXAMPLE OF NEGATIVE SYNERGISM (LITERATURE REVIEW)

© O.B. CHERNYSHEV[1], T.S. KALININA[2], M.A. SHATIL[1], I.V. AVDOSHIN[1,3], N.A. BUBNOVA[1,3]
[1] St. Petersburg State Budgetary Institution "St. George the Great Martyr City Hospital", St. Petersburg, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University" of the Ministry of Healthcare of Russian Federation, St. Petersburg, Russia
[3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University", St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE. The novel coronavirus infection has been mentioned to be a frequent reason for secondary infections, mostly bacterial. During the COVID-19 pandemic a series of clinical cases of necrotizing fasciitis have been described. Necrotizing soft tissue infection is a severe bacterial infection, known for high mortality level and demanding emergency surgical treatment. Clinical cases of necrotizing fasciitis during the COVID-19 pandemic require precise analysis in order to derive common pathogenic features of SARS-CoV-2 and soft tissues necrotizing infection and find out if the new coronavirus infection and necrotizing fasciitis could be an example of negative synergism.

OBJECTIVE. The objective of the present literature review is to evaluate the influence of the novel coronavirus infection on the course of necrotizing fasciitis.

METHODS. The following literature review is based on Russian as well as foreign publications. A precise analysis of mutual pathogenic features of SARS-CoV-2 and necrotizing fasciitis has been made.

RESULTS. Based on analysis of 70 publications, certain conclusions on specific features of SARS-CoV-2, causing secondary infections, have been made. Organization factor of the COVID-19 pandemic influence on the course of necrotizing fasciitis have also been evaluated.

CONCLUSIONS. The following literature highlights the influence of the novel coronavirus infection on the course of necrotizing fasciitis, a severe bacterial infection, known for high mortality level and demanding emergency surgical treatment. Some pathogenic features of SARS-CoV-2, including its influence on blood vessels as well as severe immunosuppression, lead to secondary infections. Organizational and social restrictions of the pandemic period resulted in late presentations and late treatment. Necrotizing fasciitis and COVID-19 infection should be considered an example of negative synergism.

KEYWORDS: pandemic, COVID-19, necrotizing infection, immunosuppression, pathogenesis, SARS-CoV-2.

TO CITE THIS ARTICLE. Chernyshev O.B., Kalinina T.S., Shatil M.A., Avdoshin I.V., Bubnova N.A. SARS-CoV-2 and Necrotizing Soft Tissue Infection — an Example of Negative Synergism (Literature Review). *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):126–135.

Введение. Пандемия COVID-19 стала серьезным испытанием для здравоохранения в мировом масштабе. К марту 2023 г. вирус унес почти 7 млн жизней [1], а связанные с пандемией ограничения пагубно сказались на пациентах любого профиля вне зависимости от основного заболевания. В 2020 г. в литературе стал широко употребляться термин «COVID-опосредованный ущерб» (COVID collateral damage) [2], определявший влияние пандемии на пациентов неинфекционного профиля [3–5]: как терапевтического, так и хирургического. В первые 12 недель пандемии в мире было отменено более 28 миллионов плановых операций [6]. Во вторую волну общее количество хирургических вмешательств сократилось на 4 % в сравнении с 65 % в первую, а доля отмененных плановых операций составила 1,79 % в сравнении с 88,63 % [4], но о полноценном оказании помощи говорить не приходилось.

COVID-опосредованный ущерб — понятие многофакторное. Проведенный анализ литературы позволяет выделить два основных фактора влияния пандемии — организационный и патогенетический. В основе первого — организационного — лежат рестрикции, обусловленные пандемией. Следствием социальных ограничений явилась гиподинамия, ухудшение диеты, рост депрессивных состояний. Боясь заразиться, люди отказывались от обращения за помощью не только при хронической, но и экстренной патологии и лишались тем самым своевременного лечения [7]. С другой стороны, помощь не всегда могла быть оказана вовремя в виду перегруженности отделений СМП и стационаров, нехватки медицинского персонала, экстренного перепрофилирования многих отделений и специалистов в инфекционный профиль. Таким образом, организационный фактор влияния пандемии был определен запоздалым лечением, что в случае некоторых патологий имело фатальное влияние на исход. Второй фактор — патогенетический — обусловлен прямым действием вируса на организм и с точки зрения медицинских знаний представляет наибольший интерес.

В настоящем обзоре литературы раскрыто понятие COVID-опосредованного ущерба для пациентов с некротизирующей инфекцией мягких тканей (НИМТ) — тяжелой патологией, характеризующейся молниеносным течением, высокой летальностью и требующей хирургического лечения в самые короткие сроки.

Организационный фактор влияния пандемии на пациентов с НИМТ. Инфекции мягких тканей (ИМТ) — широкая группа патологических состояний, при которых могут поражаться кожа, подкожная клетчатка, фасции и мышцы. В рекомендациях 2018 WSES/SIS-E определено, что при ИМТ в первую очередь необходимо классифицировать инфекцию как некротизирующую или нет, так как в случае некротизирующей инфекции (НИ) речь идет о жизнеугрожающем состоянии. НИ стоит особняком в группе инфекций мягких тканей как самый тяжелый вид, характеризующийся молниеносным распространением, глубиной поражения, агрессивным течением и неблагоприятным прогнозом [8]. По частоте встречаемости НИ занимает скромное место в структуре хирургической инфекции — от 0,3 до 15 случаев на 100 000 в популяции в год [8], однако летальность достигает 21,1–32,2 % [10].

Типичной локализацией патологического процесса при НИМТ являются нижние конечности, промежность, брюшная полость. В мета-анализе, включившем более 6000 случаев НИМТ, было показано, что исход заболевания напрямую зависит от своевременного хирургического лечения. Летальность среди пациентов, прооперированных в течение первых 6 часов с момента постановки диагноза, составила 19 %. Среди прооперированных позднее умерли 32 %. Таким образом, в вопросе сохранения жизни пациента при НИМТ во главе угла стоят сроки оказания помощи [10]. Nguyen Q.D. et al. показали, что среднее время обращения за помощью при НИ во время пандемии составило 6,1 дней с момента возникновения симптомов в сравнении с 3,2–4,1 днями в доковидной группе [12]. Анализ клинических случаев НИ, описанных за время пандемии, показывает, что время обращения могло доходить до 1–3 недель [13–23], и позволяет предполагать, что именно невозможность своевременного лечения определила организационный фактор COVID-опосредованного ущерба.

О влиянии пандемии на заболеваемость НИ нельзя судить однозначно. Shayan A. McGee et al. отметили прирост заболеваемости — 113 % в течение первого года пандемии. При этом 23,5 % случаев завершились летальным исходом в сравнении с 6,3 % в предыдущие годы [24]. Другие авторы, напротив, отмечали снижение заболеваемости во время пандемии [10].

Новая коронавирусная инфекция внесла негативный вклад в течение НИМТ на организационном уровне. Увеличились сроки обращения за медицинской помощью, что в случае некротизирующего фасциита имеет фатальное значение. Влияние пандемии на заболеваемость оценить сложно, однако имеются данные об увеличении смертности. В литературе описан ряд клинических случаев, на примере которых представляется важным рассмотреть подробно второй фактор влияния COVID-19 на особенности течения НИ — патогенетический.

SARS-CoV-2 и некротизирующий фасциит — особенности патогенеза. Известно, что SARS-CoV-2 способствует развитию широкого круга ко-инфекций: вирусных, грибковых, бактериальных [25–26]. Причины вторичного инфицирования, очевидно, лежат в особенностях патогенеза самой вирусной инфекции.

В ходе анализа патологической анатомии SARS-CoV-2 на примере более 2000 посмертных исследований, было показано, что важным звеном является развитие микроангиопатии в виде тромбоваскулита и гиперкоагуляционного синдрома с тромбозами и тромбоэмболиями. Мощным триггером каскада коагуляции является персистирующий воспалительный процесс. В частности, IL-6 может активировать систему свертывания и подавлять фибринолиз. SARS-CoV-2 обладает самостоятельным вазотропным действием и поражает сосуды повсеместно, включая микроциркуляторное русло [28]. Тяжелое течение COVID-19 характеризуется развитием ДВС-синдрома. Лабораторно при тяжелом течении SARS-CoV-2 наблюдали удлинение протромбинового времени, повышение D-димера, фибриногена и АЧТВ [28].

Одним из факторов, обуславливающих вазотропные свойства SARS-CoV-2, является его влияние на систему РААС. Вирус аффинен в отношении рецептора АПФ2, экспрессирующегося в альвеолоцитах, эпителии респираторных путей, ЖКТ, а также на клетках сосудистого эндотелия, что определяет вазопатическое действие на все сосудистое русло. Атакуя клетки через АПФ2, вирус ведет к истощению рецепторов и вызывает дисбаланс в системе РААС. Нарушается ось АПФ2 – ангиотензин 1–7, повышается уровень ангиотензина-2 — центральной эффекторной молекулы системы. Данные изменения провоцируют вазоконстрикцию, имеют провоспалительный и профибротический эффект. Тромботическая ангиопатия затрагивает в основном сосуды среднего и мелкого калибра, что ведет к ишемизации тканей [28]. Чаще страдают мягкие ткани нижних конечностей, что выражается в формировании ишемических некрозов [30], на фоне которых может развиваться вторичная инфекция. Развитие НИ как осложнения ишемического некроза на фоне SARS-CoV-2 было описано S. Sankaranarayanan et al. [18].

Вазоконстрикторные реакции при SARS-CoV-2 могут иметь спровоцированный характер. Тяжелое течение COVID-инфекции часто требует вазопрессорной поддержки. Препаратом первой линии является норэпинефрин — катехоламин, оказывающий воздействие на альфа-1 адренорецепторы сосудистой стенки. Терапия критических состояний порой требует высоких дозировок, а рецепторы-мишени присутствуют в сосудах любого калибра. Таким образом, спровоцированная вазоконстрикция затрагивает и микроциркуляторное русло. Как следствие, развивается гипоперфузия и ишемия периферических тканей, что увеличивает риски периферических некрозов

[31]. При наличии в организме очага инфекции терапия норэпинефрином может ухудшать проникновение антибиотиков к периферическим тканям в виду ухудшения перфузии, что способствует прогрессированию инфекции. Akira Toga et al. предположили связь возникновения НИМТ на фоне тяжелой COVID-инфекции с длительной терапией норэпинефрином [17].

Второй аспект патогенеза SARS-CoV-2, способствующий развитию вторичных инфекций, — индуцированное вирусом нарушение иммунного профиля. С одной стороны, несомненна роль гиперэргии иммунной системы у части больных, развитие выраженного системного воспаления с альтерацией органов-мишеней и сосудистого русла, вплоть до развития картины септического шока. У таких больных происходит повышение маркеров воспаления: СРБ, ферритина, IL-6, IP-10, MCP-1, TNF- . С другой стороны, гиперэргические реакции характерны не для всех пациентов с COVID-инфекцией. Вопрос о том, является ли клиническая токсичность SARS-CoV-2 результатом гиперактивации иммунитета или, напротив, его подавления, остается открытым [32, 33]. Тяжелое течение COVID-инфекции может быть определено как вирусный сепсис [34], в течении которого выделяют две стадии — гипервоспалительную и иммуносупрессивную. Именно иммуносупрессивная стадия ассоциирована с большей смертностью, так как на фоне скомпрометированного иммунитета возрастает вероятность не только вторичного инфицирования, но и реактивации скрытых инфекций, роста патогенных свойств собственной микробиоты человека [35]. Патогенез иммуносупрессии при вирусном сепсисе изучен мало. Ряд вирусов вызывает постоянную антигенную активацию Т-лимфоцитарного ответа, в конечном итоге приводя Т-лимфоциты в инертное состояние, получившее название «истощения». Y. Tang et al. показали, что Т-лимфоциты при тяжелом течении SARS-CoV-2 демонстрируют высокую экспрессию маркеров истощения [36]. Для тяжелой COVID-инфекции характерна выраженная лимфоцитопения, уровни которой порой достигают таких же значений, как при СПИДе. Нарушения касаются всех звеньев лимфоцитарного звена: CD4, CD8 Т-лимфоцитов, NK-клеток, В-лимфоцитов [37]. Механизмы, лежащие в основе лимфопении при COVID-19, неясны. Для нескольких видов Коксаки и энтеровируса описана способность прямого инфицирования лимфоцитов [38]. Данные о том, способен ли SARS-CoV-2 атаковать лимфоциты, не получены, однако очевидно, что тяжелое течение COVID-инфекции ассоциировано с иммуносупрессией, которая является предрасполагающим фактором для развития вторичной инфекции. Авторы, описавшие случаи НИМТ на фоне SARS-CoV-2, предполагали, что развитие НИ стало возможным именно на фоне альтерации иммунной системы [17, 18, 23, 39]. В некоторых случаях врачи обратили внимание на отсутствие травматического анамнеза и входных ворот, которые в большинстве случаев НИМТ нетрудно идентифицировать. У ряда пациентов был получен рост условно-патогенной флоры, при этом имела место НИ мономикробного генеза, вызванная нетипичными для данной нозологии Serratia marcescens [21], Haemophilus influenzae [39] и Escherichia coli [23, 44], которая также редко встречается в виде моноинфекции при НИМТ. Amro Alhoukail et al. пришли к выводу о том, что причиной НИ на фоне COVID-инфекции могла стать даже условно-патогенная флора в виду повышения ее патогенных свойств на фоне иммунодефицита [40].

Риски присоединения вторичной инфекции на фоне SARS-CoV-2 возрастают при наличии дополнительного фактора иммуносупрессии, которым может стать недавнее хирургическое лечение в анамнезе. Оперативное лечение является фактором иммунного повреждения. Происходит миграция лимфоцитов из сосудистого русла в лимфатическую систему, формируется постоперационная лимфопения. Ишемическое и реперфузионное повреждение ведет к высвобождению как про-, так и противовоспалительных цитокинов и к провокации нейтрофильного ответа [41]. В то же время, COVID-инфекция сама по себе является фактором риска постоперационных осложнений и летального исхода у хирургических пациентов [42], а смертность у больных с SARS-CoV-2, диагностированным периоперационно или в постоперационном периоде, доходит до 38 % [43]. M. Stoji i et al., описавшие случай НИМТ, осложнившей течение послеоперационного периода у пациентки с SARS-CoV-2, заключили, что COVID-инфекция и хирургическое вмешательство имеют схожее патогенетическое влияние на иммунный статус, что повышает риск развития осложнений [44].

Снижению иммунитета зачастую способствовало лечение пациентов с COVID-инфекцией, в первую очередь, применение глюкокортикостероидов (ГКС). Действие ГКС ингибирует иммуноопосредованное поражение легочной ткани, снижая риск тяжелой дыхательной недостаточности и смерти при SARS-CoV-2. Однако, противовоспалительный эффект ГКС связан с их способностью подавлять активность иммунных факторов транскрипции. Кроме того, ГКС обладают цитотоксичностью в отношении лимфоцитов, и их применение можно считать предрасполагающим фактором развития инфекционных осложнений на фоне снижения иммунитета [45]. Некоторые авторы связывали НИМТ на фоне тяжелого течения COVID-инфекции с иммуносупрессией, спровоцированной лечением ГКС [17, 19].

Важным звеном патогенетической цепи при COVID-инфекции является нарушение гомеостаза железа. Характерным лабораторным показателем для тяжелой COVID-инфекции является гиперферритинемия. SARS-CoV-2 способен атаковать молекулу гемоглобина, в результате чего происходит отделение железа от порфиринов, и увеличивается концентрация его в циркуляции. Кислород не способен связываться с поврежденной молекулой гемоглобина, развивается кислородное голодание тканей. Свободное двухвалентное железо при взаимодействии с H_2O_2 образует гидроксил радикал, который являясь одним из наиболее активных радикалов кислорода, с одной стороны, стимулирует нейтрофилы и макрофаги к фагоцитозу, с другой — приводит к оксидативному повреждению клеток, что в еще большей степени способствует развитию воспаления и дисфункции иммунной системы. Увеличение свободного железа стимулирует процессы его абсорбции и депонирования, за счет чего и увеличивается синтез ферритина — таков один из механизмов гиперферритинемии при SARS-CoV-2 тяжелого течения [46]. Некоторые цитокины также стимулируют выброс ферритина в свободный кровоток. Роль ферритина как острофазового белка огромна в части защиты организма от инфекции. Связывание свободного железа ведет к уменьшению свободнорадикального поражения тканей, но при этом избыток ферритина ведет к стимуляции NF-kB и увеличению синтеза провоспалительных медиаторов, усугубляя воспалительный процесс и замыкая порочный круг [47]. Повышенный уровень ферритина может привести к активизации условно-патогенной флоры. Железо — необходимый микроэлемент для жизнедеятельности многих микроорганизмов. Увеличение синтеза белков, связывающих свободно циркулирующее железо, является одним из механизмов борьбы макроорганизма с инфекцией [48]: ферритин связывает железо в кровотоке, снижая его концентрацию и формируя у микроорганизмов специфическое «железное голодание». У части микроорганизмов, чувствительных к уровню железа в плазме крови, доказано наличие специфических механизмов защиты — снижение концентрации Fe возбудитель воспринимает как сигнал к увеличению экспрессии вирулентных генов. Подобные механизмы доказаны для некоторых штаммов E. Coli [49]. У двоих пациентов с SARS-CoV-2 и НИМТ, вызванной E. Coli, лечащие доктора высказали мнение о возможности активизации условно-патогенной флоры на фоне повышения ферритина [23, 44].

Обсуждение. Некротизирующая инфекция мягких тканей является жизнеугрожающим состоянием, характеризующимся молниеносным течением, высокой смертностью и требующим хирургического лечения в кратчайшие сроки. Новая коронавирусная инфекция COVID-19 оказала существенное негативное влияние на особенности течения некротизирующего фасциита, которое стоит рассматривать как очевидный пример негативного синергизма.

Однозначных выводов о заболеваемости некротизирующим фасциитом в годы пандемии сделать нельзя. Однако, на основании представленных клинических случаев становится очевидным, что многие пациенты откладывали обращение за медицинской помощью, боясь заразиться SARS-CoV-2, а помощь не всегда могла быть оказана вовремя. Социальные ограничения во время пандемии стали причиной развития некротизирующей инфекции в тех случаях, когда при своевременном обращении ее можно было бы избежать.

Патогенетический фактор влияния COVID-инфекции на течение НИМТ однозначно необходимо рассматривать как пример взаимного отягощения. При SARS-CoV-2 были описаны случаи возникновения НИМТ на фоне полного благополучия, отсутствия травматического анамнеза, у пациентов без хронических заболеваний, а также некротизирующие инфекции мономикробного генеза и вызванные условно патогенной флорой. Наиболее вероятно, основным патогенетическим звеном, способствующим развитию вторичной инфекции, является иммуносупрессивное действие SARS-CoV-2, лабораторно проявляющее себя лимфоцитопенией, которая регистрировалась у большинства пациентов тяжелого течения. Компрометация иммунного профиля пациентов с COVID-инфекцией зачастую усугубляется за счет лечения глюкокортикостероидами. Как дополнительный иммуносупрессивный фактор можно рассматривать недавнее хирургическое вмешательство в анамнезе.

Поражение сосудистого русла при SARS-CoV-2 обусловило развитие гиперкоагуляционного синдрома с тромбозами и тромбоэмболиями, что стало причиной развития ишемических некрозов и создало плацдарм для развития вторичной бактериальной инфекции. Инотропная поддержка, которая зачастую требовалась больным по жизненным показаниям, могла усугубить вазоконстрикцию и стать причиной ишемии дистальных отделов конечностей с последующими бактериальными осложнениями в виде НИ. Немаловажным звеном патогенеза COVID-инфекции является гиперферритинемический синдром. Нарушения обмена железа также способствовали развитию вторичного инфицирования и активации условно-патогенной флоры.

Точные механизмы патогенного синергизма SARS-CoV-2 и НИМТ до конца не ясны и требуют дальнейшего изучения. Очевиден тот факт, что COVID-инфекция создает серьезные предпосылки для развития некротизирующего фасциита и ассоциирована с его тяжелым течением и неблагоприятным прогнозом, а лечение таких пациентов требует разработки особых протоколов и мультидисциплинарного подхода.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU)*. John Hopkins University of Medicine Coronavirus Research Center. 2023.
2. Feral-Pierssens A.L., Claret P.G., Chouihed T. Collateral damage of the COVID-19 outbreak: expression of concern. *Eur J Emerg Med*. 2020;27(4):233–234. DOI: 10.1097/MEJ.0000000000000717.
3. Katsouras C.S., Papafaklis M.I., Giannopoulos S., et al. Cerebro-/Cardiovascular Collateral Damage During the COVID-19 Pandemic: Fact or Fiction? *J Clin Neurol*. 2023;19(1):1–11. DOI: 10.3988/jcn.2023.19.1.1.
4. Gilligan J., Gologorsky Y. Collateral Damage During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic. *World Neurosurg*. 2020;140:413–414. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.05.091.
5. Gasteiger L., Abram J., Klein S., et al. Impact of COVID-19 on elective, emergency and oncological surgery during the first and the second wave in a tertiary university hospital: Have we learned the lessons? *Wien Klin Wochenschr*. 2022;134(23–24):868–874. DOI: 10.1007/s00508-022-02041-y.
6. COVIDSurg Collaborative. Elective surgery cancellations due to the COVID-19 pandemic: global predictive modelling to inform surgical recovery plans. *Br J Surg*. 2020;107(11):1440–1449. DOI: 10.1002/bjs.11746.
7. Daly M., Robinson E. Depression and anxiety during COVID-19. *Lancet*. 2022;399(10324):518. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00187-8.
8. Sartelli M., Guirao X., Hardcastle T.C., et al. 2018 WSES/SIS-E consensus conference: recommendations for the management of skin and soft-tissue infections. *World J Emerg Surg*. 2018;13:58. DOI: 10.1186/s13017-018-0219-9.
9. Stevens D.L., Bryant A.E. Necrotizing Soft-Tissue Infections. *N Engl J Med*. 2017;377(23):2253–2265. DOI: 10.1056/NEJMra1600673.
10. Nawijn F., Smeeing D.P.J., Houwert R.M, et al. Time is of the essence when treating necrotizing soft tissue infections: a systematic review and meta-analysis. *World J Emerg Surg*. 2020;15:4. DOI: 10.1186/s13017-019-0286-6.
11. Misiakos E.P., Bagias G., Patapis P., et al. Current concepts in the management of necrotizing fasciitis. *Front Surg*. 2014;1:36. DOI: 10.3389/fsurg.2014.00036.
12. Nguyen Q.D., Diab J., Khaicy D., et al. Necrotising Fasciitis During the COVID-19 Pandemic: An Australian Hospital Network Experience. *World J Surg*. 2023;47(7):1619–1630. DOI: 10.1007/s00268-023-07040-2.
13. Kamagate N., DeVito R. Necrotizing Soft Tissue Infection of the Breast during COVID-19 Pandemic. *Case Rep Surg*. 2020;2020:8876475. DOI: 10.1155/2020/8876475.
14. Feeney G., Hannan E., Fallon J., et al. Necrotising fasciitis in the COVID-19 era: A consequence of caution — A case series. *Int J Surg Open*. 2022;43:100488. DOI: 10.1016/j.ijso.2022.100488.
15. Gheisari M., Baghani M., Ganji R., Forouzanfar M.M. Huge carbuncle leading to necrotizing fasciitis in the COVID-19 pandemic era. *Clin Case Rep*. 2021;9(3):1583–1586. DOI: 10.1002/ccr3.3839.
16. Trama F., Illiano E., Bertuzzi G., et al. Multimodal approach in a patient with Fournier's gangrene during the coronavirus pandemic. *Urol Case Rep*. 2021;39:101825. DOI: 10.1016/j.eucr.2021.101825.
17. Toga A., Balaji A., Nagura S. Major Amputation Needed to Treat Purulent Tenosynovitis and Necrotizing Fasciitis in a Patient with a Human Bite and Severe COVID-19. *Int Med Case Rep J*. 2022;15:685–692. DOI: 10.2147/IMCRJ.S385264.

18. Sankaranarayanan S., Spielman A.F., Lessard A.S., Husain T. Upper extremity necrotizing fasciitis in a COVID-19 patient. *Case Reports Plast Surg Hand Surg*. 2022;9(1):46–51. DOI: 10.1080/23320885.2022.2028550.

19. Elashry M.M., Alagha M., Salama M. Pre and retroperitoneal necrotizing fasciitis after COVID-19 infection: A case report. *Radiol Case Rep*. 2021;16(10):2949–2952. DOI: 10.1016/j.radcr.2021.07.009.

20. Hattori Y., Tamemoto T., Niu A. Trauma-induced Necrotizing Soft-tissue Infection following COVID-19 Treatment. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2022;10(1):e4108. DOI: 10.1097/GOX.0000000000004108.

21. Silva-Alvarenga E., Emile S.H., Wexner S.D. Fournier's gangrene in a COVID-19 patient with multiple comorbidities: Combatting the triple threat. *Colorectal Dis*. 2022;24(9):1084–1086. DOI: 10.1111/codi.16139.

22. Aftab R., Tay J.Q., Sauvé P., et al. Lower Limb Serratia marcescens Necrotizing Fasciitis Complicated by Nosocomial COVID-19. *Cureus*. 2023;15(1):e33453. DOI: 10.7759/cureus.33453.

23. Sarkardeh M., Ahmadabadi A., Sadrzadeh Z., et al. Extensive monomicrobial necrotizing fasciitis and myonecrosis of left hemi trunk in a healthy 41-year-old man with COVID-19 infection. *Iran J Microbiol*. 2022;14(5):765–769. DOI: 10.18502/ijm.v14i5.10973.

24. McGee S.A., Barnum M., Nesbit R.D. The Epidemiology of Necrotizing Fasciitis at a Rural Level 1 Trauma Center During the COVID-19 Pandemic. *Am Surg*. 2023;89(5):1713–1718. DOI: 10.1177/00031348221074251.

25. Lubkin A., Bernard-Raichon L., DuMont A.L., et al. SARS-CoV-2 infection predisposes patients to coinfection with Staphylococcus aureus. *mBio*. 2024;15(8):e0166724. DOI: 10.1128/mbio.01667-24.

26. Soni S., Namdeo Pudake R., Jain U., Chauhan N. A systematic review on SARS-CoV-2-associated fungal coinfections. *J Med Virol*. 2022;94(1):99–109. DOI: 10.1002/jmv.27358.

27. Aghbash P.S., Eslami N., Shirvaliloo M., Baghi H.B. Viral coinfections in COVID-19. *J Med Virol*. 2021;93(9):5310–5322. DOI: 10.1002/jmv.27102.

28. *Зайратьянц О.В., Самсонова М.В., Михалева Л.М., Черняев А.Л., Мишнев О.Д., Крупнов Н.М., Калинин Д.В.* Патологическая анатомия COVID-19: Атлас / под общ. Ред. О.В. Зайратьянца. М.: ГБУ «НИИОЗММ», 2020. 142 с., ил.

29. Len P., Iskakova G., Sautbayeva Z., et al. Meta-Analysis and Systematic Review of Coagulation Disbalances in COVID-19: 41 Studies and 17,601 Patients. *Front Cardiovasc Med*. 2022;9:794092. DOI: 10.3389/fcvm.2022.794092.

30. Rastogi A., Dogra H., Jude E.B. COVID-19 and peripheral arterial complications in people with diabetes and hypertension: A systematic review. *Diabetes Metab Syndr*. 2021;15(5):102204. DOI: 10.1016/j.dsx.2021.102204.

31. Daroca-Pérez R., Carrascosa M.F. Digital necrosis: a potential risk of high-dose norepinephrine. *Ther Adv Drug Saf*. 2017;8(8):259–261. DOI: 10.1177/2042098617712669.

32. Qin C., Zhou L., Hu Z., et al. Dysregulation of Immune Response in Patients With Coronavirus 2019 (COVID-19) in Wuhan, China. *Clin Infect Dis*. 2020;71(15):762–768. DOI: 10.1093/cid/ciaa248.

33. Vardhana S.A., Wolchok J.D. The many faces of the anti-COVID immune response. *J Exp Med*. 2020;217(6):e20200678. DOI: 10.1084/jem.20200678.

34. Odabasi Z., Cinel I. Consideration of Severe Coronavirus Disease 2019 As Viral Sepsis and Potential Use of Immune Checkpoint Inhibitors. *Crit Care Explor*. 2020;2(6):e0141. DOI: 10.1097/CCE.0000000000000141.

35. Lin G.L., McGinley J.P., Drysdale S.B., Pollard A.J. Epidemiology and Immune Pathogenesis of Viral Sepsis. *Front Immunol*. 2018;9:2147. DOI: 10.3389/fimmu.2018.02147.

36. Tang Y., Liu J., Zhang D., et al. Cytokine Storm in COVID-19: The Current Evidence and Treatment Strategies. *Front Immunol*. 2020;11:1708. DOI: 10.3389/fimmu.2020.01708.

37. Remy K.E., Mazer M., Striker D.A., et al. Severe immunosuppression and not a cytokine storm characterizes COVID-19 infections. *JCI Insight*. 2020;5(17):e140329. DOI: 10.1172/jci.insight.140329.

38. Hwang J.Y., Jun E.J., Seo I., et al. Characterization of infections of human leukocytes by non-polio enteroviruses. *Intervirology*. 2012;55(5):333–341. DOI: 10.1159/000329987.

39. Zhang C.S., Chicoine N., Thede K., et al. A case report of necrotizing fasciitis caused by Haemophilus influenzae co-infection in the setting of COVID-19 pneumonia. *Int J Surg Case Rep*. 2023;106:108264. DOI: 10.1016/j.ijscr.2023.108264.

40. Alhoukail A., Alrawaf T., Alotaibi A., Alanazi H. Necrotizing Fasciitis in COVID-19 Patient: A Case Report of Atypical Early Presentation. *Cureus*. 2023;15(4):e37290. DOI: 10.7759/cureus.37290.

41. Kaufmann K.B., Heinrich S., Staehle H.F., et al. Perioperative cytokine profile during lung surgery predicts patients at risk for postoperative complications-A prospective, clinical study. *PLoS One*. 2018;13(7):e0199807. DOI: 10.1371/journal.pone.0199807.

42. Prasad N.K., Lake R., Englum B.R., et al. Increased complications in patients who test COVID-19 positive after elective surgery and implications for pre and postoperative screening. *Am J Surg*. 2022;223(2):380–387. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2021.04.005.
43. COVIDSurg Collaborative. Mortality and pulmonary complications in patients undergoing surgery with perioperative SARS-CoV-2 infection: an international cohort study. *Lancet*. 2020;396(10243):27–38. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31182-X.
44. Stojičić M., Jurišić M., Marinković M., et al. Necrotizing Skin and Soft Tissue Infection after Gluteal Augmentation in a Perioperatively Asymptomatic COVID-19 Patient-Complications of the Post-Lockdown Era? A Case Report. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59(5):914. DOI: 10.3390/medicina59050914.
45. WHO Rapid Evidence Appraisal for COVID-19 Therapies (REACT) Working Group; Sterne J.A.C., Murthy S., Diaz J.V., et al. Association Between Administration of Systemic Corticosteroids and Mortality Among Critically Ill Patients With COVID-19: A Meta-analysis. *JAMA*. 2020;324(13):1330–1341. DOI: 10.1001/jama.2020.17023.
46. Habib H.M., Ibrahim S., Zaim A., Ibrahim W.H. The role of iron in the pathogenesis of COVID-19 and possible treatment with lactoferrin and other iron chelators. *Biomed Pharmacother*. 2021;136:111228. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.111228.
47. Ruscitti P., Berardicurti O., Barile A., et al. Severe COVID-19 and related hyperferritinaemia: more than an innocent bystander? *Ann Rheum Dis*. 2020;79(11):1515–1516. DOI: 10.1136/annrheumdis-2020-217618.
48. Andrews S.C., Robinson A.K., Rodríguez-Quiñones F. Bacterial iron homeostasis. *FEMS Microbiol Rev*. 2003;27(2-3):215–237. DOI: 10.1016/S0168-6445(03)00055-X.
49. *Орлов Ю.П., Говорова Н.В., Лукач В.Н., Байтугаева Г.А., Клементьев А.В., Какуля Е.Н.* Метаболизм железа в условиях инфекции. Обзор литературы // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2021. № 1. С. 90–99. DOI: 10.21320/1818-474X-2020-1-90-99.

REFERENCES

1. *COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU)*. John Hopkins University of Medicine Coronavirus Research Center. 2023.
2. Feral-Pierssens A.L., Claret P.G., Chouihed T. Collateral damage of the COVID-19 outbreak: expression of concern. *Eur J Emerg Med*. 2020;27(4):233–234. DOI: 10.1097/MEJ.0000000000000717.
3. Katsouras C.S., Papafaklis M.I., Giannopoulos S., et al. Cerebro-/Cardiovascular Collateral Damage During the COVID-19 Pandemic: Fact or Fiction? *J Clin Neurol*. 2023;19(1):1–11. DOI: 10.3988/jcn.2023.19.1.1.
4. Gilligan J., Gologorsky Y. Collateral Damage During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic. *World Neurosurg*. 2020;140:413–414. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.05.091.
5. Gasteiger L., Abram J., Klein S., et al. Impact of COVID-19 on elective, emergency and oncological surgery during the first and the second wave in a tertiary university hospital : Have we learned the lessons? *Wien Klin Wochenschr*. 2022;134(23–24):868–874. DOI: 10.1007/s00508-022-02041-y.
6. COVIDSurg Collaborative. Elective surgery cancellations due to the COVID-19 pandemic: global predictive modelling to inform surgical recovery plans. *Br J Surg*. 2020;107(11):1440–1449. DOI: 10.1002/bjs.11746.
7. Daly M., Robinson E. Depression and anxiety during COVID-19. *Lancet*. 2022;399(10324):518. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00187-8.
8. Sartelli M., Guirao X., Hardcastle T.C., et al. 2018 WSES/SIS-E consensus conference: recommendations for the management of skin and soft-tissue infections. *World J Emerg Surg*. 2018;13:58. DOI: 10.1186/s13017-018-0219-9.
9. Stevens D.L., Bryant A.E. Necrotizing Soft-Tissue Infections. *N Engl J Med*. 2017;377(23):2253–2265. DOI: 10.1056/NEJMra1600673.
10. Nawijn F., Smeeing D.P.J., Houwert R.M, et al. Time is of the essence when treating necrotizing soft tissue infections: a systematic review and meta-analysis. *World J Emerg Surg*. 2020;15:4. DOI: 10.1186/s13017-019-0286-6.
11. Misiakos E.P., Bagias G., Patapis P., et al. Current concepts in the management of necrotizing fasciitis. *Front Surg*. 2014;1:36. DOI: 10.3389/fsurg.2014.00036.
12. Nguyen Q.D., Diab J., Khaicy D., et al. Necrotising Fasciitis During the COVID-19 Pandemic: An Australian Hospital Network Experience. *World J Surg*. 2023;47(7):1619–1630. DOI: 10.1007/s00268-023-07040-2.
13. Kamagate N., DeVito R. Necrotizing Soft Tissue Infection of the Breast during COVID-19 Pandemic. *Case Rep Surg*. 2020;2020:8876475. DOI: 10.1155/2020/8876475.

14. Feeney G., Hannan E., Fallon J., et al. Necrotising fasciitis in the COVID-19 era: A consequence of caution — A case series. *Int J Surg Open*. 2022;43:100488. DOI: 10.1016/j.ijso.2022.100488.
15. Gheisari M., Baghani M., Ganji R., Forouzanfar M.M. Huge carbuncle leading to necrotizing fasciitis in the COVID-19 pandemic era. *Clin Case Rep*. 2021;9(3):1583–1586. DOI: 10.1002/ccr3.3839.
16. Trama F., Illiano E., Bertuzzi G., et al. Multimodal approach in a patient with Fournier's gangrene during the coronavirus pandemic. *Urol Case Rep*. 2021;39:101825. DOI: 10.1016/j.eucr.2021.101825.
17. Toga A., Balaji A., Nagura S. Major Amputation Needed to Treat Purulent Tenosynovitis and Necrotizing Fasciitis in a Patient with a Human Bite and Severe COVID-19. *Int Med Case Rep J*. 2022;15:685–692. DOI: 10.2147/IMCRJ.S385264.
18. Sankaranarayanan S., Spielman A.F., Lessard A.S., Husain T. Upper extremity necrotizing fasciitis in a COVID-19 patient. *Case Reports Plast Surg Hand Surg*. 2022;9(1):46–51. DOI: 10.1080/23320885.2022.2028550.
19. Elashry M.M., Alagha M., Salama M. Pre and retroperitoneal necrotizing fasciitis after COVID-19 infection: A case report. *Radiol Case Rep*. 2021;16(10):2949–2952. DOI: 10.1016/j.radcr.2021.07.009.
20. Hattori Y., Tamemoto T., Niu A. Trauma-induced Necrotizing Soft-tissue Infection following COVID-19 Treatment. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2022;10(1):e4108. DOI: 10.1097/GOX.0000000000004108.
21. Silva-Alvarenga E., Emile S.H., Wexner S.D. Fournier's gangrene in a COVID-19 patient with multiple comorbidities: Combatting the triple threat. *Colorectal Dis*. 2022;24(9):1084–1086. DOI: 10.1111/codi.16139.
22. Aftab R., Tay J.Q., Sauvé P., et al. Lower Limb Serratia marcescens Necrotizing Fasciitis Complicated by Nosocomial COVID-19. *Cureus*. 2023;15(1):e33453. DOI: 10.7759/cureus.33453.
23. Sarkardeh M., Ahmadabadi A., Sadrzadeh Z., et al. Extensive monomicrobial necrotizing fasciitis and myonecrosis of left hemi trunk in a healthy 41-year-old man with COVID-19 infection. *Iran J Microbiol*. 2022;14(5):765–769. DOI: 10.18502/ijm.v14i5.10973.
24. McGee S.A., Barnum M., Nesbit R.D. The Epidemiology of Necrotizing Fasciitis at a Rural Level 1 Trauma Center During the COVID-19 Pandemic. *Am Surg*. 2023;89(5):1713–1718. DOI: 10.1177/00031348221074251.
25. Lubkin A., Bernard-Raichon L., DuMont A.L., et al. SARS-CoV-2 infection predisposes patients to coinfection with Staphylococcus aureus. *mBio*. 2024;15(8):e0166724. DOI: 10.1128/mbio.01667-24.
26. Soni S., Namdeo Pudake R., Jain U., Chauhan N. A systematic review on SARS-CoV-2-associated fungal coinfections. *J Med Virol*. 2022;94(1):99–109. DOI: 10.1002/jmv.27358.
27. Aghbash P.S., Eslami N., Shirvaliloo M., Baghi H.B. Viral coinfections in COVID-19. *J Med Virol*. 2021;93(9):5310–5322. DOI: 10.1002/jmv.27102.
28. Zayrat'yants O.V., ed. *Patologicheskaya anatomiya COVID 19: Atlas [Pathological Anatomy of COVID-19: Atlas]*. Moscow; 2020. (In Russ.).
29. Len P., Iskakova G., Sautbayeva Z., et al. Meta-Analysis and Systematic Review of Coagulation Disbalances in COVID-19: 41 Studies and 17,601 Patients. *Front Cardiovasc Med*. 2022;9:794092. DOI: 10.3389/fcvm.2022.794092.
30. Rastogi A., Dogra H., Jude E.B. COVID-19 and peripheral arterial complications in people with diabetes and hypertension: A systematic review. *Diabetes Metab Syndr*. 2021;15(5):102204. DOI: 10.1016/j.dsx.2021.102204.
31. Daroca-Pérez R., Carrascosa M.F. Digital necrosis: a potential risk of high-dose norepinephrine. *Ther Adv Drug Saf*. 2017;8(8):259–261. DOI: 10.1177/2042098617712669.
32. Qin C., Zhou L., Hu Z., et al. Dysregulation of Immune Response in Patients With Coronavirus 2019 (COVID-19) in Wuhan, China. *Clin Infect Dis*. 2020;71(15):762–768. DOI: 10.1093/cid/ciaa248.
33. Vardhana S.A., Wolchok J.D. The many faces of the anti-COVID immune response. *J Exp Med*. 2020;217(6):e20200678. DOI: 10.1084/jem.20200678.
34. Odabasi Z., Cinel I. Consideration of Severe Coronavirus Disease 2019 As Viral Sepsis and Potential Use of Immune Checkpoint Inhibitors. *Crit Care Explor*. 2020;2(6):e0141. DOI: 10.1097/CCE.0000000000000141.
35. Lin G.L., McGinley J.P., Drysdale S.B., Pollard A.J. Epidemiology and Immune Pathogenesis of Viral Sepsis. *Front Immunol*. 2018;9:2147. DOI: 10.3389/fimmu.2018.02147.
36. Tang Y., Liu J., Zhang D., et al. Cytokine Storm in COVID-19: The Current Evidence and Treatment Strategies. *Front Immunol*. 2020;11:1708. DOI: 10.3389/fimmu.2020.01708.
37. Remy K.E., Mazer M., Striker D.A., et al. Severe immunosuppression and not a cytokine storm characterizes COVID-19 infections. *JCI Insight*. 2020;5(17):e140329. DOI: 10.1172/jci.insight.140329.
38. Hwang J.Y., Jun E.J., Seo I., et al. Characterization of infections of human leukocytes by non-polio enteroviruses. *Intervirology*. 2012;55(5):333–341. DOI: 10.1159/000329987.

39. Zhang C.S., Chicoine N., Thede K., et al. A case report of necrotizing fasciitis caused by Haemophilus influenzae co-infection in the setting of COVID-19 pneumonia. *Int J Surg Case Rep*. 2023;106:108264. DOI: 10.1016/j.ijscr.2023.108264.

40. Alhoukail A., Alrawaf T., Alotaibi A., Alanazi H. Necrotizing Fasciitis in COVID-19 Patient: A Case Report of Atypical Early Presentation. *Cureus*. 2023;15(4):e37290. DOI: 10.7759/cureus.37290.

41. Kaufmann K.B., Heinrich S., Staehle H.F., et al. Perioperative cytokine profile during lung surgery predicts patients at risk for postoperative complications-A prospective, clinical study. *PLoS One*. 2018;13(7):e0199807. DOI: 10.1371/journal.pone.0199807.

42. Prasad N.K., Lake R., Englum B.R., et al. Increased complications in patients who test COVID-19 positive after elective surgery and implications for pre and postoperative screening. *Am J Surg*. 2022;223(2):380–387. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2021.04.005.

43. COVIDSurg Collaborative. Mortality and pulmonary complications in patients undergoing surgery with perioperative SARS-CoV-2 infection: an international cohort study. *Lancet*. 2020;396(10243):27–38. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31182-X.

44. Stojičić M., Jurišić M., Marinković M., et al. Necrotizing Skin and Soft Tissue Infection after Gluteal Augmentation in a Perioperatively Asymptomatic COVID-19 Patient-Complications of the Post-Lockdown Era? A Case Report. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59(5):914. DOI: 10.3390/medicina59050914.

45. WHO Rapid Evidence Appraisal for COVID-19 Therapies (REACT) Working Group; Sterne J.A.C., Murthy S., Diaz J.V., et al. Association Between Administration of Systemic Corticosteroids and Mortality Among Critically Ill Patients With COVID-19: A Meta-analysis. *JAMA*. 2020;324(13):1330–1341. DOI: 10.1001/jama.2020.17023.

46. Habib H.M., Ibrahim S., Zaim A., Ibrahim W.H. The role of iron in the pathogenesis of COVID-19 and possible treatment with lactoferrin and other iron chelators. *Biomed Pharmacother*. 2021;136:111228. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.111228.

47. Ruscitti P., Berardicurti O., Barile A., et al. Severe COVID-19 and related hyperferritinaemia: more than an innocent bystander? *Ann Rheum Dis*. 2020;79(11):1515–1516. DOI: 10.1136/annrheumdis-2020-217618.

48. Andrews S.C., Robinson A.K., Rodríguez-Quiñones F. Bacterial iron homeostasis. *FEMS Microbiol Rev*. 2003;27(2-3):215–237. DOI: 10.1016/S0168-6445(03)00055-X.

49. Orlov Y.P., Govorova N.V., Lukach V.N., et al. Iron metabolismin conditions of infection. *Review*. Annals of Critical Care. 2021;(1):90–99. (In Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2020-1-90-99.

АВТОРЫ

Чернышев Олег Борисович, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-4874-9964
Калинина Татьяна Сергеевна — ORCID: 0000-0001-6909-9000
Шатиль Михаил Александрович — ORCID: 0000-0002-8946-3495
Авдошин Иван Валентинович — ORCID: 0000-0003-2244-0771
Бубнова Наталья Алексеевна, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0002-2128-3316

AUTHORS

Chernyshev Oleg Borisovich, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-4874-9964
Kalinina Tat'yana Sergeevna — ORCID: 0000-0001-6909-9000
Shatil' Mikhail Aleksandrovich — ORCID: 0000-0002-8946-3495
Avdoshin Ivan Valentinovich — ORCID: 0000-0003-2244-0771
Bubnova Natal'ya Alekseevna, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0002-2128-3316

УДК 616-089.5 : 616-001
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_136

АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ В ОСТРОМ ПЕРИОДЕ ТРАВМЫ

© А.В. ЩЕГОЛЕВ, В.С. АФОНЧИКОВ, А.Н. ГРИЦАЙ, О.В. ОРЛОВА
ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

В статье представлены основные принципы оказания анестезиологической помощи в остром периоде травмы. Отражены особенности проведения инфузионной терапии при продолжающемся кровотечении, механизмы развития и признаки дыхательной недостаточности, основные мероприятия по профилактике развития тошноты и рвоты, суть методики быстрой последовательной индукции и алгоритмы действий при непредвиденно сложной вентиляции и интубации трахеи. Дана краткая характеристика наиболее широко применяемым внутривенным, ингаляционным анестетикам и миорелаксантам для быстрой последовательной индукции, описано их влияние на гемодинамику и мозговой кровоток, представлены наиболее широко применяемые методы анестезии и особенности респираторной поддержки во время анестезиологического обеспечения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: травма, шок, кровопотеря, анестезиологическое обеспечение, $АД_{сист}$, инфузионная терапия, оксигенация, обеспечение проходимости верхних дыхательных путей, трудные дыхательные пути, быстрая последовательная индукция.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Щеголев А.В., Афончиков В.С., Грицай А.Н., Орлова О.В. Анестезиологическое обеспечение оперативных вмешательств в остром периоде травмы // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 136–148.

ANESTHESIOLOGIST CARE OF SURGICAL INTERVENTIONS IN THE ACUTE PERIOD OF INJURY

© A.V. SHCHOGOLEV, V.S. AFONCHIKOV, A.N. GRITSAY, O.V. ORLOVA
St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

The article presents the basic principles of providing anesthetic care in the acute period of injury. The article describes the features of infusion therapy for ongoing bleeding, the mechanisms of development and signs of respiratory failure, the main measures to prevent the development of nausea and vomiting, the essence of the rapid sequential induction technique and algorithms for actions in case of unexpectedly difficult ventilation and intubation of the trachea. A brief description of the most widely used intravenous, inhaled anesthetics and muscle relaxants for rapid sequential induction is given, their effect on hemodynamics and cerebral blood flow is described, the most widely used anesthesia methods and features of respiratory support during anesthesia are presented.

KEYWORDS: trauma, shock, blood loss, anesthesiologist care, systolic blood pressure, infusion therapy, oxygenation, upper respiratory tract patency, difficult airways, rapid sequential induction.

TO CITE THIS ARTICLE. Shchogolev A.V., Afonchikov V.S., Gritsay A.N., Orlova O.V. Anesthesiologist care of surgical intervention in the acute period of injury. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):136–148.

Введение. Под острым периодом травмы понимают непосредственно период шока и связанные с ним явления органной дисфункции, развивающиеся в первые 4–12 ч от момента ее получения. Выраженность органной дисфункции напрямую взаимосвязана с интенсивностью кровотечения, длительностью и тяжестью повреждающего воздействия циркуляторной гипоксии, которая возникает при кровопотере, превышающей 30 % объема циркулирующей крови (ОЦК). Наряду с кровопотерей на длительность шока и тяжесть течения последующих периодов травмы огромное влияние оказывают характер и тяжесть повреждений анатомических областей, вызывающих дополнительное угнетающее влияние на гемодинамику и газообмен. К таким повреждениям относят ушиб сердца, травму спинного мозга, тяжелую черепно-мозговую травму (ЧМТ), ушиб легких, множественные переломы ребер, напряженный пневмоторакс. Ранняя диагностика и остановка неконтролируемого кровотечения, устранение тяжелого болевого синдрома, обеспечение эффективной оксигенации, своевременное устранение дополнительных причин нарушения газообмена и гемодинамики позволяют уменьшить тяжесть функциональных расстройств и инфекционных осложнений, закономерно развивающихся в следующие периоды травматической болезни.

На этапе предоперационной подготовки оказание анестезиологической помощи предполагает выполнение комплекса лечебных мероприятий по защите и управлению жизненно важными функциями пациента, которые включают:

- поддержание эффективной гемодинамики и нормализацию газообмена;
- выполнение премедикации и контроль боли;
- профилактику аспирации и защиту верхних дыхательных путей (ВДП);
- выбор вида и метода анестезии с учетом тяжести состояния пациента и характера оперативного вмешательства;
- коррекцию функциональных и метаболических расстройств;
- контроль и мониторинг витальных функций [1, 2].

Особенности инфузионной терапии в остром периоде травмы. При наличии признаков продолжающегося кровотечения (табл. 1) и отсутствии повреждения головного мозга целесообразно придерживаться тактики пермиссивной (допустимой) гипотонии с поддержанием систолического артериального давления ($АД_{сист}$) на уровне 70–80 мм рт. ст. Наиболее оптимальным способом реализации тактики допустимой гипотонии является прерывистое введение изоосмолярных кристаллоидных растворов малыми болюсами в объеме 200–300 мл [3]. Появление и сохранение пульса на лучевой артерии, прояснение сознания являются основанием для остановки инфузии плазмозаменителя с возможным повторным введением раствора при рецидиве и прогрессировании гипотонии. Тактика допустимой гипотонии позволяет обеспечить перфузию жизненно важных органов (мозга и сердца) на минимально допустимом уровне и снизить риск усиления или рецидива кровотечения вследствие резкого подъема АД или смещения тромба при неконтролируемом кровотечении до момента окончательной остановки кровотечения. Применение изоосмолярных кристаллоидных растворов с низким содержанием ионов хлора, замещенных органическими кислотами (лактат, ацетат, сукцинат и др.), вместо физиологического раствора натрия хлорида, предупреждает развитие гиперхлоремического ацидоза и оказывает дополнительный буферирующий эффект за счет образования бикарбоната после метаболизма органических кислот в печени.

Таблица 1. Варианты ответа на инфузионную терапию, потребность в гемотрансфузиях и ориентировочная хирургическая тактика

Параметры	Тип ответа		
	Быстрый ответ	Временный ответ	Минимальный или отсутствие ответа
Витальные показатели	Возвращение к нормальным значениям	Временное улучшение, повторное снижение АД и повышение ЧСС (частоты сердечных сокращений)	Остаются нарушенными
Предполагаемый объем кровопотери	Минимальный (10–20 %)	Умеренный, кровотечение продолжается (20–40 %)	Значительный (более 40 %), кровотечение продолжается
Потребность в трансфузии	Низкая	От умеренной до высокой	Высокая
Ранний осмотр хирургом	Необходим	Крайне необходим — экстренное оперативное вмешательство	Экстренное оперативное вмешательство

У раненых и пострадавших с тяжелой ЧМТ и нарушением сознания по шкала комы Глазго (ШКГ) ≤8 баллов или при спинальной травме, осложненных развитием геморрагического шока, необходимо поддерживать $АД_{сист}$ >90 мм рт. ст., что соответствует $АД_{ср}$ (среднее артериальное давление) ≥80 мм рт. ст. и обеспечивает поддержание церебрального перфузионного давления (ЦПД) на уровне 55–60 мм рт. ст., снижающее тяжесть дополнительного повреждения головного мозга.

Обеспечение венозного доступа осуществляется с учетом клинической ситуации. Для стартовой инфузионной терапии желательно установить, по меньшей мере, два периферических внутривенных катетера 14–18g в периферические вены (локтевые, наружную яремную или вены предплечья) [3].

В случае развития угрожающей жизни тяжелой артериальной гипотензии, отсутствия эффекта от проводимой инфузионной терапии кристаллоидами, ожидаемого угнетения гемодинамики во время индукции анестезии для достижения целевого $АД_{сист}$ следует рассмотреть введение норадреналина со скоростью от 0,03 до 0,1 мкг/кг/мин, в качестве дополнения к назначению плазмозаменителей. Умеренный β1-адренергический эффект норадреналина и веноконстрикция, связанная с влиянием на α1-рецепторы, способствуют активному перераспределению крови из емкостных вен в системную циркуляцию, увеличивая ударный объем (УО), сердечный выброс (СВ) и тканевую перфузию [4].

Применение коллоидных плазмозаменителей показано при невозможности стабилизировать гемодинамику введением кристаллоидных растворов. Основным показанием для переливания коллоидных плазмозаменителей является падение $АД_{сист}$ ниже 70 мм рт. ст. Применение 6 % физиологических растворов коллоидов и, в особенности, гиперосмолярных 10-процентных растворов для малообъемной реанимации (10 % декстрана 40 в комбинации с 7,5 % раствором натрия хлорида или 10 % декстрана 40 в комбинации с маннитом), может сократить период критической гипотонии и снизить риск остановки кровообращения. Скорость инфузии в последнем случае должна быть не менее 150 мл/мин до достижения вышеупомянутых целевых показателей $АД_{сист}$ [2]. Введение гиперосмолярных коллоидных растворов необходимо сочетать с изоосмолярными кристаллоидами, что позволяет снизить развитие дефицита жидкости в интерстициальном секторе и дополнительное повреждение клеток. Применение гиперосмолярных коллоидных растворов при кровопотере, вызванной ЧМТ, позволяет стабилизировать гемодинамику, повысить $АД_{ср}$ и ЦПД, снизить внутричерепное давление (ВЧД) за счет перераспределения жидкости из ткани мозга в сосудистый сектор.

В условиях развивающегося дефицита ОЦК следует стремиться к ограничению вводимых плазмозаменителей, что позволяет снизить проявления дилюционной коагулопатии. Основной целью введения кристаллоидных растворов, объем которых в схеме инфузионно-трансфузионной терапии по возможности не должен превышать 1500 мл [4], является увеличение преднагрузки и устранение дефицита жидкости в интерстициальном секторе. Меньшее отрицательное влияние на систему гемостаза и функцию почек, длительный волемический эффект при низком капиллярном гидростатическом давлении, развивающемся вследствие кровопотери, делают их более предпочтительными по сравнению с коллоидными растворами, избыточное переливание которых может усилить кровотечение. В случае необходимости инфузии коллоидных растворов предпочтение отдают раствору 4-процентному сукцинилированного желатина как наиболее безопасному препарату. Следует ограничиваться минимально эффективным объемом переливаемого коллоидного раствора в течение ближайших суток, который по возможности не должен превышать 1000 мл [2, 3, 4, 5].

Патофизиологические механизмы острой дыхательной недостаточности при травме, показания к интубации трахеи и ИВЛ (искусственная вентиляция легких). Неотъемлемой составляющей анестезиологического обеспечения в процессе предоперационной подготовки является своевременное выявление и устранение причин, вызывающих нарушения газообмена, дополнительно усугубляющих тяжесть циркуляторной гипоксии при шоке. К наиболее частым причинам развития вентиляционных нарушений при травме относят:

- обструкцию ВДП кровью и инородными предметами при переломе основания и/или костей лицевого черепа;
- угнетение сознания при ЧМТ;
- множественные переломы ребер с формированием рёберного клапана;
- слабость дыхательной мускулатуры при высоком повреждении спинного мозга;
- ожоги лица, шеи и ВДП;
- формирование ретрофарингеальной гематомы при травме шейного отдела позвоночника.

Развивающаяся альвеолярная гиповентиляция на фоне угнетения сознания и редкого поверхностного дыхания сопровождается накоплением CO_2 в альвеолах и служит причиной падения напряжения O_2 в альвеолярном газе (PaO_2). Преобладание парциального напряжения CO_2 в альвеолах ведет к снижению скорости диффузии O_2 через альвеолокапиллярную мембрану, вызывая гипоксемию и гиперкапническую гипоксию, признаком которой является снижение SaO_2 (насыщение гемоглобина артериальной крови O_2) <90 % и PaO_2 (парциальное напряжение O_2 в артериальной крови) <60 мм рт. ст., наряду с увеличением $PaCO_2$ (парциальное напряжение CO_2 в артериальной крови) и $PetCO_2$ (парциальное напряжение CO_2 в конечно-выдыхаемом воздухе) > 45 мм рт. ст.

Повреждение легочной ткани при травме груди сопровождается паренхиматозной дыхательной недостаточностью с частым поверхностным дыханием, скандированной речью и характерными изменениями в газовом составе крови. Оценку респираторного индекса (PaO_2/FiO_2 (фракция вдыхаемого O_2)) при сниженном $PaCO_2$ используют для приблизительного и быстрого определения степени транспульмонального шунтирования кровотока. Пороговое значение для данного соотношения при дыхании атмосферным воздухом составляет 300, его снижение свидетельствует о развитии гипоксемии и гипоксии, вызванных шунтированием кровотока — сбросом неоксигенированной крови из пораженной легочной ткани, где не происходит газообмена и, соответственно, диффузии O_2. Увеличение $PA\text{-}aO_2$ (альвеолярно-артериального градиента по O_2), который в норме не превышает 7–15 мм рт. ст. — еще один признак нарастающего легочного шунтирования. Шунтирование кровотока может также встречаться при выраженном снижении СВ, которое сопровождается повышенной экстракцией O_2 и сбросом избыточно десатурированной венозной крови в артериальный легочный кровоток, вызывая венозное примешивание, например, при кардиогенном шоке вследствие ушиба сердца.

Полностью или частично нивелировать тяжесть гипоксии, которая при сочетанной травме зачастую носит смешанный характер на этапе диагностического поиска источника кровотечения и предоперационной подготовки позволяет инсуффляция O_2, концентрация которого в дыхательной смеси может изменяться в зависимости от скорости потока и применяемых устройств для оксигенации (табл. 2).

Таблица 2. Фракция вдыхаемого O_2 в дыхательной смеси в зависимости от способа ингаляции и потока 100 % O_2

Способы инсуффляции O_2	Поток O_2, л/мин	FiO_2 в дыхательной смеси
Назальные канюли	2–5	0,21–0,40
Назальные канюли	10	0,30–0,46
Кислородная маска	6–10	0,35–0,60
Лицевая маска с клапаном выдоха	10	0,6
Обычная лицевая маска для ИВЛ	10	0,8–0,95

При принятии решения относительно необходимости интубации трахеи необходимо учитывать характер повреждений и возможные последствия при ее несвоевременном выполнении. Интубацию трахеи в остром периоде травмы выполняют в следующих целях:

- защиты ВДП при высоком риске аспирации и регургитации;
- профилактики угрожающей обструкции;
- поддержания эффективной вентиляции и оксигенации при неэффективном самостоятельном дыхании;
- снижения потребления и компенсации нарушения транспорта O_2 при тяжелой кровопотере, превышающей 40 % ОЦК.

Показания к интубации трахеи и ИВЛ определяются сочетанием следующих клинических и лабораторных признаков:

- неэффективностью самостоятельного дыхания (одышка, тахипноэ более 35 дыхательных движений в минуту);
- наличием комы (угнетение сознания по ШКГ <8 баллов);
- PaO_2 <60 мм рт. ст. либо PaO_2/FiO_2 <200;
- $PaCO_2$ >60 мм рт. ст.;
- pH <7,25;
- SaO_2 <90 % [7,8].

Анестезиологическая тактика при полном желудке и трудных дыхательных путях.

При подготовке к экстренному оперативному вмешательству все пострадавшие должны расцениваться как пациенты с потенциально нераспознанными трудными дыхательными путями и полным желудком, что представляет риск многократных неудачных попыток интубации трахеи с высокой вероятностью регургитации или аспирации содержимого желудочно-кишечного тракта. Трудности, связанные с распознаванием сложных дыхательных путей, могут быть обусловлены нехваткой времени на их оценку ввиду развития критического состояния, требующего экстренных мер, направленных на обеспечение вентиляции и газообмена, или отсутствия продуктивного контакта с пострадавшим. К предикторам неэффективной вентиляции и интубации следует отнести следующие анатомические особенности, повреждения и клинические признаки:

- ожирение;
- наличие густой бороды;
- отсутствие зубов;
- ЧМТ с нарушением сознания;
- закрытые травмы и проникающие ранения челюстно-лицевой области и шеи;
- осиплость голоса или развитие стридора;
- гематомы шеи;
- наличие подкожной эмфиземы нижней части лица, шеи и верхней половины груди с нарушением фонации;
- отек, воспаление, гематомы и инородные тела ротоглотки;
- толстый язык;
- неправильный прикус;
- неспособность выдвинуть нижнюю челюсть;
- расстояние между резцами менее 3 см;
- ограничение подвижности в атланто-окципитальном сочленении (оценивается в случае исключения травмы шейного отдела позвоночника);
- длинные резцы верхней челюсти;
- жесткая, неподатливая, трудно выдвигаемая нижняя челюсть;
- тироментальная дистанция <3 поперечных пальцев;
- короткая толстая шея [8].

Любые сомнения относительно возможности проведения эффективной масочной вентиляции при наличии вышеперечисленных признаков, могут быть показанием для выполнения фиброоптической интубации трахеи [8].

Быстрая последовательная индукция — обязательный элемент анестезиологического обеспечения экстренных и неотложных оперативных вмешательств, выполнение которого позволяет обеспечить защиту дыхательных путей и поддержание эффективного газообмена. Ее выполнение оптимально у пострадавших с нормальной анатомией дыхательных путей при высоком риске развития аспирационного синдрома.

Суть методики заключается в максимальном сокращении времени между утратой сознания после индукции анестезии и выполнением интубации трахеи, что позволяет избежать масочной вентиляции, способствующей раздуванию желудка и развитию регургитации.

Методика быстрой последовательной индукции предполагает выполнение следующих мероприятий:

- опорожнение желудка;
- укладку пациента на операционном столе для профилактики рвоты, аспирации и создания оптимальных условий для успешной интубации трахеи;
- преоксигенацию;
- премедикацию;
- индукцию анестезии с введением анестетиков и быстродействующих релаксантов с надавливанием на перстневидный хрящ (выполнение приема Селлика);
- интубацию трахеи без вентиляции сразу после достижения релаксации и раздувание манжеты с подтверждением ее правильного положения на основании показателей капнограммы и аускультации легких.

Успешное выполнение интубации трахеи предполагает выполнение подготовительных мероприятий, которые в идеальном варианте занимают не более 10 мин и включают:

- подготовку оборудования для оксигенации, вентиляции, индукции, интубации, ИВЛ;
- проверку рабочего состояния аспиратора (хирургического отсасывателя) на случай необходимости эвакуации содержимого ротовой полости;
- налаживание венозного доступа;
- обеспечение инсуффляции O_2;
- заведение желудочного зонда с эвакуацией содержимого желудка;
- позиционирование пациента;
- выбор препаратов для индукции анестезии;
- удаление желудочного зонда перед началом индукции.

До начала индукции анестезии, если позволяют условия, проводят мероприятия по предупреждению рвоты и аспирации:

- при сохраненном сознании через широкий зонд опорожняют и отмывают желудок (перелом основания черепа — абсолютное противопоказание для трансназального заведения желудочного зонда);
- перед индукцией анестезии зонд удаляют для исключения возможного истечения содержимого желудка мимо зонда в дыхательные пути;
- быстрым способом снижения pH желудочного содержимого при нехватке времени является промывание желудка официнальным раствором гидрокарбоната натрия;
- при наличии времени для снижения объема и pH желудочного содержимого используют блокаторы H2-гистаминовых рецепторов, максимальная эффективность которых развивается через 40 мин после внутривенного введения;
- внутривенное введение метоклопрамида в дозе 10–20 мг за 10 мин до начала анестезии повышает тонус нижнего (кардиального) сфинктера пищевода, снижая вероятность развития рвоты и аспирации [2, 9, 10].

Для профилактики аспирации и защиты дыхательных путей во время индукции анестезии осуществляют прием Селлика. Давление на перстневидный хрящ большим и указательным пальцами выполняют с нарастающим усилием от 1 до 3 кг (10–30 Н) по мере угнетения сознания до момента раздувания манжеты эндотрахеальной трубки после интубации трахеи и подтверждения ее правильного положения в дыхательных путях [11].

Правильная укладка (позиционирование) на операционном столе обеспечивает создание оптимальных условий для успешной интубации трахеи. Для минимизации осложнений, связанных с регургитацией, операционный стол переводят в положение Фаулера — с приподнятым головным концом на 30–40°. При отсутствии травмы шейного отдела позвоночника обеспечивают улучшенное положение Джексона. Его достигают подкладыванием под голову валика высотой 10–15 см с разгибанием головы в атланто-окципитальном сочленении таким образом, чтобы лицо пациента находилось параллельно или под небольшим углом по отношению к плоскости стола. Улучшенное положение Джексона создает наиболее оптимальные условия для визуализации и интубации трахеи, поскольку позволяет выровнять ось рта, глотки и гортани, сокращая расстояние от полости рта до голосовой щели.

Ларингоскопию в положении «Ramped» (скошенной позиции) выполняют у пострадавших с ожирением. Его достигают подкладыванием белья или валиков под верхнюю часть тела и голову пациента до тех пор, пока не будет достигнуто горизонтальное выравнивание между наружным слуховым ходом и яремной вырезкой. Позиционирование пациента в положении «Ramped» противопоказано при травме шейного и грудного отделов позвоночника и нестабильной гемодинамике.

Преоксигенация — крайне важный элемент подготовки к выполнению быстрой последовательной индукции. При неотложных состояниях быстрая преоксигенация с помощью 4–5 максимально глубоких вдохов в течение 30 секунд или 8 вдохов в течение минуты 100-процентным O_2 с потоком 8–10 л/мин сопоставима по эффективности с традиционной преоксигенацией, проводимой в течение 3 минут. Вдыхание 100-процентного O_2 позволяет элиминировать азот и заполнить функциональную остаточную емкость легких O_2, объем которой составляет около 2,5 л. Учитывая скорость потребления O_2, которая в покое составляет около 250 мл/мин, преоксигенация позволяет отсрочить развитие гипоксии в период апноэ на время от 3 до 7 мин. Пренебрежение выполнением преоксигенации может приводить к быстрому развитию десатурации, гиперкапнии и жизнеугрожающей гипоксии у пострадавших с травмой груди, сопутствующей легочной патологией при непредвиденно сложной интубации [7, 9, 10].

Премедикация. Целью премедикации перед выполнением быстрой последовательной индукции является профилактика развития патологических рефлексов на ларингоскопию и интубацию трахеи, включая тахи- или брадикардию, повышения ВЧД и внутрижелудочного давления, развитие рефлекторного ларинго-бронхоспазма, создающие предпосылки для безуспешной вентиляции и интубации трахеи. Внутривенное введение фентанила за 3–5 минут до начала индукции анестезии в дозе 1,5–3 мкг/кг будет достаточным для профилактики вышеописанных реакций. Превышение рекомендуемой расчетной дозы нецелесообразно в связи с возможным развитием гипотензии, тошноты и кашля, повышающих риск аспирации.

Краткая характеристика наиболее широко применяемых анестетиков (гипнотиков) и миорелаксантов для быстрой последовательной индукции анестезии.

Поскольку все внутривенные анестетики в той или иной степени оказывают прямой или опосредованный кардиодепрессивный эффект, во время индукции анестезии у пострадавших с кровопотерей необходимо предусмотреть возможность экстренного дозированного введения норадреналина на случай прогрессирования гипотензии.

Выбор внутривенного анестетика (гипнотика) должен определяться характером травмы, объемом кровопотери, степенью угнетения гемодинамики и газообмена, наличием или отсутствием признаков внутричерепной гипертензии (ВЧГ).

У пострадавших с нестабильной гемодинамикой наиболее широкое применение находит внутривенный анестетик кетамин. Он блокирует обратный захват норадреналина, усиливает стимулирующее влияние сердечно-сосудистой системы и снижает выраженность гипотензии при дефиците ОЦК. Препарат обладает умеренным анальгетическим и бронходилатирующим эффектом. При ЧМТ, сопровождающейся развитием гипотензии, он повышает ЦПД, нивелируя отрицательное действие высокого ВЧД при отеке головного мозга. Протективное влияние кетамина на головной мозг связано с блокадой NMDA-рецепторов и нарушением тока Ca^{2+} в поврежденные клетки. Кетамин снижает посттравматическую нейропатическую боль, обладает эффектом превентивной анальгезии и является препаратом выбора у пострадавших с ожогами и повреждением конечностей [11, 12]. Во время индукции анестезии возможно введение кетамина в смеси с фентанилом. Прямое угнетающее влияние кетамина на миокард может проявляться развитием коллапса при тяжелой кровопотере, что происходит при истощении катехоламинового пула в организме. Данное обстоятельство требует снижения дозы препарата в 2–3 раза при кровопотере, достигающей 40 % ОЦК. Выраженный психотический эффект является одним из главных недостатков кетамина, который может быть сведен к минимуму при одновременном применении бензодиазепинов [7, 12, 13, 14, 15].

Бензодиазепины (мидазолам и диазепам) в качестве единственного гипнотика для выполнения быстрой последовательной индукции, как правило, не применяют в связи с относительно медленным началом действия, которое развивается через 3–5 минут после введения расчетной индукционной дозы. Снижение тонуса симпатической нервной системы, которое усиливается в комбинации с фентанилом и проявляется развитием гипотензии, также ограничивает их применение при тяжелой травме. Комбинация бензодиазепинов с кетамином оказывает меньшее влияние на гемодинамику у пациентов без тяжелой кровопотери и может использоваться для достижения быстрой последовательной индукции [7, 12, 13].

Применение тиопентала натрия и пропофола при травматическом шоке должно быть ограниченным. Несмотря на быстрое достижение гипнотического эффекта, который развивается через 1,5 мин, что обеспечивает идеальные условия для выполнения быстрой последовательной индукции, оба препарата обладают кардиодепрессивным и вазоплегическим эффектами. Пропофол угнетает синусовый узел и барорецепторный рефлекс, нивелируя компенсаторную тахикардию при дефиците ОЦК. При отсутствии выбора расчетная индукционная доза пропофола должна быть снижена в 3–5 раз [12, 14].

Тиопентал натрия угнетает сосудодвигательный центр, снижает тонус емкостных сосудов и венозный возврат крови к сердцу, вызывая критическое падение АД и нарушение системного кровотока. Выраженность кардиодепрессивного эффекта непредсказуемо возрастает в связи с увеличением концентрации нейтральной фракции препарата в условиях метаболического ацидоза.

Снижение концентрации раствора и общей дозы тиопентала натрия, наряду с более медленным титрованием и прекращением введения после достижения эффекта, позволяет уменьшить отрицательное влияние на гемодинамику [12, 13, 14].

Пропофол и тиопентал натрия снижают ВЧД, объем мозга, и дополнительное повреждение мозга за счет снижения потребления клетками O_2 и мозгового кровотока в его здоровых участках, предотвращая развитие гипертензионно-дислокационного синдрома. Основным показанием для применения пропофола и тиопентала натрия является изолированная ЧМТ, сопровождающаяся развитием ВЧГ без признаков массивной кровопотери, при нормальном или повышенном АД [13, 15].

Для достижения быстрой миоплегии перед выполнением интубации трахеи наиболее широко применяют недеполяризующий релаксант средней длительности действия — рокурония бромид. Он обладает умеренным ваголитическим эффектом, практически не оказывает влияния на гемодинамику и, наряду с другими недеполяризующими миорелаксантами, не вызывает фасцикуляций. Длительность действия препарата зависит от исходно применяемой дозы, что следует учитывать при прогнозировании сложной интубации, возможности перехода на альтернативный план обеспечения проходимости дыхательных путей и риске развития регургитации. Для достижения удовлетворительной релаксации, позволяющей выполнить интубацию трахеи через 90 секунд, расчетная доза рокурония составит 0,9–1 мг/кг с продолжительностью нейромышечного блока 30–60 мин. Максимальная рекомендуемая доза рокурония 1,2 мг/кг приводит к миоплегии в течение 45–60 секунд, но увеличивает длительность на срок более 60 минут. Данные обстоятельства необходимо учитывать в случаях необходимости быстрого восстановления нейромышечной проводимости на фоне безуспешных попыток интубации в сочетании с высоким риском развития аспирационного синдрома. Для сокращения интервала времени между началом индукции и выполнением интубации трахеи расчетную дозу препарата начинают вводить сразу после введения внутривенного анестетика, не дожидаясь развития полного гипнотического эффекта. Применение атракурия и цисатракурия нецелесообразно. Атракурий обладает гистаминолиберирующим и выраженным ганглиоблокирующим эффектами, провоцируя гипотензию, бронхоспазм и тахикардию. Несмотря на отсутствие выраженных побочных эффектов и у цисатракурия начало действия препарата развивается через 2,5–3 минуты, что не подходит для выполнения быстрой последовательной индукции [7, 8, 16].

При неудачной первой попытке интубации или быстрой десатурации, несмотря на все выполненные подготовительные мероприятия, выполняют «щадящую» вентиляцию аппаратным дыхательным мешком через плотно прижатую лицевую маску с подачей 100 % O_2 потоком 8–10 л/мин и поддержанием давления на вдохе <20 см водн. ст., одновременно выполняя прием Селлика. Такая тактика снижает вероятность нагнетания воздуха в желудок и риск регургитации. Введение оро- или назотрахеального воздуховодов является временной и эффективной мерой, позволяющей обеспечить проходимость дыхательных путей, улучшить эффективность масочной вентиляции при условии полного угнетения гортанно-глоточного рефлекса, сохранение которого может спровоцировать рвоту [7, 8].

Обеспечение проходимости дыхательных путей при непредвиденной сложной интубации и вентиляции.

В случае неудачной первой попытки прямой ларингоскопии, обусловленной плохой визуализацией голосовой щели, целесообразно применение интубационного эластичного бужа Eschmann. Его заводят под надгортанник при III–IV степени визуализации голосовой щели по градации Cormack-Lehane. Введение бужа, который предварительно устанавливается в просвет эндотрахеальной трубки, осуществляют без изменения положения клинка, вслепую. Правильное расположение бужа после его продвижения до метки 45 см подтверждается появлением характерных щелчков, свидетельствующих о контакте его дистального края с кольцами трахеи, после чего по бужу продвигают эндотрахеальную трубку.

При эффективной масочной вентиляции и двух неудачных попытках интубации трахеи с помощью прямой ларингоскопии следует обеспечить оксигенацию и вентиляцию лицевой маской с последующей 3-й попыткой интубации с использованием видеоларингоскопа с клинками высокой кривизны или гибкого интубационного эндоскопа. При безуспешной 3-й попытке интубации целесообразно использовать интубационную ларингеальную маску, позволяющую выполнить интубацию трахеи. При неудачной попытке интубации через интубационную ларингеальную маску для поддержания проходимости дыхательных путей и вентиляции выполняют установку надгортанных воздуховодных устройств (НВУ) 2-го поколения других модификаций (ларингеальной трубки, ларингеальной маски, надгортанного воздуховода I-gel), в которых предусмотрен дополнительный канал для дренирования желудка.

В ситуации «невозможно интубировать — невозможно вентилировать» после безуспешных попыток интубации (не более 3) и неудачной масочной вентиляции рекомендуется незамедлительно применить НВУ 2-го поколения для обеспечения экстренной подачи 100-процентного O_2 и вентиляции пациента. При невозможной интубации трахеи в условиях, когда невыполнение оперативного вмешательства представляет непосредственную угрозу для жизни, допустимо проведение оперативных вмешательств после установки НВУ 2-го поколения. При высоком риске развития аспирационного синдрома после установки НВУ с целью обеспечения проходимости и защиты дыхательных путей возможно выполнение хирургического доступа.

В ситуации «нельзя интубировать — нельзя вентилировать» после безуспешных 3 попыток интубации трахеи и констатации неудачной вентиляции через лицевую маску или НВУ следует незамедлительно перейти к выполнению экстренного инвазивного доступа к дыхательным путям для профилактики развития жизнеугрожающего нарушения газообмена. Хирургическая крикотиреотомия — основная и наиболее успешная техника хирургического доступа к верхним дыхательным путям, после выполнения которой в просвет трахеи с устанавливают эндотрахеальную трубку диаметром (6–7 мм) [7, 8, 17].

При невозможности выполнения крикотиреотомии в просвет трахеи можно установить внутривенный катетер диаметром 14 g по методике Seldinger. Пункцию перстне-щитовидной мембраны выполняют в дистальном направлении (к стопам) под углом 30–45° с подсоединенным 5-миллилитровым шприцем, наполненным 0,9-процентным раствором натрия хлорида. После получения пузырьков воздуха в шприце, что подтверждает положение катетера в просвете трахеи, металлический стилет из просвета катетера извлекают. К павильону установленного в просвете трахеи внутривенного катетера подсоединяют шприц объемом 2–3 мл без поршня, к проксимальному концу которого подходит внутренняя часть 8-миллиметрового адаптера стандартной эндотрахеальной трубки. Внешний конец адаптера через переходник напрямую подсоединяют к мешку AMBU, что позволяет обеспечить эффективную вентиляцию (рис. 1) [7].

Для профилактики развития гипоксемии во время длительных попыток интубации трахеи, ларингоскопии, установки НВУ, крикотиреотомии, рекомендуется проведение апнейстической оксигенации. Она достигается инсуффляцией 100-процентного O_2 с потоком 10–15 л/мин через назальные канюли или любым другим способом при открытых дыхательных путях во время выполнения манипуляций. Такой прием обеспечивает поступление O_2 в легкие и повышает PaO_2, ускоряя его диффузию в легочных капиллярах даже при отсутствии дыхательных движений, сохраняя приемлемое PaO_2 и замедляя наступление гиперкапнической гипоксии. Правильное положение интубационной трубки после перевода

Рис. 1. Стандартный адаптер для эндотрахеальной трубки диаметром 8 мм (указан стрелкой), шприц объемом 2 мл и внутривенный катетер 14 g. Адаптер эндотрахеальной трубки извлекают и вставляют в открытый конец шприца (поршень удален). Павильон внутривенного катетера прикреплен к шприцу, а шприц к адаптеру эндотрахеальной трубки, который в свою очередь, подсоединен к мешку AMBU

пострадавшего на ИВЛ подтверждают наличием характерных признаков:

- появлением аускультативных шумов над обоими легкими;
- отсутствием желудочных звуков;
- появлением капнограммы с показателями $PetCO_2$ в конечно выдыхаемом воздухе и показателей пульсоксиметрии (SpO_2);
- запотеванием эндотрахеальной трубки;
- тактильным ощущением раздутой манжеты при пальпации в области яремной вырезки [7].

Поддержание анестезии. Общая внутривенная анестезия является основным методом анестезиологического обеспечения при травмах и ранениях, сопровождающихся травмой и массивной кровопотерей. Анестезия кетамином в сочетании с фентанилом является одним из наиболее простых и эффективных способов анестезиологического обеспечения при травматическом шоке. Методика прерывистого внутривенного введения предполагает повторное внутривенное введение препарата из расчета 0,5 мг/кг через каждые 20–30 минут. Во время травматичных этапов хирургического вмешательства возможно повторное введение кетамина в сочетании с фентанилом по 0,1 мг. Введение кетамина прекращают за 30 мин, а фентанила — за 30–40 мин до окончания оперативного вмешательства во избежание длительной постнаркозной депрессии дыхания и характерных для кетамина психотических реакций.

Поддержание анестезии кетамином в сочетании бензодиазепинами (вариант атаралгезии) можно применять в виде смеси 200 мг кетамина с 5–10 мг мидазолама в смеси с 0,9-процентным раствором натрия хлорида в объеме 50 мл. Ведение такой смеси осуществляется со стартовой скоростью 0,5 мл/кг/ч, что соответствует скорости введения кетамина 140 мг/ч и мидазолама 3,5–7 мг/ч [13]. Скорость инфузии можно изменять в зависимости от этапа оперативного вмешательства, а аналгезия может быть усилена дополнительным введением фентанила. Непрерывное введение фентанила со скоростью 0,03–0,1 мкг/кг/мин [13, 15] через шприцевый дозатор позволяет обеспечить стабильную плазменную концентрацию и эффективную аналгезию меньшими дозами препарата. Введение всех препаратов прекращают за 30 мин до окончания оперативного вмешательства.

Вариантом атаралгезии может быть непрерывная инфузия мидазолама со скоростью 0,03–0,1 мг/кг/ч в сочетании с прерывистым введением кетамина 0,5–0,7 мг/кг и фентанила 0,1 мг каждые 30 мин [15, 18].

Применение диазепама в сочетании с кетамином менее оправдано в связи с большим объемом распределения диазепама, длительным периодом полувыведения его активных метаболитов, достигающим 80–90 ч, и трудно предсказуемой фармакокинетикой при дефиците ОЦК. Диазепам может быть использован как компонент для индукции анестезии в случае невозможности использовать мидазолам. Расчетная доза диазепама (от 0,15 до 0,35 мг/кг) должна быть снижена при сочетании с фентанилом и/или кетамином. Поддержание анестезии в таком случае должно обеспечиваться фентанилом по 0,1 мг и может быть дополнено кетамином 0,5 мг/кг каждые 20–30 мин, введение которых прекращают за 30–40 мин до окончания операции [2].

У пострадавших со стабильной гемодинамикой для поддержания анестезии возможно использование комбинации кетамин-пропофол. Для этого готовят смесь из 500 мг пропофола и 100 мг кетамина в объеме 52 мл. Скорость инфузии такой смеси в пересчете на пропофол составит 50–100 мкг/кг/мин (20–40 мл/ч) и соответствует введению кетамина со скоростью 40–80 мг/ч. Развитие артериальной гипотензии потребует снижения скорости введения смеси и применения норадреналина в дозе 0,03–0,1 мкг/кг/мин. Прогрессирующая артериальная гипотензия является противопоказанием к дальнейшему применению данной методики [13].

Летучие (галогенсодержащие) анестетики усугубляют вазоплегию, гипотензию и снижение венозного возврата крови к сердцу, что ограничивает их широкое применение при кровопотере. У пострадавших со стабильной гемодинамикой допустимо проведение сбалансированной анестезии, которая предполагает ингаляцию 0,4 МАК (минимальная альвеолярная концентрация) галогенсодержащего ингаляционного анестетика в сочетании с инфузией 1–2 мг/ч мидазолама, 1–2 мг/кг/ч кетамина и 0,03 мкг/кг/мин фентанила. Прогрессирующая артериальная гипотензия является противопоказанием к применению данной комбинации. Галогенсодержащие анестетики вызывают дозозависимое увеличение мозгового кровотока и повышение ВЧД, что следует учитывать при травмах и ранениях головы [13, 14].

Закись азота по сравнению с галогенсодержащими анестетиками оказывает умеренный кардиодепрессивный эффект, который нивелируется симпатической стимуляцией и увеличением частоты сердечных сокращений. У пострадавших с кровопотерей и тахикардией угнетение миокарда при ингаляции закиси азота может быть клинически значимым и проявляется усугублением гипотонии и тахикардии. Способность закиси азота проникать в полости, содержащие воздух, что обусловлено высоким коэффициентом распределения кровь/газ, ведет к их перерастяжению или увеличению внутриполостного давления. Данное свойство может оказывать существенное влияние на состояние гемодинамики и легочного газообмена при недиагностированном закрытом пневмотораксе или торакоабдоминальном ранении. Повышение ВЧД может развиваться при пневмоцефалии, а внутриглазного давления — при наличии пузырьков воздуха в глазных средах при ранениях глаза [13, 14].

Миоплегия. Для поддержания миоплегии целесообразно применять недеполяризующие миорелаксанты, в наименьшей степени влияющие на гемодинамику. К таким препаратам относят миорелаксанты средней продолжительности действия — рокуроний, цисатракурий и миорелаксант длительного действия — пипекуроний. Гипотермия и ацидоз ингибируют элиминацию Хоффмана (спонтанное неферментативное химическое разрушение), удлиняя действие цисатракурия. Действие рокурония может удлиняться при нарушении печеночного кровотока (при ранениях печени, оперативных вмешательствах на верхнем этаже брюшной полости). Длительность действия пипекурония возрастает при почечной недостаточности, поскольку около 70 % препарата выводится почками в неизменном виде, а продукт печеночного метаболизма (диацетил-пипекуроний) обладает 40–50 % активностью самого пипекурония [7,8,16].

Респираторная поддержка. Главными целями ИВЛ во время анестезии является обеспечение эффективной вентиляции и оксигенации, достигаемых соблюдением следующих принципов:

- поддержание нормокапнии ($PetCO_2$ = 35–40 мм рт. ст.);
- поддержание эффективной оксигенации (SpO_2 іизбегание гипероксии, повышающей риск острого повреждения легких и летальность (PaO_2 не выше 200–300 мм рт. ст.);
- профилактика ателектазов и улучшение вентиляционно-перфузионных отношений с начальной установкой положительного давления в конце выдоха (ПДКВ) у пациентов с гиповолемией не выше 7–8 мм рт. ст.;
- дыхательный объем 6–8 мл/кг [3, 7, 19].

Пострадавшим с обширным повреждением легочной ткани (более 20 %) рекомендовано проведение протективной вентиляции легких, которая реализуется соблюдением приведенных ниже принципов:

- дыхательный объем — 4–6 мл/кг;
- ПДКВ іпрофилактика токсического действия O_2 (FiO_2 не более 60 %);
- поддержание SaO_2 >90 %;
- поддержание PaO_2 не ниже 60–70 мм рт. ст.;
- ограничение пикового давления на вдохе (P_{peak} или P_{insp}) <30–35 см водн. ст.;
- установка частоты дыхания — 14–16 /мин [7, 19].

Динамическую оценку разницы напряжения CO_2 в артериальной крови и в конечно выдыхаемом воздухе ($PaCO_2$-$PetCO_2$), которая в норме не превышает 3–5 мм рт. ст., целесообразно осуществлять при сопутствующих травмах и ранениях головы, поскольку нераспознанное патологическое изменение $PaCO_2$ является одной из причин, повышающих летальность при внутричерепной гипертензии [14].

Заключение. Своевременное выявление и устранение дополнительных причин, вызывающих нарушения гемодинамики и газообмена, повышает эффективность лечебных мероприятий при сочетанной травме. Стратегия допустимой гипотонии позволяет снизить объем кровопотери и риск развития дилюционной коагулопатии. Всем пострадавшим необходимо выполнение мероприятий по профилактике аспирации и защите ВДП при подготовке к экстренному оперативному вмешательству. Преоксигенация — крайне важный компонент подготовки к выполнению быстрой последовательной индукции. Правильное позиционирование пациента обеспечивает создание оптимальных условий для успешной интубации трахеи. Проведение апнейстической оксигенации при непредвиденно сложной интубации и вентиляции позволяет отсрочить время наступления гиперкапнической гипоксии и остановки кровообращения. Анестезия кетамином в сочетании с фентанилом и бензодиазепинами является одним из наиболее простых и эффективных способов анестезиологического обеспечения при травматическом шоке. Динамическую оценку разницы $PaCO_2$-$PetCO_2$ целесообразно осуществлять при сопутствующих травмах и ранениях головы, поскольку нераспознанное патологическое изменение $PaCO_2$ является одной из причин, повышающих летальность при внутричерепной гипертензии. Избегание гипероксии и протективная ИВЛ позволяют снизить дополнительное повреждение легочной ткани.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Щеголев А.В., Грицай А.Н., Шаталов И.В.* Интенсивная терапия при травме // Интенсивная терапия / под ред. Заболоцких И.Б., Проценко Д.Н. М., 2020. Т. 2. С. 272–279.
2. *Тришкин Д.В., Крюков Е.В., Алексеев Д.Е., Алексеев Е.Д., Анисин А.В., Багненко А.С., и др.* Военно-полевая хирургия. Национальное руководство. М., 2023. 1042 с. EDN: AYGYWM.
3. Cotton B.A., Jerome R., Collier B.R, et al. Guidelines for Prehospital Fluid Resuscitation in the Injured Patient. *J Trauma*. 2009;67(2):389–402. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181a8b26f.
4. Spahn D.R., Bouillon B., Cerny V. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma. *Intensive Care*. 2019;23:98. DOI: 10.1186/s13054-019-2347-3.
5. *Заболотских И.Б., Григорьев Е.В., Афончиков В.С., Буланов А.Ю., и др.* Гиповолемический шок у взрослых. Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2024. № 4. С. 7–39. DOI: 10.21320/1818-474X-2024-4-7-39.
6. *Щеголев А.В., Грицай А.Н., Климов А.Г., и др.* Особенности инфузионной терапии на догоспитальном этапе при продолжающемся кровотечении // Скорая медицинская помощь. 2021. Т. 22, № 3. С. 71–78. DOI: 10.24884/2072-6716-2021-22-3-71-78 EDN: MYXJNK.
7. Kempema J.M. Airway Management. In: Moore E.E., Feliciano D.V., Mattox K.L, eds. *Trauma, 8th ed*. New York: McGraw-Hill Education; 2017:105–378.
8. Wilson W.C., Benumof J.L., Frass M., et al. Definitive Airway Management. In: Wilson W.C., Grande C.M., Hoyt D.B., ed. *Trauma. Emergency Resuscitation Perioperative Anesthesia Surgical Management*. New York: Informa Healthcare; 2009:155–196.
9. Higgs A., McGrath B.A., Goddard C., et al. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. *British. J Anaesth*. 2018;120(2):323–352. DOI: 10.1016/j.bja.2017.10.021.
10. Sajayan A., Wicker J., Ungureanu N., et al. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. *British J Anaesth*. 2016;117 (Suppl. 1):169–174. DOI: 10.1093/bja/aew017.
11. Macintyre P.E., Schug S.A. NMDA receptors antagonists. In: Macintyre P.E., Schug S.A. *Acute pain management: a practical guide, 5th ed*. Perth: Medical School University of Western Australia; 2021:86–91.
12. Abola R. Inravenous Anesthetics. In: Barash B.F., ed. *Clinical Anesthesia, 8th ed*. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017:1252–1298.
13. Anesthesia. In: Cubano M.A., Butler F.K., eds. *Emergency War Surgery. 5th ed*. Texas: Surgen General Borden Institute; 2018:85–96.
14. O'Brien E.O., Wilson W.C. Trauma airway management. In: Smith Ch.E., ed. *Trauma. Anesthesia, 2nd ed*. Cambridge: Cambridge University Press; 2017:27–64.
15. *Reves J.G., Glass P.S., Lubarsky D.A., et al.* Внутривенные анестетики // Анестезия Рональда Миллера. СПб.: Человек, 2015. С. 769–821.

16. *Агеенко А.М., Бабаянц А.В., Вершута Д.В., и др.* Управление нейромышечным блоком в анестезиологии. Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов». М., 2014. 64 с. EDN: ZDKSOT.

17. *Недашковский Э.В., Кузьков В.В.* Алгоритмы действий при критических ситуациях в анестезиологии. Практическое пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Архангельск, 2018. 127 с.

18. Schwenk E.S., Viscusi E.R., Buvanendran A., et al. Consensus Guidelines on the Use of Intravenous Ketamine Infusions for Acute Pain Management From the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, the American Academy of Pain Medicine, and the American Society of Anesthesiologists. *Reg. Anesth Pain Med*. 2018;43(5):456–466. DOI: 10.1097/AAP.0000000000000806.

19. *Сатишур О.Е.* Механическая вентиляция легких. М., 2024. 352 с.

REFERENCES

1. Shchegolev A.V., Gritsay A.N., Shatalov I.V. Intensivnaya terapiya pri travme [Intensive care for injury]. In: Zabolotskikh I.B., Protsenko D.N., eds. *Intensivnaya terapiya [Intensive Care]*. Moscow: GOETAR-Media; 2020;2:272–279. (In Russ.).

2. Trishkin D.V., Kryukov E.V., Alekseev D.E., et al. *Voenno-polevaya khirurgiya. Natsional'noe rukovodstvo [Military Field Surgery. National Guidelines]*. Moscow; 2023. (In Russ.). EDN: AYGYWM.

3. Cotton B.A., Jerome R., Collier B.R, et al. Guidelines for Prehospital Fluid Resuscitation in the Injured Patient. *J Trauma*. 2009;67(2):389–402. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181a8b26f.

4. Spahn D.R., Bouillon B., Cerny V. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma. *Intensive Care*. 2019;23:98. DOI: 10.1186/s13054-019-2347-3.

5. Zabolotskikh I.B., Grigoriev E.V., Afonchikov V.S., et al. Hypovolemic shock in adults. Guidelines of the All-Russian Public Organization "Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists". *Annals of Critical Care*. 2024;(4):7–39. (In Russ.). DOI: 10.21320/1818-474X-2024-4-7-39.

6. Shchegolev A.V., Gritsai A.N., Klimov A.G, et. al. Features of infusion therapy at the prehospital stage with ongoing bleeding. *Emergency medical care*. 2021;22(3):71–78. (In Russ.). DOI: 10.24884/2072-6716-2021-22-3-71-78 EDN: MYXJNK.

7. Kempema J.M. Airway Management. In: Moore E.E., Feliciano D.V., Mattox K.L, eds. *Trauma, 8th ed*. New York: McGraw-Hill Education; 2017:105–378.

8. Wilson W.C., Benumof J.L., Frass M., et al. Definitive Airway Management. In: Wilson W.C., Grande C.M., Hoyt D.B., ed. *Trauma. Emergency Resuscitation Perioperative Anesthesia Surgical Management*. New York: Informa Healthcare; 2009:155–196.

9. Higgs A., McGrath B.A., Goddard C., et al. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. *British. J Anaesth*. 2018;120(2):323–352. DOI: 10.1016/j.bja.2017.10.021.

10. Sajayan A., Wicker J., Ungureanu N., et al. Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults. *British J Anaesth*. 2016;117 (Suppl. 1):169–174. DOI: 10.1093/bja/aew017.

11. Macintyre P.E., Schug S.A. NMDA receptors antagonists. In: Macintyre P.E., Schug S.A. *Acute pain management: a practical guide, 5th ed*. Perth: Medical School University of Western Australia; 2021:86–91.

12. Abola R. Inravenous Anesthetics. In: Barash B.F., ed. *Clinical Anesthesia, 8th ed*. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017:1252–1298.

13. Anesthesia. In: Cubano M.A., Butler F.K., eds. *Emergency War Surgery. 5th ed*. Texas: Surgen General Borden Institute; 2018:85–96.

14. O'Brien E.O., Wilson W.C. Trauma airway management. In: Smith Ch.E., ed. *Trauma. Anesthesia, 2nd ed*. Cambridge: Cambridge University Press; 2017:27–64.

15. Reves J.G., Glass P.S., Lubarsky D.A., et al. Intravenous anesthetics. In: Miller R., ed. *Miller's Anesthesia*. St. Petersburg: Chelovek; 2015:769–821. (In Russ.).

16. Ageenko A.M., Babayants A.V., Vershuta D.V., et al. *Upravlenie Neyromyshechnym Blokom V Anesteziologii [Neuromuscular block management in anesthesiology].* Clinical recommendations of "Federation of Anesthesiologists and Intensive Care Physicians". Moscow; 2014. (In Russ.).

17. Nedashkovsky E.V., Kuzkov V.V. *Algoritmy deystviy pri kriticheskikh situatsiyakh v anesteziologii [Algorithms of actions in critical situations in anesthesiology]. A practical guide. 3rd ed., rev. & exp*. Arkhangelsk; 2018. (In Russ.).

18. Schwenk E.S., Viscusi E.R., Buvanendran A., et al. Consensus Guidelines on the Use of Intravenous Ketamine Infusions for Acute Pain Management From the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, the American Academy of Pain Medicine, and the American Society of Anesthesiologists. *Reg. Anesth Pain Med*. 2018;43(5):456–466. DOI: 10.1097/AAP.0000000000000806.

19. Satishur O.E. *Mekhanicheskaya ventilyatsiya legkikh [Mechanical ventilation of the lungs]*. Moscow; 2024. (In Russ.).

АВТОРЫ
Щеголев Алексей Валерианович, д.м.н., проф. — ORCID: 0000-0001-6431-439X
Афончиков Вячеслав Сергеевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0003-4851-0619
Грицай Александр Николаевич, к.м.н. — ORCID: 0000-0001-5909-7810
Орлова Ольга Викторовна, к.м.н. — ORCID: 0000-0002-7682-9427

AUTHORS
Shchegolev Alexey Valerianovich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000-0001-6431-439X
Afonchikov Vyacheslav Sergeevich, Ph.D. — ORCID: 0000-0003-4851-0619
Gritsay Alexander Nikolaevich, Ph.D. — ORCID: 0000-0001-5909-7810
Orlova Olga Viktorovna, Ph.D. — ORCID: 0000-0002-7682-9427

УДК 614.2
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_149

ЧИСЛЕННОСТЬ И СОСТАВ НАСЕЛЕНИЯ, ОБСЛУЖИВАЕМОГО БРИГАДАМИ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© И.М. БАРСУКОВА[1,2], О.А. ЧЕКУЛАЕВА[3], А.О. БУМАЙ[1,4]
[1] ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский Государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
[3] ГБУЗ МО «Московская областная станция скорой медицинской помощи», Красногорск, Московская область, Россия
[4] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Демографические вызовы современной России — значительная проблема для государства и общества. Скорая медицинская помощь является службой первого контакта с пациентом, способной сохранить его жизнь и здоровье.

ЦЕЛЬ: изучить численность и состав населения Российской Федерации, получающего обслуживание медицинскими организациями скорой медицинской помощи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Использованы данные отраслевого статистического наблюдения — форма № 40 (2010–2013 гг.) и федерального статистического наблюдения — форма № 30 (2014–2024 гг.) по Российской Федерации. Применялись статистический и аналитический методы исследования, электронные таблицы «MS Office Excel 2016».

РЕЗУЛЬТАТЫ. За 15-летний период наблюдения прикрепленное для целей медицинского обслуживания население составляло 146,3 ± 3,0 млн человек с разнонаправленной динамикой в различные годы и общей динамикой роста на 9,6 млн человек (0,7 %) до 151,5 млн человек в 2024 г. Четверть населения страны (25,4 ± 1,6 %) — сельское население, имеющее особенности медицинского обеспечения (инфраструктурные, ресурсные, организационные) с тенденцией снижения числа (на 2,5 %) и доли (на 6,7 %) до 30,7 млн человек (20,2 %) в 2024 г. Наиболее значимой в решении социальных и демографических проблем является динамика детского населения страны (0–17 лет): 29,3 ± 2,8 млн граждан, каждый пятый житель страны (20,0 ± 1,6 %) с положительной динамикой роста их числа (на 4,3 %) и доли (на 6,2 %) до 37,2 млн человек (24,6 %) в 2024 г.

ВЫВОДЫ. Реальные объемы медицинской помощи могут в значительной степени отличаться от планируемых, рассчитанных с учетом прикрепленного населения, определяться сезонным фактором, колебаниями заболеваемости, динамикой внешней и внутренней миграции населения. Для скорой медицинской помощи эти вопросы особенно актуальны, поскольку именно она оказывает медицинскую помощь неприкрепленному населению. Имеющиеся силы и средства должны обеспечить незапланированные объемы медицинской помощи, ее доступность и качество на всей территории страны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скорая медицинская помощь, демография, численность населения, бригады скорой медицинской помощи, ресурсы скорой медицинской помощи.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Барсукова И.М., Чекулаева О.А., Бумай А.О. Численность и состав населения, обслуживаемого бригадами скорой медицинской помощи в Российской Федерации // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 149–154.

SIZE AND COMPOSITION OF THE POPULATION SERVED BY EMERGENCY MEDICAL CARE TEAMS IN THE RUSSIAN FEDERATION

© I.M. BARSUKOVA[1,2], O.A. CHEKULAEVA[3], A.O. BUMAY[1,4]
[1] St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University" of the Ministry of Healthcare of Russian Federation, St. Petersburg, Russia
[3] Moscow Regional Emergency Medical Service Station, Krasnogorsk, Moscow Region, Russia

[4] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State University", St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE. The demographic challenges of modern Russia are a significant problem for the state and society. Emergency medical care is the first contact service with the patient, capable of preserving their life and health.

OBJECTIVE is to study the size and composition of the population of the Russian Federation receiving services from emergency medical care organizations.

MATERIALS AND METHODS. The data of industry statistical observation such as form No. 40 (2010–2013) and federal statistical observation form No. 30 (2014–2024) for the Russian Federation were used; statistical and analytical research methods, electronic tables "MS Office Excel 2016" were applied.

RESULTS. Over the 15-year observation period, the population assigned for medical care purposes was 146.3 ± 3.0 million people with multidirectional dynamics in different years and an overall growth dynamic of 9.6 million people (0.7 %) to 151.5 million people in 2024. A quarter of the country's population (25.4 ± 1.6 %) is the rural population with special medical care features (infrastructure, resources, organizational) with a downward trend in number (by 2.5 %) and share (by 6.7 %) to 30.7 million people (20.2 %) in 2024. The most significant in solving social and demographic problems is the dynamics of the country's child population (0–17 years): 29.3 ± 2.8 million citizens, every fifth resident of the country (20.0 ± 1.6 %) with positive growth dynamics in their number (by 4.3 %) and share (by 6.2 %) to 37.2 million people (24.6 %) in 2024.

CONCLUSIONS. Actual volumes of medical care may differ significantly from those planned, calculated according to the attached population, and may be determined by seasonal factors, fluctuations in morbidity, and the dynamics of external and internal migration of the population. These issues are especially relevant for emergency medical care, since it is the one that provides medical care to the unattached population. The available forces and resources must ensure unplanned volumes of medical care, its availability and quality throughout the country.

KEYWORDS: emergency medical care, demography, population size, emergency medical care teams, emergency medical care resources.

TO CITE THIS ARTICLE. Barsukova I.M., Chekulaeva O.A., Bumay A.O. Size and Composition of the Population Served By Emergency Medical Care Teams in the Russian Federation. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):149–154.

Введение. Демографические вызовы современной России (РФ) — значительная проблема для государства и общества, включающая высокую смертность, низкую рождаемость, старение и неравномерное распределение населения, внешнюю и внутреннюю миграцию {1–3}. Они имеют негативные последствия для развития и безопасности России {4}. Анализ прогнозов динамики численности населения в мире также отмечает «тенденции к замедлению роста населения с высокой вероятностью достижения пикового значения численности к концу XXI в.» {5, 6}. Демография сегодня рассматривается как социально-экономическая и медицинская категория поскольку под термином «здравоохранение» понимают систему и социально-экономических, и медицинских мероприятий, направленных на сохранение и повышение уровня здоровья населения — неразрывных составляющих государственной политики РФ {7}.

Скорая медицинская помощь (СМП) является службой первого контакта с пациентом, способной сохранить его жизнь и здоровье {8}. Ее структура и ресурсы связаны с региональными особенностями работы. Доступность и качество медицинской помощи — основные принципы охраны здоровья в РФ (Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»), позволяющие реализовать поставленные цели. Место расположения и территория обслуживания станции СМП, отделения СМП поликлиники (больницы, больницы СМП) «устанавливаются с учетом численности и плотности населения, особенностей застройки, состояния транспортных магистралей, интенсивности автотранспортного движения, протяженности населенного пункта, с учетом 20-минутной транспортной доступности» (Приказы Минздрава России от 20.06.2013 № 388н «Об утверждении порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи» и от 27.02.2016 № 132н «О требованиях к размещению медицинских организаций государственной системы здравоохранения и муниципальной системы здравоохранения исходя из потребностей населения»). Методические рекомендации Минздрава России от 12.02.2015 № 14–2/110 «Организация оказания скорой медицинской помощи вне медицинской организации» указывают нормативы формирования выездных бригад СМП в зависимости от плотности проживания населения и радиуса территории обслуживания и рассчитываются на прикрепленное население (в районах компактного проживания населения: общепрофильные бригады СМП — 1 бригада на 10 тыс. населения; специализированные бригады СМП — 1 бригада на 100 тыс. населения). При этом субъекты РФ имеют определенную долю самостоятельности в формировании региональной системы здравоохранения с учетом местных условий.

Цель исследования: изучить численность и состав населения Российской Федерации, получающего обслуживание медицинскими организациями скорой медицинской помощи.

Материалы и методы. Использованы данные отраслевого статистического наблюдения — форма № 40 (2010–2013 гг.) и федерального статистического наблюдения — форма № 30 (2014–2024 гг.) по Российской Федерации; применялись статистический и аналитический методы исследования, электронные таблицы «MS Office Excel 2016».

Результаты исследования. За 15-летний период 2010–2024 гг. наблюдения прикрепленное для целей медицинского обслуживания население составило 146,3 ± 3,0 млн человек. Отрицательная динамика была отмечена в период 2019–2022 гг. на фоне пандемии COVID-19 (на 1,4 млн человек). Данные 2023–2024 гг. фиксируют увеличение численности на 6,2–6,0 млн человек за счет населения новых регионов Донбасса, которая достигает 151,5 млн человек (2024); без учета этого факта 10-летний период наблюдения отмечает около 146,3–146,5 млн постоянного населения РФ. В целом, базисный абсолютный прирост с 2010 г. составил 9,6 млн человек (0,7 %).

Четверть населения страны (25,4 ± 1,6 %, 37,2 ± 1,9 млн человек, 2010–2024 гг.) — сельское население. Отмечается снижение числа (на 7,5 млн человек, 2,5 %, со средним темпом 1,4 % в год) и доли (на 6,7 % со средним темпом 1,9 % в год) сельского населения за период наблюдения, оно составило в 2024 г. 30,7 млн человек (20,2 %).

В РФ за период наблюдения насчитывалось 29,3 ± 2,8 млн граждан детского возраста (0–17 лет), это каждый пятый житель страны (20,0 ± 1,6 %). Отмечалась положительная динамика роста их числа (на 11,2 млн человек, 4,3 %, со средним темпом 2,7 % в год) и доли (на 6,2 %, со средним темпом 2,2 % в год) среди населения страны с выраженной устойчивой тенденцией (R^2=0,762 и R^2=0,731, соответственно). В 2024 г. число детей насчитывало 37,2 млн человек (24,6 %) (рис. 1, табл. 1, 2).

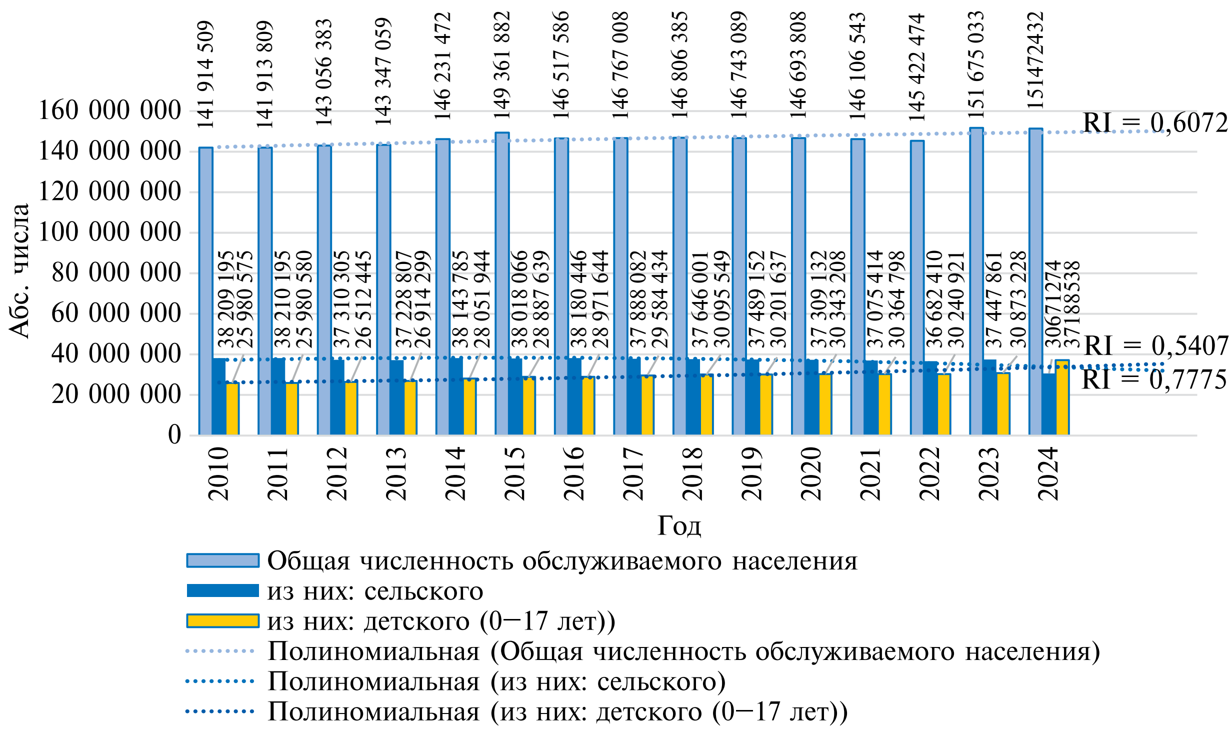


Рис. 1. Динамика численности и состава населения, обслуживаемого бригадами скорой медицинской помощи в Российской Федерации, 2010–2024 гг., абс. числа

*Таблица 1. Показатели динамики численности и состава населения, обслуживаемого бригадами скорой медицинской помощи в Российской Федерации, 2010–2024 гг.**

Показатели	Численность населения, обслуживаемого бригадами скорой медицинской помощи		
	всего	из них: сельского	из них: детского
M ± , абс. числа	146268631,5 ± 2980927,0	37167341,7 ± 1857306,3	29346095,9 ± 2759930,5
Базисный абсолютный прирост 2024/2010 гг.	9557923	–7537921	11207963
Базисный темп прироста 2024/2010 гг., %	0,7	–2,0	4,3
Средний темп прироста, %	0,5	–1,4	2,7
Коэффициент аппроксимации (R2)	0,602	0,314	0,762
Критерий Фишера (>F >$F_{критический}$)**	19,64 > 4,67	5,96 > 4,67	41,72 > 4,67

*ФСН № 40 и № 30 по РФ, 2010–2024 гг., **$F_{критический}$ (табличный)= 4,67

Таблица 2. Показатели динамики структуры населения, обслуживаемого бригадами скорой медицинской помощи в Российской Федерации, 2010–2024 гг., %*

Показатели	Доля населения, обслуживаемого бригадами скорой медицинской помощи, %	
	сельского	детского (0–17 лет)
M ± , %	25,4 ± 1,6	20,0 ± 1,6
Базисный темп прироста 2024/2010 гг., %	–6,7	6,2
Средний темп прироста, %	–1,9	2,2
Коэффициент аппроксимации (R2)	0,505	0,731
Критерий Фишера (>F >$F_{критический}$)**	13,26 > 4,67	35,40 > 4,67

*ФСН № 40 и № 30 по РФ, 2010–2024 гг., **$F_{критический}$ (табличный)= 4,67

Обсуждение. Таким образом, за 15-летний период наблюдения прикрепленное для целей медицинского обслуживания население составляло 146,3 ± 3,0 млн человек с разнонаправленной динамикой в различные годы и общей динамикой роста на 9,6 млн человек (0,7 %) до 151,5 млн человек в 2024 г. Четверть населения страны (25,4 ± 1,6 %) — сельское население, имеющие особенности медицинского обеспечения (инфраструктурные, ресурсные, организационные) с тенденцией снижения числа (на 2,5 %) и доли (на 6,7 %) до 30,7 млн человек (20,2 %) в 2024 г. Наиболее значимой в решении социальных и демографических проблем является динамика детского населения страны (0–17 лет): 29,3 ± 2,8 млн граждан, каждый пятый житель страны (20,0 ± 1,6 %) с положительной динамикой роста их числа (на 4,3 %) и доли (на 6,2 %) до 37,2 млн человек (24,6 %) в 2024 г.

Заключение. Структуру и ресурсы медицинских организаций СМП, организационные алгоритмы работы, нагрузку на персонал СМП определяет множество факторов, среди которых численность, плотность проживания и половозрастной состав прикрепленного населения, а также географические, климатические и инфраструктурные особенности региона. Реальные объемы медицинской помощи могут в значительной степени отличаться от планируемых, рассчитанных с учетом прикрепленного населения, определяться сезонным фактором, колебаниями заболеваемости, динамикой внешней и внутренней миграции населения. Для скорой медицинской помощи эти вопросы особенно актуальны, поскольку именно она оказывает медицинскую помощь значительным объемам неприкрепленного населения. Имеющиеся силы и средства должны обеспечить незапланированные объемы медицинской помощи, ее доступность и качество на всей территории страны.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нальгиев И.М.* Современные демографические вызовы // Государственная служба. 2024. № 3(149). С. 93–101. DOI: 10.22394/2070-8378-2024-26-3-93-101 EDN: QDGGMO.
2. *Хищенко И.А., Носкова Г.В.* Демографические проблемы и перспективы России // Современные тенденции управления и экономики в России и мире: цивилизационный аспект: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 19.12.2024. М.: УМЦ, 2025. С. 369–377. EDN: XRSFHA.
3. *Бадов А.Д., Бадов О.А., Дзахова Л.Х., и др.* Состояние окружающей среды и ожидаемая продолжительность жизни населения России: тенденции и перспективы // Геология и геофизика Юга России. 2024. № 2. С. 207–218. DOI: 10.46698/VNC.2024.82.61.016 EDN: YVMGFH.
4. *Лещенко Я.А.* Демографические процессы в России в свете глобальных тенденций // Acta Biomedica Scientifica. 2025. Т. 10, № 2. С. 68–77. DOI: 10.29413/ABS.2025-10.2.7 EDN: UTUNWE.
5. *Антонов А.И., Карпова В.М.* Сравнительный анализ демографических прогнозов: оценка долгосрочных тенденций для мира и России // Проблемы прогнозирования. 2025. № 2(209). С. 180–191. DOI: 10.47711/0868-6351-209-180-191 EDN: TLRBPN.
6. *Клупт М.А.* Современные демографические и экономические процессы в России: статистический анализ взаимосвязи // Вопросы статистики. 2024. Т. 31, № 5. С. 57–67. DOI: 10.34023/2313-6383-2024-31-5-57-67 EDN: DUQYWA.
7. *Белинская Д.Б., Гаврилова О.Ю., Мышаев К.М., и др.* Демографический кризис на современном этапе развития экономики РФ и ее регионов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 1, № 1(154). С. 127–134. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.01.01.012 EDN: XBQBFR.
8. *Мануковский В.А., Барсукова И.М.* Современные основы организации скорой медицинской помощи в Российской Федерации // Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И.И. Джанелидзе: 90 лет на службе Отечеству: Сборник статей / под ред. В.А. Мануковского. СПб.: Русский ювелир, 2022. С. 214–228. EDN: ZVGRVB.

REFERENCES

1. Nalgiev I.M. Modern demographic challenges. *Public service*. 2024;3(149):93–101. (In Russ.). DOI: 10.22394/2070-8378-2024-26-3-93-101 EDN: QDGGMO.
2. Khishchenko I.A., Noskova G.V. Demographic problems and prospects of Russia. *Modern trends in management and economics in Russia and the world: civilizational aspect*: Proceedings of the VI All-Russian scientific and practical conference, Moscow, 19.12.2024. Moscow: UMC; 2025:369–377. (In Russ.). EDN: XRSFHA.
3. Badov A.D., Badov O.A., Dzakhova L.Kh., et al. The state of the environment and life expectancy of the population of Russia: trends and prospects. *Geology and Geophysics of the South of Russia*. 2024;2:207-218. (In Russ.). DOI: 10.46698/VNC.2024.82.61.016. EDN: YVMGFH.
4. Leshchenko Ya.A. Demographic processes in Russia in light of global trends. *Acta Biomedica Scientifica*. 2025;10(2):68–77. (In Russ.). DOI: 10.29413/ABS.2025-10.2.7 EDN: UTUNWE.
5. Antonov A.I., Karpova V.M. Comparative analysis of demographic forecasts: assessment of long-term trends for the world and Russia. *Problems of Forecasting*. 2025;(2):180–191. (In Russ.). DOI: 10.47711 / 0868-6351-209-180-191 EDN: TLRBPN.
6. Klupt M.A. Modern demographic and economic processes in Russia: statistical analysis of the relationship. *Questions of Statistics*. 2024;31(5):57–67. (In Russ.). DOI: 10.34023/2313-6383-2024-31-5-57-67 EDN: DUQYWA.
7. Belinskaya D.B., Gavrilova O.Yu., Myshaev K.M., et al. Demographic crisis at the current stage of development of the economy of the Russian Federation and its regions. *Economy and management: problems, solutions*. 2025;1(154):127-134. (In Russ.). DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.01.01.012. EDN: XBQBFR.
8. Manukovsky V.A., Barsukova I.M. Modern foundations of organizing emergency medical care in the Russian Federation. *St. Petersburg Research Institute of Emergency Care named after I. I. Dzhanelidze: 90 years in the service of the Fatherland*: Collection of articles. St. Petersburg; 2022:214–228. (In Russ.). EDN: ZVGRVB.

АВТОРЫ

Барсукова Ирина Михайловна, д.м.н., доц. — ORCID: 0000-0002–5398–714X; SPIN: 4888-2447
Чекулаева Оксана Алексеевна — ORCID: 0009-0005–2890–3310; SPIN: 7725-5656
Бумай Алексей Олегович — SPIN: 5448-5521

AUTHORS
Barsukova Irina Mikhailovna, Dr.Sci. (Medicine), Assoc. Prof. — ORCID: 0000-0002–5398–714X; SPIN: 4888-2447
Chekulaeva Oksana Alekseevna — ORCID: 0009-0005–2890–3310; SPIN: 7725-5656
Bumay Aleksey Olegovich — SPIN: 5448-5521

УДК 617-089
DOI: 10.54866/27129632_2025_3_155

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПЕРАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ОСТРОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ ОРГАНОВ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ: 20 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЯ

© В.Е. ПАРФЕНОВ[1], И.М. БАРСУКОВА[1,2], П.А. ДУБИКАЙТИС[1], А.О. БУМАЙ[1,3]
[1] ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский Государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия
[3] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

ОБОСНОВАНИЕ. Острая абдоминальная хирургия является ключевым звеном хирургической науки и практики. Несмотря на очевидные успехи, существует немало проблем. Один из значимых показателей работы — оперативная активность, характеризующая организационные особенности использования специализированного коечного фонда, эффективность работы хирургической службы в целом.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: изучить динамику показателей оперативной активности при острой хирургической патологии органов брюшной полости в медицинских организациях Санкт-Петербурга за 2005–2024 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Использованы данные мониторинга состояния острой хирургической патологии органов брюшной полости в соответствии с Распоряжением Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга от 31.07.2009 № 477-р «О контроле экстренной госпитализации в государственные учреждения здравоохранения Санкт-Петербурга», проводимого Санкт-Петербургским научно-исследовательским институтом скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, 2005–2024 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Данные за 20 лет наблюдения свидетельствуют о росте на треть (на 29,04 %) общих показателей оперативной активности у пациентов с острой хирургической патологией органов брюшной полости в Санкт-Петербурге. Отмечены стабильно высокие показатели (90,0–100,0 %) оперативной активности у пациентов с острым аппендицитом, острой кишечной непроходимостью, ущемленной грыжей и прободной язвой в силу высокого риска развития жизнеугрожающих состояний, зачастую не допускающих использования консервативных методов лечения. Выявлены нозологические формы с изменившейся оперативной активностью: повышение показателя отмечено у пациентов с кровоточащей язвой (на 19,57 %), острым холециститом (на 15,32 %) и острым панкреатитом (на 26,06 %).

ВЫВОДЫ. Полученные данные свидетельствуют как о совершенствовании лечебно-диагностической тактики у пациентов с острой хирургической патологией органов брюшной полости, так и об изменении контингента больных, госпитализируемых на хирургические койки, росте обоснованности и профильности использования коечного фонда хирургических отделений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: острый живот, острая хирургическая патология органов брюшной полости, Санкт-Петербургский институт скорой помощи, И.И. Джанелидзе, оперативная активность.

КАК ЦИТИРОВАТЬ. Парфенов В.Е., Барсукова И.М., Дубикайтис П.А., Бумай А.О. Динамика показателей оперативной активности при острой хирургической патологии органов брюшной полости в Санкт-Петербурге: 20 лет наблюдения // Журнал «Неотложная хирургия» им. И.И. Джанелидзе. 2025. № 3. С. 155–160.

DYNAMICS OF OPERATIVE ACTIVITY INDICATORS IN ACUTE SURGICAL PATHOLOGY OF ABDOMINAL ORGANS IN ST. PETERSBURG: 20 YEARS OF OBSERVATION

© V.E. PARFENOV[1], I.M. BARSUKOVA[1,2], P.A. DUBYKAITIS[1], A.O. BUMAY[1,3]
[1] St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, St. Petersburg, Russia
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University” of the Ministry of Healthcare of Russian Federation, St. Petersburg, Russia

[3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg State University”, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

RATIONALE. Acute abdominal surgery is a key link in surgical science and practice. Despite obvious successes, there are many problems. One of the significant performance indicators is operational activity, which characterizes the organizational features of the use of specialized hospital beds, the efficiency of the surgical service as a whole.

OBJECTIVE is to study the dynamics of indicators of surgical activity in acute surgical pathology of abdominal organs in medical organizations of St. Petersburg during 2005–2024.

MATERIALS AND METHODS. The data of monitoring the state of acute surgical pathology of abdominal organs were used in accordance with the Order of the Health Committee of St. Petersburg of 31.07.2009 No. 477-r “On the control of emergency hospitalization in state health care institutions of St. Petersburg”, conducted by the St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, 2005–2024.

RESULTS. 20 years data of observation indicate an increase by one third (by 29.04 %) in the overall indicators of surgical activity in patients with acute surgical pathology of the abdominal organs in St. Petersburg. Stably high indicators (90.0–100.0 %) of surgical activity were noted in patients with acute appendicitis, acute intestinal obstruction, strangulated hernia and perforated ulcer due to the high risk of developing life-threatening conditions that often do not allow the use of conservative treatment methods. Nosological forms with changed surgical activity were identified: an increase in the indicator was noted in patients with a bleeding ulcer (by 19.57 %), acute cholecystitis (by 15.32 %) and acute pancreatitis (by 26.06 %).

CONCLUSIONS. The obtained data indicate both the improvement of treatment and diagnostic tactics in patients with acute surgical pathology of the abdominal organs, and a change in the contingent of patients hospitalized in surgical beds, an increase in the justification and specialization of the use of beds in surgical departments.

KEYWORDS: acute abdomen, acute surgical pathology of abdominal organs, St. Petersburg I.I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine, surgical activity.

TO CITE THIS ARTICLE. Parfenov V.E., Barsukova I.M., Dubykaitis P.A., Bumay A.O. Dynamics of Operative Activity Indicators in Acute Surgical Pathology of Abdominal Organs in St. Petersburg: 20 Years of Observation. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2025;(3):155–160.

Введение. Острая абдоминальная хирургия является ключевым звеном хирургической науки и практики. Несмотря на очевидные успехи, существует немало проблем, связанных с недостаточным уровнем оснащения диагностическим и операционным оборудованием, обеспеченности населения врачами-хирургами [1–4]. Серьезным ударом по хирургической службе стала пандемия COVID-19: «произошло сокращение госпитализации пациентов с хирургическими заболеваниями на 21 % при статистически значимом увеличении летальности среди всей популяции пациентов хирургических стационаров, ... зафиксировано сокращение плановых операций на 40,8 % при увеличении послеоперационной летальности» [5, 6]. Отмечено снижение качества и доступности хирургической помощи по целому ряду заболеваний в регионах страны, требующее «наращивания темпов внедрения малоинвазивных хирургических технологий, централизации сложных видов оперативных вмешательств» [7]. Расширение объема использования малоинвазивных технологий позволит применять современные методы лечения для жителей отдаленных районов и тем самым повысит доступность специализированной хирургической помощи на всей территории региона [8, 9].

В этой связи анализ показателей работы хирургической службы продолжает сохранять свою актуальность, требует мониторирования, анализа опыта различных регионов страны. Один из значимых показателей работы — оперативная активность, характеризующая организационные особенности использования специализированного коечного фонда, эффективность работы хирургической службы в целом.

Цель исследования: изучить динамику показателей оперативной активности при острой хирургической патологии органов брюшной полости в медицинских организациях Санкт-Петербурга за 2005–2024 гг.

Материалы и методы. Использованы данные мониторинга состояния острой хирургической патологии органов брюшной полости в соответствии с Распоряжением Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга от 31.07.2009 № 477-р «О контроле экстренной госпитализации в государственные учреждения здравоохранения Санкт-Петербурга», проводимого Санкт-Петербургским научно-исследовательским институтом скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, 2005–2024 гг.

Результаты исследования. За 20 лет наблюдения средний показатель хирургической активности на койках пациентов с острой хирургической патологией органов брюшной полости в Санкт-Петербурге в медицинских организациях, подведомственных Комитету по здравоохранению города, составил 64,11 ± 9,35 %. За эти годы он вырос почти на треть (на 29,04 %) со средним темпом прироста 1,59 % в год, с достоверной (F = 273,06) выраженной устойчивой тенденцией (R^2 = 0,938). Если в 2005 г. оперировались менее половины пациентов (48,26 %), то в 2024 г. — более 2/3 поступающих с данной патологией (78,10 %) (рис. 1, табл. 1).

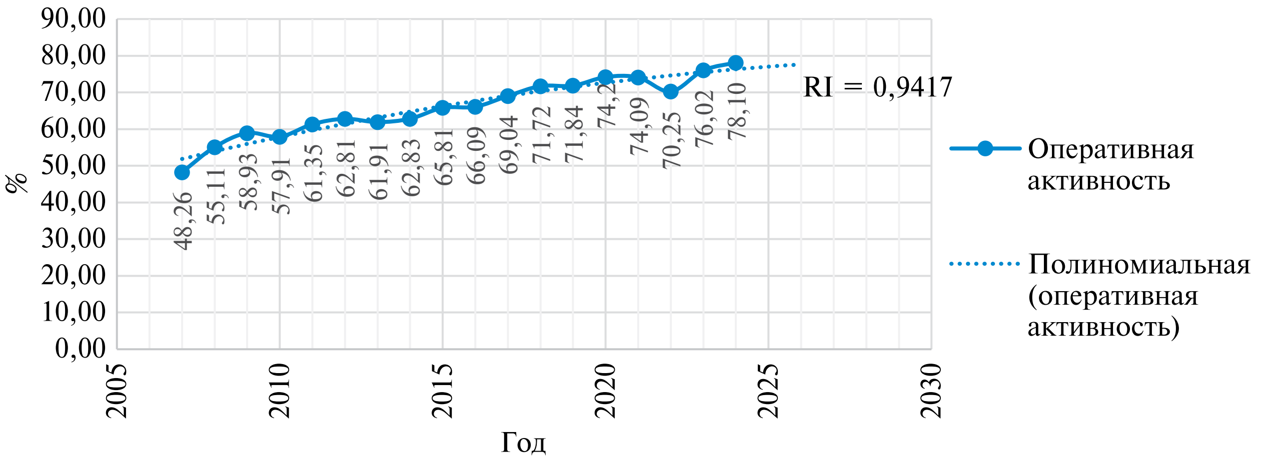


Рис. 1. Динамика общего показателя оперативной активности при острой хирургической патологии органов брюшной полости в Санкт-Петербурге, 2005–2024 гг., %

Таблица 1. Показатели динамики оперативной активности при острой хирургической патологии органов брюшной полости в Санкт-Петербурге, 2005–2024 гг.

Показатели	Значения
M ± , 2024/2005 гг., %	64,11 ± 9,35
Базисный прирост 2024/2005 гг., %	29,04
Базисный темп прироста 2024/2005 гг., %	59,19
Средний темп прироста, %	1,59
Коэффициент аппроксимации (R2)	0,938
Критерий Фишера (>F >$F_{критический}$)*	273,06 > 3,896

*$F_{критический}$ (табличный) = 3,896

Детальный анализ по конкретным нозологическим формам позволил заключить, что наиболее высокий показатель оперативной активности (89,0–100,0 %) отмечен на койках пациентов с острым аппендицитом, острой кишечной непроходимостью (ОКН), ущемленной грыжей и прободной язвой, причем, без существенной динамики за годы наблюдения.

На втором месте по частоте оперативного лечения — пациенты с острым холециститом (71,77 ± 5,32 %) с динамикой роста на 15,32 %, средним темпом прироста 1,17 % в год до 83,98 % в 2024 г., с достоверной (F = 47,817) выраженной устойчивой тенденцией (R^2 = 0,774). Базисный темп прироста составил 22,31 %.

На третьем месте (34,89 ± 9,31 %) — пациенты с кровоточащей язвой, существенным был рост оперативной активности у этих пациентов (на 19,57 %), 3,98 % в год до 47,34 % в 2024 г. Базисный темп прироста составил 70,47 %.

Наименьшим показатель оперативной активности (14,49 ± 7,37 %) был у пациентов с острым панкреатитом; зафиксирован рост его на 26,06 % за период наблюдения со средним темпом прироста 12,35 % в год до 31,07 % в 2024 г., с достоверной (F = 167,282) выраженной устойчивой тенденцией (R^2 = 0,923). Базисный темп прироста составил 520,16 % (табл. 2, рис. 2 и 3).

Таблица 2. Показатели динамики оперативной активности отдельных нозологических форм острой хирургической патологии органов брюшной полости в Санкт-Петербурге, 2005–2024 гг.

Показатели	Год		M ± , 2024/ 2005, %	Показатели динамики, 2024/2005 гг.				
	2005, %	2024, %		Базисный прирост, %	Базисный темп прироста, %	Средний темп прироста, %	Коэфф. аппрокс. (R2)	Критерий Фишера (F)*
Острый аппендицит	99,73	98,87	99,43 ± 0,39	–0,86	–0,86	–0,04	0,207	3,663
ОКН	92,70	89,03	89,45 ± 5,98	–3,67	–3,96	–0,07	0,224	4,034
Ущемленная грыжа	96,42	97,54	97,17 ± 2,30	1,12	1,16	0,08	0,148	2,436
Прободная язва	98,88	98,48	97,30 ± 2,10	–0,40	-0,40	0,03	0,010	0,138
Кровоточащая язва	27,77	47,34	34,89 ± 9,31	19,57	70,47	3,98	0,570	18,544
Острый холецистит	68,66	83,98	71,77 ± 5,32	15,32	22,31	1,17	0,774	47,817
Острый панкреатит	5,01	31,07	14,49 ± 7,37	26,06	520,16	12,35	0,923	167,282

*$F_{критический}$ (табличный)= 3,896

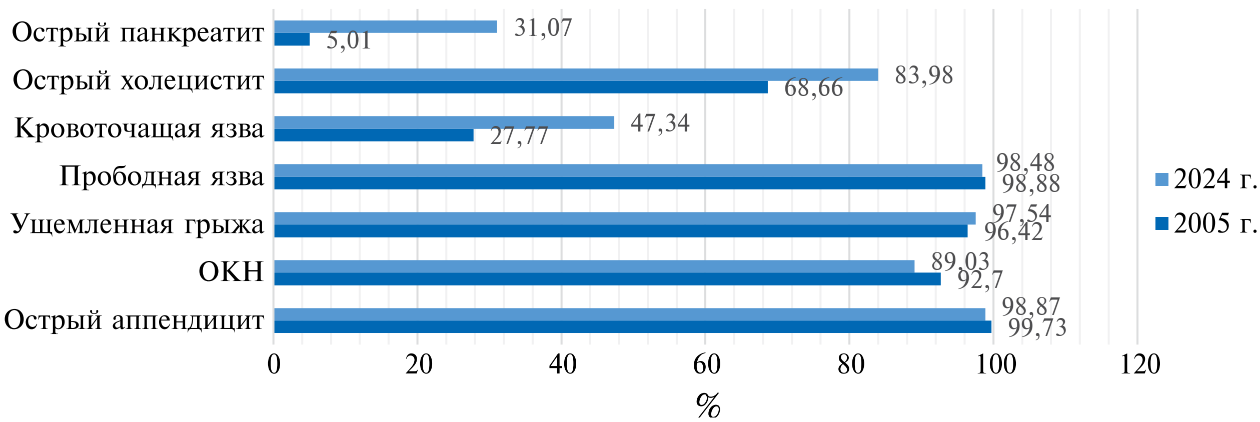


Рис. 2. Показатели динамики оперативной активности отдельных нозологических форм острой хирургической патологии органов брюшной полости в Санкт-Петербурге, 2005 и 2024 гг., %

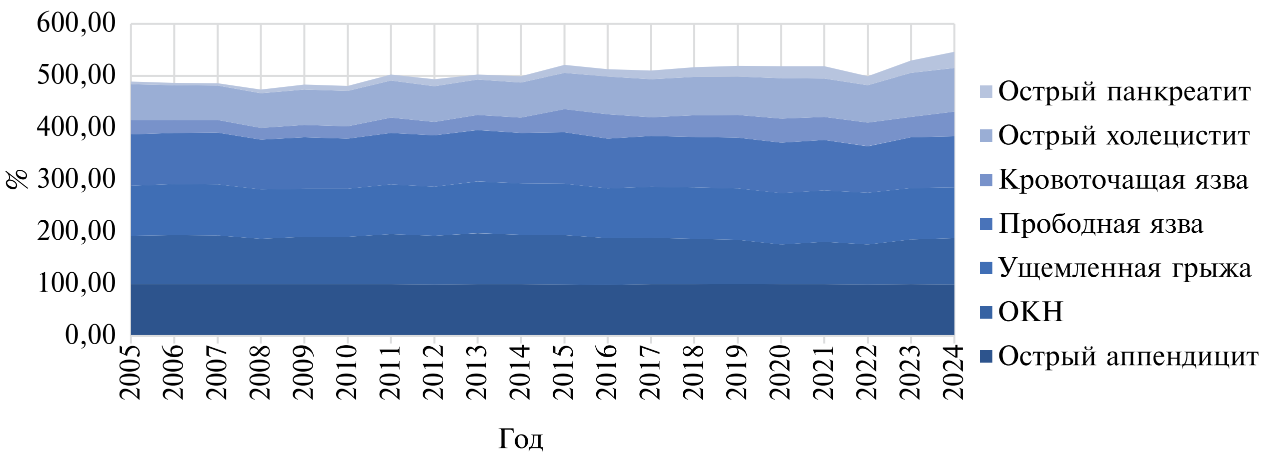


Рис. 3. Показатели динамики оперативной активности отдельных нозологических форм острой хирургической патологии органов брюшной полости в Санкт-Петербурге, 2005–2024 гг., %

Обсуждение. Таким образом, полученные данные за 20 лет наблюдения свидетельствуют о росте на треть (на 29,04 %) общих показателей оперативной активности у пациентов с острой хирургической патологии органов брюшной полости в Санкт-Петербурге. Отмечены стабильно высокие показатели (90,0–100,0 %) оперативной активности у пациентов с острым аппендицитом, ОКН, ущемленной грыжей и прободной язвой в силу высокого риска развития жизнеугрожающих состояний, зачастую не допускающих использование консервативных методов лечения. Кроме того, выявлены нозологические формы с изменившейся оперативной активностью: повышение показателя отмечено у пациентов с кровоточащей язвой (на 19,57 %), острым холециститом (на 15,32 %) и острым панкреатитом (на 26,06 %).

Выводы. Полученные данные свидетельствуют как о совершенствовании лечебно-диагностической тактики у пациентов с острой хирургической патологией органов брюшной полости, так и об изменении контингента больных, госпитализируемых на хирургические койки, росте обоснованности и профильности использования коечного фонда хирургических отделений.

ФИНАНСИРОВАНИЕ. Исследование проведено без спонсорской поддержки.
SOURCE OF FUNDING. The study was performed without sponsorship.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ревишвили А.Ш., Сажин В.П., Оловянный В.Е., Захарова М.А.* Современные тенденции в неотложной абдоминальной хирургии в Российской Федерации // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2020. №7. С. 6–11. DOI: 10.17116/hirurgia20200716. EDN: QHPQGL.

2. *Уханов А.П., Захаров Д.В., Жилин С.А., и др.* Результаты неотложной помощи больным с острыми хирургическими заболеваниями органов брюшной полости в Великом Новгороде: роль внедрения малоинвазивных технологий // Эндоскопическая хирургия. 2022. Т. 28, №5. С. 5-12. DOI: 10.17116/endoskop2022280515 EDN: JAGQPE.

3. *Тотиков З.В., Тотиков В.З., Хубецова Р.А., и др.* Анализ заболеваемости, оперативной активности и летальности у больных с язвенными гастродуоденальными кровотечениями в РСО-Алания в 2019-2023 гг. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2024. №6–2. С. 212–215. DOI: 10.37882/2223-2966.2024.6-2.37 EDN: OIORKJ.

4. *Тотиков З.В., Тотиков В.З., Аликова З.Р., и др.* Анализ заболеваемости, оперативной активности и летальности у больных с острой кишечной непроходимостью в РСО-Алания в 2019-2023 гг. // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2024. Т. 26, №7. С. 102–107. DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2024-26-7-102-107 EDN: CWCRRL.

5. *Ревишвили А.Ш., Оловянный В.Е., Сажин В.П., Анищенко М.М.* Хирургическая помощь в Российской Федерации в период пандемии — основные итоги 2020 года // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2021. №12. С. 5–14. DOI: 10.17116/hirurgia20211215. EDN: XIHQFZ.

6. *Барсукова И.М., Сизоненко Н.А., Махновский А.И., Якимович А.И.* Сравнительный анализ состояния неотложной хирургической помощи больным с острой хирургической патологий органов брюшной полости в Санкт-Петербурге в условиях пандемии COVID-19 // Джанелидзевские чтения — 2021: Сборник научных трудов. Санкт-Петербург: ГБУ СПб НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, 2021. С. 49–51. EDN: RKVUYQ.

7. *Ревишвили А.Ш., Оловянный В.Е.* Хирургическая помощь в регионах Дальнего Востока // Тихоокеанский медицинский журнал. 2020. №1 (79). С. 5–10. DOI: 10.34215/1609-1175-2020-1-5-10 EDN: URDVLB.

8. *Барсукова И.М., Демко А.Е., Сизоненко Н.А., и др.* Состояние экстренной хирургической помощи Санкт-Петербурга при острых заболеваниях органов брюшной полости // Medline.ru. Российский биомедицинский журнал. 2020. Т. 21. С. 1025–1037. EDN: QSDLQM.

9. *Мовчан К.Н., Скрябин О.Н., Татаркин В.В., Чернышев Д.А.* Результаты оценки качества медицинской помощи, предоставляемой в клиническом лечебно-профилактическом учреждении Санкт-Петербурга по профилю «абдоминальная хирургия» // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019. №4 (68). С. 35–41. EDN: CHNYSX.

REFERENCES

1. Revishvili A.Sh., Sazhin V.P., Olovyanny V.E., Zakharova M.A. Current trends in emergency abdominal surgery in the Russian Federation. *Surgery. Journal named after N. I. Pirogov*. 2020;(7):6–11. (In Russ.). DOI: 10.17116/hirurgia20200716 EDN: QHPQGL.

2. Ukhanov A.P., Zakharov D.V., Zhilin S. A., et al. Results of emergency care for patients with acute surgical diseases of the abdominal organs in Veliky Novgorod: the role of the introduction of minimally invasive technologies. *Endoscopic surgery*. 2022;28(5):5–12. (In Russ.). DOI: 10.17116/endoskop2022280515. EDN: JAGQPE.

3. Totikov Z.V., Totikov V.Z., Khubetsova R.A., et al. Analysis of morbidity, surgical activity and mortality in patients with ulcerative gastroduodenal bleeding in the Republic of North Ossetia-Alania in 2019-2023. *Modern science: current problems of theory and practice.* Series: Natural and technical sciences. 2024;(6–2):212–215. (In Russ.). DOI: 10.37882/2223-2966.2024.6-2.37 EDN: OIORKJ.

4. Totikov Z.V., Totikov V.Z., Alikova Z.R., et al. Analysis of morbidity, surgical activity and mortality in patients with acute intestinal obstruction in the Republic of North Ossetia-Alania in 2019-2023. *Medical and Pharmaceutical Journal Pulse*. 2024;26(7):102–107. (In Russ.). DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2024-26-7-102-107 EDN: CWCRRL.

5. Revishvili A.Sh., Olovyanny V.E., Sazhin V.P., Anishchenko M.M. Surgical care in the Russian Federation during the pandemic — the main results of 2020. *Surgery. Journal named after N.I. Pirogov.* 2021;(12):5–14. (In Russ.). DOI: 10.17116/hirurgia20211215 EDN: XIHQFZ.

6. Barsukova I.M., Sizonenko N.A., Makhnovsky A.I., Yakimovich A.I. Comparative analysis of the state of emergency surgical care for patients with acute surgical pathologies of the abdominal organs in St. Petersburg during the COVID-19 pandemic. *Dzhanelidze Readings — 2021: Collection of scientific papers*. St. Petersburg: State Budgetary Institution St. Petersburg Research Institute of Emergency Care named after I. I. Dzhanelidze; 2021:49–51. (In Russ.). EDN: RKVUYQ.

7. Revishvili A.Sh., Olovyanny V.E. Surgical care in the regions of the Far East. *Pacific Medical Journal.* 2020;1(79):5-10. (In Russ.). DOI: 10.34215/1609-1175-2020-1-5-10 EDN: URDVLB.

8. Barsukova I.M., Demko A.E., Sizonenko N.A., et al. The state of emergency surgical care in St. Petersburg for acute diseases of the abdominal organs. *Medline.ru. Russian Biomedical Journal.* 2020;21:1025–1037. (In Russ.). EDN: QSDLQM.

9. Movchan K.N., Skryabin O.N., Tatarkin V.V., Chernyshev D.A. Results of the assessment of the quality of medical care provided in a clinical treatment and preventive institution in St. Petersburg in the profile of "abdominal surgery". *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2019;4(68):35–41. (In Russ.). EDN: CHNYSX.

АВТОРЫ

Парфенов Валерий Евгеньевич, д.м.н., проф. — ORCID: 0000–0002–3221–5466
Барсукова Ирина Михайловна, д.м.н., доц. — ORCID: 0000-0002–5398–714X, SPIN: 4888-2447
Дубикайтис Петр Александрович, к.м.н. — SPIN: 2705-1693
Бумай Алексей Олегович — SPIN: 5448-5521

AUTHORS

Parfenov Valery Evgenievich, Dr.Sci. (Medicine), Prof. — ORCID: 0000–0002–3221–5466
Barsukova Irina Mikhailovna, Dr.Sci. (Medicine), Assoc. Prof. — ORCID: 0000-0002–5398–714X, SPIN: 4888-2447
Dubykaitis Petr Aleksandrovich, Ph.D. — SPIN: 2705-1693
Bumay Aleksey Olegovich — SPIN: 5448-5521

КАЛЕНДАРЬ МЕРОПРИЯТИЙ НА 2025 ГОД С УЧАСТИЕМ СОТРУДНИКОВ ГБУ СПБ НИИ СП ИМ. И.И. ДЖАНЕЛИДЗЕ

3 февраля. «Актовый день ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе». Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им.И.И. Джанелидзе.

28 февраля — 1 марта. X Юбилейный национальный конгресс с международным участием «Медицинская помощь при травмах. Новое в организации и технологиях». Санкт-Петербург, ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова, ВМА им. С.М. Кирова.

12–14 марта. Всероссийская с международным участием научно-практическая (научно-образовательная) конференция «Джанелидзевские чтения — Конгресс Межрегиональной ассоциации неотложной хирургии». Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им.И.И. Джанелидзе.

20–21 марта. 7-я научно-практическая конференция Центрального региона России «Актуальные вопросы внедрения инновационных технологий в практику скорой медицинской помощи». Тверь.

29 марта. Семинар для клинических ординаторов города Санкт-Петербурга. Санкт-Петербург, ФГБУ НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена.

Март–апрель. Совместное заседание с Медицинским советом Комитета по здравоохранению Правительства Санкт-Петербурга. Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе

Апрель. Отчетно-выборное заседание Хирургического общества Пирогова. Санкт-Петербург, ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.

Апрель. Всероссийская с международным участием научно-практическая (научно-образовательная) конференция «Поленовские чтения — 2025». Санкт-Петербург, НИИ нейрохирургии им. А.Л. Поленова.

11–12 апреля. XVI Международный конгресс «Невский радиологический форум-2025». Санкт-Петербург, гостиница «Космос».

25–26 апреля. Научно-практическая конференция «Искусственное питание и инфузионная терапия больных в медицине критических состояний». Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе.

13–15 мая. VII Всероссийский конгресс с международным участием «Актуальные вопросы медицины критических состояний». Санкт-Петербург.

19–21 мая. Международная научная конференция «Евразийский ортопедический форум». Москва, ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова.

28–30 мая. Всероссийская с международным участием научно-практическая (научно-образовательная) конференция «XIII съезд Российской Ассоциации хирургов-вертебрологов (RASS)». Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе.

Июнь. Национальный конгресс с международным участием «Здоровые дети-будущие страны». Санкт-Петербург, Педиатрический университет.

10–11 июня. Всероссийская с международным участием научно-практическая конференция «Скорая медицинская помощь — 2025». Санкт-Петербург, ПСПбГМУ им. И.П. Павлова.

3–4 сентября. Всероссийский курс «Дни травматологии в НИИ, посвященные 80-летию организации клиники травматологии в НИИ». Учебный курс «Базовые принципы лечения переломов». Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе.

5 сентября. Межрегиональный симпозиум «Дни травматологии в НИИ, посвященные 80-летию организации клиники травматологии в НИИ». Симпозиум «Современные аспекты лечения около- и внутрисуставных переломов». Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе.

10 сентября. Круглый стол «Актуальные вопросы популяризации первой помощи в СЗФО». Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им.И.И. Джанелидзе.

11–12 сентября. Научно-практическая конференция «Септический форум — 2025». Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им.И.И. Джанелидзе.

18–19 сентября. 7 Съезд врачей неотложной медицины «Ключевые точки оптимизации экстренной, скорой и неотложной медицинской помощи в Российской Федерации», совместно с заседанием профильной комиссии по специальности «Скорая медицинская помощь» МЗ РФ. Москва, ГБУЗ НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ.

Ноябрь. Выездная конференция Общества неотложной медицинской помощи «Оказание помощи пациентам с эндо- и экзо-токсическим поражением». Санкт-Петербург, ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе.

2–3 декабря. XII Санкт-Петербургский Септический Форум в рамках конференции «Современная стратегия и тактика оказания экстренной и неотложной медицинской помощи больным при эндо- и экзотоксикозах», проводимой совместно с ГБУЗ «Научно-исследовательским институтом скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы» на базе ГБУ СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе.

2025

Январь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Февраль

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		

Март

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Апрель

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Май

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Июнь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Июль

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Август

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Сентябрь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Октябрь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Ноябрь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Декабрь

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «НЕОТЛОЖНАЯ ХИРУРГИЯ ИМ. И.И. ДЖАНЕЛИДЗЕ»

В журнале публикуются статьи научно-практического содержания, обзоры, лекции, клинические наблюдения, информационные материалы, рецензии, дискуссии, письма в редакцию, краткие сообщения, информация о клинической и научной жизни Института, поздравления юбиляров. Материал, предлагаемый для публикации, должен являться оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях. Журнал принимает к публикации статьи по специальностям: 3.1.9. — Хирургия (медицинские науки), 3.1.8. — Травматология и ортопедия (медицинские науки), 3.1.12. — Анестезиология и реаниматология (медицинские науки), 3.1.10. — Нейрохирургия (медицинские науки), 3.1.25. — Лучевая диагностика (медицинские науки).

1. РЕДАКЦИОННАЯ ЭТИКА И КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Статья должна иметь визу руководителя и сопровождаться официальным направлением от учреждения (подпись руководителя и гербовая печать учреждения), в котором выполнена работа. В направлении следует указать, является ли статья фрагментом диссертационной работы, научно-исследовательской работы (в этом случае следует указать номер НИР). Работы, поступившие по электронной почте, публикуются в порядке очереди по мере рассмотрения редакцией поступившей корреспонденции и осуществления переписки с авторами.

Статья должна быть подписана всеми авторами.

Нельзя направлять в редакцию работы, опубликованные или ранее направленные для публикации в иных изданиях. При представлении рукописи авторы несут ответственность за раскрытие своих финансовых и других конфликтных интересов, способных оказать влияние на их работу. При наличии спонсоров авторы должны указать их роль в определении структуры исследования, сборе, анализе и интерпретации данных, а также принятии решения опубликовать полученные результаты. Если источники финансирования не участвовали в подобных действиях, это также следует отметить в прилагаемом бланке направления.

Информированное согласие.

Запрещается публиковать любую информацию, позволяющую идентифицировать больного (указывать его имя, инициалы, номера историй болезни на фотографиях, при составлении письменных описаний и родословных), за исключением тех случаев, когда она представляет большую научную ценность и больной (его родители или опекуны) дал на это информированное письменное согласие. При получении согласия об этом следует сообщать в публикуемой статье.

Права человека и животных.

Если в статье имеется описание экспериментов на человеке, необходимо указать, соответствовали ли они этическим стандартам Комитета по экспериментам на человеке (входящего в состав учреждения, в котором выполнялась работа, или регионального) или Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотренного варианта 2000 г. При изложении экспериментов на животных следует указать, соответствовало ли содержание и использование лабораторных животных правилам, принятым в учреждении, рекомендациям национального совета по исследованиям, национальным законам.

Автор несет ответственность за правильность библиографических данных.

2. РЕДАКЦИЯ ОСТАВЛЯЕТ ЗА СОБОЙ ПРАВО СОКРАЩАТЬ И РЕДАКТИРОВАТЬ ПРИНЯТЫЕ РАБОТЫ.

Датой регистрации статьи считается время поступления окончательного (переработанного в соответствии с замечаниями редколлегии или рецензента) варианта статьи.

3. ПЛАТА ЗА ПУБЛИКАЦИЮ РУКОПИСЕЙ НЕ ВЗИМАЕТСЯ.

4. ОТПРАВКА СТАТЕЙ

Авторы присылают материалы, оформленные в соответствии с правилами журнала, по электронной либо обычной почте (192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, д. 3, литер А, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт им. И.И. Джанелидзе, редакция журнала «Неотложная хирургия им.И.И. Джанелидзе») или передают лично ответственному секретарю журнала. Решение о публикации (или отклонении) статьи принимается редакционной коллегией журнала после ее рецензирования и обсуждения. Адрес электронной почты редакции журнала: nh@emergency.spb.ru

Для отправки статьи требуется подготовить следующие файлы:

1. Текст статьи в формате Microsoft Word (файл rtf, doc, docx);
2. Рисунки отдельными файлами (все рисунки одной архивной папкой zip или rar), **если они не размещены в тексте статьи**;
3. Отдельный файл с аннотацией **(ТРЕБОВАНИЯ к аннотациям см. в п. 5 настоящих правил)**;
4. Отсканированную форму направления с визой руководителя и гербовой печатью учреждения (файл pdf или jpeg), последнюю страницу текста статьи с подписями всех соавторов (файл pdf или jpeg).

5. ТРЕБОВАНИЯ К АННОТАЦИЯМ

Аннотация — один из ключевых разделов научной статьи. Решение о целесообразности передачи статьи на рецензирование принимается в первую очередь на основании соответствия аннотации следующим требованиям.

1. Аннотация **должна быть структурирована** и включать **пять обязательных разделов**, отражающих хронологический порядок проведения исследования: обоснование, цель, материал и методы, результаты и заключение / выводы (структурированные аннотации более информативны, чем неструктурированные, необходимость структурирования продиктована преимуществами поиска упорядоченной информации в электронных базах данных).

1) **Обоснование**: краткое (1–3 предложения) описание проблемы.
2) **Цель**: предельно конкретное описание главной цели исследования и исследовательского вопроса, решение которого потребовало проведения исследования.
3) **Методы**: а) объекты исследования, б) наличие группы сравнения, в) критерии включения в сравниваемые группы, г) наличие и характеристики вмешательства, д) место проведения исследования, е) продолжительность исследования, ж) оценка результатов, з) описание способов оценки.
4) **Результаты:** краткое описание объектов исследования с оценкой исходов, относящихся к цели.
5) **Заключение:** краткое обобщение результатов, относящихся к главной цели исследования. **Следует избегать чрезмерных обобщений**.

2. В аннотации **НЕ ДОЛЖНЫ присутствовать** торговые наименования средств медицинского назначения.

3. Аннотация оформляется отдельным файлом. Объем до 2500 знаков. Шрифт — Times New Roman.

6. ТРЕБОВАНИЯ К РИСУНКАМ

Рисунки в формате tiff, jpeg или png приводятся в тексте работы (номер и описание расположены под рисунком), а также прикладываются отдельными файлами (все рисунки одной архивной папкой zip или rar). Графики и диаграммы, созданные в форматах офисных приложений (Word, Excel и т.п.) достаточно привести в тексте статьи в том виде как они есть. Графики и диаграммы, созданные в программах векторной графики (Corel, Illustrator и т.п.), необходимо также предоставить в отдельных файлах. Каждый файл назван по номеру рисунка, соответствующему номеру в тексте статьи (например: Рис-1, Рис-2а, Рис-2b и т.д.). Каждый рисунок должен иметь общий заголовок и расшифровку всех сокращений. В подписях к графикам указываются обозначения по осям абсцисс и ординат и единицы измерения, приводятся пояснения по каждой кривой. В подписях к микрофотографиям указываются метод окраски и увеличение. Все иллюстрации должны быть высокого качества. Фотографии должны иметь достаточное разрешение (не менее 2000 пикселей по длинной стороне), а цифровые и буквенные обозначения должны хорошо читаться при том размере, в котором иллюстрация будет напечатана в журнале.

7. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТУ СТАТЬИ

Статья должна быть напечатана шрифтом Times New Roman, размер шрифта 10, интервал 1,15, поля: сверху и снизу по 2 см, по сторонам — 2,25 см. Автоматический перенос слов использовать нельзя.

ОБЪЕМ для оригинальных исследований не должен превышать 20 000, для лекций и обзоров — 30 000 знаков.

СТРУКТУРА и оформление подробно описаны в шаблоне на сайте журнала (http://emerg-surgery.ru/) и на сайте ГБУ НИИ СП им. И.И.Джанелидзе» (https://emergency.spb.ru/manh/manhjournal/) (См.Шаблон)**:** **Обязательными элементами публикации являются:** индекс Универсальной десятичной классификации (УДК) (печатать над названием статьи слева), достаточно подробно отражающий тематику статьи (основные правила индексирования по УДК описаны на сайте http://teacode.com/online/udc/); название статьи (заглавными буквами на русском и английском языках); инициалы и фамилия автора (соавторов, на русском и английском языках); наименования города, учреждения, кафедры или отдела, где выполнена работа (на русском и английском языках); основная часть (структура оригинальной статьи: введение, цель, материал и методы, результаты, заключение или обсуждение с выводами, литература); затекстовые библиографические ссылки; резюме на русском и английском языках (с переводом фамилии автора, соавторов, названия статьи и ключевых слов) объемом 8–10 строк с включением цели, методов, результатов и выводов исследования; сведения об авторе (фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание, адрес учреждения с почтовым индексом) и контактная информация (телефоны, e-mail) (на русском и английском языках).

Изложение статьи должно быть ясным, сжатым, без длинных исторических введений и повторений. Рукопись может сопровождать словарь терминов (неясных, способных вызвать у читателя затруднения при прочтении). Помимо общепринятых сокращений единиц измерения, физических, химических и математических величин и терминов (например, ДНК), допускаются аббревиатуры словосочетаний, часто повторяющихся в тексте. Все вводимые автором буквенные обозначения и аббревиатуры должны быть расшифрованы в тексте при их первом упоминании. Не допускаются сокращения простых слов, даже если они часто повторяются. Дозы лекарственных средств, единицы измерения и другие численные величины должны быть указаны в системе СИ.

8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ приводятся согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» и AMA CITATION STYLE GUIDE. Для русскоязычных источников указывать EDN (eLIBRARY Document Number) — код, присваиваемый публикации на платформе eLIBRARY

9. ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Для корреспонденции указать координаты ответственного автора (адрес электронной почты; номер мобильного телефона для редакции).

ОБЯЗАТЕЛЬНО указывать идентификатор ORCID для всех авторов. При отсутствии номера ORCID его необходимо получить, зарегистрировавшись на сайте **https://orcid.org/**.

Посмотреть и скачать шаблоны можно на сайте журнала (http://emerg-surgery.ru/) или на сайте ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе» (https://emergency.spb.ru/manh/manhjournal/)

В соответствии с требованиями ВАК редакция журнала Неотложная хирургия подвергает статьи, предлагаемые для публикации, проверке на наличие в них плагиата, то есть неправомерных заимствований, нарушающих авторские права третьих лиц и нормы законодательства о защите интеллектуальной собственности. Согласно существующим требованиям, превышение показателя **85%** заимствований при тестировании контента в программе Антиплагиат является безоговорочным основанием для отказа в публикации статьи.

Статьи, подготовленные без соблюдения вышеизложенных правил, возвращаются авторам без предварительного рассмотрения.

Актуальные правила для авторов уточняйте на сайте журнала http://emerg-surgery.ru/ru/authors и сайте института https://emergency.spb.ru/manh/manh-journal/.

Подписано в печать 13.11.2025. Формат 60×84/8.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 19,75. Тираж 50. Заказ 07112025.

Отпечатано

СТРОКИ **Типография «Строки»**

г. Воронеж, ул. Любы Шевцовой, 34
Тел.: +7 (995)49-48-47-7
Сайт: www.strokivrn.ru
E-mail: info@strokivrn.ru